

Міністерство освіти і науки України  
Національна Академія наук України  
Академія технологічних наук України  
Інженерна академія України  
Університет Глїндор, м. Рексхем, Великобританія  
Технічний університет Лодзі, Польща  
Технічний університет м. Рига, Латвія  
Технологічний університет м. Таллінн, Естонія  
Університет Екстрамадура, м. Бадахос, Іспанія  
Гомельський державний університет ім. Ф. Скорини, Білорусь  
Інститут проблем математичних машин і систем (ІПММС) НАН України  
Інститут прикладної математики ім. М.В. Келдиша РАН, м. Москва, Росія  
НТУ України «Київський політехнічний інститут»  
Полтавський національний технічний університет імені Юрія Кондратюка  
Чернігівський національний технологічний університет

## МАТЕМАТИЧНЕ ТА ІМІТАЦІЙНЕ МОДЕЛЮВАННЯ СИСТЕМ МОДС 2015

ДЕСЯТА МІЖНАРОДНА  
НАУКОВО-ПРАКТИЧНА КОНФЕРЕНЦІЯ

*22-26 червня 2015р.*

Тези доповідей



Чернігів 2015

УДК 004.94(063)  
ББК 22.193(06)

Друкується за рішенням вченої ради Інституту проблем математичних машин та систем НАН України.

**Редакційна колегія:**

Казимир В.В., д.т.н., професор, ЧНТУ – голова  
Литвинов В. В. д.т.н., професор, ЧНТУ  
Михайлюк І.В., ЧНТУ  
Посадська І.С., ЧНТУ  
Посадська А.С., ЧНТУ

**М 34 Математичне та імітаційне моделювання систем. МОДС 2015 : тези доповідей Десятої міжнародної науково-практичної конференції (Чернігів, 22-26 червня 2015 р.) / М-во осв. і наук. України, Нац. Акад. наук України, Академія технологічних наук України, Інженерна академія України та ін. – Чернігів : ЧНТУ, 2015. – 469с.**

ISBN 978-966-2188-64-6

У збірник включені тези доповідей, які були представлені на конференції “Математичне та імітаційне моделювання систем. МОДС 2015”. В доповідях розглянуті наукові та методичні питання з напрямку моделювання складних екологічних, технічних, фізичних, економічних, виробничих, організаційних та інформаційних систем з використанням математичних та імітаційних методів.

УДК 004.94(063)  
ББК 22.193(06)

ISBN 978-966-2188-64-6

## ЗМІСТ

СЕКЦІЯ 1 СУЧАСНІ АСПЕКТИ МАТЕМАТИЧНОГО ТА ІМІТАЦІЙНОГО МОДЕЛЮВАННЯ СИСТЕМ В ЕКОЛОГІЇ	19
--	----

І.В. Кременовська, О.А. Святогор СПРОСТУВАННЯ КВАЗИМАТЕМАТИЧНОГО «НАУКОВОГО ПІДГРУНТЯ», ЩО ВИКОРИСТОВУЄТЬСЯ ДЛЯ РЕГУЛЮВАННЯ ЧИСЕЛЬНОСТІ ПОПУЛЯЦІЙ БРОДЯЧИХ СОБАК НА ТЕРИТОРІЇ НАСЕЛЕНИХ ПУНКТИВ УКРАЇНИ .....	20
--	----

I.V. Zaitseva, M.V. Popova MATHEMATICAL METHODS OF EVALUATIONING THE DEMOGRAPHIC INDICATORS .....	24
--	----

І.В. Стеценко, В.І.Стратій, Ю.Я.Томка, М.В.Талах ДОСЛІДЖЕННЯ ДИНАМІКИ КЛІМАТИЧНИХ ФАКТОРІВ ЗА МЕТЕОДАНИМИ НАЦІОНАЛЬНОГО ПРИРОДНОГО ПАРКУ «ВИЖНИЦЬКИЙ» .....	27
--	----

С.Л. Новачевський МОДЕЛЮВАННЯ ПРОЦЕСУ ПЕРЕСЛІДУВАННЯ РУХОМИХ ЦІЛЕЙ БЕСПЛОТНИМ ЛІТАЛЬНИМ АПАРАТОМ З ЗАСТОСУВАННЯМ ЗАДАЧІ ПОЧЕРГОВОГО ПЕРЕСЛІДУВАННЯ З ТЕОРІЇ ДИФЕРЕНЦІЙНИХ ІГОР.....	31
--	----

Ю.М. Смирнов ДОСЛІДЖЕННЯ ПРОЦЕСУ ГРУПОВОГО ПЕРЕСЛІДУВАННЯ ОДНОГО ВТІКАЧА РІЗНОТИПНИМИ ОБ'ЄКТАМИ .....	33
--	----

В.В. Обламський ДОСЛІДЖЕННЯ ПРОЦЕСУ ОТОЧЕННЯ ГРУПИ ЗЛОЧИНЦІВ ГРУПОЮ ПРАВООХОРОНЦІВ .....	35
---	----

В.В. Адамчук, О.В. Сидорчук, В.І. Днесь ОЗНАЧЕННЯ ТЕХНОЛОГІЧНОЇ СИСТЕМИ ЗБИРАННЯ РАННІХ ЗЕРНОВИХ КУЛЬТУР .....	37
---	----

Клінцов Л.М., Іванова І.Н., Сємака О.М. ІМІТАЦІЙНЕ МОДЕЛЮВАННЯ ДИНАМІКИ БСК 5 В СТИЧНИХ ВОДАХ .....	41
Я. І. Соколовський, М. В. Москвітїна, А. В. Нечепуренко, І. Б. Борецька, С. Б. Поберейко ЧИСЕЛЬНЕ МОДЕЛЮВАННЯ ТЕПЛОБМІННИХ ПРОЦЕСІВ З ВИКОРИСТАННЯМ ПОХІДНИХ ДРОБОВОГО ПОРЯДКУ .....	45
В.В. Губська, А.О. Касяненко ДОСЛІДЖЕННЯ ВПЛИВУ НАХИЛУ СТИНОК РЕЗЕРВУАРА У ФОРМІ ЗРІЗАНОГО КОНУСА НА ХВИЛЕУТВОРЕННЯ В РІДИНІ З ВИЛЬНОЮ ПОВЕРХНЕЮ ПІД ДІЄЮ ІМПУЛЬСНОГО НАВАНТАЖЕННЯ .....	49
А.Н. Серебровский, Т.К. Еременко, Ю.Г. Пилипенко МЕТОДЫ ОЦЕНКИ ПОЖАРНОГО РИСКА ЗДАНИЙ И СООРУЖЕНИЙ .....	52
Е.Ю.Зуева, К.Б.Зуев АЛЕКСЕЙ УХТОМСКИЙ И ЭРВИН БАУЭР – ДВА ПОДХОДА К МОДЕЛИРОВАНИЮ ЖИВОГО .....	56
М.І. Демиденко АРХІТЕКТУРА ІНФОРМАЦІЙНОЇ СИСТЕМИ СУБПРОЕКТУ СВІТОВОГО БАНКУ «КОНТРОЛЬ НАД АРТЕРІАЛЬНИМ ТИСКОМ У СІЛЬСЬКОГО ТА МІСЬКОГО НАСЕЛЕННЯ ПОПУЛЯЦІЇ ПОЛТАВСЬКОЇ ОБЛАСТІ У ВІКОВІЙ ГРУПІ 40-60 РОКІВ.» .....	61
Кропотов П.П., Бегун В.В., Калиненко Л.В. СТВОРЕННЯ СУЧАСНОЇ СИСТЕМИ МОНІТОРИНГУ БЕЗПЕКИ – АКТУАЛЬНА ДЕРЖАВНА ТА НАУКОВА ЗАДАЧА .....	65
Коваленко В.В. ІНФОРМАЦІЙНА ТЕХНОЛОГІЯ МОНІТОРИНГУ ПРОБЛЕМНИХ ДІЛЯНОК МАМОГРАМ ЗАСОБАМИ ІНДУКТИВНОГО МОДЕЛЮВАННЯ.....	68

П. Кособуцький, А. Ковальчук МОНТЕ-КАРЛО МОДЕЛЮВАННЯ ВПЛИВУ ФЛУКТУАЦІЙ ОПТИЧНИХ ПАРАМЕТРІВ МУТНИХ СЕРЕДОВИЩ НА ЗАКОНОМІРНОСТІ РОЗСІЯННЯ ФОТОНІВ.....	73
О.Ю. Герасименко, В.В. Казимир МОДЕЛІ ПРОГНОЗУВАННЯ ЕКСТРЕМАЛЬНИХ ПОГОДНИХ ЯВИЩ.....	76
Воробець Г.І., Гуржуй Р.Д., Кузь М.А. ЗАСТОСУВАННЯ РЕКОНФІГУРОВНИХ КОМП'ЮТЕРНИХ ЗАСОБІВ ОБРОБКИ ІНФОРМАЦІЇ ДЛЯ ЗАДАЧ МЕДИКО- ЕКОЛОГІЧНОГО І ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОФІЛЮ .....	81
Є.О. Євдін ІНФОРМАЦІЙНА ТЕХНОЛОГІЯ РОЗПОДІЛЕНИХ ОБ'ЄКТІВ- ОБГОРТІВ ДЛЯ ІНТЕГРАЦІЇ МОДЕЛЕЙ В СИСТЕМИ ПІДТРИМКИ ПРИЙНЯТТЯ РІШЕНЬ З ЕКОЛОГІЧНОЇ БЕЗПЕКИ.....	83
Ануліч С.М., Халченков О.В., Ковалець І.В., Удовенко О.І. ОПЕРАТИВНЕ ПРОГНОЗУВАННЯ МЕТЕОРОЛОГІЧНИХ ПОЛІВ ДЛЯ СИСТЕМ ПОПЕРЕДЖЕННЯ ПРО ПАВОДКИ У КАРПАТАХ .	88
Бойко О. ІНФОРМАЦІЙНА ТЕХНОЛОГІЯ ОБРОБКИ ПРОСТОРОВО РОЗПОДІЛЕНИХ ДАНИХ ДЛЯ ПРОГНОЗУ СТОКУ ВОДИ .....	89
Заїка С.О., Лобурець А.Т. ЗАСТОСУВАННЯ ЕКСПЕРТНОЇ СИСТЕМИ ДЛЯ ПРОГНОЗУВАННЯ РОЗРОБКИ НАФТОГАЗОВИХ РОДОВИЩ.....	93
Гречанинов В.Ф., Бегун В.В., Негрієнко С.В. НЕОБХІДНІСТЬ ІНФОРМАЦІЙНИХ ТЕХНОЛОГІЙ У ПАСПОРТИЗАЦІЇ РЕГІОНІВ ЩОДО МОЖЛИВИХ НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЙ.....	97

СЕКЦІЯ 2 СУЧАСНІ АСПЕКТИ МАТЕМАТИЧНОГО ТА  
ІМІТАЦІЙНОГО МОДЕЛЮВАННЯ СИСТЕМ У  
ВИРОБНИЦТВІ 103

Е.И. Дятлов  
ПРИМЕНЕНИЕ ТЕХНОЛОГИЙ СИСТЕМ МАССОВОГО  
ОБСЛУЖИВАНИЯ В ВЫСОКОНАГРУЖЕННЫХ ПРОЕКТАХ ..... 104

В.А.Бичко  
АВТОМАТИЗАЦІЯ ПОШУКУ ОПТИМАЛЬНОГО ЧАСУ  
ВИКОНАННЯ РОБІТ ПРИ ВИРШЕННІ ЛОГІСТИЧНИХ ЗАДАЧ . 106

О.Г. Жданова, М.О. Сперкач  
ДОСТАТНІ УМОВИ ОПТИМАЛЬНОСТІ РОЗКЛАДУ ЗАДАЧІ  
ВИЗНАЧЕННЯ МАКСИМАЛЬНО ПІЗЬНОГО МОМЕНТУ ПОЧАТКУ  
ВИКОНАННЯ ЗАВДАНЬ ІЗ СПІЛЬНИМ ЖОРСТКИМ  
ДИРЕКТИВНИМ ТЕРМІНОМ ПАРАЛЕЛЬНИМИ ПРИСТРОЯМИ  
РІЗНОЇ ПРОДУКТИВНОСТІ ..... 109

О.Г. Жданова, Т.О. Морозовський, М.О. Сперкач  
ВЛАСТИВОСТІ ПЕРЕСТАНОВОК ПДС-АЛГОРИТМУ  
РОЗВ'ЯЗАННЯ ЗАДАЧІ СКЛАДАННЯ РОЗКЛАДУ ВИКОНАННЯ  
ЗАВДАНЬ ПАРАЛЕЛЬНИМИ ПРИЛАДАМИ З МЕТОЮ  
МІНІМІЗАЦІЇ МАКСИМУМУ ВІДХИЛЕННЯ ВІД ДИРЕКТИВНОГО  
ТЕРМІНУ МОМЕНТІВ ЗАВЕРШЕННЯ ПРИЛАДАМИ УСІХ  
ЗАВДАНЬ ..... 113

A. L. Liakhov, T.A. Dmytrenko, A.O. Dmytrenko, T.M. Derkach, A.A.  
Tverdokhlib  
CONFIGURATION DEVELOPMENT ON THE PLATFORM TO 1С  
ENTERPRISE AUTOMATION..... 117

В. А. Григоренко  
ПАРАЛЕЛЬНА РЕАЛІЗАЦІЯ АЛГОРИТМУ LU-РОЗКЛАДУ ДЛЯ  
РОЗВ'ЯЗАННЯ СЛАР В ПРУЖНО-ПЛАСТИЧНИХ ЗАДАЧАХ .... 120

З.Б.Овдиенко, Е.В.Скакалина  
ПРИКЛАДНЫЕ АСПЕКТЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ МГУА В  
УСЛОВИЯХ АГРОХОЛДИНГА..... 123

В.В.Литвинов, Е.В.Скакалина ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНАЯ ИНФОРМАЦИОННАЯ СИСТЕМА КАК ОСНОВА КОНЦЕПЦИИ 5PL-ЛОГИСТИКИ .....	127
Skakalina E.V. DESIGN DATABASE “MANAGEMENT TECHNOLOGY TRANSPORT” .....	131
І.В. Стеценко, Ю.А.Зав’ялець, О.М. Яцько ОЦІНКА ЕФЕКТИВНОСТІ ВПРОВАДЖЕННЯ АЛЬТЕРНАТИВНИХ ДЖЕРЕЛ ЕЛЕКТРОЕНЕРГІЇ .....	134
В.В. Можаровский, Д.С. Кузьменков, Е.М. Березовская, Т.М. Дёмова АЛГОРИТМ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ТЕМПЕРАТУРНОГО ПОЛЯ И НАПРЯЖЕНИЙ ДЛЯ ПОКРЫТИЙ ИЗ ФУНКЦИОНАЛЬНО- ГРАДИЕНТНЫХ МАТЕРИАЛОВ (ФГМ) .....	137
Е.И. Сукач, Ю.В. Жерлецкий, М.А. Бужан МЕТОДИКА АНАЛИЗА И ПРОГНОЗИРОВАНИЯ ХАРАКТЕРИСТИК НАДЁЖНОСТИ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ ПРОИЗВОДСТВА С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ВЕРОЯТНОСТНО-АЛГЕБРАИЧЕСКОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ .....	140
С.В. Подольний МОДЕЛЮВАННЯ АВТОНОМНИХ ЕЛЕКТРИЧНИХ СИСТЕМ З ТРАНСФОРМАТОРАМИ МЕТОДОМ СИНТЕТИЧНИХ СХЕМ .....	144
Е.В. Комракова РАССМОТРЕНИЕ ПРОЦЕССА КОЛЕБАНИЙ КОМПОЗИТНОЙ БАЛКИ С УЧЕТОМ ТЕРМОУПРУГИХ СВОЙСТВ МАТЕРИАЛА .....	148
О.Л. Деркач МАТЕМАТИЧНЕ МОДЕЛЮВАННЯ ЗМЕНШЕННЯ АМПЛІТУДВИПАДКОВИХ КОЛИВАНЬ ТРАНСПОРТНОГО ЗАСОБУ .....	151
В.В. Храпов, Н.О. Рудь МУЛЬТИАГЕНТНИЙ ПІДХІД ІМІТАЦІЙНОГО МОДЕЛЮВАННЯ В УПРАВЛІННІ ФІНАНСОВИМИ РЕСУРСАМИ БАНКУ .....	155

Л.С. Коряшкина ОБОБЩЕНИЕ ОДНОГО КЛАССА ЗАДАЧ БЕСКОНЕЧНОМЕРНОГО МАТЕМАТИЧЕСКОГО ПРОГРАММИРОВАНИЯ.....	160
А.Э. Алёхина, М.И. Ощепков, Д.А. Метельский ИМИТАЦИОННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ УПРАВЛЕНИЯ ПОСТАВКАМИ НА ПРИМЕРЕ ТОРГОВОЙ СЕТИ ООО «ЕВРООПТ» С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ КАРТЫ ГИС.....	165
С.Ф. Теленик, О.М. Моргаль, О.В. Савчук, О.С. Хапілін ПРО ЗАСТОСУВАННЯ НЕЧІТКИХ МНОЖИН ПРИ МОДЕЛЮВАННІ СКЛАДНИХ ІНФРАСТРУКТУР .....	168
М.В.Мельникова, О.В.Тарасевич, Г.Г.Нестеров ЩОДО МОДЕЛЮВАННЯ ПАРТНЕРСЬКИХ ВІДНОСИН ККП ВЕЛИКОГО МІСТА З УРАХУВАННЯМ РОЗПОДІЛУ ГОСПОДАРСЬКИХ КОМПЕТЕНЦІЙ .....	173
Г.И.Гульков, А.Л.Руденя, Е.Е. Трофименко ИМИТАЦИОННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ВЫСОКОВОЛЬТНЫХ АСИНХРОННЫХ ЭЛЕКТРОДВИГАТЕЛЕЙ КОМПРЕССОРОВ В СЛУЧАЕ НЕСАНКЦИОНИРОВАННОГО ОТКЛЮЧЕНИЯ ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ ЭНЕРГИИ .....	177
Батіщев О.С. АРХІТЕКТУРА ДЕЦЕНТРАЛІЗОВАНОЇ РЕКОМЕНДАЦІЙНОЇ СИСТЕМИ.....	181
Д. А. Маевский, А. Н. Семенов, Е. Ю. Маевская, Г. Н. Кучеренко МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫХ ПРОЦЕССОВ В ЭКРАНИРОВАННЫХ КАБЕЛЯХ .....	183
Е.В. Недзельский, В.М. Мирошниченко ИСПОЛЬЗОВАНИЕ СИСТЕМ ИМИТАЦИОННОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ В ИССЛЕДОВАНИИ ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ ОБЪЕКТОВ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОГО ТРАНСПОРТА.....	187
В.М. Томашевський, П.А. Новікова, С.Г. Чечоткіна МОДЕЛЮВАННЯ ЖИТТЕВОГО ЦИКЛУ ЛЮДИНИ НА ВИРОБНИЦТВІ З УРАХУВАННЯМ ПСИХОЕМОЦІЙНИХ ОСОБЛИВОСТЕЙ.....	189



С. Т. Даниш ВИЯВЛЕННЯ «ТОНКИХ МІСЦЬ» В БІЗНЕС-ПРОЦЕСАХ РОБОТИ КРЕДИТНОГО СПЕЦІАЛІСТА ШЛЯХОМ ІМІТАЦІЙНОГО МОДЕЛЮВАННЯ.....	194
О. Ю. Брюшенко МОДЕЛЮВАННЯ НЕЧІТКОГО КОНТРОЛЕРА КЕРУВАННЯ ПЕРЕХРЕСТЯМ .....	198
Сопко І.В., Харченко О.В. СТРУКТУРИЗАЦІЯ МОДЕЛЕЙ ДЛЯ КОНСОЛІДАЦІЇ ДАНИХ В БАГАТОРІВНЕВИХ ІЄРАРХІЧНИХ МОНІТОРИНГОВИХ СИСТЕМАХ.....	201
Є.В. Нікітенко ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНІ РЕЗУЛЬТАТИ МЕТОДУ ПОШУКУ НЕСПРАВНОСТЕЙ З УРАХУВАННЯМ ЗОВНІШНІХ ФАКТОРІВ	203
С.М. Ющенко МАТЕМАТИЧНЕ МОДЕЛЮВАННЯ ПРЕДСТАВНИЦЬКИХ ЕЛЕМЕНТІВ НАНОКОМПОЗИЦІЙНИХ МАТЕРІАЛІВ .....	207
Скітер І.С., Трунова О.В., Маргасов Д.В. ІНФОРМАЦІЙНА СИСТЕМА АНАЛІЗУ ЕНЕРГОЕФЕКТИВНОСТІ. МАТЕМАТИЧНА ФОРМАЛІЗАЦІЯ ЗАДАЧІ КОМПЛЕКСНОГО КОГНІТИВНОГО МОДЕЛЮВАННЯ.....	210
А.С.Кулик ДИАГНОСТИЧЕСКИЕ МОДЕЛИ ОБЪЕКТОВ АВТОМАТИЧЕСКОГО УПРАВЛЕНИЯ .....	214
А.Ю. Халимон ЕФЕКТИВНІ АЛГОРИТМИ РОЗВ'ЯЗАННЯ ЗАДАЧІ МІНІМІЗАЦІЇ СУМАРНОГО ЗВАЖЕНОГО ЗАПІЗНЕННЯ ВИКОНАННЯ МНОЖИНИ ЗАВДАНЬ ОДНИМ ПРИЛАДОМ .....	216
А. В. Ярмілко МОДЕЛЬ ВІЗУАЛІЗАЦІЇ ВИСОКОТЕМПЕРАТУРНИХ ФІЗИКО- ТЕХНІЧНИХ ПРОЦЕСІВ .....	218

А.И. Косолап, Ю.В. Черноусова ДВОЙСТВЕННЫЙ МЕТОД ТОЧНОЙ КВАДРАТИЧНОЙ РЕГУЛЯРИЗАЦИИ ДЛЯ ЗАДАЧ УПАКОВКИ ШАРОВ.....	223
О.И. Бабина, Р.А. Барышев, А.О. Селезнев РАЗРАБОТКА ИМИТАЦИОННОЙ МОДЕЛИ СИСТЕМЫ ОБСЛУЖИВАНИЯ В БИБЛИОТЕКЕ .....	225
Ю.В. Коляда, В.І Трохановський ДИНАМІЧНІ ТРАЄКТОРІЇ ЕКОНОМІЧНОГО РОЗВИТКУ СУСПІЛЬСТВА ЗІ СТАЛИМИ ЦІНАМИ.....	227
В.І. Гур'єв, І.В.Фірсова МОДЕЛЮВАННЯ ТРАНСПОРТНОЇ ЗАДАЧІ ЗА ДОПОМОГОЮ MATHCAD .....	229
О.О. Мельник ДОСЛІДЖЕННЯ ВЛАСТИВОСТЕЙ АЛГОРИТМУ СКЛАДАННЯ РОЗКЛАДІВ ЗА КРИТЕРІЄМ СУМАРНОГО ВИПЕРЕДЖЕННЯ І ЗАПІЗНЕННЯ ІЗ НАЛАГОДЖЕННЯМИ, ЩО ЗАЛЕЖАТЬ ВІД ПОСЛІДОВНОСТІ .....	233
В.М. Кришталь, П.Кучер, В.Є. Снитюк ЕВОЛЮЦІЙНЕ МОДЕЛЮВАННЯ ПРОЦЕСУ КОМПЛЕКТУВАННЯ АВАРІЙНО-РЯТУВАЛЬНОЇ ТЕХНІКИ .....	237
А.И. Косолап, А.А. Довгополая ОПТИМИЗАЦИЯ НАДЕЖНОСТИ СЛОЖНЫХ ТЕХНИЧЕСКИХ СИСТЕМ ПРИ ОГРАНИЧЕННЫХ РЕСУРСАХ НА ИХ ОБСЛУЖИВАНИЕ.....	241
Коверзнев В.О., Комар М.А. ІНФОРМАЦІЙНА СИСТЕМА АВТОМАТИЗОВАНОГО РОЗПОДІЛУ СПРАВ В СУДІ.....	245
Ю.В. Бабенко, А.И. Михалёв ОПТИМИЗАЦИЯ ПРОЦЕССА РАБОТЫ СИСТЕМ ПОДЗЕМНОГО КОНВЕЙЕРНОГО ТРАНСПОРТА ГЕНЕТИЧЕСКИМ АЛГОРИТМОМ.....	248

А.И. Михалёв, Р.А. Сухомлин  
ARIMA МОДЕЛЬ КАК ИНСТРУМЕНТ ВЫЯВЛЕНИЯ РАЗЛАДОВ  
РИТМ-СИГНАЛОВ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ СИСТЕМ ..... 250

Михайлюк І.В., Бальченко І.В.  
ПОБУДОВА ДЕРЕВ ПРИЙНЯТТЯ РІШЕНЬ В ЗАДАЧАХ  
ДИСПЕТЧЕРИЗАЦІЇ ПРОЦЕСУ ВИКОНАННЯ  
СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКИХ РОБІТ..... 251

А.С. Посадская  
ФОРМАЛИЗАЦИЯ ЗАДАЧ СИСТЕМ СЕТЕВОГО  
ПЛАНИРОВАНИЯ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ АППАРАТА  
ТЕМПОРАЛЬНЫХ ЛОГИК ..... 253

Г.Л. Євтушенко, О.І. Михальов, В.І. Кузнецов  
СИСТЕМНЕ МОДЕЛЮВАННЯ З ВИКОРИСТАННЯМ СППР  
NOOTRON..... 255

СЕКЦІЯ З СУЧАСНІ АСПЕКТИ МАТЕМАТИЧНОГО ТА  
ІМІТАЦІЙНОГО МОДЕЛЮВАННЯ СИСТЕМ В  
ІНФОРМАЦІЙНИХ ТЕХНОЛОГІЯХ 259

А. А. Пархоменко  
ОПРЕДЕЛЕНИЕ ЭЛЕМЕНТОВ АРХИТЕКТУРЫ  
РАСПРЕДЕЛЕННОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ HLA С ПОМОЩЬЮ  
ИЕРАРХИЧЕСКИХ E-СЕТЕЙ ..... 260

П. Г. Бивойно, Т. П. Бивойно  
ВИКОРИСТАННЯ НОВАЦІЙ JAVA В ІМІТАЦІЙНОМУ  
МОДЕЛЮВАННІ ..... 263

О.М. Трофимчук, О.О. Кряжич,  
АПРОКСИМАЦІЯ ФУНКЦІЙ ЗА МЕТОДОМ  
ДЖ. ЗОЙТЕНДЕЙКА..... 267

А.І.Вавіленкова  
МЕТОД ПОРІВНЯЛЬНОГО АНАЛІЗУ ЕЛЕКТРОННИХ  
ДОКУМЕНТІВ ЗА ЗМІСТОМ..... 271

В.И.Гурьянов БАНК ТЕСТОВЫХ МОДЕЛЕЙ ДЛЯ ЯЗЫКА ИМИТАЦИОННОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ UML SP.....	274
С.Н. Лапач РЕГРЕССИОННЫЙ АНАЛИЗ. ПРОЦЕССНЫЙ ПОДХОД.....	278
Мацуєва Х.А. ГЕОМЕТРИЧНІ ВЛАСТИВОСТІ ГРАФІВ ОДИНИЧНИХ КІЛ ПРИ МОДЕЛЮВАННІ МАРШРУТИЗАЦІЇ ГРАНЯМИ У БЕЗДРОТОВИХ ДИНАМІЧНИХ МЕРЕЖАХ.....	282
Г.Б. Ефимов, М.В. Ефимова Т. М. ЭНЕЕВ И ЕГО ВКЛАД В ОСВОЕНИЕ КОСМОСА И ВЫЧИСЛИТЕЛЬНУЮ МАТЕМАТИКУ .....	287
М.В.Савельев МОДЕЛИРОВАНИЕ ПОПУЛЯРНЫХ МОДЕЛЕЙ ЖИЗНЕННОГО ЦИКЛА СОЗДАНИЯ ИТ-ПРОДУКТА СЕТЯМИ ПЕТРИ.....	292
Ю.О. Олійник, А.І. Слюнько, В.В. Задвернюк <sup>2</sup> РЕАЛІЗАЦІЯ МЕТОДУ ХОЛЬТА-УІНТЕРСА НА ОСНОВІ ТЕХНОЛОГІЇ NVIDIA CUDA.....	295
А.О. Пашко СТАТИСТИЧНЕ МОДЕЛЮВАННЯ ВІНЕРІВСЬКИХ ПРОЦЕСІВ В ПРИКЛАДНИХ ЗАДАЧАХ .....	298
Грабовський В. В МОДИФІКАЦІЯ МЕТОДУ РОЗБИТТЯ ЗОБРАЖЕННЯ НА СЕМЕНТИ ЗА ДОПОМОГОЮ ГРАФІВ .....	302
И.И. Горбань ПРИЗНАКИ НАРУШЕНИЯ СТАТИСТИЧЕСКОЙ УСТОЙЧИВОСТИ.....	304
Ю.М. Лисецкий МЕТОД ВЫБОРА ОПТИМАЛЬНОЙ АЛЬТЕРНАТИВЫ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ АНСАМБЛЯ «СОВЕТУЮЩИХ» МОДЕЛЕЙ.....	308

О.А. Руденко, З.М. Руденко СУЧАСНІ ТЕНДЕНЦІЇ ПОБУДОВИ КЛАСИФІКАЦІЙ МОДЕЛЕЙ ОЦІНКИ НАДІЙНОСТІ ПРОГРАМНИХ ЗАСОБІВ.....	312
Н.О. Рудь ІНСТРУМЕНТАЛЬНІ ЗАСОБИ ІМІТАЦІЙНОГО МОДЕЛЮВАННЯ.....	313
В.В. Храпов МОДЕЛЬНО-ОРІЄНТОВАНЕ ПРОЕКТУВАННЯ: ОСОБЛИВОСТІ ТА ПЕРЕВАГИ .....	318
Є.Г. Саковець ІМІТАЦІЙНІ МОДЕЛІ В МОДЕЛЮВАННІ СИСТЕМ.....	322
А.М. Нагірна ОПТИМІЗАЦІЯ ДРОБОВО-ЛІНІЙНОЇ ФУНКЦІЇ НА КОНФІГУРАЦІЇ РОЗМІЩЕНЬ.....	325
О. О. Храмов БАГАТОКРИТЕРІАЛЬНА ОПТИМІЗАЦІЯ РОЗКЛАДІВ З ВИКОРИСТАННЯМ ІМІТАЦІЙНОГО МОДЕЛЮВАННЯ.....	327
Т.З. Фидаров СТРУКТУРНО-ОНТОЛОГИЧЕСКИЙ ПОДХОД К СОЗДАНИЮ ВЕБ-ГЛОССАРИЯ ДЛЯ МОДЕЛИРОВАНИЯ ПРОЦЕССОВ В ПРОБЛЕМНОЙ ОБЛАСТИ УПРАВЛЯЮЩИХ ГАРАНТОСПОСОБНЫХ КОМПЬЮТЕРНЫХ СИСТЕМ .....	332
В.І.Салапатов РОЗГОРТАННЯ СТРУКТУРИ КРИПКЕ В АВТОМАТНУ МОДЕЛЬ.....	335
Букатарь Н.О., Руснак М.А. РОЗВ'ЯЗУВАННЯ ЗАДАЧ ЛІНІЙНОГО ПРОГРАМУВАННЯ ЗА ДОПОМОГОЮ ПСЕВДООБЕРЕННИХ МАТРИЦЬ .....	338
В.М. Томашевський АНАЛІЗ ВИХІДНИХ ДАНИХ ІМІТАЦІЙНОГО МОДЕЛЮВАННЯ	340

Е.В. Рындич ОСОБЕННОСТИ СИСТЕМ ДИСТАНЦИОННОГО ОБУЧЕНИЯ.....	346
Е.N. Gaytan TECHNOLOGICAL ASPECTS OF THE PRACTICAL TASKS DEVELOPMENT AND ORGANIZATION OF THE KNOWLEDGE CONTROL SUBSYSTEM IN COMPUTER TUTORING PROGRAMS	348
В.В. Соломаха ЦЕПИ МАРКОВА И ИХ ПРИМЕНЕНИЕ В МОДЕЛИРОВАНИИ...	351
Mariya Verovko SIMULATION OF MONITORING OF ON-LINE DISTANCE LEARNING USING NS-3 NETWORK SIMULATOR .....	353
М.Я. Дудич МЕТОДИ МОДЕЛЮВАННЯ КОМП'ЮТЕРНИХ МЕРЕЖ.....	357
Голуб С.В., Дяченко А.Ю. УДОСКОНАЛЕННЯ МЕТОДУ КАЛІБРУВАННЯ МОДЕЛЕЙ В ІНФОРМАЦІЙНІЙ ТЕХНОЛОГІЇ БАГАТОРІВНЕВОГО ПЕРЕТВОРЕННЯ ДАНИХ.....	359
Mostova M.A. STATISTICAL AND NEURAL NETWORK METHODS OF RISK MANAGEMENT .....	361
Нlamazda M., Trunov O. ENHANCING RC4 STREAM CIPHER FOR WI-FI SECURITY .....	365
Гребенник А.Г., Трунова О.В. КОГНІТИВНА МОДЕЛЬ КОМПЕТЕНЦІЇ ІТ-ФАХІВЦЯ.....	369
И.П. Сеницын, Е.П. Ильина, О.А. Слабоспицкая СОЗДАНИЕ ИНЖЕНЕРИИ КОРПОРАТИВНЫХ РЕШЕНИЙ КАК КОНЦЕПЦИИ КОМПЛЕКСНОГО УПРАВЛЕНИЯ ОРГАНИЗАЦИЕЙ .....	373

V.S. Kharchenko SECURITY INFORMED SAFETY APPROACH: CHALLENGES AND SOLUTIONS FOR CRITICAL SYSTEMS MODELING AND ASSESSMENT.....	378
А.І. Роговенко ВИКОРИСТАННЯ БАГАТОРОЗРЯДНИХ ОПЕРАЦІЙНИХ ПРИСТРОЇВ ЗА ЗМІННИМ МОДУЛЕМ ДЛЯ ШИФРУВАННЯ ДАНИХ.....	381
Скрипський М.І., Мельничук С.В., Воробець Г.І. WEBGL ДЛЯ ВІЗУАЛІЗАЦІЇ РЕЗУЛЬТАТІВ ХМАРНИХ ОБЧИСЛЕНЬ.....	385
Воробець Г.І., Гордіца В.Е., Костенюк Н.Г. АНАЛІЗ МЕТОДІВ І МОДЕЛЕЙ БАГАТОРІВНЕВОГО КОДУВАННЯ КАНАЛІВ ПЕРЕДАЧІ ДАНИХ В ТЕЛЕМЕТРИЧНИХ РЕКОНФІГУРОВНИХ СИСТЕМАХ ОБРОБКИ І ПЕРЕДАЧІ ІНФОРМАЦІЇ.....	389
Т.В. Ковалюк, Н.М. Кобець МОДЕЛЬНО-ОРІЄНТОВАНИЙ ПІДХІД ДО ПРОЕКТУВАННЯ КОРПОРАТИВНОЇ ІНФОРМАЦІЙНОЇ СИСТЕМИ УПРАВЛІННЯ КАФЕДРОЮ УНІВЕРСИТЕТУ .....	391
Круглий М.О. ТЕСТУВАННЯ РОЗШИРЕНОГО МЕТОДУ СТЕГОАНАЛІЗУ З ВИКОРИСТАННЯМ ХІ-КВАДРАТ КРИТЕРІЮ ПРИ НОРМІ ВКРАПЛЕННЯ МЕНШЕ ОДИНИЦІ.....	395
А.В. Бондар, О.Л. Ляхов, С.В. Вірьовкін, С.О. Захаров, Н.А. Фурсова ПРОЕКТ «АІС РЕЙТИНГ»: СТАН Й ПЕРСПЕКТИВА .....	398
И.В.Лимаренко РАЗМЕЩЕНИЕ ПРЯМОУГОЛЬНИКОВ В ОБЛАСТИ, ИМЕЮЩЕЙ ЗОНЫ ЗАПРЕТА .....	403
А.А. Тимченко ЕВОЛЮЦІЙНИЙ РОЗВИТОК ЗАКОНІВ КЕРУВАННЯ: ВІД ПРЯМИХ ДО АДАПТИВНИХ.....	404

Злобін С.В., Злобіна О.В. АНАЛІЗ РОЗВИТКУ ЕЛЕКТРОННОЇ КОМЕРЦІЇ В УКРАЇНІ В 2014Р.....	407
А.Ф. Волошин ДЕКОМПОЗИЦИОННЫЕ СХЕМЫ ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНОГО АНАЛИЗА ВАРИАНТОВ В ЗАДАЧАХ ИССЛЕДОВАНИЯ И ПРОЕКТИРОВАНИЯ СЛОЖНЫХ СИСТЕМ .....	409
С.П. Алешин, Е.А. Бородина МОДИФИКАЦИЯ СТАТИСТИЧЕСКОГО КРИТЕРИЯ ИДЕАЛЬНОГО НАБЛЮДАТЕЛЯ И ЕГО СЛЕДСТВИЕ.....	413
С.П. Алешин, Е.А. Бородина МОДИФИКАЦИЯ СТАТИСТИЧЕСКОГО КРИТЕРИЯ НЕЙМАНА- ПИРСОНА.....	416
К.Н. Григорьев, В.В. Литвинов ИСПОЛЬЗОВАНИЕ СОВРЕМЕННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ ЗАЩИТЫ ОТ НЕСАНКЦИОНИРОВАННОГО ДОСТУПА ПРИ ПРОЕКТИРОВАНИИ СИСТЕМ ВИДЕО СВЯЗИ БЕСПИЛОТНЫХ СИСТЕМ .....	418
Andrii Mokrohuz DATA TRANSMISSION ISSUES BETWEEN A SERVER APPLICATION AND A MOBILE DEVICE APPLICATION.....	419
И.И. Карпачев СИСТЕМО-ЦЕНТРИЧЕСКАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ В ANDROID .....	422
В.В. Казимир, М.В. Харченко ПРОВЕРКА ДОСТИЖИМОСТИ СОСТОЯНИЙ БИЗНЕС- ПРОЦЕССОВ НА Е-СЕТЕВЫХ МОДЕЛЯХ.....	425
Литвинов В.В., Трунова Е.В., Кислый В.В. ИНФОРМАЦИОННАЯ СИСТЕМА ОЦЕНКИ ЗРЕЛОСТИ IT- КОМПАНИЙ БИЗНЕС-ЦЕНТРАМИ .....	428
В.П. Клименко, А.Л. Ляхов, Д.Н. Гвоздик ПРОЕКТ АНАЛИТИК: СОВРЕМЕННЫЙ ЭТАП.....	432



Казимир В.В., Пріла О.А., Крищенко М.С. МОДЕЛЬ АВТОМАТИЗОВАНОГО НАЛАШТУВАННЯ ОТОЧЕННЯ ДЛЯ ВИКОНАННЯ ЗАВДАНЬ У ГРІД-СЕРЕДОВИЩІ.....	436
Podkur Valeria, Lytvyn Svitlana PARTICULAR ASPECT OF COST ANALYSIS IN DISTANCE EDUCATION: TIME .....	439
Podobid Yulia, Lytvyn Svitlana ASSESSMENT OF THE EFFECTIVENESS OF INTERNET-BASED DISTANCE LEARNING THROUGH THE VCLASS E-EDUCATION PLATFORM .....	441
О.П. Воронюк, магістр ПОРІВНЯЛЬНІ ХАРАКТЕРИСТИКИ ДІЮЧИХ СИСТЕМ ДИСТАНЦІЙНОГО НАВЧАННЯ.....	443
А. И. Антонюк МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССА РЕЗЕРВИРОВАНИЯ ЦЕНТРАЛИЗОВАННОГО ИНФОРМАЦИОННОГО ФОНДА.....	445
В.А. Карташев, В.В. Карташев ТОЧНОСТЬ ИНТЕРПРЕТАЦИИ ИЗМЕРЕНИЙ НАНОРЕЛЬЕФА МЕТОДОМ ИМИТАЦИОННОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ.....	450
В.В. Карташев ВЫБОР СПОСОБА РЕАЛИЗАЦИИ ВЫЧИСЛИТЕЛЬНЫХ АЛГОРИТМОВ С УЧЕТОМ АППАРТНЫХ ОСОБЕННОСТЕЙ ГИБРИДНОЙ ЭВМ .....	453
Мацуєва К.А. МЕТОДИ УПРАВЛІННЯ РЕСУРСАМИ І ДОДАТКАМИ В ОБЧИСЛЮВАЛЬНИХ СИСТЕМАХ НА БАЗІ ХМАРНИХ ОБЧИСЛЕНЬ.....	456
В.В. Литвин, О.В. Оборська, М.Я. Гопяк, Р.В. Вовнянка МЕТОД ПЛАНУВАННЯ РІШЕНЬ У КОНКУРЕНТНОМУ СЕРЕДОВИЩІ НА ОСНОВІ ВИКОРИСТАННЯ ОНТОЛОГІЙ.....	460
И.С. Посадская НЕКОТОРЫЕ АЛГОРИТМЫ ФОРМАЛИЗАЦИИ ЕСТЕСТВЕННО- ЯЗЫКОВЫХ ФОРМ ПРЕДСТАВЛЕНИЯ ЗНАНИЙ .....	465



**СЕКЦІЯ 1**  
**СУЧАСНІ АСПЕКТИ МАТЕМАТИЧНОГО ТА**  
**ІМІТАЦІЙНОГО МОДЕЛЮВАННЯ СИСТЕМ**  
**В ЕКОЛОГІЇ**

**СПРОСТУВАННЯ КВАЗІМАТЕМАТИЧНОГО «НАУКОВОГО ПІДГРУНТЯ», ЩО ВИКОРИСТОВУЄТЬСЯ ДЛЯ РЕГУЛЮВАННЯ ЧИСЕЛЬНОСТІ ПОПУЛЯЦІЙ БРОДЯЧИХ СОБАК НА ТЕРИТОРІЇ НАСЕЛЕНИХ ПУНКТІВ УКРАЇНИ**

І.В. Кременовська, О.А. Святогор

*Інститут економіко-правових досліджень НАН України*

Використання хибних підходів до моделювання чисельності популяцій бродячих і шкідливих тварин на території міст і інших населених пунктів призводить до таких негативних наслідків, масштаби яких складно оцінити й осягнути. У попередніх публікаціях за результатами аналізу соціально-економічних витоків проблеми, положень чинних нормативно-правових актів і прикладів із правозахисної практики нами було показано негативні наслідки реалізації програми «Відлов – Стерилізація – Повернення» [1, с. 99 – 102] та виявлено її корупційні й шахрайські складові [2, с. 268 – 272]. З огляду на це, в даному дослідженні буде наведено додаткові аргументи щодо необхідності відмови від використовуваної як наукове підґрунтя математичної моделі управління чисельністю популяції, що протягом тривалого часу слугувала базовою для задоволення суто комерційних інтересів певних груп осіб – прихильників концепції повернення раніше виловлених бродячих і шкідливих тварин на попереднє місце їхнього проживання, тобто на вулиці й інші громадські місця.

Протягом останніх років практично в усіх населених пунктах України органами місцевого самоврядування розробляються та реалізуються відповідні програми регулювання чисельності бродячих (безпритульних) тварин. Наприклад, Рішенням Київської міської ради «Про затвердження Київської міської програми контролю за утриманням домашніх тварин та регулювання чисельності безпритульних тварин гуманними методами на 2012 – 2016 роки» від 05 квітня 2012 року № 382/7719 в місті Києві на п'ять років передбачено витрачання на згадані цілі понад 117 млн. грн. (позиція 9 розділу «1.Паспорт»). Однак навіть поверхове ознайомлення зі змістом згаданої Програми дозволяє виявити ту поширену шаблонну практику, що її застосовують міські ради під час розроблення подібних програмних документів з регулювання чисельності бродячих (безпритульних) тварин – очевидно, що при цьому не було належним чином враховано наукові підходи (що були би засновані, в першу чергу, на статистичних даних органів охорони здоров'я, а також підтверджені висновками фахівців-біологів, кінологів, ветеринарів та ін.).

Виконання подібних програм, як правило, розраховано на середньостроковий період (3 – 5 років). Як наукове підґрунтя при цьому використовується математична розробка щодо моделювання чисельності популяцій, яку вперше було обґрунтовано 2001 р. російським біологом О.В. Сорокіною у її дисертаційному дослідженні за темою «Совершенствование методов сдерживания воспроизводства бездомных животных в крупных населенных пунктах» [3]. У вітчизняній науковій теорії, слід визнати, наразі бракує подібних розроблень, і з цієї ж причини застосовувані нині методи досі не було піддано критичній оцінці на предмет їх відповідності дійсним потребам громад, а також здоровому глузду.

У межах цього дослідження нами було проаналізовано зміст «дисертації» О.В. Сорокіної, й це дає підстави твердити про антинауковий характер запропонованої авторкою «математичної моделі управління чисельністю популяції, рівняння якої визначають інтенсивність відлову та стерилізації тварин з умов оптимізації за заданим критерієм» [3, с. 8].

Серед положень, які виносилися на захист, зазначено такі: математична модель управління чисельністю популяції бродячих собак у крупних населених пунктах; методика дослідження кількісних і якісних показників популяцій бездомних тварин; спосіб верифікації моделі; стратегії управління чисельністю популяції бродячих собак [3, с. 8]. Незважаючи на те, що у темі дисертації використано загальний термін «тварини», фактично в усьому змісті роботи йдеться лише про один їх вид – собак, зокрема бродячих.

Про призначення математичного моделювання в біології йдеться у підрозділі 1.6 «дисертації» [3, с. 28 – 37]. Після цього О.В. Сорокіна переходить до опису видів моделей та їхніх характеристик, про що йдеться аж до стор. 42 включно. Стосовно цього слід зауважити таке: якщо у попередньому підрозділі «дисертації» згадувалося про математичну статистику, а серед методів моделювання біологічних процесів авторкою названо рівняння прямої лінії або параболи і гіперболи [3, с. 37], ймовірнісні (стохастичні) моделі динаміки популяцій [3, с. 38], диференціальні рівняння, пов'язані з теорією Мальгуса [3, с. 39], рівняння Ферхюльста – Перла [3, с. 39], залежності, які авторкою запропоновано умовно називати залежностями Вольтерра – Лотка [3, с. 40], модель Холлінга – Тернера тощо, то у наступному розділі всі їх відкинуто. Натомість, у Главі II, що присвячено моделюванню управління чисельністю бродячих тварин у крупних населених пунктах, О.В. Сорокіна без попереднього пояснення та без будь-якої згадки про засто-

совувані в біології методи математичної статистики та моделі біологічних процесів одразу наводить запропоноване нею відношення:

$$x(t) = \frac{N(t)}{S} \quad (1),$$

де також пропонується введення величини  $D$  (у формулі не згадується – прим. *І.К.*), що означає область проживання популяції, яка розглядається, та яку *О.В. Сорокіна* пропонує вважати зв'язаною топографічною множиною, а полощу  $S$  області  $D$  називати її ареалом; кількість особин досліджуваної популяції, які знаходяться у момент часу  $t$  на території  $S$  називається чисельністю популяції. Цю величину авторка пропонує умовно позначати як  $N$ , а відношення (1) – середньою щільністю популяції у момент часу  $t$  в області  $D$  [3, с. 43].

Далі запропоновано виділити у межах певної точки  $A$  області  $D$  довільний малий, порівняно із  $S$ , елемент із площиною  $\Delta S$ . Якщо на  $\Delta S$  у певний момент часу  $t$  знаходиться  $\Delta N(t)$  особин, то величина

$$x(t) = \lim_{\Delta S \rightarrow 0} \left( \frac{\Delta N(t)}{\Delta S} \right) \quad (2)$$

називається щільністю популяції на момент  $t$  у точці  $A$  ареала  $S$  [3, с. 43 – 46] і т.д.

Шляхом такого штучного нагромадження розмаїття формул, лінійних рівнянь, інтегралів, матриць тощо (стор. 47 – 81), по суті, створюється видимість підкріплення висновків *О.В. Сорокіної* результатами застосування математичних методів моделювання чисельності бродячих тварин.

До теперішнього часу не вдавалося спростувати цих квазіматематичних «викладок», і головною причиною цього, на нашу думку, була не їхня складність і перевантаженість великою кількістю формул (з яких переважна більшість є такими, що не мають відношення до методів розв'язання завдань «дослідження»), а саме їх абсурдність – як за формою та структурною побудовою (композицією) тексту «дисертації», так і за змістом.

Викладене *О.В. Сорокіною* бачення розв'язання проблеми не відповідає й темі її «дисертації», оскільки фактично нею запропоновано обґрунтування створення притулку для бродячих собак і викладено емоційні аргументи на користь стерилізації цих тварин для подальшого випуску до місця попереднього проживання, тоді як у формулюванні теми заявлено більш широкий предмет дослідження – регулювання чисельності популяції бродячих тварин. Це спростовує і поширену тезу про «гуманність» такого способу регулювання чисельності тварин, оскільки фактично після операції собаки, що їх «повернуто до середовища проживання» приречені на повільну та болісну смерть

унаслідок дії низки загрозливих чинників, які призводять до загибелі тварин у «середовищі проживання»: інфекційні хвороби, голод, брак або відсутність води, дії високих і низьких температур, дорожньо-транспортні пригоди, ураження електричним струмом, отруєння хімічними речовинами, спричинення травм унаслідок нападу більш сильних особин тощо.

Забезпечити ефективність заходів щодо регулювання чисельності бродячих тварин можна тільки одним способом: їх виловом без подальшого повернення. У більшості цивілізованих країн тварини, що з тих чи інших причин залишилися без хазяїна, зазвичай містяться у притулках протягом нетривалого терміну, після закінчення якого, якщо тварину не вдалося повернути колишньому власникові або знайти для неї нового, приймається рішення про евтаназію. Також загальновідомо, що на вулицях крупних населених пунктів розвинених країн Європейського континенту й Північної Америки, а також Австралії та деяких інших не трапляється випадків вільного проживання бродячих собак, оскільки там це не вважається і не може вважатися, за жодних умов, нормою життя.

Подальше здійснення реформ в економічній, гуманітарній, соціальній, оборонній, екологічній та інших сферах має передбачати також і здійснення ґрунтовного критичного перегляду тих базових засад, на яких було засновано діяльність як окремих державних і комунальних структур, так і недержавних організацій з числа тих, які користуються наявністю тих чи інших прогалин у правовому регулюванні та використовують для надання своїй діяльності легітимного вигляду фальсифіковані, псевдонаукові та забобонні технології, зокрема тим самим нівелюючи цінність такого важливого здобутку науки, як методи математичного моделювання. Не існує такої математичної формули, як не існує й не може існувати кимось заздалегідь визначеної та «науково обґрунтованої» необхідної кількості бродячих хижаків на одиницю площі в українських містах і інших населених пунктах. Точніше, може існувати лише одне таке порогове значення, і воно дорівнює числу «0». Моделювання прогностичних значень розвитку популяцій тварин, як і будь-яких інших біологічних видів, має слугувати меті забезпечення екологічної безпеки, запобігання зникненню видів тварин, морських організмів, комах і рослин, які занесені до Червоної книги України, захисту біологічного розмаїття тощо, оскільки саме це відповідає інтересам усього суспільства.

## **Література**

1. Кременовская И.В. Пути повышения эффективности мер, применяемых для регулирования численности бродячих животных на территории городов / И.В.

Кременовская // Проблемы теории и практики городского управления (экономико-правовой аспект) : материалы IX Междунар. науч.-практ. конф. / [НАН Украины. Ин-т экономико-правовых исследований; Редкол.: Богачев С.В. (отв. ред.) и др.]. – Донецк: Ноулидж, 2013. – С. 99 – 102.

2. Кременовська І.В. Правова інтерпретація проблеми захисту «прав» тварин (на прикладі собак) / І.В. Кременовська, О.А. Святогор // Юридичний електронний науковий журнал. – 2015. – № 2. – С. 268 – 272.

3. Сорокина А.В. Совершенствование методов сдерживания воспроизводства бездомных животных в крупных населенных пунктах : дис. ... канд. биол. наук : 16.00.06 / Сорокина Александра Валентиновна. – П. Персиановский, 2001. – 147 с.

UDC 51.77

## MATHEMATICAL METHODS OF EVALUATIONING THE DEMOGRAPHIC INDICATORS

<sup>1,2</sup>I.V. Zaitseva, <sup>1,3</sup>M.V. Popova

<sup>1</sup>FGOU VPO "Stavropol State Agrarian University", Russia

<sup>2</sup>FGAOU VPO "North Caucasian Federal University", Russia

<sup>3</sup>GAOU VPO "Nevinnomyssky State Humanitarian-Technical Institute", Russia

Up-to-date for region's management practices becomes is the problem of determining the parameters of the labor potential with the aim of its adequate assessment. Therefore, as the evaluation of labor potential is complex in methodological and organizational challenge and to date there is no single universal technique for solving whole complex of problems, that's why the development of specific techniques will depend on aims of research, evaluation, characterized categories of employees and other factors. Today there is no generalizing evaluation index of labor potential, representing combination of dissimilar, quantitative and quality factors of labor, are insufficiently developed theoretical-methodological questions and methodological approaches to the evaluation of the employment potential [3].

The gist of the potential approach reduces to the potential of labor, i.e. to the evaluation of its abilities, which identify by trends of development, state, factors of production in specific socio-economic conditions. The authors of this approach include into concept of "labor potential" production potential. Labor potential considered by them as an interconnected set of material and labor resources, witch ensure achieving of production aims. Thus, this approach blurs the distinction between reserves and factors of production and personal resources of the man.

We can distinguish two characteristics of labor potential - quantitative and qualitative, where quantitative characteristic determined by demographic factors and by intensity of the labor process, and qualitative characteris-



tics - by ability of labor resources produce added value and socio-economic relations.

In the economic literature are allocated the following research principles of regional labor potential: a detailed description of the conditions of labor potential formation; evaluation of the quantity of labor potential; evaluation of the quality of labor potential; definition of the integral index; catholicity of used information; universality, accessibility and comparability of data used in the calculation [4].

The primary role in the system of population labor potential belongs to its demographic component. Impact on the labor potential of fertility, death rate, demographic growth of the population affects the quantitative and qualitative characteristics of labor potential, i.e. if the qualitative characteristics can be changed without changing the total amount of labor potential, then quantitative parameters of it will change. Labor potential is able to increase in different socio-economic conditions of development.

Labor potential of the region includes labor potential of the personality, household, branch. To qualitative characteristics of labor regional potential in [5] relate demographic, professionally-qualifying, personnel, organizational, educational, moral and so on structures. Formation of the labor regional potential is a quadrilateral process, which combine demographic reproduction of the regional population, the formation of labor force, socialization, recovery of the using labor force by satisfaction of needs.

For development of integral evaluation of the labor potential is allocated a many signs that characterize subsystems of labor potential. Each sign is given by private criterion, which let to assess allocated characteristics. Summarizing different approaches, which are using in evaluation of the various subsystems of labor potential, we can allocate three main directions in their development: demographical, economical and energetical.

As an example of evaluation of the demographic factor of labor potential, consider the creation of mathematical model. When mathematical model of demographic processes is creating, on the parameters included in the model, often very significant affect numerous and various random factors, which are called factors of uncertainty. They disrupt the smooth measurement of variables included in the mathematical model [2].

Using the model of population growth on the Earth [1], we will construct mathematical model that consider age factors of region population.

Denote total population of the region as  $N$  (people).

Divide the population into three age groups:

- 1) the population under working age, under 16 years ( $N_1$ , people);
- 2) the population of working age, from 16 to 55 years ( $N_2$ , people);
- 3) the population over working age, older than 55 years ( $N_3$ , people).

Then we will obtain:

$$N = N_1 + N_2 + N_3 \quad (1)$$

Take in attention features of each group, let's write formulas for calculating changes in the amount of population:

$$N_1 = \frac{dN_1}{dt} = a(B - D), \quad (2)$$

where  $B$  – the number of births per time unit,

$D$ - the number of deaths per time unit,

$a$  - coefficient of uncertainty, that effect on the amount of this subgroup;

$$N_2 = \frac{dN_2}{dt} = bN_2S(1 - L) \quad (3)$$

where  $b$ - coefficient of uncertainty, that effect on the amount of this subgroup,

$N_2$  – amount of working age population,

$S$ - surplus per one person, produced in given level of technology, which defined as quasi stationary labor productivity and measured as the ratio of the region's GDP to the population of the region,

$L$ -the part of the literate population in this group;

$$N_3 = \frac{dN_3}{dt} = c(k_b - k_d)N_3, \quad (4)$$

where  $c$  - coefficient of uncertainty, that effect on the amount of this subgroup,

$N_3$ - amount of population over working age,

$k_b$  and  $k_d$ -coefficients of fertility and mortality.

Thus, changes in amount of region's population calculated by formula:

$$N = \frac{dN_1}{dt} + \frac{dN_2}{dt} + \frac{dN_3}{dt}, \quad (5)$$

or

$$N = a(B - D) + bN_2S(1 - L) + c(k_b - k_d)N_3, \quad (6)$$

With the help of a mathematical model (6), the authors are planning to investigate the demographic processes of Stavropol region.

At the present stage the aim of demographic policy aim in Stavropol region is the slowing of natural population decline, stabilization its amount and creating conditions for its growth, improving the quality of life and increase its duration, that's why the demographic policy priorities are reduction of mortality among the population, especially high mortality of men in working age; increasing fertility by promoting family values, motherhood and childhood; increase of lifetime by development effective healthcare system and by promoting healthy lifestyle.

Thus, the studying of the state of labor potential is relevant for Stavropol region. Quantitative characteristics of the regional labor potential are determined by its demographics, and to qualitative characteristics should include such indicators health, education and qualification of employees, labor

productivity, scientific potential of the region, etc. It should be noted that in the end of 2009, there has been some decline of demographic processes in the Stavropol region. By reducing the mortality rate on 2.6%, decreased natural loss on 23.1%, reaching 1.0 (in calculation per 1000 population) compared to 1.3 in January-November of 2008. The number of deaths exceeded the number of births on 8.1%. The birth rate was 12.1 (in calculation per 1000 population) against 12.2 in January-November of 2008.

### **Literature**

1. New in synergy: a new reality, a new problem, a new generation / Ros. Acad. sciences; Ed. G.G. Malinetskii. - M.: Nauka, 2007. - 383 p.
2. Zaitseva, I.V. Solution to the problem of optimal control of a mathematical model of complex economic system / I.V. Zaitseva // Bulletin of Stavropol State University, 2010. - Issue 70 (5). - P. 16 - 21.
3. Zaitseva, I.V. Regional labor market: problems of balance and control / I.V. Zaitseva, M.V. Popova // "Scientific and technical statements SPbSPU. Economics", 2011, № 5 (132). - P. 55-59.
4. Zaitseva I.V., Popova M. Technique to study the employment potential of the region: economic-mathematical aspect // World Applied Sciences Journal 22 (1): 22-25, 2013.
5. Zaitseva, IV The development the concept of "employment potential" as a socio-economic category / I.V. Zaitseva, M.V. Popova, Y.V. Vorokhobina // Management of economic systems: electronic scientific journal, 2013. - № 1. - Mode of access: <http://www.uecs.ru/index.php>.
6. Zaitseva, I.V. A mathematical model of optimal allocation of regional labor potential by sectors of the economy / I.V. Zaitseva, E.A. Semenchin, V.A. Gimbitsky // Basic Research, 2013. - №8 (2) - S. 413-416.

УДК 004.9:519.876.2:504.7

## **ДОСЛІДЖЕННЯ ДИНАМІКИ КЛІМАТИЧНИХ ФАКТОРІВ ЗА МЕТЕОДАНИМИ НАЦІОНАЛЬНОГО ПРИРОДНОГО ПАРКУ «ВИЖНИЦЬКИЙ»**

І.В. Стеценко<sup>1</sup>, В.І.Стратій<sup>2</sup>, Ю.Я.Томка<sup>1</sup>, М.В.Талах<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Буковинський державний фінансово-економічний університет,

<sup>2</sup>Національний природний парк «Вижницький»

Серед численних екологічних та соціально-економічних проблем людства однією з найактуальніших є проблема глобальних змін клімату. Дослідження свідчать, що клімат України протягом останніх десятиліть вже почав змінюватися (температура та деякі інші метеорологічні параметри відрізняються від значень кліматичної норми) [1]. Зважаючи на це, практичного значення набуває вивчення особливостей динамічних параметрів клімату в окремих регіонах

України, що пов'язане з відмінностями між глобальними та локальними змінами кліматичних показників. Локальні зміни клімату часто більш виражені, ніж глобальні, оскільки локальні фактори можуть зміщувати потік тепла або вологи з одного місця в інше, і, наприклад, локальні коливання температури за кілька десятиліть можуть становити кілька десятків градусів Цельсія, що більше показника глобального потепління.

Існує ряд робіт [2, 3], присвячених характеристиці змін клімату, які розглядають дані з температури повітря та інших показників, зокрема і для території України, однак більшість з них носить констатуючий характер. Передбачення клімату і наслідків його змін – центральне завдання науки про клімат, і у вирішенні цього завдання фізико-математичні моделі не мають альтернативи [4]. Математичне моделювання є одним із найефективніших методів довгострокового прогнозу змін метеорологічних величин для дослідження клімату майбутнього.

На даний час є необхідність створення дієздатної і ефективною системи моніторингу за всіма компонентами природно-територіальних комплексів, у тому числі і за метеопказниками. Національним парком «Вижницький» надані для дослідження метеодані за період з 2002 року по 2014 рік, які характеризуються клімат Берегометського низькогір'я. Метеопост розташований безпосередньо на території парку, тому надані метеодані якнайточніше характеризують клімат цієї території. Дані містять результати спостережень середньодобової, максимальної та мінімальної температури повітря, кількості опадів та їх характер (сніг чи дощ), висоти снігового покриву. Характер опадів у цій місцевості часто змінюється протягом дня, тому ці дані не можуть враховуватись в дослідженні. Висота снігового покриву визначалась тільки в окремі дні після чергового періодичного випадання опадів, тому ця характеристика також не може бути використана в математичному моделюванні кліматичних змін. У щорічних звітах парку міститься також інформація про тваринний та рослинний світ.

Метою дослідження є виявлення системних змін кліматичних факторів та їх вплив на екосистему парку. Одним із завдань цього дослідження є пошук методів обробки метеоданих для опису динаміки кліматичних факторів. Запропоновано використання методів групового врахування аргументів для математичного моделювання середньодобової температури.

Методи групового врахування аргументів запропоновані академіком О.Г.Івахненко для індуктивного моделювання складних систем [5]. Оскільки кількість змінних незначна, використовувався однорядний алгоритм самоорганізації моделей з використанням комбінованого

критерію у вигляді півсуми критерію регулярності та критерію мінімуму зсуву.

Реалізація алгоритму виконана мовою java. Дані імпортуються з файлу формату .txt, потім виконується поділ на навчальну та перевірочну таблиці. Далі будується множина моделей-претендентів і розраховується значення зовнішнього критерію. Модель, для якої значення зовнішнього критерію є найменшим, є моделлю оптимальної складності. Оцінка завадостійкості побудованого алгоритму показала витривалість його в межах похибки в даних до 0,1. Розподіл таблиці даних на навчальну та перевірочну послідовності здійснювався у відношенні 1:1.

Окрім того, з метою виявлення основних гармонік річних розподілів середньодобових температур був проведений попередній вейвлет-аналіз у відповідності до методики, що описана у [6], результати якого представлені на рис. 1.

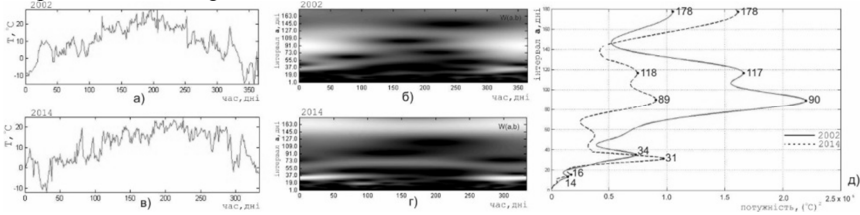


Рис. 1. Розподіл середньодобових температур за 2002 рік (а) та 2014 рік (в), скалограми для 2002 та 2014 року – (б) та (с) відповідно, д) – інтегральні вейвлет-спектри

Аналіз інтегральних вейвлет-спектрів (рис. 1, в)) дозволив в якості опорних функцій алгоритму групового врахування аргументів обрати тригонометричні функції з періодами 1 рік, 1/12 року, 1/4 року, 1 місячний місяць, 1 тиждень.

Математичні моделі побудовано окремо для кожного року. Отримані значення зовнішнього критерію, які менше за 0,05, свідчать про високу якість знайдених моделей.

Так, для 2002 року знайдена модель виду (рис. 2):

$$f(t) = 9,91 - 11,63 \cos\left(\frac{2\pi t}{365}\right) - 0,87 \sin\left(\frac{2\pi t}{365}\right) - 1,10 \sin\left(\frac{24\pi t}{365}\right) - 2,20 \cos\left(\frac{8\pi t}{365}\right) + 1,40 \sin\left(\frac{8\pi t}{365}\right) - 0,68 \sin\left(\frac{\pi t}{14}\right);$$

для 2003 року:

$$f(t) = 8,92 - 12,95 \cos\left(\frac{2\pi t}{365}\right) - 3,72 \sin\left(\frac{2\pi t}{365}\right) + 0,80 \cos\left(\frac{24\pi t}{365}\right) - 0,88 \sin\left(\frac{24\pi t}{365}\right) - 1,07 \cos\left(\frac{8\pi t}{365}\right) - 0,45 \sin\left(\frac{8\pi t}{365}\right) - 1,04 \cos\left(\frac{\pi t}{14}\right) - 0,36 \sin\left(\frac{\pi t}{14}\right);$$

для 2012 року:

$$f(t) = 10,03 - 12,93 \cos\left(\frac{2\pi t}{365}\right) - 3,75 \sin\left(\frac{2\pi t}{365}\right) + 1,04 \cos\left(\frac{24\pi t}{365}\right) - 1,07 \sin\left(\frac{24\pi t}{365}\right) + 1,37 \cos\left(\frac{8\pi t}{365}\right),$$

де  $t$  – змінна часу, що вимірюється в днях, і змінюється від 1 до 365,  $f(t)$  – середньодобова температура в день  $t$ .

Відповідні значення зовнішнього критерію для цих моделей складають 0,047, 0,045 та 0,049. Порівняння моделей 2002-2003 років показало значний (у 12 днів) зсув складової моделі з періодом 1 рік, що призводить до більш пізньої весни. У наступні 2003-2014 роки цей зсув спостерігається, але незначний - за всі роки разом набігає близько 2 днів. Разом за 12 досліджуваних років можемо констатувати зсув середньодобової температури на 14 днів, тобто майже на півмісяця (рис. 3).

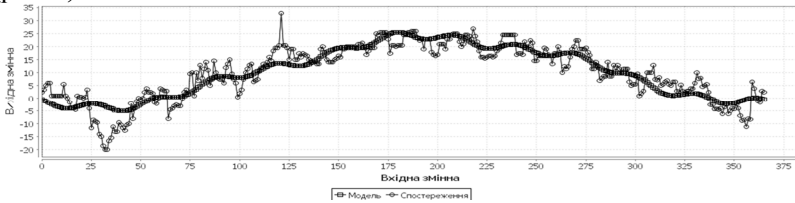


Рис. 2. Моделювання середньодобової температури у 2012 році на території НПП «Вижницький»

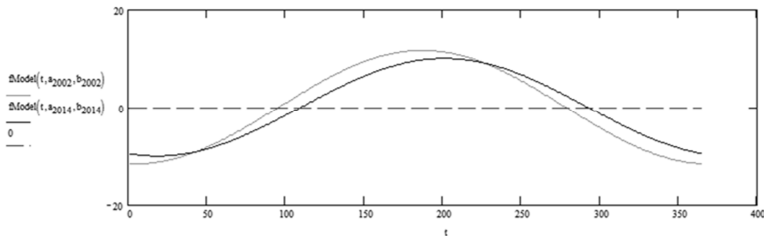


Рис.3. Основна гармоніка середньодобової температури 2002 та 2014 років

Таким чином, з використанням однорядного алгоритму самоорганізації моделей отримані математичні моделі динаміки середньодобової температури на території НПП «Вижницький». За результатами дослідження цих моделей виявлений суттєвий зсув середньодобової температури у 2002-2014 роки, який пояснює зміщення сезонів у бік більш пізньої весни.

## Література

1. Паламарчук Л.В. Сезонні зміни клімату в Україні в ХХІ столітті / Л.В. Паламарчук, Н.В. Гнатюк, С.В. Краковська, І.П. Шедеменко, Г.О. Дюкель // Наук. праці УкрНДГМІ. – 2010. – Вип. 259. – С. 104–120.
2. Кульбіда М.І. Клімат України: у минулому... і майбутньому? / М.Б.Барабаш, Л.О.Єлістратова, Т.І.Адаменко та ін. / Український науково-дослідний гідрометеорологічний ін-т; Український гідрометеорологічний центр. За ред. М.І. Кульбіда, М. Б. Барабаш. — К. : Сталь, 2009. — 234с.
3. Клімат України // За ред. В. М. Ліпінського, В. А. Дячука, В.М. Бабіченко. – К.:Вид-во Расвського, 2003. – 344 с.
4. Атоев К.Л. Моделирование влияния глобальных изменений на экологическую безопасность и водный баланс / К.Л. Атоев, В.А. Пепеляев // Компьютерная математика. — 2008. — Вып. 1. — С. 42—53. — Библиогр.: с. 52—53.
5. Ивахненко А.Г. Самоорганизация прогнозирующих моделей / А.Г.Ивахненко, Й.А.К.Мюллер. – Киев: Наукова думка. 1985. – 221с.
6. Нагорнов О.В. Вейвлет-анализ в примерах/ О.В. Нагорнов. – Москва: НИЯУ МИФИ. 2010. – 120 с.

УДК 004.946

### **МОДЕЛЮВАННЯ ПРОЦЕСУ ПЕРЕСЛІДУВАННЯ РУХОМИХ ЦІЛЕЙ БЕСПІЛОТНИМ ЛІТАЛЬНИМ АПАРАТОМ З ЗАСТОСУВАННЯМ ЗАДАЧІ ПОЧЕРГОВОГО ПЕРЕСЛІДУВАННЯ З ТЕОРІЇ ДИФЕРЕНЦІЙНИХ ІГОР**

С.Л. Новачевський

*Національний Технічний Університет України «Київський Політехнічний Інститут», Україна*

Безпілотний літальний апарат - частина складного багатофункціонального військового комплексу. Основне завдання, що покладається на комплекси безпілотних літальних апаратів, - проведення розвідки важкодоступних районів, в яких отримання інформації звичайними засобами, включаючи авіарозвідку, ускладнене або ж наражає на небезпеку здоров'я і навіть життя людей. Крім військового використання застосування комплексів безпілотних літальних апаратів відкриває можливість оперативного і недорогого способу обстеження важкодоступних ділянок місцевості, періодичного спостереження заданих районів, цифрового фотографування для використання в геодезичних роботах та у випадках надзвичайних ситуацій. Отримана бортовими засобами моніторингу інформація повинна в режимі реального часу передаватися на пункт управління для обробки і прийняття адекватних рішень.

Однак, виникає проблема у випадку потреби вести переслідування за рухомими цілями. У такому випадку, для автоматизації процесу спостереження за рухомими цілями пропонується застосування задачі почергового переслідування з теорії диференційних ігор. Задачі переслідування являються типовими прикладами у даній сфері математики. Теорія диференційних ігор розглядає задачі оптимального управління об'єктом в конфліктних ситуаціях, а також в ситуаціях, коли на об'єкт впливає перешкода, яка відіграє роль одного з гравців. Моделювання управління об'єктом, яке забезпечує оптимальний гарантований результат

Розглянемо задачу почергового переслідування. Мета переслідувача – зловити всіх втікачів, мета втікачів – уникнути зіткнення з переслідувачами. Застосуємо метод дозвільних функцій для вирішення задачі почергового піймання один переслідувачем декількох втікачів. Схеми можуть бути для процесів з фіксованим та нефіксованим часом піймання кожного з втікачів. Конструкція, яка пропонується є достатньо ефективною у випадку простих рухів гравців з програмним вибором черги піймання. В цьому випадку стратегією переслідувача є паралельне переслідування та, отже, функціонал якості – сумарний час переслідування – залежить лише від керувань втікачів. З однієї сторони, екстремум функціоналу досягається на постійних керуваннях втікачів та нескінченно вимірна задача максимізації сумарного часу переслідування зводиться до скінченно вимірної задачі умовної оптимізації.

Нехай задано конфліктно керований процес

$$\dot{z}_i = A_i z_i + \varphi_i(u, v_i), z_i \in R^n, u \in U, v_i \in V_i, i = \overline{1, m}, \text{ де}$$

$A_i$  – квадратна матриця порядку  $n_i$ ;

$u, v_i$  – параметри керувань переслідувача та втікачів, які належать непустим компактам  $U$  та  $V_i$ ;

$\varphi_i(u, v_i)$  – неперервні за сукупністю змінних вектор-функції.

Термінальна множина складається з циліндричних множин

$$M_i^* = M_i^\circ + M_i, M_i^* \in R^{n_i}, i = \overline{1, m}, \text{ де}$$

$M_i^\circ$  - лінійний простір з  $R^{n_i}$ ;

$M_i$  – опуклий компакт з ортогонального доповнення  $L_i$  до  $M_i^\circ$  у  $R^{n_i}$ .

Мета переслідувача – вивести почергово усі траєкторії  $z_i(t), i = \overline{1, m}$ , на відповідні множини  $M_i^*$  за кінцевий час та у будь-якому порядку.

Таким чином, знаючи параметри власного керування, використовуючи вищеописану математичну модель, можна вивести фазову траєкторію на заданій множині.



Для вирішення поставленої задачі пропонується використати систему моделювання поведінки безпілотних літальних апаратів у багато-агентному середовищі. Система складається з симулятора, що дозволяє користувачу керувати процесом моделювання та проводити спостереження в реальному часі, та засобу розробки, який представляє собою бібліотеку для реалізації власних агентів. Реалізовуватися алгоритми поведінки агентів будуть на мові Java 7, оскільки засіб розробки на даний момент підтримує лише її.

Ефективність алгоритму поведінки безпілотного літального апарату оцінюється за часом, який знадобився для перехоплення цілей.

### Література

Чикрий А.А. Конфликтно управляемые процессы / Чикрий А.А.: Отв. ред. член-корр. Академии инженерных наук России Ченцов А.Г.; АН Украины. Ин-т кибернетики им. В.М. Глушкова. – Киев: Наук.думка, 1992. – 384 с. – ISBN 5-12-003426-8.

УДК 004.946

## ДОСЛІДЖЕННЯ ПРОЦЕСУ ГРУПОВОГО ПЕРЕСЛІДУВАННЯ ОДНОГО ВТІКАЧА РІЗНОТИПНИМИ ОБ'ЄКТАМИ

Ю.М. Смирнов

*Національний Технічний Університет України «Київський Політехнічний Інститут», Україна*

Сучасний рівень розвитку інформаційних технологій дозволяє проводити моделювання різноманітних задач, що мають широке прикладне застосування, шляхом програмування відповідних алгоритмів за допомогою високорівневих мов та інструментів. Однією з таких задач є задача переслідування [1], вирішення якої може бути використане у напрямках, що пов'язані із розробкою роботів, а саме у визначенні стратегії взаємодії групи різнотипних об'єктів для оточення втікача.

Саме тому наразі є актуальною побудова спеціалізованого програмного забезпечення для моделювання процесу переслідування, яке дозволить знаходити оптимальну стратегію керування групою роботів-переслідувачів з різною інерційністю для перехоплення втікача або доводити нерозв'язність поставленої задачі при заданих параметрах.

Розглянемо конфліктно-керований процес групи переслідувачів  $P_1, P_2, P_3$  та одного втікача  $E$ :

$$\dot{x}_i = u_i, i = 1,2,3, \|u_i\| \leq 1, \dot{y} = v, \|v\| \leq 1, \quad (1)$$

де  $x_i, y \in R^2$ , керування  $u_i(t)$  і  $v(t)$  – вимірні за Лебегом функції. Втікач використовує програмні керування, тобто вибирає функцію  $v(t)$  за початковою позицією  $(x_1^0, x_2^0, x_3^0, y^0)$ . Переслідувачі використовують позиційну інформацію, тобто будують своє керування в момент часу  $t$  на основі знання  $(x_1(t), x_2(t), x_3(t), y(t))$ . Необхідно розв'язати задачу зближення, тобто вказати стратегію переслідування, таку, щоб траєкторія процесу (1) могла бути приведена з початкового стану  $x^0, y^0$  на термінальну множину, яка визначається умовою  $\|x_i - y\| \leq \varepsilon$ , хоча б для одного  $i \in I$ , де  $I = \{1, 2, 3\}$ .

Для розв'язання цієї задачі потрібно виконати допоміжні побудови векторного поля  $V$ , після чого на основі методу розв'язуючих функцій та з використанням отриманого допоміжного векторного поля  $V^*(y, x)$  визначити шукану стратегію переслідування.

Розглянемо квадратне рівняння:

$$\|v^* - \alpha \cdot z_i\| = 1, \quad i \in I, \quad (2)$$

де  $v^* = V^*(y, x)$ ,  $z_i = x_i - y$ . Розв'язком рівняння (2) є розв'язуюча функція  $\alpha(z_i, v^*)$ . Відповідні керування переслідувачів дорівнюють  $u_i^* = v^* - \alpha(z_i, v^*)z_i$ ,  $i \in I$ . Якщо визначене керування, то можна відповідно і оцінити час зустрічі для процесу, що починається з точки  $z_i$ .

Таким чином, використовуючи дану модель конфліктно-керованого процесу можна вирішити задачу групового переслідування.

Для програмного вирішення поставленої задачі пропонується використати систему моделювання поведінки роботів у багатоагентному середовищі [2]. Система складається з симулятора, що дозволяє користувачу керувати процесом моделювання та проводити спостереження в реальному часі, та засобу розробки, який представляє собою бібліотеку для реалізації власних агентів. Реалізовуватися алгоритми поведінки агентів будуть на динамічно-типізованій мові Groovy, оскільки вона спрощує написання стратегій, дозволяє напряму використовувати усі існуючі Java-бібліотеки (в тому числі засіб розробки агентів системи) та в результаті компілюється в JVM-байткод.

Отже, для моделювання процесу переслідування необхідно:

- реалізувати алгоритм поведінки переслідувачів;
- реалізувати алгоритм поведінки втікача;
- задати налаштування для кожного агента у відповідних окремих конфігураційних файлах;

Ефективність алгоритму взаємодії групи оцінюється за часом, який знадобився переслідувачам для перехоплення втікача.

## Література

1. Чикрий А.А. Конфликтно управляемые процессы / Чикрий А.А.: Отв. ред. член-корр. Академии инженерных наук России Ченцов А.Г.; АН Украины. Ин-т кибернетики им. В.М. Глушкова. – Киев: Наук.думка, 1992. – 384 с. – ISBN 5-12-003426-8.
2. Батішев О.С., Обламський В.В., Смирнов Ю.М. Система моделювання поведінки роботів у багатоагентному середовищі // Системний аналіз та інформаційні технології: матеріали 15-ї Міжнародної науково-технічної конференції SAIT 2013, Київ, 27-31 травня 2013 р. / ННК “ІПСА” НТУУ “КПІ”. – К.: ННК “ІПСА” НТУУ “КПІ”, 2013. – ст. 247-248.

УДК 004.942

## ДОСЛІДЖЕННЯ ПРОЦЕСУ ОТОЧЕННЯ ГРУПИ ЗЛОЧИНЦІВ ГРУПОЮ ПРАВООХОРОНЦІВ

В.В. Обламський

*Національний Технічний Університет України «Київський Політехнічний Інститут», Україна*

Задача оточення групи втікачів групою правоохоронців в умовах міста постає доволі часто, саме тому вона була обрана як предмет дослідження та моделювання. Дана задача фактично представляє собою проблему взаємодії груп керованих об’єктів для оточення переслідуваних [1], що означає що ця задача є з розряду задач переслідування.

Для дослідження даної задачі було вирішено створити спеціальне середовище моделювання, в якому буде проходити симуляція процесів переслідування. Проте перед початком моделювання необхідно визначити математичну постановку та можливі способи вирішення задачі.

Отже, задача зводиться до задачі взаємодії груп керованих об’єктів за участю  $n$  переслідувачів та  $m$  втікачів. Математичну модель задачі можна представити в наступному виді:

$$\dot{z}_{ij} = A_{ij} + z_{ij} + \varphi_{ij}(u_i, v_j), z_{ij} \in R^{n_j}, u_i \in U_i, v_j \in V_j, i = \overline{1, n}, j = \overline{1, m}$$

де

$R^{n_j}$  – скінченновимірний евклідов простір;

$A_{ij}$  – квадратна матриця порядку  $n_j$ ;

$U_i, V_j$  – непусті компакти - області керування гравців, функції

$\varphi_{ij}(u_i, v_j): U_i \times V_j \rightarrow R^{n_j}$  – неперервні за сукупністю елементів.

Термінальні множини мають вигляд:

$$M_{ij}^* = M_{ij}^o + \overline{M_{ij}}, i = \overline{1, n}, j = \overline{1, m}$$

де  $M_{ij}^o$  – скінченновимірний евклідів простір;

$\overline{M_{ij}}$  – опуклі компакти з ортогональних доповнень.

Мета переслідувачів – почергово для кожного  $j = \overline{1, m}$  вивести одну з траєкторій  $z_{ij}(t), i = \overline{1, n}$  на відповідні термінальні множини, або, якщо це неможливо, максимально відтягнути час виводу всіх траєкторій.

Можливим способом вирішення даної задачі переслідування є використання принципу поінтервальної декомпозиції. Оскільки маємо  $n$  переслідувачів та  $m$  втікачів, то у початковий момент розіб'ємо їх на підгрупи (зробимо ціле розподілення), кожна з контрих буде складатися або з декількох переслідувачів та одного втікача, або з одного переслідувача та декількох втікачів. При цьому кожен переслідувач та втікач може брати участь тільки в одній підгрупі. Таке розподілення можна робити використовуючи методи дискретної оптимізації. Проте у будь-якому випадку замість початкової задачі взаємодії груп керованих об'єктів отримаємо декілька задач групового та почергового переслідування, методи вирішення яких доволі розвинені. Таким чином складний процес взаємодії груп розбитий на незалежні підзадачі групового та почергового переслідування.

Зафіксуємо той перший момент часу  $t_1$ , коли вирішення одна з підзадач. Змістовно це означає, що спійманий хоча б один з втікачів, та, відповідно, він може бути виключений з подальшого розгляду, а переслідувачі, які звільнилися, можуть бути використані у складі інших підгруп. В цей момент часу зробимо нове розбиття групи переслідувачів та втікачів, які залишилися, на підгрупи, кожна з яких має у своєму складі або одного переслідувача, або одного втікача та декількох противників. Коли ми розглянемо отримані задачі групового та почергового переслідування, визначимо момент  $t_2$  вирішення першої задачі з них. У момент  $t_2$  зробимо нове розподілення і т.д.

Отже, процес оптимізації взаємодії груп керованих об'єктів представляє собою ітераційну процедуру та на кожній ітерації припускає вирішення наступних типових задач:

- а) у деякі моменти часу  $0, t_1, \dots, t_k, k \leq m$ , вирішення задач цілого розподілення;
- б) на інтервалах  $[t_i, t_{i+1}]$  вирішення задач переслідування групою;

в) на інтервалах  $[t_i, t_{i+1}]$  вирішення задач почергового переслідування.

Описаний вище метод найбільш ефективний коли моделюється достатньо велика кількість переслідувачів та втікачів, тому що у цьому випадку паралельні процеси суттєво простіше за початкову задачу.

Наступним кроком є створення системи моделювання та перевірки ефективності визначеного методу вирішення.

### **Література**

1. Чикрий А.А. Конфликтно управляемые процессы / Чикрий А.А.: Отв. ред. член-корр. Академии инженерных наук России Ченцов А.Г.; АН Украины. Ин-т кибернетики им. В.М. Глушкова. – Киев: Наук.думка, 1992. – 384 с. – ISBN 5-12-003426-8.

УДК 631.31:338.1

## **ОЗНАЧЕННЯ ТЕХНОЛОГІЧНОЇ СИСТЕМИ ЗБИРАННЯ РАННІХ ЗЕРНОВИХ КУЛЬТУР**

В.В. Адамчук, О.В. Сидорчук, В.І. Днесь

*Національний науковий центр «Інститут механізації та електрифікації  
сільського господарства»*

Однією з основних задач, що виникають під час планування збирання ранніх зернових культур є визначення параметрів зернозбирально-транспортного комплексу. Необґрунтований вибір його параметрів призводить до зниження ефективності збиральних робіт через виникнення втрат вирощеного врожаю або недовикористання потужностей обраного комплексу. Враховуючи, що на перебіг цього процесу вагомий вплив мають агрометеорологічні умови стохастичного характеру – обґрунтування параметрів зернозбирально-транспортного комплексу доцільно проводити на основі статистичного імітаційного моделювання [6].

Аналіз технологічної системи збирання ранніх зернових культур (ТС ЗРЗК) та структури робіт, що в ній виконуються, вказує на те, що ця система сформована із скінченної множини підсистем. Ці підсистеми технологічно поєднані між собою, проте відрізняються предметом праці, структурою робіт щодо його перетворення, агротехнічними вимогами до виконання тощо. Кожна з підсистем характеризується вагомністю у формуванні показників ефективності системи в цілому [5].

Технологічна система збирання ранніх зернових культур в процесі свого функціонування забезпечує якісну зміну стану предмета праці: з зерностеблостою, який розміщений на полях в зерно, що знаходиться в

пунктах обробки та зберігання. Розглядаючи процес перетворення предмета праці в ТС ЗРЗК, можна виділити дві підсистеми – збирання (ТПЗ) і транспортування (ТПТ). В результаті функціонування ТПЗ відбувається виділення зернової частини урожаю із зерностеблостою, тобто, якісна зміна предмета праці. Завдання ТПТ є транспортування зерна з поля до току.

Враховуючи особливості функціонування ТС ЗРЗК, розглядати їх можна як: складні, відкриті, динамічні, стохастичні системи. Дослідження таких систем доцільно проводити користуючись принципами системного підходу [1–4].

Виокремлена ТС ЗРЗК, відповідно до методології системного підходу, представляється у вигляді характеристик вхідного потоку вимог ( $X_{TC}$ ) параметрів технічного оснащення ( $Z_{TC}$ ), впливів агрометеорологічних умов ( $V_{TC}$ ) та показників її функціонування ( $Y_{TC}$ ) (рис).

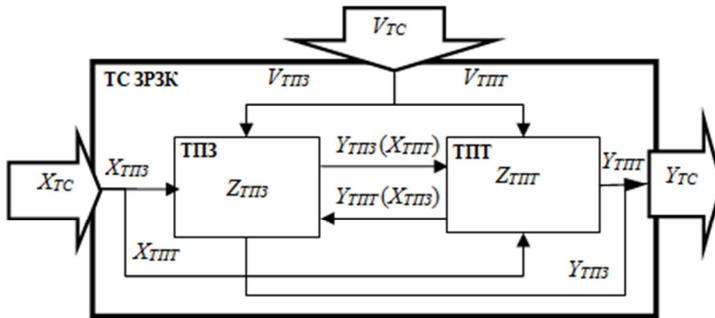


Рисунок – Схема технологічної системи збирання ранніх зернових культур:  $X_{TC}$ ,  $X_{TPЗ}$ ,  $X_{TPТ}$  – відповідно характеристики вхідних впливів ТС ЗРЗК, технологічної підсистеми збирання та транспортування;  $Z_{TC}$ ,  $Z_{TPЗ}$ ,  $Z_{TPТ}$  – відповідно, параметри технічного оснащення ТС ЗРЗК, технологічної підсистеми збирання та транспортування;  $V_{TC}$ ,  $V_{TPЗ}$ ,  $V_{TPТ}$  – відповідно вплив агрометеорологічних умов на ТС ЗРЗК, технологічну підсистему збирання та транспортування;  $Y_{TC}$ ,  $Y_{TPЗ}$ ,  $Y_{TPТ}$  – відповідно показники функціонування ТС ЗРЗК в цілому та технологічних підсистем збирання і транспортування

Такий підхід до дослідження ТС ЗРЗК об'єктивно враховує особливості їх функціонування та формування показників ефективності ( $Y_{TC}$ ) від характеристик потоку вимог ( $X_{TC}$ ), параметрів технічного оснащення ( $Z_{TC}$ ) та впливу агрометеорологічних умов ( $V_{TC}$ ). Тобто розв'язується задача аналізу [2, 3]:

$$Y_{TC} = f(X_{TC}, Z_{TC}, V_{TC}, T), \quad (1)$$

де  $T$  – час функціонування системи.

Розв'язання задачі синтезу лежить в основі визначення раціональних (оптимальних) параметрів технічного оснащення ( $Z_{TC}$ ) систем, за яких показники їх ефективності ( $Y_{TC}$ ) досягатимуть екстремуму:

$$Z_{TC}^{opt} = f(X_{TC}, Y_{TC}, V_{TC}, T) \text{ за умови } Y_{TC} \rightarrow \text{extr}. \quad (2)$$

Враховуючи особливості функціонування даних систем, безпосереднє розв'язання задачі синтезу неможливе. Тому вона розв'язується на підставі вирішення множини задач аналізу для різних параметрів технічного оснащення ( $Z_{TC}$ ).

Множина потоку вимог ( $X_{TC}$ ) ТС ЗРЗК це ніщо інше як множина полів з достиглим урожаєм, які в розрізі календарного часу потребують виконання технологічних операцій. Терміни виконання цих операцій залежать від часу досягання урожаю на полях, технічного оснащення та дії агрометеорологічних умов. Отже, множина потоку вимог ( $X_{TC}$ ) на виконання зернозбирально-транспортних робіт складається з площі кожного поля із зерновими культурами, характеристик хлібостою на цих полях, їх довжини гонів, тощо. Будь-які зміни у вхідному потоці (зміни числа полів із ранніми зерновими культурами, їх площ, характеристик хлібостою чи конфігурації полів) впливають на функціональні показники збирання ( $Y_{TC}$ ).

Потреба врахування структури площ збирання ранніх зернових культур зумовлена різним часом їх досягання, що формує час виникнення вимог на виконання збиральних робіт.

Темп обслуговування вхідного потоку вимог залежить від технічного оснащення та організаційного режиму використання техніки, тобто параметрів ТС ЗРЗК ( $Z_{TC}$ ).

Враховуючи структуру ТС ЗРЗК, можна стверджувати, що параметри технічного оснащення складається із параметрів збиральної ( $Z_{ПЗ}$ ) і транспортної ( $Z_{ТПЗ}$ ) підсистем:

$$Z_{TC} = Z_{ПЗ} \cup Z_{ТПЗ}, \quad (3)$$

Множиною параметрів цих підсистем є, відповідно, характеристики комбайнового та транспортного парків.

Функціонування ТС ЗРЗК розглядається, як робота збирально-транспортного комплексу окремого сільськогосподарського підприємства без залучення додаткових технічних засобів зі сторони та без надання технологічних послуг на сторону. Тому вплив зовнішнього середовища ( $V_{TC}$ ) визначається агрометеорологічними умовами збирального сезону, які щороку є не однаковими. Вплив агрометеорологічних умов, в розрізі збирального сезону, зумовлюється: 1) тривалістю погожих та непогожих проміжків часу; 2) часом появи та за-

вершення роси у погожі доби; 3) зміною дефіциту вологості повітря кожної погожі окремої доби.

У процесі функціонування ТПЗ на тому чи іншому полі формується потік замовлень комбайнів на вивантаження бункера з намолоченим зерном. Параметри цього потоку є вихідними показниками ( $Y_{ТПЗ}$ ) цієї підсистеми. Множина потоку вимог для ТПТ ( $X_{ТПТ}$ ) зумовлюється вхідними потоками вимог ТС ЗРЗК ( $X_{ТС}$ ) та показники функціонування ТПЗ ( $Y_{ТПЗ}$ ). Отже, вихідні потоки ТПТ характеризується показниками ( $Y_{ТПТ}$ ), які визначають ефективність обслуговування потоку вимог, сформованого ТПЗ. Функціональні показники ТС ЗРЗК ( $Y_{ТС}$ ) формується з показників функціонування як кожної з підсистем ТПЗ і ТПТ, так і всієї системи в цілому.

Таким чином, на основі означення технологічної системи збирання ранніх зернових культур можна записати умову, за якої для відомих характеристик вхідного потоку вимог ( $X_{ТС}$ ) на виконання збирально-транспортного процесу параметри ( $Z_{ТС}$ ) її технічного оснащення будуть раціональними (оптимальними):

$$Y_{ТС} = (Z_{ТС} \leftrightarrow X_{ТС}) \rightarrow extr. \quad (4)$$

У цьому разі досягається узгодження характеристик вхідного потоку вимог на виконання збирально-транспортного процесу із параметрами зернозбирально-транспортного комплексу

Означення ТС ЗРЗК є основою для розроблення статистичної імітаційної моделі її функціонування, яка дасть змогу обґрунтувати раціональні параметри технічного оснащення системи.

## Література

1. Альянах И. Н. Моделирование вычислительных систем / И. Н. Альянах. – Л. : Машиностроение, 1988. – 233 с.
2. Бусленко Н.П. Моделирование сложных систем / Н.П. Бусленко – М. : Наука, 1978, – 400 с.
3. Дружинин В.В. Системотехника / В.В. Дружинин, Д.С. Контров. - М. : Радио и связь, 1985. - 200 с.
4. Лычкина Н.Н. Имитационное моделирование экономических процессов. [Учебное пособие для слушателей программы «МВИ ГУУ»] / Н.Н. Лычкина – М.: 2005. – 164 с.
5. Сидорчук О.В. Інженерія машинних систем : монографія /О. Сидорчук. – К. : ННЦ „ІМЕСГ” УААН, 2007. – 263 с.
6. Сидорчук О.В. Планування механізованих зернозбиральних робіт і проектів: монографія / За редакцією академіка НААН В.В. Адамчука. – Ніжин. Видавець П.П. Лисенко., 2013. – 157 с.: іл  
УДК 621.396.218



# ІМІТАЦІЙНЕ МОДЕЛЮВАННЯ ДИНАМІКИ БСК 5 В СТІЧНИХ ВОДАХ

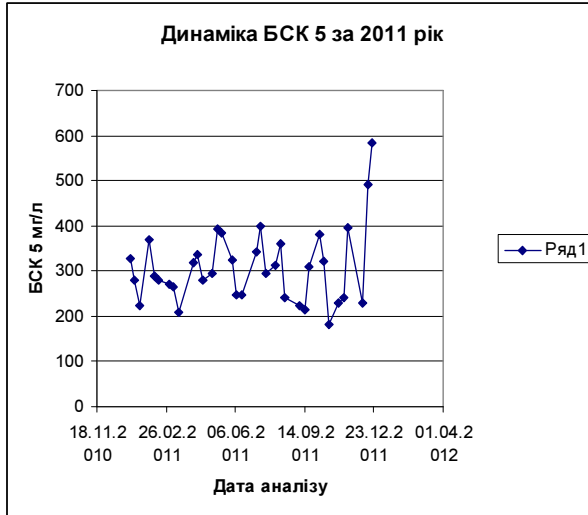
Клінцов Л.М., Іванова І.Н., Семака О.М.

*Чернігівський національний технологічний університет, Україна*

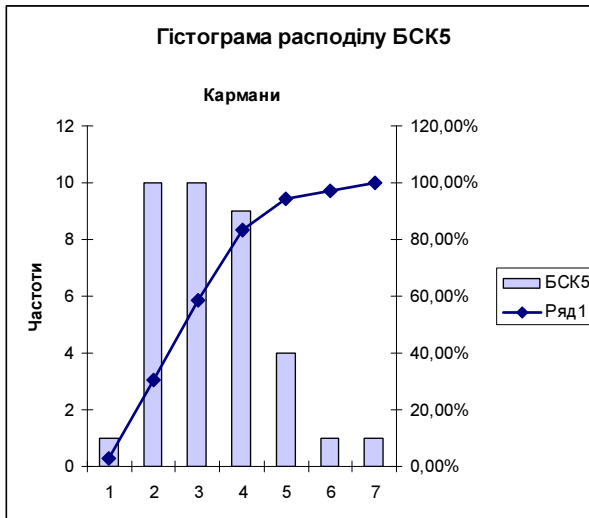
Важливу науково-технічну проблему представляє екологічний захист природного середовища від забруднення його відходами промислових виробництв і побутових стоків населених пунктів. Особливістю стічних вод, що скидаються на очисні споруди, полягає в тому, що вони в значній мірі забруднені речовинами органічного й мінерального походження, що перебувають у дисперсній, колоїдній і розчиненій формах. Стічні води містять у своєму составі широкий спектр органічних вуглецевих, азотних і фосфорних забруднень, що вимагають застосування різних фізико-хімічних і мікробіологічних способів вилучення їх зі стічних вод.

Україна потерпає від того, що практично 100 % діючих спеціалізованих каналізаційно-очисних споруд (КОС) не забезпечують необхідний рівень очищення за окремими компонентами [1]. Недостатньо враховується і існування зовнішніх причин для КОС, які впливають на якість процесу очищення стічних вод. Так, порушення існуючих правил (наприклад, залпові скиди токсичних речовин) здатні зруйнувати усю систему очищення, а зміна складу стічних вод, внаслідок зміни соціально-економічних умов у регіоні потребує своєчасного фінансування для реконструкції КОС, чи впровадження нових технологій і обладнання. Склад забрудників та динаміку зміни їх концентрації і статистичний розподіл приведено в [2]. Методика оцінки біоспоживання кисню (БСК 5) у стоках робиться лише через 5 діб після відбору проб з стічної води. Оцінка БСК 5 у очищеній воді робиться так само через 5 діб, що не дає можливості вчасно реагувати на зміну режимів експлуатації очисних споруд. Тим більше, що аналіз БСК 5 робляться лише 3 рази на місяць. На наш погляд, пошук шляхів оптимізації роботи КОС, при таких умовах, треба шукати за допомогою імітаційного моделювання. На першому етапі ми розробили імітаційну модель динаміки зміни БСК 5 у стічних водах.

Нами були відібрані результати аналізів БСК 5 в стоках міста Чернігів за 2011 рік. Динаміка зміни представлена на рис 1. Гістограма розподілу БСК 5 представлена на рис 2



*Рис 1 Динаміка зміни БСК 5 у 2011 році*



*Рис 2 Гістограма розподілу БСК 5*

Як бачимо з Рис 2, гістограма розподілу БСК 5 не підпадає під стандартні види розподілу тому потребує спеціального методу відтво-

рення. Імітаційне моделювання динаміки БСК 5 ми розробили за допомогою системи MATLAB + Simulink.

На рис3 представлена схема візуального моделювання динаміки БСК 5. Основою роботи схеми є гістограма

дані якої викладені в таблиці №1. У стовпці «Карман» викладені мінімальні величини БСК 5 що входять у відповідний частотний діапазон.

Таблиця №1

Карман мг/л.	Частота	Інтегральний %
181,00	1	2,78%
248,17	10	30,56%
315,33	10	58,33%
382,50	9	83,33%
449,67	4	94,44%
516,83	1	97,22%
Ще	1	100,00%

Представлена схема працює наступним чином:

У відповідності з кількістю діапазонів частот, в схему водиться сім блоків Relay (реле), що налаштовуються на процентне співвідношення діапазонів частот. На приклад, для блоку Relay 6 встановлені наступні значення параметрів:

- **Switch on point:** 3
- *Switch off point:* 0
- *Output when on:* 1
- *Output when off:* 0.

Блок Uniform Random Number формує рівномірно розподілену послідовність чисел від 0 до 100 і подає її паралельно на всі блоки Relay, з'єднані таким чином з суматорами, що одиниця виходить лише з того суматора на який з низу подається одиниця, а з веху - нуль. Одиниця множиться у блоці Gain на відповідний коефіцієнт з стовпчика «Карман» таблиці 1, отримана величина, подається на загальний суматор де складається з числом, що формується у блоці Uniform Random Number 1, яка дорівнює кроку між величинами карманів (67,17 мг/л).

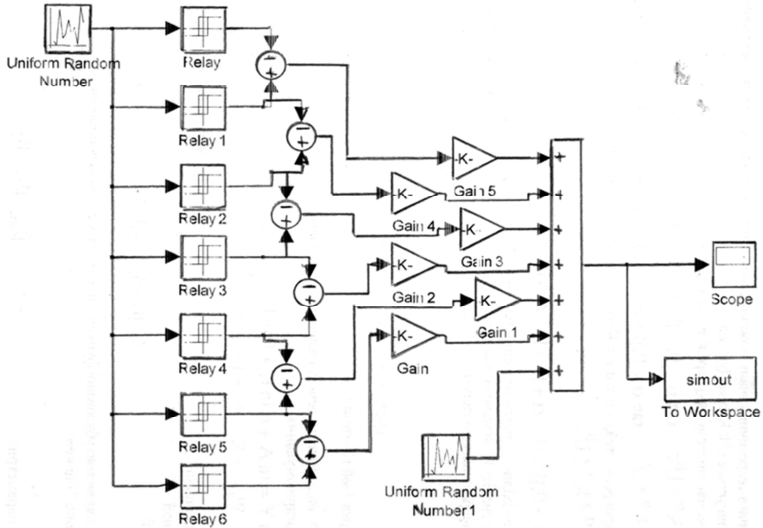


Рис 3. Імітаційна модель динаміки БСК 5.

Отриманий результат, спрямовується блоком “To Workspace” у робочу область MATLAB. Графік процесу можна спостерігати на осцилографі Scope. Отримані числові показники моделювання були перенесені в електронну таблицю Excel, за допомогою якої, було

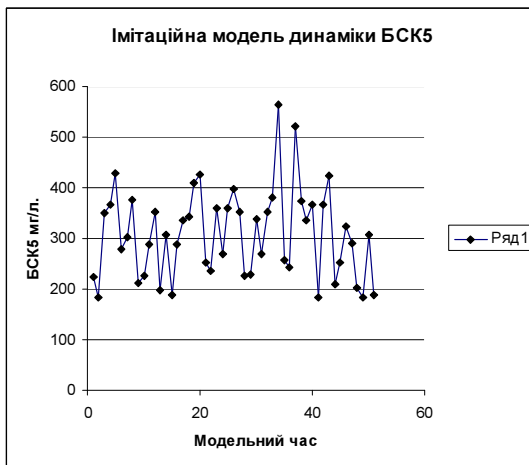


Рис 4 Імітаційна модель динаміки БСК 5.

побудовано графік Рис 4. Крім того, було проведено дослідження на предмет відношення цих двох послідовностей, показаних на графіках Рис1 і Рис4, до однієї генеральної сукупності. Було проведено дво-вибірковий  $t$  – тест для середніх, який підтвердив 0 гіпотезу.

Приведена модель легко налаштовується і може використовуватись не тільки для моделювання потоку БСК 5, але і для інших забрудників стічних вод.

### Література

- 1.Щетинин А.И.,Мешенгиссер Ю.М., Есин М.А., Малбиев Б.Ю., Реготун А.А. Опыт реконструкции очистных сооружений с применением технологии нитро-денитрификации//Водопостачання та водовідведення.-К., Тов. «Гнозіс».-2011.-№3.-С.41-49.
- 2.Шатохіна Ю.В., Клінцов Л.М., Шкінь О.М., Мазюк Н.С. Якість процесу очищення стічних вод як функція складу вхідного потоку.//Технологічний аудит і резерви виробництва.-2013 №1/1(9),-36с.

УДК 004.94

## ЧИСЕЛЬНЕ МОДЕЛЮВАННЯ ТЕПЛОБМІННИХ ПРОЦЕСІВ З ВИКОРИСТАННЯМ ПОХІДНИХ ДРОБОВОГО ПОРЯДКУ

Я. І. Соколовський, М. В. Москвітїна, А. В. Нечепуренко, І. Б. Борецька,

С. Б. Поберейко

*Національний лісотехнічний університет України*

Використання апарату диференціальних рівнянь дробового порядку дозволяє створити нову основу для моделювання теплообмінних процесів. Наявність у диференціальних рівняннях дробової похідної за часом характеризує ефекти пам'яті або немарковість процесів моделювання. Дробові похідні за просторовими координатами як правило відображають самоподібну неоднорідність середовища в якому розвивається процес. У роботі побудовані скінченно- різницеві схеми для чисельної реалізації рівнянь теплопровідності.

В області  $D = \{(t, x) : 0 \leq t \leq T, 0 \leq x \leq a\}$  розглянемо одновимірну математичну модель теплообмінних процесів, що описується диференціальним рівнянням у частинних похідних із дробовим порядком за часом  $t$  та просторовою координатою  $x$

$$c\rho \frac{\partial^\alpha u(t, x)}{\partial t^\alpha} = \lambda \frac{\partial^\beta u(t, x)}{\partial x^\beta} + f(t, x); \quad (1)$$

із граничними умовами третього роду:

$$\lambda \frac{\partial^\gamma u(t,0)}{\partial x^\gamma} = A_0(u(t,0) - U_0); \quad \lambda \frac{\partial^\gamma u(t,a)}{\partial x^\gamma} = A_a(u(t,a) - U_a); \quad (2)$$

та початковою умовою

$$u(0, x) = \varphi(x). \quad (3)$$

В області  $G = \{(t, x, y) : 0 \leq t \leq T, 0 \leq x \leq a, 0 \leq y \leq b\}$  розглянемо двовимірну математичну модель теплообмінних процесів, що описується диференціальним рівнянням у частинних похідних із дробовим порядком за часом  $t$  та просторовими координатами  $x$  та  $y$

$$c\rho \frac{\partial^\alpha u(t, x, y)}{\partial t^\alpha} = \lambda_1 \frac{\partial^\beta u(t, x, y)}{\partial x^\beta} + \lambda_2 \frac{\partial^\beta u(t, x, y)}{\partial y^\beta} + f_1(t, x, y); \quad (4)$$

із граничними умовами третього роду:

$$\begin{aligned} \lambda_1 \frac{\partial^\gamma u(t,0, y)}{\partial x^\gamma} &= A_0(u(t,0, y) - U_0); \\ \lambda_1 \frac{\partial^\gamma u(t, a, y)}{\partial x^\gamma} &= A_a(u(t, a, y) - U_a); \\ \lambda_2 \frac{\partial^\gamma u(t, x, 0)}{\partial y^\gamma} &= A_0'(u(t, x, 0) - U_0'); \\ \lambda_2 \frac{\partial^\gamma u(t, x, b)}{\partial y^\gamma} &= A_b(u(t, x, b) - U_b); \end{aligned} \quad (5)$$

та початковою умовою

$$u(0, x, y) = \psi(x, y). \quad (6)$$

Для обидвох задач:  $u(t, x)$ ,  $u(t, x, y)$ - шукані функції,  $f(t, x)$ ,  $\varphi(t, x)$ ,  $f_1(t, x, y)$ ,  $\psi(x, y)$ - задані функції,  $c$  - питома теплоємність,  $\rho$ - густина,  $\lambda, \lambda_1, \lambda_2$ - коефіцієнти теплопровідності і теплообміну,  $A_0, A_0', A_a, A_b, U_0, U_0', U_a, U_b$ - значення температури середовища,  $\alpha$ - дробовий порядок похідної по часі,  $\beta, \gamma$  - дробові показники похідної по просторовим координатам.

Запишемо явну та неявну різницеві схеми для задачі (4)-(6). Для цього введемо в області  $G$  сітку із кроком  $h_x$  за просторовою координатою  $x$ ,  $h_y$  за просторовою координатою  $y$  і  $\tau$  за часом  $t$ .

Використовуючи формулу Рімана-Ліувілля [1] можемо записати різницеву апроксимацію дробової похідної  $\alpha$  ( $0 < \alpha \leq 1$ ) за часом на проміжку  $[t^k, t^{k+1}]$  таким чином:

$$\left. \frac{\partial^\alpha u}{\partial t^\alpha} \right|_{t^k} \approx \frac{u^{k+1} - \alpha u^k}{\Gamma(2-\alpha)\tau^\alpha}, \quad \tau = t^{k+1} - t^k, \quad (7)$$

де  $\Gamma(\alpha)$  - Гамма - функція.

Для того, щоб записати різницеву апроксимацію для дробової похідної  $\beta$  ( $1 < \beta \leq 2$ ) за просторовими координатами  $x$  та  $y$ , використаємо формулу Грюнвальда-Летнікова [1]. Тоді отримаємо такі співвідношення:

$$\left. \frac{\partial^\beta u}{\partial x^\beta} \right|_{x_n} = \frac{1}{h_x^\beta} \sum_{i=0}^n q_i u_{n-i+1}, \quad \left. \frac{\partial^\beta u}{\partial y^\beta} \right|_{y_m} = \frac{1}{h_y^\beta} \sum_{i=0}^m q_i u_{m-i+1}, \quad (8)$$

де  $h_x = x_{n+1} - x_n, h_y = y_{m+1} - y_m$ ,

$$q_0 = 1, q_k = (-1)^i \frac{\beta(\beta-1)\dots(\beta-i+1)}{i!}.$$

Використовуючи співвідношення (7), (8), отримано явну та неявну різницеві схеми. Зокрема, для задачі (4) – (6) вони мають вигляд:

$$c\rho \frac{u_{n,m}^{k+1} - \alpha u_{n,m}^k}{\Gamma(2-\alpha)\tau^\alpha} = \frac{\lambda_1}{h_x^\beta} \sum_{i=0}^n q_i u_{n-i+1,m}^k + \frac{\lambda_2}{h_y^\beta} \sum_{i=0}^m q_i u_{n,m-i+1}^k + f_{n,m}^k; \quad (9)$$

$$c\rho \frac{u_{n,m}^{k+1} - \alpha u_{n,m}^k}{\Gamma(2-\alpha)\tau^\alpha} = \frac{\lambda_1}{h_x^\beta} \sum_{i=0}^n q_i u_{n-i+1,m}^{k+1} + \frac{\lambda_2}{h_y^\beta} \sum_{i=0}^m q_i u_{n,m-i+1}^{k+1} + f_{n,m}^k; \quad (10)$$

$$\begin{aligned} \lambda_1 \frac{u_{2,m}^k - \gamma u_{1,m}^k}{\Gamma(2-\gamma)h_x^\gamma} &= A_0(u_{1,m}^k - U_0); \\ \lambda_1 \frac{u_{N,m}^k - \gamma u_{N-1,m}^k}{\Gamma(2-\gamma)h_x^\gamma} &= A_a(u_{N,m}^k - U_a); \\ \lambda_2 \frac{u_{n,2}^k - \gamma u_{n,1}^k}{\Gamma(2-\gamma)h_y^\gamma} &= A_0'(u_{n,1}^k - U_0'); \\ \lambda_2 \frac{u_{n,M}^k - \gamma u_{n,M-1}^k}{\Gamma(2-\gamma)h_y^\gamma} &= A_b(u_{n,M}^k - U_b); \end{aligned} \quad (11)$$

$$u_{n,m}^0 = \varphi_{n,m}. \quad (12)$$

Співвідношення (9), (11), (12) описують явну різницеву схему, а співвідношення (10) – (12) неявну різницеву схему. Отримані відповідні системи рівнянь у матричній формі. У зв'язку із зростанням об'ємів обчислень для реалізації фрактальних моделей використані двохсіткові паралельні алгоритми, які побудовані на основі [4]. Алгоритми базуються на основі просторово-часової декомпозиції розрахункових областей.

### Литература

1. Учайкин В.В. Метод дробных производных / В.В. Учайкин. – Ульяновск: Издательство «Артишок», 2008. – 512с.
2. Бейболаев В. Д. Численный метод решения математической модели теплопереноса в средах с фрактальной структурой // Фундаментальные исследования, 2007. - №12. С. 249-251.
3. Соколовський Я. І. Математична модель теплового перенесення та напружено-деформівного стану у капілярно-пористих матеріалах з фрактальною структурою / Соколовський Я. І., Шиманський В. М. // Фізико-математичне моделювання та інформаційні технології, 2012. – Вип.16. – С.133-141.
4. Lions J.-L. Resolution d'edp par un schema en temps parareel / J.-L. Lions, Y. Maday, G. Turinici // C.R. Acad Sci. Paris. Ser. I. Math. – 2001. – Vol. 332, -p. 661-668.



**ДОСЛІДЖЕННЯ ВПЛИВУ НАХИЛУ СТІНОК РЕЗЕРВУАРА У  
ФОРМІ ЗРІЗАНОГО КОНУСА НА ХВИЛЕУТВОРЕННЯ В  
РІДИНІ З ВІЛЬНОЮ ПОВЕРХНЕЮ ПІД ДІЄЮ ІМПУЛЬСНОГО  
НАВАНТАЖЕННЯ**

В.В. Губська

*Національний технічний університет України «Київський політехнічний ін-  
ститут», Україна*

А.О. Касяненко

*Національний транспортний університет, Україна*

Актуальність задач динаміки рідини в резервуарах постає при проєктуванні сучасних систем конструкцій з рідиною.

Метою роботи є побудова ефективної математичної моделі для дослідження нелінійної задачі динаміки сумісного руху системи, що складається з резервуару у формі усіченого конуса і рідини з вільною поверхнею, а також дослідження характерних режимів розвитку коливань системи під дією імпульсного навантаження.

Розглядається резервуар у формі усіченого конуса. Нехай  $\tau$  – область, яку займає рідина;  $S_0$  і  $S$  – вільна поверхня рідини в її збуреному і незбуреному русі;  $\Sigma$  і  $\Sigma_0$  – границі контакту рідини зі стінками резервуару у збуреному та незбуреному стані ( $\Delta\Sigma$  – зміна контакту рідини, зумовлена збуренням руху,  $\Sigma = \Sigma_0 + \Delta\Sigma$ ),  $\xi(x, y, z, t) = 0$  – рівняння вільної поверхні рідини. Поступальний рух резервуара описується вектором переміщень  $\vec{\epsilon}$ . Припускається, що рідина ідеальна, однорідна, нестислива і в початковий момент часу вихрові рухи відсутні. В цьому випадку кінематика рідини може бути описана потенціалом швидкостей. Резервуар є абсолютно твердим тілом з абсолютно жорсткими стінками.

Постановка задачі [1]:

$$\Delta\varphi = 0 \text{ в } \tau ; \quad (1)$$

$$\frac{\partial\varphi}{\partial n} = \dot{\vec{\epsilon}} \cdot \vec{n} \text{ на } \Sigma ; \quad (2)$$

$$\frac{\partial\xi}{\partial t} + \vec{\nabla}\xi \cdot \vec{\nabla}\varphi = \frac{\partial\varphi}{\partial z} \text{ на } S ; \quad (3)$$

$$\frac{\partial\varphi}{\partial t} + \frac{1}{2}(\vec{\nabla}\varphi)^2 - \vec{\nabla}\varphi \cdot \dot{\vec{\epsilon}} - \vec{g} \cdot \vec{r} = 0 \text{ на } S . \quad (4)$$

Тут рівняння (1) відповідає вимозі нерозривності потоку в об'ємі рідини  $\tau$ , (2) – умова неперетікання на твердій межі контакту тіло – рідина  $\Sigma$ , (3) – умова неперетікання на вільній збуреній поверхні рідини  $S$ , (4) – динамічна гранична умова, яка відповідає рівності тисків на вільній поверхні рідини і тиску атмосфери над нею.

Для вивчення задачі використано модель [1, 7], яка була протестована на прикладі перехідних процесів для задач динаміки резервуарів у формі тіл обертання з рідиною з вільною поверхнею. Математична модель представлена в амплітудних параметрах  $a_i$  коливань рідини та

руху резервуара  $\vec{\xi}$ :

$$\sum_{n=1}^N p_m(a_k, t) \ddot{a}_n + \sum_{n=N+1}^{N+3} p_m(a_k, t) \ddot{\xi}_{n-N} = q_r(a_k, \dot{a}_l, t), r = \overline{1, N+3} \quad (5)$$

Для оцінки точності отриманого розв'язку приймалася похибка у вигляді  $\delta = \frac{\partial \Phi}{\partial n} \Big|_{\Sigma} / \max \frac{\partial \Phi}{\partial n} \Big|_{S_0}$ .

Досліджується задача виходу на усталений режим системи, що складається з резервуара і рідини з вільною поверхнею. Розглянемо сумісний рух резервуару з рідиною в горизонтальній площині під дією імпульсної сили. Поведінка системи розглядається на тривалому проміжку часу 150с, співвідношення мас резервуару і рідини  $M_p = 0,2 M_{ж}$ . До резервуару прикладається імпульсна сила величиною 0,7 Н протягом часу 0,5 с. Проаналізовано амплітуди збурень рідини на стінці резервуару в часі для конуса, циліндра, а також проміжних випадків у вигляді зрізаного конуса з радіусом нижньої основи 0,2, 0,4, 0,6, 0,8 м. Приведені графіки зміни амплітуди збурень рідини на стінці резервуару в часі. Для більш детального вивчення розглянуті ці ж значення на меншому інтервалі часу.

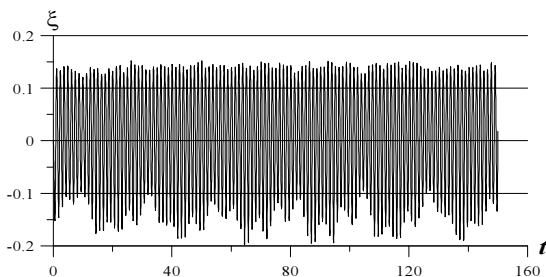
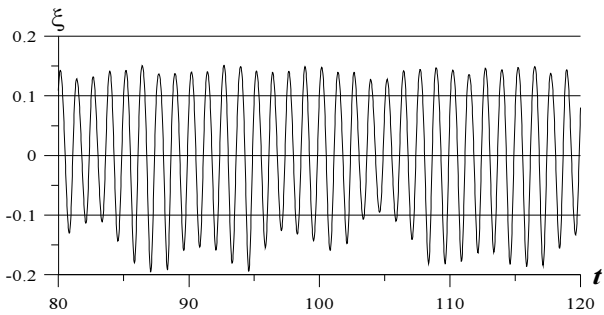
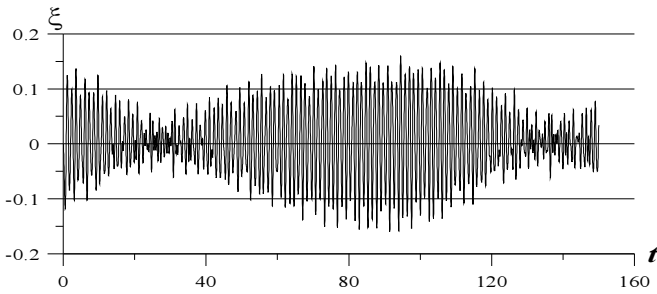


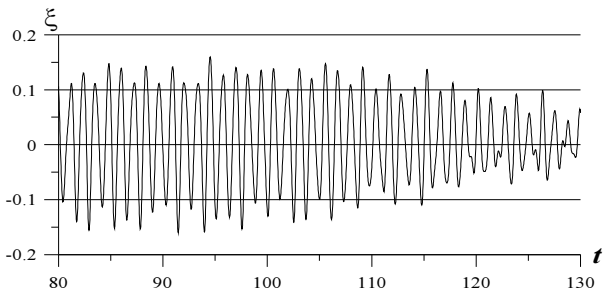
Рис. 1. Зміна амплітуди збурень рідини з часом для конуса



*Рис. 1 а. Зміна амплітуди збурень рідини з часом для конуса, часовий проміжок 80-120 с*



*Рис. 5 а. Зміна амплітуди збурень рідини з часом для циліндра*



*Рис. 6 а. Зміна амплітуди збурень рідини з часом для резонансного випадку, часовий проміжок*

Проаналізовано амплітуди збурень рідини на стінці резервуару в часі для конуса, циліндра, а також проміжних випадків у вигляді зрізаного конуса. Для всіх випадків не спостерігається зміни середнього значення амплітуди, вплив вищих гармонік значний і проявляється

суттєво на проміжку часу далекому від початку коливального процесу (супергармоніки та двугорбі піки) і присутній для всіх розглянутих випадків нижньої основи зрізаного конуса. Має місце модуляція коливань, період якої збільшується зі збільшенням радіуса нижньої основи. Значення максимальної амплітуди коливань дещо зменшується зі збільшенням радіуса нижньої основи. В усіх випадках вихід на режим усталених коливань не відбувався.

### Література

1. Лимарченко О.С., Ясинский В.В. Нелинейная динамика конструкций с жидкостью. Киев: Национальный технический университет Украины "КПИ" – 1997. – 348с.
2. Луковский И.А., Введение в нелинейную динамику твердого тела с полостями, содержащими жидкость / И.А. Луковский – Киев: Наук. думка, 1990. – 295 с.
3. Микишев Г.Н., Рабинович Б.И. Динамика твердого тела с полостями, частично заполненными жидкостью. М.: Ма-ши-но-стро-е-ние, 1968. – 532 с.
4. Нариманов Г.С., Докучаев Л.В., Луковский И.А. Нелинейная динамика летательного аппарата с жидкостью, М., Машиностроение, 1977. – 208 с.
5. Faltinsen O.M., Rognebakke O.F., Timokha A.N. Transient and steady-state amplitudes of resonant three-dimensional sloshing in a square base tank with a finite fluid depth/ Physics of fluids 18. – 2006. – 14 p.
6. Ibrahim R. A. Liquid sloshing dynamics: theory and applications / Cambridge University Press. – 2005. – 950 p.
7. Limarchenko O. S. Peculiarities of application of perturbation techniques in problems of nonlinear oscillations of liquid with a free surface in cavities of non-cylindrical shape, Ukrainian Mathematical Journal, 2007, Vol. 59, No. 1, P. 44-70.
8. Pal P. Sloshing of liquid in partially filled container – an experimental study / International Journal of Recent Trends in Engineering, 2009, Vol. 1, No. 6, P. 1-5

УДК 614.841

## МЕТОДЫ ОЦЕНКИ ПОЖАРНОГО РИСКА ЗДАНИЙ И СООРУЖЕНИЙ

А.Н. Серебровский, Т.К. Еременко, Ю.Г. Пилипенко

*Институт проблем математических машин и систем НАН Украины, г. Киев*

Одним из радикальных путей повышения пожарной безопасности зданий является использование при их проектировании и эксплуатации автоматизированных систем мониторинга и управления зданиями и сооружениями (АСМУ) [1]. Эффективность АСМУ в значительной степени определяется модельно- алгоритмическим базисом программно-технического комплекса, который обеспечивает пожарную безопасность объекта.

**Цель работы** представить минимальный комплекс методов, которые могут быть использованы для оценок и анализа пожарного риска и дать кратчайшие рекомендации об их практическом использовании.

**«Качественные» методы оценки и анализа пожарного риска [2,3].**

Сопоставительные методы. Примерами подобных методов являются: «Ведомости проверок»; «Индексы опасностей»; «Обзор данных эксплуатации».

Метод «Матрицы риска».

На практике идентификация пожарной опасности, возникающей вследствие отказа конкретной системы безопасности, или деятельности человека, может давать в качестве результата очень большое число сценариев потенциальных пожаров. Детализированный количественный анализ частот и последствий не всегда осуществим. В таких ситуациях может оказаться целесообразным качественное ранжирование сценариев, помещение их в матрицы риска, указывающие различные уровни риска. В таком случае внимание аналитика концентрируется на сценариях, дающих более высокие уровни риска.

Анализ видов и последствий отказов (FMEA).

FMEA представляет собой метод, при помощи которого систематически идентифицируются последствия отказа компонента системы пожарной безопасности с точки зрения возникновения пожара на объекте. Это индуктивный метод, который основан на вопросе «что случится, если ... ?». Непременной чертой FMEA является рассмотрение каждого основного компонента на предмет того, каким образом он достигает отказа или аварийного состояния. Как правило, анализ является описательным и организуется в форме составления таблицы или рабочего листа.

**Количественные методы (вероятностные, детерминистские, индексные) оценки и анализа риска [4.5,6]**

Количественные вероятностные методы

Количественная оценка риска на основе вероятностного подхода является основой значительного числа современных методов анализа пожарных рисков. Эти методы представляют особый интерес когда требуется оценка абсолютного индивидуального риска. Количественная оценка риска сводится к выявлению возможных сценариев развития пожара, определению вероятностей реализации и последствий каждого сценария. Наибольшее распространение получили модели «Дерево отказов» и «Дерево событий».

Модель дерева отказов

ДО пожара – графическая модель различных параллельных и последовательных сочетаний базисных событий (БС). БС - элементарные нежелательные события, сочетания которых могут привести к возникновению пожара. ДО наглядно иллюстрирует структуру логических отношений между БС и результирующим событием ДО. Построение ДО выполняется экспертом и включает в себя: структурный анализ объекта, определение его составных частей (помещений, элементов оборудования, технологических аппаратов, установок); определение перечня БС; установление причинно-следственных связей между событием пожар и БС. Связи представлены с помощью логических отношений «И», «ИЛИ». На основании построенного графа формируется и минимизируется его логическое представление, которое является основой для вычислений вероятности события, инициирующего пожар, а также вероятностей отказов систем пожарной безопасности. Значения вероятностей БС, на которых основан расчет вероятности пожара (взрыва) оцениваются по методикам изложенным в [3] либо определяются на основании статистических данных [7].

#### Модель дерева событий (ДС)

Сценарии развития пожара представлены цепочками событий, первое из которых считается инициирующим (исходное событие), а другие - поддерживающими или превентирующими развитие опасности (промежуточные события). Промежуточными событиями ДС являются срабатывания или отказы систем безопасности или их отдельных структурных частей. Содержательно, ДС может быть представлено совокупностью возможных последовательностей событий (сценариев) от исходного к одному из конечных, часть которых является опасными событиями. Модель ДС дает возможность моделировать сценарии развития пожара и рассчитывать вероятности их реализации. Необходимыми данными для этого являются вероятности исходного и промежуточных событий. Вероятность конечного события цепочки вычисляется как произведение вероятностей исходного и промежуточных событий.

Детерминистские методы оценок воздействия пожара на людей и имущество.

Задан сценарий, который включает совокупность исходных данных по геометрии помещения, параметры очага горения, состояние вентиляционных проемов, исходное положение находящихся в здании людей и т. п.. Целью исследований является получение количественных данных о: развитии пожара; распространения дыма; эвакуации людей из здания; реагирования пожарных подразделений; оценки числа погибших; оценки материального ущерба. При этом не рассматрива-

ются вопросы о вероятности реализации данного сценария. В таких задачах, как правило, используются детерминистские математические методы (интегральные, зонные или дифференциальные) [8]. На данный момент в мире имеется ряд программных пакетов для анализа риска. По-видимому, наиболее доскональной в части детализации факторов, определяющих пожарный риск для зданий, на сегодняшний день является программа FiRECAM.

Индексные методы (эвристический подход) [9].

Общий принцип, лежащий в основе индексных методов, состоит в выделении определенного числа факторов (атрибутов), характеризующих состояние системы. Каждому фактору по установленным правилам приписывается определенное число баллов, т. е. производится оценка состояния системы с различных точек зрения. Полученные баллы затем обрабатываются, в результате чего выводится окончательный показатель, или индекс, характеризующий общее состояние системы. Наиболее распространенными способами получения окончательного индекса являются суммирование баллов по всем атрибутам с весовыми коэффициентами, определяющими относительную важность каждого атрибута, либо перемножение баллов, возведенных в соответствующие степени [5, 9]. Применение эвристических методов целесообразно в условиях, когда строгий количественный анализ риска на основе вероятностных методов оказывается затруднительным или невозможным вследствие недостаточности статистических данных, отсутствия или неудовлетворительной точности математических моделей.

### **Заключение**

Рассмотрен кратчайший обзор методов, используемых в процессах оценки и анализа пожарного риска зданий и сооружений. Работа может служить методическим руководством для разработчиков алгоритмического обеспечения автоматизированных систем мониторинга и управления зданиями и сооружениями.

### **Литература**

1. Національний стандарт України. ДСТУ-н Б В.2.5-37:2008. Настанова з проектування, монтажу та експлуатації автоматизованих систем моніторингу та управління будівлями і спорудами.
2. ГОСТ Р 51901.1-2002 (МЭК 60300-3-9:1995) Менеджмент риска. Анализ риска технологических систем.
3. Guide for the Evaluation of Fire Risk Assessments // National Fire Protection Association, 2007, № 551.
4. Fire Safety Engineering — Guidance on Fire Risk Assessment // ISO TS 16732, 2005 . International Organization for Standardization, Geneva, Switzerland.

5. Hall, J. R., Watts, J. M. Fire Risk Analysis // In: Fire Protection Handbook, Cote, A. E. (ed.), NFPA, 2008, Ch. 8, pp. 3-135 — 3-143.
6. Yung, D. Principles of Fire Risk Assessment in Buildings // N.Y.: J. Wiley & Sons, 2008.
7. Серебровский А.Н., Стрельников В.П. О модельно-алгоритмическом базисе прогнозирования элементарных нежелательных техногенных событий // Міжнародний науково-технічний збірник “Надійність і довговічність машин і споруд”. –Київ. -2007. –Вып.28. №1. С.121-130.
8. Yung, D., Hadjisophocleous, G. V., Proulx, G. A description of the probabilistic and deterministic modelling used in FiRECAM™ // International Journal on Engineering Performance-Based Fire Codes, 1, 1999, p. 18—26.
9. Watts, J. M. Fire Risk Indexing // In: SFPE Handbook of Fire Protection Engineering, Quincy, MA: National Fire Protection Association, 2002, Ch. 10. Section 5, Fire Risk Analysis, p. 5-125 — 5-142.

УДК 159.91

## **АЛЕКСЕЙ УХТОМСКИЙ И ЭРВИН БАУЭР – ДВА ПОДХОДА К МОДЕЛИРОВАНИЮ ЖИВОГО**

Е.Ю.Зуева

*Институт прикладной математики им. М.В.Келдыша РАН, Россия*

К.Б.Зуев

*Институт психологии РАН, Россия*

Предлагаемая работа представляет направление “learning from the past”. Она отражает убеждение авторов в том, что в 20-30 годы двадцатого века, в период «бури и натиска» советской науки, в науках о живом (биологии, физиологии, психологии) были сформулированы очень плодотворные концепции и подходы. Эти подходы прямо вели к кибернетическим идеям, к такому уровню формализации этих наук, который мог позволить алгоритмическое описание, а затем и математическое моделирование. Это не состоялось по многим причинам – слишком стремительное развитие в эти годы не позволяло спокойно оглянуться, а позже были репрессии, война и обскурантизм последних лет сталинского правления. Сейчас интерес к этому периоду советской науки возник и у нас, и за рубежом, причем не только у историков науки, а у активных, смотрящих в будущее ученых, в том числе в области computer science. Авторам этой работы довелось участвовать в конференции, организованной профессором Техасского Университета в Далласе Михаем Надином. Конференция целиком была посвящена забытому или недостаточно проработанному наследию советских ученых; мы говорили там о взглядах Ухтомского на антиципацию [1]. Там



же возникла мысль сравнить подходы Алексея Ухтомского и Эрвина Бауэра.

О принципе доминанты Алексея Ухтомского в его кибернетических и синергетических аспектах мы уже говорили и писали.[2,3]. Ухтомский исходил из нравственных и религиозных предпосылок и хотел найти биологические подтверждения свободы и ответственности человека за свое поведение. Принцип доминанты призван дать объяснение поведению живых существ (описать управление поведением). В каждый конкретный момент выполняется некоторый целостный поведенческий акт, для чего нужно объединить и согласовать все силы организма. Временным управляющим центром и является доминанта. Действие организма определяется, по Ухтомскому, внутренним состоянием не в меньшей степени, чем пришедшим сигналом. Это внутреннее состояние меняется во времени и зависит от истории предшествующих действий и состояний. Функция доминирования переходит от одного центра к другому благодаря латеральным влияниям между центрами, которые рассматриваются как общая и важная для построения теории закономерность.

Концепция доминанты позволяет рассматривать поведение как активное и целенаправленное. Текущее действие определяется функциональной задачей. Задача же формируется на основании вновь пришедшей информации и всего прошлого опыта. Этот опыт хранится в виде следов пережитых доминант, как моделей возможных действий.

С основополагающей идеей активности поведения связано и отношение Ухтомского к проблемам энергетического обмена организма с окружающей средой. Организм может тратить и получать из внешней среды то или иное количество энергии. Для совершения активного действия энергию необходимо потратить. Затраченная энергия восстанавливается за счет процессов усвоения пищи и дыхания, в свою очередь требующих определенных затрат. В первой половине 20го века существовали теории энергетического баланса, предполагавшие, что организм в своих действиях в ответ на внешние раздражители стремится минимизировать энергетические затраты. Такова, например, концепция гомеостаза. Ухтомский отвергает такой подход. Он уверен, что задача живого организма обратная – как можно более полно реализовать свои потенциальные возможности действия. При этом активная деятельность приводит не только к трате собственной свободной энергии организма, но и к аккумуляции организмом энергии среды. Это пока гипотеза, которая потом будет экспериментально доказана, в частности, учеником Ухтомского И.Аршавским. «В условиях нормального взаимоотношения со своей средой организм связан с нею

интимнейшим образом: чем больше он работает, тем больше он тащит на себе энергии из среды, забирает и вовлекает ее в свои процессы; тогда понятно, что как раз более сильный деятель, с мощной работой центральной нервной системы и всей аппаратуры, которая от нее зависит, способен за свою жизнь забрать и переработать большую сумму энергии из среды и вовлечь ее в сферу своей работы для того, чтобы дать в сумме мощный рабочий результат и длительные рабочие последствия, которые на долгое время заставят вспоминать эту центральную нервную систему и эту индивидуальность, когда ее самой более уже не будет...»[4,135]

Эрвин Бауэр был младшим современником Ухтомского, и несколько лет они соприкасались по работе в Ленинграде (в конце 20х – начале 30х годов). В отличие от Ухтомского, он стоял на марксистских, строго материалистических позициях. Его цель – создание теоретической биологии (книга с таким названием вышла в 1935 году). «Мы попытаемся дать такое определение жизни, правильность которого могла бы быть проверена, и постараемся произвести эту проверку. Наша задача состоит в том, чтобы объединить и выразить в форме одного или несколькими законами то, что свойственно всем системам, которые мы обозначаем как живые, и что характерно только для них».[5,114]

Бауэр не боится заострить вопрос до крайних логических выводов. Биология должна быть материалистической, и в то же время не растворяющей специфику живого в законах физики и химии, а это значит, нужно искать специфические формы и законы движения материи, присущие жизни, и только ей. Если таких форм и законов нет, то одно из двух – 1)или биология не существует как самостоятельная наука, а является одним из разделов прикладной физики и химии, 2)или процессы жизни направляются нематериальными силами.

Скажем сразу, что основная гипотеза Бауэра о наличии этого особого «вещества жизни» или особого состояния вещества не подтвердилась в ходе дальнейшего развития биологии. Нет такого вещества или процесса, о которых мы могли бы сказать *«присущие жизни, и только ей»*. Тем не менее, при изучении живых систем этот подход оказался чрезвычайно плодотворным и привел Бауэра к формулировке его знаменитого «принципа устойчивого неравновесия», как основополагающего принципа теоретической биологии. **«Все и только живые системы никогда не бывают в равновесии и исполняют за счет своей свободной энергии постоянно работу против равновесия, требуемого законами физики и химии при существующих внешних условиях»**[5,143 ]. Сравнивая превращение энергии в неживых системах, например, машинах, с энергообменом в живых систе-

мах, Бауэр подчеркивает основополагающую разницу этих двух процессов. При работе машины за счет внешних источников энергии (топлива), эта энергия сразу и непосредственно преобразуется во внешнюю работу. В живых системах все происходит совершенно иначе. Внешняя работа производится за счет внутренней свободной энергии, которую Бауэр называет также структурной энергией. Структуры живой материи, обладающие свободной энергией, являются неравновесными, их энергия может уменьшаться, работа, направленная на поддержание структур или против их изменения может производиться только системными силами («Принцип системных сил», по Бауэру). Заметим, что именно термодинамические свойства здесь положены в основу определения жизни, что сближает теорию Бауэра с имеющей новизну через 13 лет кибернетикой.

В свое время Норберт Винер [6] полагал, что сформулированный им кибернетический подход положит конец вечному спору «виталистов и механицистов», переведя обсуждение на язык информации. Это была очень плодотворная мысль, хотя споры и не прекратились. Сравнивая идеи Ухтомского и Бауэра, мы видим, как много общего они имеют, если прочесть их на языке кибернетики. В то время, как биологические и физиологические эксперименты, различные для двух авторов, устаревают и модифицируются, информационный и термодинамический подход остается действительным до нашего времени. Более того, умозрительно предсказанные этим подходом явления находят экспериментальные подтверждения. Иллюстрацией может служить открытие ученика А. Ухтомского И. Аршавского. Речь идет об «энергетическом правиле скелетных мышц». Аршавский доказал, что при затрате энергии на мышечную работу, энергия затем восстанавливается, но с избытком[7]. Количество этой избыточной энергии зависит от возраста человека или животного, (чем моложе, тем избыточная энергия больше). Это развитие идей Ухтомского, и одновременно экспериментальное доказательство принципа Бауэра.

Идеи активности живой системы, неравновесности и необратимости жизненных процессов, включенности отдельного существа в процесс эволюционной смены поколений – общие для обоих мыслителей. Эти идеи взаимосвязаны между собой, не могут быть оторваны одна от другой, хотя и выступают у Ухтомского и Бауэра с разным весом. Бауэра интересует энергетический обмен организма со средой, и здесь он проходит дальше Ухтомского, давая исчерпывающую, с информационной точки зрения, формулировку. Активность, историчность, необратимость упоминаются как нечто само собой разумеющееся (что, на наш взгляд, не являлось таковым для многих ученых того времени, да

и до сих пор учитывается не всегда). Эти характерные черты живых систем рассматриваются под углом зрения энергетического обмена. Интересно проследить, до какой степени рассмотренные Бауэром конкретные проблемы границ ассимиляции, приспособления, эволюции могут быть согласованы с учением Ухтомского о доминанте. Такие важные области, как поведение, его психологические аспекты, особенности отдельного поведенческого акта (главная тема Ухтомского), Бауэра не интересует совсем. Но там, где области интереса пересекаются, оба подхода подкрепляют друг друга.

### **Литература**

1. E.Yu.Zueva, K.B.Zuev. The Concept of Dominance by A.A. Ukhtom-sky and Anticipation. Anticipation: Learning from the Past, September 1 - 3, 2014 Hanse-Wissenschaftskolleg, Lehmkuhlenbusch, Delmen-horst, Germany. Organizer: Prof. Dr. Mihai Nadin, University of Texas at Dallas/USA. URL: <http://www.nadin.ws/ante-study/wp-content/uploads/2014/08/Zueva-Zuev-Dominance-Concept-by-A.A.-Ukhtomsky.pdf> (дата обращения 22.05.15)
2. Зуева Е.Ю., Ефимов Г.Б. Проблемы искусственного интеллекта и теория доминанты А.А.Ухтомского. Математические машины и системы. №1, 2008. С.98-105.
3. Зуева Е.Ю., Ефимов Г.Б. Принцип доминанты Ухтомского как подход к описанию живого // Препринты ИПМ им. М.В.Келдыша. 2010. № 14. 32 с. URL: <http://library.keldysh.ru/preprint.asp?id=2010-14> (дата обращения 22.05.15)
4. Ухтомский А.А.: Доминанта. Психология – классика , С.Петербург, 2002, М. (1996)
5. Бауэр С.Э.Теоретическая биология. Спб:ООО Росток, 2002,352 стр
6. Винер Н. Кибернетика, или управление и связь в животном и ма-шине. – М.: «Советское радио», 1968
7. Аршавский И.А. Роль А.А. Ухтомского в создании теоретических предпосылок для исследований физиологических механизмов индивидуального и филогенетического развития. // Учение А.А. Ухтомского о доминанте и современная нейрофизиология: Сб. научных трудов под ред. А.С. Батуева, Р.И. Кругликова, М.Г. Ярошевского. – Л.: «Наука», 1990, с.85-131.

**АРХІТЕКТУРА ІНФОРМАЦІЙНОЇ СИСТЕМИ СУБПРОЕКТУ  
СВІТОВОГО БАНКУ «КОНТРОЛЬ НАД АРТЕРІАЛЬНИМ  
ТИСКОМ У СІЛЬСЬКОГО ТА МІСЬКОГО НАСЕЛЕННЯ  
ПОПУЛЯЦІЇ ПОЛТАВСЬКОЇ ОБЛАСТІ У ВІКОВІЙ ГРУПІ 40-60  
РОКІВ.»**

М.І. Демиденко

*Полтавський національний технічний університет імені Юрія Кондратюка*

**Вступ**

Як показують сучасні дослідження гіпертонічна хвороба частіше має місце серед вікової популяції від 40 до 60 років. Протягом останнього десятиліття в структурі первинної інвалідності на першому місці серед дорослого та працездатного населення знаходяться хвороби системи кровообігу (серед дорослих 23,4%, а серед осіб працездатного віку – 19,5%), в т.ч. ускладнення гіпертонічної хвороби складають 11,4 випадків на 10 тис. населення, які на 88,1% зумовлені основним фактором ризику – гіпертонічною хворобою (ГХ). Відсоток померлих від хвороб системи кровообігу за 2012 р. у загальній смертності складав 67,2% та має тенденцію до росту за останні 10 років; у працездатному віці структура смертності визначається також найбільшим внеском хвороб системи кровообігу (30,5%). Тому з ініціативи Департаменту охорони здоров'я Полтавської ОДА в регіоні планується реалізація субпроєкту Світового банку «Контроль над артеріальним тиском у сільського та міського населення популяції полтавської області у віковій групі 40-60 років». Частиною цього субпроєкту є створення єдиної інформаційної системи обліку хворих на гіпертонічну хворобу обласного рівня.

Метою даної роботи розроблення архітектури інформаційної системи для підтримки реалізації субпроєкту «Контроль над артеріальним тиском у сільського та міського населення популяції полтавської області у віковій групі 40-60 років». В подальшому на базі цієї системи планується створення єдиної медичної інформаційної системи Полтавського регіону.

**Опис предметної області.**

Цільова група проєкту - чоловіки та жінки віком 40-60 років проходять обстеження згідно протоколу обстеження, вносяться в реєстр пацієнтів. Протокол обстеження передбачає регулярне вимірювання артеріального тиску (АТ) протягом визначеного часу. У випадку виявлення у пацієнта підвищеного тиску у пацієнта більше двох разів, пацієнт направляється на обстеження о центру первинної медико-

санітарної допомоги або районні (міські) лікарні, у важких випадках до Полтавського обласного клінічного кардіологічного диспансеру (ПОККД), або Полтавської обласної клінічної лікарні (ПОКЛ). Після встановлення діагнозу та лікування, пацієнти ставляться на диспансерний облік. Контроль та нагляд за пацієнтами покладається на сімейного лікаря.

Наступним кроком пацієнти фільтруються за принципом:

- пацієнти яким лікування ГХ проводиться не медикаментозним шляхом;
- пацієнти, лікування яких проводиться за допомогою контрольованого медикаментозного лікування.

Для пацієнтів, яким лікування проводиться немедикаментозним шляхом створюються «Школи здоров'я», мета діяльності яких навчання хворих на ГХ щодо контролю АТ, факторів ризику, виконання рекомендації лікаря.

### **Структура медичної галузі Полтавської області.**

Протягом 2012 – 2014 років у Полтавській області було проведено реорганізацію медичної галузі. Низовою ланкою є амбулаторія сімейної медицини, в якій працюють сімейні лікарі. Кожен сімейний лікар обслуговує 2000-2500 мешканців. В сільській місцевості у склад амбулаторій входять фельшерсько-акушерські пункти (ФАП). Амбулаторії сімейної медицини об'єднані в Центри первинної медико-санітарної допомоги (ЦПМСД) в складі яких є діагностичні лабораторії. Другим рівнем в структурі галузі є районні та міські лікарні. Верхньою ланкою структури є спеціалізовані лікувальні заклади. (диспансери, відділення обласних лікарень).

### **Функції підрозділів, які приймають участь у субпроекті.**

Субпроект «Контроль над артеріальним тиском у сільського та міського населення популяції полтавської області у віковій групі 40-60 років» передбачає такі компоненти та їх функції.

Амбулаторії сімейної медицини виконують наступні функції:

- обстеження цілової групи пацієнтів;
- забір біоматеріалів для лабораторних досліджень;
- реєстрація пацієнтів у інформаційній системі;
- спостереження за лікуванням пацієнтів у яких виявлена ГХ;

Центри первинної медико-санітарної допомоги виконують наступні функції:

- проведення лабораторних досліджень;
- формування електронного реєстру пацієнтів;
- формування показників «Матриці результатів проєкту»
- заповнення електронної амбулаторної карти хворого.

- створення «Шкіл здоров'я»

Районні та міські лікарні виконують наступні функції:

- обстеження хворих з підозрою ГХ;
- проведення інструментальних та лабораторних дослідження та внесення їх результатів до електронної амбулаторної карти хворого;
- лікування хворих на ГХ та внесення основних даних про лікування до електронної амбулаторної карти хворого;
- формування показників до «Матриці результатів проекту»;
- телемедичне консультування;
- проведення дистанційних тренінгових занять з медичними працівниками первинної ланки.

Полтавський обласний клінічний кардіологічний диспансер виконує наступні функції:

- лікування хворих на ГХ у складних випадках
- проведення досліджень та лікування на базі електрофізіологічної лабораторії та внесення їх результатів до електронної амбулаторної карти хворого;
- введення до електронної амбулаторної карти хворого рекомендації щодо подальшого спостереження за пацієнтом;
- проведення дистанційних тренінгових занять з тренерами;
- створення центрального сховища бази даних хворих на ГХ
- статистична обробка результатів – «Матриці результатів проекту».[1]

З вище наведених функцій можна виділити дві основні підсистеми: «Амбулаторна карта хворого» та «Система дистанційного навчання медичних працівників та пацієнтів». Систем дистанційного навчання, на даний час, створено досить багато, тому розглянемо вимоги до підсистеми «Амбулаторна карта хворого».

На даний час в Україні не існує готових рішень для інформаційного супроводу проекту. Існуючі програмні продукти («Seit» «Госпітальна система») не задовольняє вимогам проекту. Тому пропонується така структура підсистеми «Амбулаторна карта хворого» :

- Модуль «Сімейний лікар» (реєстрація пацієнта, введення даних про диспансерні огляди, спостереження пацієнтів, призначення на лікування та інструментальні дослідження)
- Модуль «Лабораторія» (введення результатів інструментальних досліджень)
- Модуль «Матриця результатів» (введення маркерів «Матриці результатів», побудова звітів, моніторинг)

- Модуль «Лікар – спеціаліст» (спостереження пацієнтів, призначення на лікування та інструментальні дослідження)
- Модуль статистичної обробки результатів (побудова статистичних звітів, згідно затверджених форм)

Захист інформації проводиться апаратно-програмними засобами згідно вимог чинного законодавства.

На рис. 1 зображено схему підсистеми «Амбулаторна карта хворого» інформаційної системи «Контроль над артеріальним тиском у сільського та міського населення популяції полтавської області у віковій групі 40-60 років»

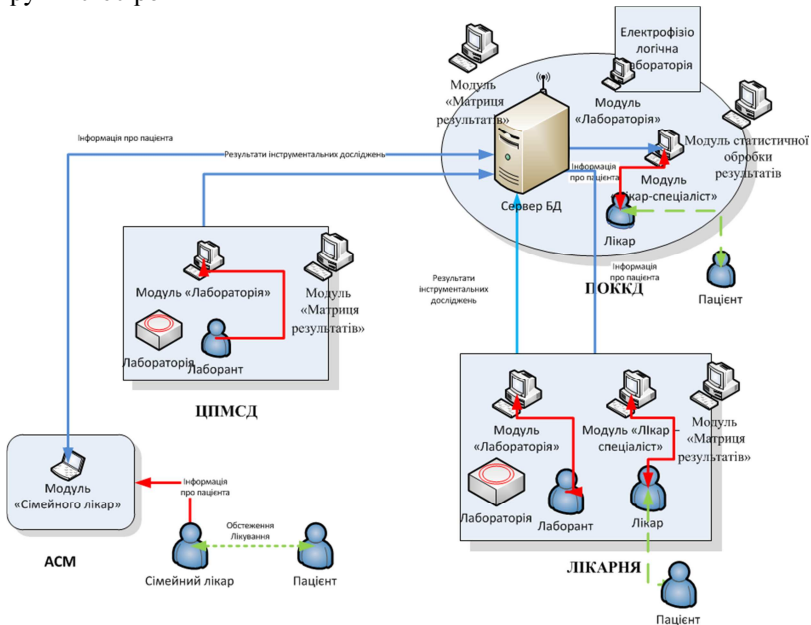


Рис 1 Підсистема «Амбулаторна карта хворого»

### Висновки.

Для успішної реалізації проекту «Контроль над артеріальним тиском у сільського та міського населення популяції полтавської області у віковій групі 40-60 років» необхідно створення інформаційної системи з запропонованою архітектурою. В подальшому підсистема «Амбулаторна картка хворого» може бути розширена для обліку хворих з інших нозологій.



## Література:

1. Розпорядження КМУ від 21 січня 2015 р. № 81-р «Про залучення позики від Міжнародного банку реконструкції та розвитку для реалізації проекту «Поліпшення медичних послуг для населення» визнано за доцільне залучення даної позики

УДК 004.386

## СТВОРЕННЯ СУЧАСНОЇ СИСТЕМИ МОНІТОРИНГУ БЕЗПЕКИ – АКТУАЛЬНА ДЕРЖАВНА ТА НАУКОВА ЗАДАЧА

Кропотов<sup>1</sup> П.П., Бегун<sup>2</sup> В.В., Калининко<sup>1</sup> Л.В.

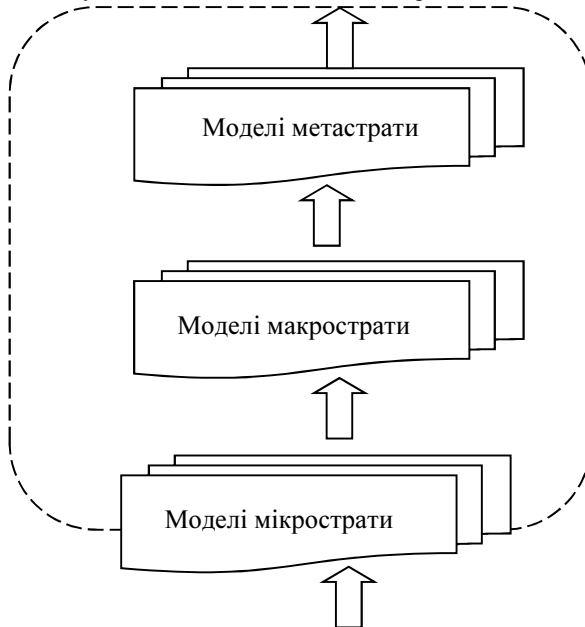
*Державна служба надзвичайних ситуацій при МВС України,  
Інститут математичних машин і систем НАН України*

Задача моніторингу безпеки обговорюються на усіх рівнях управління безпекою за різними темами і цілями. Велика множина публікацій пов'язана як з різноманіттям загальних принципів, так і з використанням технічних, інформаційних і програмних ресурсів. Метою цієї статті є висвітлення стану та проблем моніторингу техногенної безпеки в Україні у сучасних реаліях. Створення такої системи є вимогою чинного законодавства [1].

Як доведено у недавніх наукових дослідженнях [2,3], система моніторингу безпеки (СМБ) має бути трирівневою. Особливістю СМБ в Україні є велика кількість потенційно небезпечних об'єктів (ПНО) ( $N > 20$  тис.) з одного боку та фактична відсутність сучасного інформаційного забезпечення системи з іншого боку. Як передісторію цього питання в Україні ще можна згадати впровадження «систем раннього виявлення та оповіщення», які б мали стати провісником надзвичайних ситуацій (НС), що найчастіше виникають на ПНО. Були й інші спроби створення СМБ у різних сферах безпеки [4], які на жаль не завершилися успіхом.

Створення СМБ зараз на часі, це актуальна задача, яка не має достатньої наукової підтримки. Деякі пропозиції, навіть такі, що виходять від науковців, мають або загальний або футуристичний характер, не враховують реальні обставини та можливості держави. Найбільш реальна пропозиція СМБ [3] представлена на рис.1. Вона містить три рівні, які в структурі системи реалізовані у вигляді страт. Кожна страта об'єднує моделі об'єктів моніторингу певного рівня. На вхід мікрострати подається множина  $X$  показників стану безпеки об'єктів моніторингу, зокрема характеристики причин. На вхід макрострати подається множина  $Y$  показників, які потрібні для управління цього рівня.

На вхід метастрати подається множина  $Z$  показників впливовості факторів, що характеризуються показниками  $X$ . Елементами кожної страти є моделі, за допомогою яких множина вхідних показників відображається на множину вихідних показників цих страт.



*Рис. 1. Функціональна схема тривіневого перетворення інформації моніторингу*

У той же час кожен регіон України, ДСНС України та її територіальні органи мають достатню кількість технічних ресурсів: сучасні комп'ютери та мережі, існує навіть ситуаційний центр СБУ [5], системи відображення інформації на основі ГІС технологій, створене та відпрацьоване програмне забезпечення системи підтримки прийняття рішень (СППР). Всі ці елементи і є атрибутами сучасних систем моніторингу і прогнозування. Більш того, ще за часів початку формування служби МНС, була створена система моніторингу, яка функціонувала у межах єдиної державної системи цивільного захисту (ЄДСЦЗ). Але, в зв'язку з загальними зовнішніми та внутрішніми причинами, ця система знаходиться фактично у неробочому стані. Тобто, проблема створення сучасної СМБ в Україні, на наш погляд, є в тому, щоб об'єднати існуючий науковий потенціал з проблем безпеки [3-5], на основі сучасної парадигми ризик-орієнтованого підходу (РОП) [6], визначитися

з основними функціями і задачами СМБ саме з інформаційної точки зору. Як приклад, пропонуємо розглянути СМБ, що створена у ядерній галузі.

Основні принципи СМБ, його програмно-технічного комплексу (ПТК) вже прописані в чинній нормативно-технічній документації (НТД) [4], основні з них:

- уніфікація технічного та програмного забезпечення;
- об'єднання інформаційних підсистем даних окремих напрямів моніторингу для комплексної оцінки інформації;
- впровадження єдиних уніфікованих форм надання і збереження даних та інформації, що створена на їх основі;
- відкритості інформаційних систем для широкого загалу користувачів.

Отже, ПТК має складатися з наступних підсистем: збору даних, комунікаційного забезпечення, первісної обробки даних та аналітичної роботи з інформацією, картографічного відображення інформації, ведення та обслуговування баз даних (БД).

У багатьох працях можна знайти подібний перелік підсистем, але, як правило, вони обмежуються загальними принципами [4], які повторюються у різних сферах безпеки та ще й за галузевими принципами. Не існує цілісної СМБ, яка могла б стати основою для прийняття рішень на державному, регіональному та об'єктовому рівнях. Навіть БД, що є у різних галузях, як правило, закриті не тільки від «широкого загалу користувачів», а й від інформаційних систем інших галузей. При цьому, події, що кваліфікуються як НС, відображені у різних БД недостатньо, без висвітлення та аналізу корінних причин та з суттєвими помилками щодо їх класифікації [7]. Це робить наявну інформацію майже непридатною для управління безпекою в державі. Тому має бути визначено не тільки перелік параметрів БД, що передаються на різних рівнях, моделі розрахунків узагальнених параметрів безпеки, як того вимагає технологія РОП, але й хто і яким чином надає інформацію, за чий кошти саме створюються СМБ та її елементи, враховуючи умови приватної власності. За раніше наведеним прикладом [4] має бути розроблений регламент функціонування системи, що відповідає чинному законодавству та сучасним ІТ. Нажаль, навіть ця система не впроваджена з вищенаведених причин.

**Висновок.** Система моніторингу безпеки, яку необхідно створити в Україні найближчим часом, має відповідати сучасним принципам інформаційного забезпечення системи державного рівня, бути єдиною для усіх сфер безпеки та об'єднувати існуючі інформаційні та технічні

ресурси різних галузей. Розробка та впровадження такої системи – це складна задача професіоналів з інформаційних технологій.

### **Література.**

1. Кодекс цивільного захисту України. Законодавство України [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://zakon1.rada.gov.ua/laws/show/5403-17>.
2. Голуб С.В. Методологія створення автоматизованих систем багаторівневого соціоекологічного моніторингу: автореф. дис. на здобуття наук. ступеня д-ра техн. наук: 05.13.06 / С.В. Голуб. – Київ, 2008. – 35 с.
3. Гречанинов В.Ф. Інформаційні технології аналізу стану техногенної безпеки та планування протидії надзвичайним ситуаціям: автореф. дис. на здобуття наукового ступеня кандидата техн. наук: 05.13.06 / В.Ф. Гречанинов. – Київ, 2014. – 22 с.
4. РД 211.0.8.107-05 Методичні рекомендації з питань створення систем моніторингу довкілля регіонального рівня, затверджені наказом Міністерства охорони навколишнього природного середовища України від 16.12.2005 N 467;
5. Ситуаційні центри. Теорія і практика. НАН України, ІПММС, Київ, 2009, 347 с.
6. Про схвалення Концепції управління ризиками виникнення надзвичайних ситуацій техногенного та природного характеру» // Розпорядження КМ України від 22 січня 2014 р. № 37-р . – Київ, 2014
7. Гречанинов В.Ф. Функції управління і нагляду в ризик-орієнтованому підході до управління безпекою/ В.Ф. Гречанинов, В.В. Бегун. // Математичні машини і системи. – К.: ІПММС, 2014. – №1. – С. 159-170.

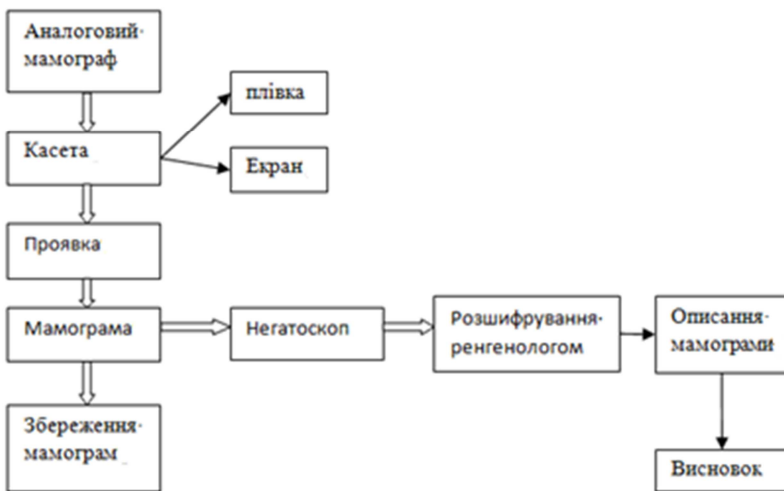
УДК 004.67, 004.932.2, 004.93'12

## **ІНФОРМАЦІЙНА ТЕХНОЛОГІЯ МОНІТОРИНГУ ПРОБЛЕМНИХ ДІЛЯНОК МАМОГРАМ ЗАСОБАМИ ІНДУКТИВНОГО МОДЕЛЮВАННЯ**

Коваленко В.В.

*Черкаський національний університет ім. Богдана Хмельницького, Україна*

На сьогоднішній день актуальною є проблема захворювання молочних залоз у жінок. Хоча з розвитком науки з'являється більше технологій, завдяки яким можна виявити хворобу, але найкраще і найефективніше лікування хворого, якщо діагностика була зроблена на ранніх стадіях розвитку хвороби. Така діагностика можлива лише при проходженні маммографії. Рентгеномаммографія є ефективним методом обстеження і дозволяє своєчасно розпізнати патологічні зміни в молочних залозах в 95-97% випадків. Традиційний процес обстеження та дослідження маммограми (рис. 1)



*Рис. 1 Традиційний процес дослідження мамограми*

Зі схеми ми бачимо, що отриманий висновок залежить від багатьох факторів, що можуть зменшити шанс на виявлення хвороби від погіршення хоч одного фактора зі схеми.

Таким чином автоматизація процесу розпізнавання проблемних ділянок з метою підвищення точності їх визначення є актуальною задачею як і в плані швидкості діагностики, так і в її якості.

Спроби використання комп'ютерної техніки для обробки мамограм були здійснені ще в 2003 році [1], проте, при існуючому на той час рівні розвитку техніки, такі спроби не могли передбачати будь-яке масове використання автоматизації через великий час обробки знімків. В роботах пропонується використовувати оцифровку мамограм точним сканером. Пізніші роботи [2] так само передбачають сканування мамограм молочних залоз для наступної обробки засобами обчислювальної техніки. Разом з тим іде мова про роботу із цифровими телевізійними мамограмами [3, 4] та про обробку їх таким чином, щоб зменшити роздільчу здатність знімків, зберігши при цьому його первинну інформативність.

Суттєво зазначити те, що в цих роботах [2,3,4] мова йде про автоматизацію процесу діагностики, а робота з мамограмами передбачає, в більшості, виконання над ними операцій, які застосовуються до зоб-

ражень: нормалізація гістограм, усунення шуму, зміна контрасту, інвертування, визначення меж рівнів та інше.

В роботі [2] пропонується створення діалогової системи, яка використовуючи наведені вище операції над зображеннями має допомогти лікареві із визначенням діагнозу. Проте, якщо узагальнити сказане вище, то можна дійти висновку, що в роботах не передбачається ніяких методів для отримання нової інформації із мамограм. Робота ведеться над покращенням якості знімків, тобто над тим, щоб проявити інформацію, узагальнити, але не отримати нову.

Покращення якості знімків може допомогти в знаходженні патологій, може збільшити ефективність роботи лікаря, зменшивши час діагностики. Проте, в результаті, саме лікар-мамолог визначає висновок, а сам автоматизований процес вимагає постійного втручання.

Інші якості дала б така система, яка більш самостійна в процесі виконання аналізу та діагностики, яка виконує більш високорівневу, інтелектуальну обробку інформації. В загальному вона має приймати на вхід зображення-мамограму молочної залози, додаткові дані про пацієнтку, а на виході видавати зображення із позначеними хворими ділянками. Корисним для реальної системи буде можливість зберігати момограми та діагноз системи для контролю змін в часі.

Приведену вище задачу можна розбивати на дві: перетворення виду інформації із зображення в деякий масив чисел та робота із отриманим масивом чисел і видача діагнозу. В межах цих двох задач також потрібно вирішити низку доволі складних задач. Так, для задовільного виконання другої задачі необхідно не просто передати масив чисел згенерований по початковому зображенню будь-яким способом, а обробити зображення так, щоб вихідний масив був інформативний при невеликому заданому розмірі (що бажано при орієнтуванні на адекватну швидкість роботи технології). Це так звана проблема підвищення інформативності масиву вхідних даних.

В системах обробки даних, завжди присутня модель відображення вхідних даних у вихідні. Коли в таких системах використовуються методи обробки інформації, які базуються на алгоритмах, які навчаються, тобто які самі формують модель, то з'являється задача синтезу адекватних моделей.

Важливо відмітити ще й той факт, що незважаючи на потужність сучасної обчислювальної техніки, не варто забувати про те, що об'єктом обробки є зображення з високою роздільною здатністю, та глибиною кольору. Первинна обробка таких зображень при великій кількості ітерацій, перетворення виду представлення інформації, та її обробка згідно моделі (яка для реальних застосувань досить складна,

має багато параметрів) вимагають значної частини процесорного часу. Так виникає ще одна проблема невідповідності складності завдання та потужності засобів обробки інформації, які використовуються для розв'язування задачі.

Реалізовувана технологія діагностики мамограм передбачає наявність двох компонент. Перша відповідає за обробку вхідного файлу-мамограми, його первинну обробку та генерацію первинного опису для наступного рівня інформаційної технології. Друга компонента це механізм обробки даних на основі алгоритму МГУА.

Перетворення інформації, що подана у вигляді фотографії, викликана необхідністю застосування системи багаторівневого перетворення інформації [5] з метою виявлення ділянок мамограм, що відображають захворюваність молочної залози.

Саме на рівні абстракції першої компоненти вирішується задача підвищення інформативності. Показник інформативності фіксується за умови підвищення адекватності моделі, що синтезована на основі даних, отриманих після перетворення інформації.

Для забезпечення необхідної адекватності моделей в структурі глобальної функції інформаційної системи проводиться попередня класифікація хворих за схильністю до певної схеми перебігу захворювань. Таким чином у модель перетворення інформації вводять додаткові корельовані з основними (характеристики та властивості мамограм) параметри, що покращує якість та швидкість навчання. Для того щоб зробити можливою роботу синтезатора на великій кількості даних а також роботу із моделями зібраних із високих рядів селекції в другій ітерації було запропоновано використання для представлення моделей деревоподібної структури.

Розроблена інформаційна технологія моніторингу проблемних ділянок працює в двох режимах: навчання (синтез моделі) та використання навченої системи. Для навчання на вхід подається вибірка мамограм, діагноз яких уже проведено. На таких даних навчається друга компонента технології. Після навчання модель має пройти верифікацію, а після цього вже можливе його використання.

Після завантаження зображення, формується ПО, тобто таблиця в якій містяться дані необхідні для подальшого перетворення, далі формується масив вхідних даних, що сформовані на попередньому етапі, потрібні для подальшого моделювання; потім синтезується модель за сформованим таким чином ПО. Результатом перетворення інформації є таблиця масиву чисельних характеристик, імпортована в файл формату \*.xls.

В результаті даної роботи проведено дослідження запропонованих різними авторами методів діагностики мамограм молочної залози. Виявлено, що в більшості випадків пропонується використовувати різні засоби роботи із зображеннями для покращення їх якості. Для покращення інформативності та якості обробки мамограм запропоновано використовувати методи індуктивного моделювання. Для моніторингу та діагностування захворювань молочної залози запропоновано двокомпонентну інформаційну технологію.

Таким чином реалізована інформаційна технологія моніторингу проблемних ділянок мамограм. За допомогою інформаційної технології досліджено процес відображення властивостей мамограм в структурі індуктивної моделі та досліджено їх адекватність. В подальшому є перспективним дослідження і удосконалення використовуваних для даної задачі методів індуктивного моделювання.

### **Література**

1. Останькович А. А. Обработка цифровых маммографических изображений в диагностике рака молочной железы /А. А. Останькович // Диагностика и лечение - 2003 – С. 2-8
2. Методика выявления рака молочной железы [Електроний ресурс]. Режим доступу: <http://masters.donntu.edu.ua/2013/fknt/dotsenko/library/art7.htm>. Перевірено 20.05.2015
3. Мірошніченко О. С. Гістограмні алгоритми обробки телевізійних маммографічних зображень : автореф. дис.на здобуття наукового ступеня канд. тех. Наук 05.12.17 «радіотехнічні та телевізійні системи» / С.О. Мірошніченко – Київ – 2009
4. [Електроний ресурс]. Режим доступу: [https://docs.google.com/viewer?url=http%3A%2F%2Farchive.nbuv.gov.ua%2Fportal%2Fnatural%2Ffeis%2F2010\\_4%2F11\\_Miroshnichenko.pdf](https://docs.google.com/viewer?url=http%3A%2F%2Farchive.nbuv.gov.ua%2Fportal%2Fnatural%2Ffeis%2F2010_4%2F11_Miroshnichenko.pdf) .Перевірено 18.10.2013
5. Голуб С.В. Палаш С.Г. Багаторівневе перетворення вигляду інформації в процесі аналізу маммографічних зображень.// Проблеми інформатики і моделювання. Тези дванадцятої міжнародної конференції. – Харків: НТУ “ХПІ”, 2012. – С. 24.



## МОНТЕ-КАРЛО МОДЕЛЮВАННЯ ВПЛИВУ ФЛУКТУАЦІЙ ОПТИЧНИХ ПАРАМЕТРІВ МУТНИХ СЕРЕДОВИЩ НА ЗАКОНОМІРНОСТІ РОЗСІЯННЯ ФОТОНІВ

П. Кособуцький, А. Ковальчук

*Національний університет «Львівська політехніка», Україна*

Закономірності розсіяння фотонів мутним середовищем широко застосовуються для діагностики станів біотканин і ґрунтується цей підхід на моделюванні механізму переносу світла всередині та поза сильно розсіюючого середовища із застосуванням методу Монте-Карло [1]. В основу такого розгляду покладена закономірність обґрунтування закону Бугора-Ламберта-Бера: відносно зменшення інтенсивності світла

$\frac{dI}{I_0}$  тонким плоскопаралельним шаром пропорційне його товщині  $dh - \frac{dI}{I_0} = \alpha \cdot dh$ . Причому приймалось, що коефіцієнт  $\alpha$  виражає інтегральні характеристики середовища, що призводять до зменшення інтенсивності світла.

З іншої сторони, в класичній моделі плоскопаралельного шару не приймалась до уваги зміна фазових співвідношень електромагнітних хвиль, що мультиплікуюються на межах розділу і за умови плоскопаралельності границь, актуальність багатопроменевої інтерференції. Та й ідеальність самої межі поділу не завжди оправдана модель, тим більше якщо прийняти до уваги те, що границя розділу – це наслідок взаємодії між собою фазових станів контактуючих середовищ.

В моделі дифузного переносу світла розсіювальним середовищем, переважно приймають до уваги процеси поглинання і розсіяння фотона, ступінь яких виражається показниками  $\mu_a$  та  $\mu_s$ , відповідно. Тому відстань  $l$  (довжина вільного пробігу), яку проходить фотон між двома послідовними зіткненнями, є випадковою величиною. З точки зору лінійної моделі Бугора-Ламберта-Бера,  $dI = -\mu \cdot dh$  про зменшення інтенсивності світла після проходження пластинки товщиною  $dh$  свідчить ймовірність зіткнення фотона на шляху  $ds$ :  $dP = \frac{1}{\langle l \rangle} ds = \mu \cdot ds$ , де  $\langle l \rangle$  - середня довжина вільного пробігу (mfp – mean free path

length). Імовірність того, що фотон  $n_S$  разів розсіюючись зміститься на відстань  $l$ , дорівнює:

$$P(l) = \left(1 - \frac{\mu l}{n_S}\right)^{n_S} = \exp(-\mu l) \quad (1)$$

Якщо на пластину падає  $N_{ph}$  фотонів, а з неї вийшло  $N_{ph} - dN$ , то  $dp = dN / N_{ph}$  і ймовірність проходження фотоном без зіткнень відстані  $s$  буде дорівнювати  $P = N / N_{ph} = \exp(-\mu \cdot s)$ . Ймовірність  $dp_\xi$  того, що фотон пройде шлях  $\xi$  без зіткнень, а на наступному за  $l$  відрізку матиме зіткнення, дорівнює  $dp_\xi \cdot \exp(-s \cdot \mu) \cdot \mu \cdot d\xi$ , тобто добутку ймовірностей, оскільки це статистично незалежні події. З точки зору розглядуваної статистичної моделі середнє  $mfpl = \int_0^\infty \xi \cdot dp_\xi$ . За законом Бугера-Ламберта-Бера,  $f(s) = \exp(-s \cdot mfpl)$ , тому із нелінійного перетворення  $r = \exp(-s \cdot mfpl)$ ,  $r \in [0; 1]$  одержуємо, що  $s = -\log r \cdot mfpl$  [2].

Однак, наближення про те, що ймовірність ослаблення світла середовищем пропорційна  $\mu \cdot dh$  в інтервалі  $[z, z + dz]$ , справджується лише за умови, що  $dz \ll 1/\mu$  [3]. Крім цього також допускається, що незмінним залишається коефіцієнт  $\mu$ . Насправді, сильно розсіюючи (мутні) середовища можуть проявляти суттєву неоднорідність в розподілі центрів взаємодії фотонів. Тому в цій роботі автори намагаються звернути увагу на те, що неоднорідний (і нестационарний) розподіл, може суттєво вплинути на статистичні закономірності інформаційного сигналу в методі дифузної спектроскопії сильно розсіювальних середовищ. Нагадаємо, що на залежність параметричної функції розсіяння від параметрів неоднорідності розсіюваного середовища, в літературі вказувалось неодноразово [4].

Авторами розроблена програма моделювання відповідних процесів із застосуванням пакету прикладних програм MathCAD, яка приводиться нижче:

```
DEAD := 0 TRESHOL := 0.001 PI := 3.1415926 ALIVE := 1
CHANGE := 0.1 COS90D := 10-6 g := 0.75 h := 0.02 Nphotons := 1000
ONE := 10-12  $\mu a$  := 10  $\mu s$  := 90 nt := 1
```

$$SIGN(X) := \begin{cases} 1 & \text{if } x \geq 0 \\ -1 & \text{if } x < 0 \end{cases} \quad mpl := \frac{1}{(\mu\alpha + \mu\sigma)} \quad Nbin := \frac{h}{mpl} \quad dz := \frac{h}{100}$$

$$albedo := \mu\sigma \cdot mpl \quad ir := 0 \dots Nbin \quad C_{ir} := 0$$

```

Result:= while i_photon < Nphotons A5 =
  A6
  I0 ← Nphotons
  I1 ← dz
  I2 ← C
  I3 ← ir
  A6 = i_photon ← i_photon + 1
  W ← 1
  photon_status ← ALIVE
  x ← 0
  y ← 0
  z ← 0
  ux ← 1 - 2 · rnd(1)
  uy ← 1 - 2 · rnd(1)
  uz ← 1 - 2 · md(1)
  u ← √(ux² + uy² + uz²)
  ux ← ux · u⁻¹
  uy ← uy · u⁻¹
  uz ← uz · u⁻¹
  μα ← μα + md(1)
  μσ ← μσ + 10 · rnd(1)
  while photon_status = ALIVE
  A5
  A4 = temp ← (1 - g²) / (1 - g - 2 · g · md(1))
  costheta ← (1 - g² - temp²) / (2 · g)
  mpl ← (μα + μσ)⁻¹
  s ← -log(md(1)) · mpl
  x ← x + s · ux
  y ← y + s · uy
  z ← z + s · uz
  adsorb ← W · (1 - albedo)
  W ← W - adsorb
  ir ← round(|z| / dz)
  ir ← Nbin if ir ≥ Nbin
  C_ir ← C_ir + adsorb
  if g = 0
  costheta ← 2 · rnd(1) - 1
  A4 otherwise
  sintheta ← √(1 - cospsi²)
  psi ← 2 · PI · md(1)
  cospsi ← cos(psi)
  if psi < PI
  sinpsi ← √(1 - cospsi²)
  otherwise
  sinpsi ← -√(1 - cospsi²)
  A3 if aaaa ≤ ONE
  A2 otherwise
  θi ← acos(|uzz|)
  θ ← asin(sintheta)
  ux ← ux
  uy ← uy
  uz ← uz
  A1 if W < THRESHOL
  A3 = uxx ← sintheta · cospsi
  uyy ← sintheta · sinpsi
  uzz ← costheta · SIGN(uz)
  A2 = temp ← √(1 - uz²)
  C = (ux · uz · cospsi - sinpsi) / temp
  uxx ← ux · costheta + sintheta · C
  D = (uy · uz · cospsi - sinpsi) / temp
  uyy ← uy · costheta + sintheta · D
  uzz ← -sintheta · cospsi · temp + uz · costheta
  A1 = if md(1) ≤ CHANGE
  W ← W / CHANGE
  otherwise
  photon_status ← DEAD
  Result := Result2
  Res_end := for ir ∈ 0 .. Nbin
  B1
  I0 ← z
  I1 ← Fluence
  I2 ← Fluence
  I3
  B1 = z_y ← (ir + 0.05) · dz
  Fluence_ir ← Result_y · dz / Nphotons · μα
  ξ := Res_end2 WeightPh := Res_end2
  
```

В даній програмі прийняті до уваги рекомендації [2], в тому числі викладені за адресою [5,6].

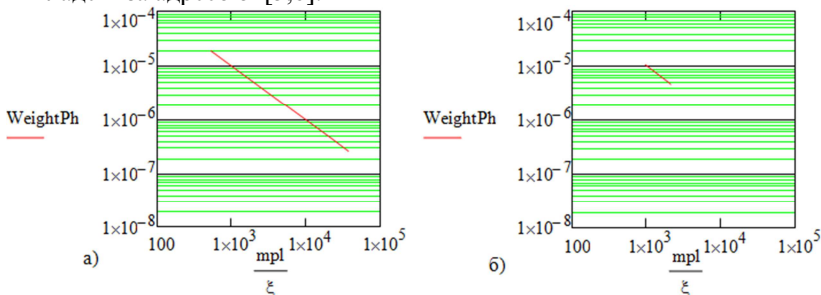


Рис.1. Розкид значень параметрів: а)  $\mu\sigma = \mu\sigma + 0 \cdot \text{rnd}(1)$  та  $\mu\alpha = \mu\alpha + 0 \cdot \text{rnd}(1)$ ; б)  $\mu\sigma = \mu\sigma + 10 \cdot \text{rnd}(1)$  та  $\mu\alpha = \mu\alpha + \text{rnd}(1)$

Результати розрахунків наведені на рис.1. Суть їх свідчить про те, що навіть 10% розкид значень параметрів  $\mu_{s,i}$  при переході від одної

комп'ютерної моделі до іншої, може призвести до значних змін досліджуваних методом Монте-Карло характеристик розсіюваних середовищ.

### **Література**

1. Cuplov V. Extension of the GATE Monte-Carlo simulation package to model bioluminescence and fluorescence imaging / Cuplov V., Buvat I., Pain F., Jan S. // Journal of Biomedical Optics 19(2), 2014, 13p.
2. Prahl S.A. A monte carlo model of light propagation in tissue / Prahl S.A., Keijzer M., Jacques S.L., Welch A.J. // Dosimetry of Laser Radiation in Medicine and Biology, 1989, 102-111pp.
3. Maine In-situ Sound & Color Lab [http://miscfab.umeoce.maine.edu/boss/classes/RT\\_Weizmann/Radiation%20Transfer%20in%20Environmental%20Science%20-%20Lecture%207.pdf](http://miscfab.umeoce.maine.edu/boss/classes/RT_Weizmann/Radiation%20Transfer%20in%20Environmental%20Science%20-%20Lecture%207.pdf)
4. Захаров В.П. Параметрическая функция дифференциального обратного рассеяния мутных сред [Электронный ресурс] / Захаров В.П., Синдяева А.Р. // Вестник Самарского государственного аэрокосмического университета, No 2, 2008, С.145-155. Режим доступа: <http://journals.ssau.ru/index.php/vestnik/article/view/585/586>
5. Oregon medical laser center <http://omlc.org/software/mc/mc321/>
6. Jacques S. L. Modeling tissue optics using Monte Carlo modeling: a tutorial / Jacques S. L. // Optical Interactions with Tissue and Cells XIX, 2008, 9p.

УДК 551.509.313.4

## **МОДЕЛІ ПРОГНОЗУВАННЯ ЕКСТРЕМАЛЬНИХ ПОГОДНИХ ЯВИЩ**

О.Ю. Герасименко, В.В. Казимир

*Чернігівський національний технологічний університет, Україна*

Вплив екстремальних погодних явищ для людства стає все більш відчутним. За даними Всесвітньої метеорологічної організації (ВМО) 88 % усіх природних стихійних лих мають гідрометеорологічне походження і є причиною 72% усіх економічних втрат [6]. Небезпечних природних явищ налічується більше двадцяти [2, с.6], зокрема до них належать екстремально високі температури, урагани, шквалісті вітри, смерчі, тривалі опади, посухи, весняні повені, град та інші; за останні 30 років у зв'язку з ними втратили життя понад 2 мільйони осіб. Крім того, ВМО відмічає зростання як кількості екстремальних гідрометеорологічних явищ на планеті, так і збільшення суми збитків, які вони завдають. Отже, прогнозування екстремальних погодних явищ та своєчасне оповіщення про них населення є важливим завданням, ефективне вирішення якого забезпечить збереження людських життів та скорочення економічних втрат.

У рамках виконання Плану першочергових заходів з адаптації до зміни клімату Державне агентство екологічних інвестицій України виконало науково-дослідну роботу з дослідження тенденцій зміни частоти та інтенсивності екстремальних гідрометеорологічних явищ на території України внаслідок зміни клімату, де проведено оцінку зміни повторюваності та інтенсивності екстремальних гідрометеорологічних явищ в Україні. Згідно оприлюдненого звіту [4], визначено такі тенденції:

- зростання повторюваності дощу і мокрого снігу, що привело до збільшення кількості випадків налипання мокрого снігу небезпечного діаметру, проте кількість випадків з небезпечною та стихійною ожеледдю і складними відкладеннями зменшилась;
- збільшилась повторюваність та інтенсивність сильних снігопадів;
- збільшилась кількість та інтенсивність небезпечних і стихійних опадів, шквалів, граду;
- зменшення кількості випадків сильного вітру, а також сильних хуртовин та пилових бур.

Таким чином, можна стверджувати, що прогнозування екстремальних погодних явищ для території України також є актуальним та важливим завданням.

Створення прогнозів погоди проходить з використанням глобальних, регіональних та мезомасштабних моделей, кожна з яких призначена для моделювання атмосферних структур певної просторової протяжності. Глобальна модель прогнозування, яка охоплює майже всю планету Земля, є макромоделлю і представляє процеси в атмосфері всієї земної кулі. Регіональна модель більш детально розглядає макромасштабні атмосферні структури для певного регіону, а мезомасштабна модель покликана деталізувати метеорологічні явища на невеликій території. Екстремальні погодні явища пов'язані з мікромасштабними атмосферними структурами [3] і мають локальний характер, крім того, вони тривають порівняно короткий час, а тому моделі числового прогнозу погоди (ЧПП) з низькою роздільною здатністю не можуть безпосередньо спрогнозувати такі явища. Вихідну продукцію моделей ЧПП у комбінації з іншими даними (наприклад, синоптичні карти, знімки супутників і т.д.) можна використати для прогнозування умов чи метеорологічного фону, за яких можуть виникати екстремальні погодні явища [3, с.1623]. Важливо відмітити, що прогнозувати такі явища є сенс для конкретної географічної точки і конкретного моменту часу, так як мікромасштабні атмосферні структури можуть значно відрізнятися для різних територій, що частково зумовлено їхнім географічним розташуванням.

У провідних світових центрах числового прогнозування погоди розроблені моделі, які в тому чи іншому вигляді формують прогнози настання екстремальних погодних явищ. Розглянемо декілька моделей, які застосовуються для прогнозування небезпечних погодних явищ.

Система прогнозування Європейського центру середньострокових прогнозів погоди (the European Centre for Medium-Range Weather Forecasts) ECMWF-Euro використовує Індекс прогнозу екстремального явища (Extreme Forecast Index, EFI) як інструмент попередження про можливість настання екстремальних погодних явищ. Він розроблений таким чином, щоб виділити випадки, коли прогноз певних параметрів значно відрізняється від параметрів кліматичної моделі для цієї ж території. Карти EFI розробляються по ряду важливих параметрів погоди: мінімальне, максимальне та середнє значення температури повітря на висоті 2 метри, загальна кількість опадів, швидкість пориву вітру і середня швидкість вітру, а також максимальна висота хвиль.

Британське метеорологічне бюро (the UK Meteorological Office) для прогнозу ризику настання небезпечних явищ використовує пост-обробку даних моделі MOGREPS (the Met Office Global and Regional Ensemble Prediction System). Модель MOGREPS може формувати глобальні та регіональні прогнози при різних параметрах роботи моделі. Пост-обробка полягає у визначенні очікуваного впливу (impact) погоди та вірогідності настання явища, при чому перший параметр вважається більш пріоритетним при оцінюванні ризику.

Модель ALADIN розроблялася групою держав, зокрема Франція, Болгарія, Чехія, Польща та ін. На даний час розвиток системи підтримують 16 держав. ALADIN – це модель, обмежена по площі (Limited Area Model, LAM). Територія прогнозів ALADIN - континентальна Європа, горизонтальна роздільна здатність - 8км. Методологія прогнозу ґрунтується насамперед на наближених обчисленнях розв'язку рівняння Нав'є-Стокса з урахуванням термодинамічних процесів і фазових перетворень води в атмосфері. Модель може працювати в детермінованому та ансамблевому варіантах. У [7] розглядається побудова системи раннього оповіщення про небезпечні природні явища для Польщі на базі моделі ALADIN.

Harmonie – негідростатична модель конвективного масштабу, розроблена у тісній співпраці Météo-France та консорціуму ALADIN. Роздільна здатність по замовчуванню 2,5км, але можливі варіанти роботи з більш грубою роздільною здатністю. HARMONIE є негідростатичною спектральною напівлагранжевою моделлю, яка використовує гібридні координати по вертикалі. Модель HIRLAM (High Resolution Limited Area Model) - гідростатична модель, динамічна ядро якої базу-

ється на напівневійній напівлагранжевій дискретизації багаторівневих примітивних рівнянь із використанням гібридних координат по вертикалі. Учасниками консорціуму HIRLAM є Скандинавські країни, Іспанія, Ірландія, Естонія та ін., загалом близько 10 країн. Проект HIRLAM пройшов декілька фаз свого розвитку і з 1.01.2011 переходить у фазу HIRLAM-B, яка передбачає перенесення дослідницької діяльності на модель Harmonie. Одна з основних цілей проекту HIRLAM-B – розробка оперативно прийнятної мультимодельної обмеженої по площі ансамлевої прогностичної системи короткострокових прогнозів, яка б гарно підходила для прогнозування суворих погодних умов (GLAMEPS, grand limited area ensemble prediction system).

Метеорологічний центр Канади (Canadian Meteorological Centre, CMC) використовує дві моделі для прогнозування небезпечних природних явищ (не враховуючи їх «батьківські» моделі): Regional Deterministic and Ensemble Prediction Systems (RDPS & REPS) та High Resolution Prediction System (HRPS). Горизонтальна роздільна здатність систем 10км, 15км та 2,5км відповідно. З початку 2014 року в центрі впроваджується під-компонента Pan-Canadian до HRPS, покликана покращити прогноз екстремальних погодних явищ. Використання Pan-Canadian дозволить врахувати орографію місцевості, рослинний покрив підстилаючої поверхні, вплив зони стику «земля-вода» та інше.

Прогнозування вірогідності настання небезпечних погодних явищ на основі ансамблю прогнозів кількох систем прогнозування розглядається в [5]. Прогноз розробляється на основі ансамблю з оперативних середньострокових прогнозів чотирьох провідних світових центрів числового прогнозування погоди: Європейського центру середньострокових прогнозів погоди, Японського метеорологічного агентства (the Japan Meteorological Agency), Британського метеорологічного бюро і Національних центрів з прогнозування навколишнього середовища США (the National Centers for Environmental Prediction, USA). Прогноз ймовірності виникнення небезпечних явищ, який формується кожним із перерахованих вище центрів, визначається на основі функції щільності розподілу кліматологічної ймовірності виникнення небезпечного явища відповідної моделі.

Окремо слід зупинитися на питанні оповіщення населення про прогнозоване настання екстремальних погодних явищ. Системи раннього попередження існують у багатьох країнах, наприклад, країни ЄС (крім того, функціонує загальноєвропейська (без країн СНГ) система), Канада, США, Японія, Росія та інші. Як правило, сучасні системи раннього оповіщення орієнтовані на прогнозування 8-12 небезпечних явищ за

трьома рівнями небезпеки («потенційно небезпечно», «небезпечно», «дуже небезпечно») [1].

Отже, створення та удосконалення методів та інструментальних засобів прогнозу екстремальних погодних явищ і оповіщення про їх настання населення є актуальною задачею. Також важливо, щоб отримані прогнози були доступні та зрозумілі населенню, вчасно доведені до його відома. Сучасний рівень розвитку інформаційних технологій та розповсюдження Інтернету надає широкі можливості у виконання цього завдання.

### Література

1. Арутюнян Р. В., Пономарев В. Н., Рубинштейн К. Г., Перов В. Л., Игнатов Р. Ю., Ширяев М. В., Смирнова М. М., Губенко И. М., Бычкова В. И. «СВЕТОФОР»: система раннего предупреждения о метеорологических угрозах. [Электронный источник] // Режим доступа: <http://www.ibrae.ac.ru/docs/109/svetoforiweb.pdf>
2. Божко Л.Ю. Оцінка впливу екстремальних явищ на продуктивність сільськогосподарських культур: навчальний посібник / Л. Ю. Бож-ко; МОН України; Одес. держ. еколог. ун т. — Одеса: Екологія, 2013. — 240 с.
3. Попова Е.С., Андреев С.С. Вероятностно-географический прогноз опасных явлений погоды. // *Фундаментальные исследования*. — 2014. — № 8. — с. 1622-1625.
4. Проведення просторового аналізу тенденцій зміни частоти та інтенсивності екстремальних гідрометеорологічних явищ на території України внаслідок зміни клімату. // Звіт з науково-дослідної роботи Державного агентства екологічних інвестицій України. [Електрон-ний ресурс] // Режим доступу: <http://uhmi.org.ua/project/rvndr/extrime.pdf>
5. Matsueda M., Nakazawab T. Early warning products for severe weather events derived from operational medium-range ensemble forecasts. // *Meteorol. Appl.* 22. — 2015. — pp. 213–222.
6. The Global Climate. 2001-2010: A Decade of Climate Extremes. [Online] // WMO-No.1103. — 2013. 119p. — Available: [http://library.wmo.int/pmb\\_ged/wmo\\_1103\\_en.pdf](http://library.wmo.int/pmb_ged/wmo_1103_en.pdf)
7. Ustrnul Z., Wypych A., Henek E., Maciejewski M., Bochenek B. Climatological-ly based warning system against meteorological hazards and weather extremes: the example for Poland. [Online] // *Natural Haz-ards*, 2015. — Vol. 77, Issue 3. pp 1711-1729. — Available: <http://link.springer.com/article/10.1007/s11069-015-1673-2>



## **ЗАСТОСУВАННЯ РЕКОНФІГУРОВНИХ КОМП'ЮТЕРНИХ ЗАСОБІВ ОБРОБКИ ІНФОРМАЦІЇ ДЛЯ ЗАДАЧ МЕДИКО-ЕКОЛОГІЧНОГО І ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОФІЛЮ**

Воробець Г.І., Гуржуй Р.Д., Кузь М.А.

*Чернівецький національний університет імені Юрія Федьковича*

Особливістю сучасного розвитку комп'ютерної техніки та обчислювальних засобів є створення спеціалізованих інтелектуальних систем вбудованих у технічні пристрої і призначених для вирішування задач обробки інформаційних сигналів з різного типу сенсорів та управління інформаційно-вимірювальними і технологічними системами. Такий синтез технічних рішень комп'ютерних засобів для потреб фізичних і технічних об'єктів отримав назву – кіберфізичних систем (КФС) [1 - 4]. Функціонування вказаних систем передбачає застосування принципу адаптивного налаштування технічних параметрів системи відповідно до реалізовуваних завдань, і в переважній більшості може бути описано моделями з ланками зворотного зв'язку для адаптивного управління системами як за заданими алгоритмами, так і в певних умовах невизначеності за результатами поведінки системи і зовнішніх впливів на неї у режимі реального часу.

Основним недоліком при такому підході є обмеженість ресурсів КФС, і відповідно, кола виконуваних задач. Зокрема, це стосується і класів одно типових задач збору і обробки даних із сенсорів, які вирішуються інформаційними системами екологічного моніторингу довкілля, медичними системами, системами контролю та управління процесами біотехнології, напівпровідникової технології та іншими. Забезпечити мультифункціональність КФС і покращити умови адаптивного її налаштування можна за рахунок застосування реконфігурованих комп'ютерних засобів [5, 6]. Тому дані дослідження спрямовані на розробку моделей і технічних рішень базових апаратно-програмних засобів автономних та вбудованих комп'ютеризованих інформаційно-вимірювальних та інших типів кіберфізичних систем.

Для вирішення задач накопичення, статистичної обробки, аналізу даних з сенсорів електромагнітного випромінювання, температури, концентрації хімічних сполук, в тому числі з біоінспірованих і біоінтегрованих сенсорів, а також математичного моделювання результатів експериментальних вимірів пропонується ієрархічно-модульна реалізація системи, що містить набір інтелектуальних сенсорів і первинних перетворювачів (ІСіПП) інформаційних аналогових і цифрових сигналів, та універсальний модуль цифрової обробки даних (УМЦОД).

Структурна організація і прикладне програмне забезпечення УМЦОД динамічно реконфігурується і адаптується відповідно до типу і параметрів вхідної інформації з ІСіПП. В якості реконфігурованих комп'ютерних засобів використовуються програмовані логічні схеми (ПЛІС, FPGA), а ІСіПП реалізовано з функцією дистанційного динамічного коректування характеристик перетворення, що змінюються внаслідок старіння чутливих елементів.

Структурна організація системи передбачає автономну ідентифікацію базовою станцією УМЦОД наборів ІСіПП, які в певний момент часу знаходяться в зоні доступного обслуговування УМЦОД. Для забезпечення багатоканального режиму обробки даних з різних за фізичними принципами дії типів сенсорів – оптичних, концентраційних, чутливих до хімічних перетворень досліджуваних середовищ та інших, що є основою ІСіПП, і які можуть бути доступними для обміну даними з УМЦОД, проведено імітаційне моделювання методик синхронного та асинхронного обміну пакетами даних. Крім того, апробовано методику та відповідні алгоритми паралельної обробки вхідного коду з розділенням адресно-службового та інформаційного поля кодового слова з допомогою центрального процесора УМЦОД і спецпроцесора прискорювача, реалізованого за реконфігуровною технологією. Для оперативного візуального контролю результатів багатоканального моніторингу інформації пропонується спецпроцесор прискореної математичної обробки даних у двійково-десятковому кодуванні. Для розширення функціональності системи та забезпечення уніфікованого підходу при підключенні до неї нових ІСіПП в УМЦОД розділено інтерфейси за ієрархічним принципом: сенсор – модуль – сервер. Обмін даними УМЦОД з комп'ютерами вищого рівня реалізується за мережевою клієнт-серверною технологією.

### **Література**

1. Cyber-Physical Systems. [Електронний ресурс]: Режим доступу – <http://cyberphysicalsystems.org/>.
2. Rajkumar R., Insup Lee, Lui Sha, Stankovic J. Cyber-Physical Systems: The Next Computing Revolution. / Proc. Design Automation Conference (DAC), 2010 47th ACM/IEEE, Anaheim, USA. 13-18 June 2010. – P. 731 – 736.
3. E. A. Lee and S. A. Seshia, Introduction to Embedded Systems, A Cyber-Physical Systems Approach, <http://LeeSeshia.org>, ISBN 978-0-557-70857-4, 2011. [Електронний ресурс] : Режим доступу – <http://cyberphysicalsystems.org/>
4. Lee E. A. "Cyber-Physical Systems - Are Computing Foundations Adequate?," Position Paper for NSF Workshop on Cyber-Physical Systems: Research Motivation, Techniques and Roadmap, Austin, Texas, October 16-17, 2006. / [Електронний ресурс] : Режим доступу – <http://cyberphysicalsystems.org/>

5. Palagin A. V., Opanasenko V. M. Design and Application of the PLD-Based Reconfigurable Devices. // Design of Digital Systems and Devices. Series: Lecture Note in Electrical Engineering. – 2011. – Vol. 79. – P. 59-91.
6. Vorobets G. I., Tarasenko V. P. Application of the self-adaptive and self-reconfigurable computer devices for micro- and nanoelectronics. // Radioelectronic and computer systems. – 2015. – № 1 (71). – P.143-148.

УДК 004.9:504:519.6

## **ІНФОРМАЦІЙНА ТЕХНОЛОГІЯ РОЗПОДІЛЕНИХ ОБ'ЄКТІВ-ОБГОРТОК ДЛЯ ІНТЕГРАЦІЇ МОДЕЛЕЙ В СИСТЕМИ ПІДТРИМКИ ПРИЙНЯТТЯ РІШЕНЬ З ЕКОЛОГІЧНОЇ БЕЗПЕКИ**

С.О. Євдін

*Інститут проблем математичних машин та систем НАН України*

На сьогоднішній день для розв'язання задач екологічної безпеки та раціонального використання природних ресурсів все ширше впроваджуються системи підтримки прийняття рішень (СППР), засновані на математичних моделях динаміки навколишнього природного середовища. Завдання екологічної безпеки мають комплексний характер, що вимагає при їх вирішенні взаємодії на рівні потоків інформації моделей метеорологічних, гідрологічних, океанологічних, гідрогеологічних процесів, моделей переносу забруднень у навколишньому середовищі, у біологічних екосистемах і харчових ланцюгах. Зазвичай, розрахункові моделі є вузькоспеціалізованими і описують процеси тільки одного з можливих природних діапазонів. Нерідкі ситуації, коли СППР створюється на основі блоків, створених різними групами розробників, без урахування їх сумісності з іншими моделями. На практиці у предметній області моделювання процесів оточуючого середовища математичні моделі безпосередньо закодовані з використанням однієї з мов програмування. Таким чином, основним завданням СППР є забезпечення чіткого і простого шляху інтеграції як успадкованих моделей, так і обчислювальних блоків, а також реалізації можливості інтеграції моделей між собою шляхом об'єднання в обчислювальні ланцюжки. Іншою, не менш важливою задачею, є надання достатньо зручного інтерфейсу для ініціалізації, управління ходом розрахунку моделі, візуалізації та пост-обробки результатів, щоб користувач системи мав можливість і бажання користуватися нею самостійно.

З точки зору СППР інтегровані моделі є програмним об'єктом, що

перетворюють вхідні параметри на вихідні дані, тобто модель є функцією:

$$f : X \times U \rightarrow Y \times U, \quad (1)$$

де  $X$  – множина вхідних параметрів,  $Y$  – множина вихідних параметрів,  $U$  – множина станів моделі.

З точки зору організації введення/виведення даних до обчислювальної моделі розрізняються три типи моделей:

- Прості моделі. У таких моделях спочатку здійснюється ініціалізація вхідних параметрів, потім виклик однієї або декількох функцій, що відповідає за розрахунок моделі. По завершенні кожного кроку моделі результати моделі забираються і далі транслюються в систему. Основною властивістю простих моделей є відсутність залежності ходу управління розрахунком від нарахованих результатів, за вхідним значенням однозначно визначається порядок виклику методів і параметри.

- Ітераційні моделі. У таких моделях не можливо, виключно за вхідними даними, визначити порядок виконання та значення переданих у модель параметрів. Але аналіз результатів і визначення подальшого ходу виконання моделі виконується на основі автоматичних джерел даних без втручання користувача системи.

- Складні або інтерактивні моделі. У цьому випадку перед певними розрахунковими кроками очікуються додаткові вхідні дані від користувача чи передача управління системою. Результати певного етапу розрахунку моделі представляються системою користувачеві (іншій моделі), який, на основі отриманих даних, вводить додаткові вхідні параметри. Після їх обробки знову викликаються функції моделі до моменту закінчення роботи або повторної необхідності прийняти рішення в автоматичному або інтерактивному режимі.

За принципом розділення логіки системи та логіки моделі, інтерфейс взаємодії моделі та системи має бути незалежним від реалізації моделі. Тобто, ядро системи не може працювати зі специфічними для кожної інтегрованої моделі даними. Комунікацію моделі та системи необхідно проводити через проміжний уніфікований тип даних та визначити функції переводу даних зі специфічного кожній моделі формату до уніфікованого.

Уніфікований тип даних – структура класів датаітемів – зберігають власне чисельні дані, метадані та відносини між ними. Датаітеми дозволяють системі одноманітно працювати з даними з різних джерел інформації, розробивши для них відповідні адаптери прямого та зворотного перетворення. Для датаітемів реалізовані процедури зберігання і передачі, відображення в графічному інтерфейсі користувача.

Класи датаітемів реалізують композитний шаблон програмування, що об'єднує об'єкти у деревовидну структуру та дозволяє системі звертатися до окремих об'єктів і до групи об'єктів одноманітно. Дані інтегрованих моделей організуються в деревоподібну структуру, яка розділяється на піддерево вхідних та вихідних даних.

Для кожної обчислювальної моделі необхідно забезпечити комунікацію між моделлю і різними розподіленими компонентами системи за допомогою нетривіального об'єкту-обгортки, який покладений в основу нової технології інтеграції моделей в СППР. Розподілений об'єкт-обгортка моделі (рис. 1) – це програмний об'єкт комунікації СППР і моделі, що розподіляється під час виконання між різними компонентами системи і забезпечує логічну, візуальну та технічну інтеграцію математичної моделі в СППР, при цьому:

- логічна інтеграція забезпечується шляхом прямого та зворотного перетворення типів даних системи та моделі, прийому запитів і команд, як від системи, так і від моделі та відправки відповідей на них;
- візуальна інтеграція відбувається за рахунок надання користувачу зручного інтерфейсу для внесення даних в модель, верифікації вхідних даних на етапі введення, надання рекомендації і допомоги користувачеві щодо введених значень, візуалізації розрахованих результатів;
- технічна інтеграція означає забезпечення потоків даних між РОО і власне моделі і залежить від реалізації моделі у вигляді конкретного програмного об'єкта.

Для забезпечення кожної з трьох перерахованих вище типів інтеграції в обгортці моделі передбачено відповідний компонент. Для основних компонентів існує окрема точка доступу з системи. Завдяки чому компоненти розподіляються між частинами системи, виконуваними в різних процесах, а в загальному випадку на різних обчислювальних машинах.

Для організації ланцюжків моделей за допомогою РОО використовується низхідний потік викликів (спочатку повністю розраховуються верхні моделі, а потім дочірні) з використанням об'єктів класу датаітемів-посилань. Ці об'єкти, перевизначаючи ієрархічні операції й операції повернення значення, дозволяють замінити встановлення відповідності виходів попередньої моделі входам наступної моделі операціями з датаітемами. Для дочірньої моделі звернення до датаітему батьківської моделі не відрізняється від маніпуляцій з локальним об'єктом уніфікованого типу даних.

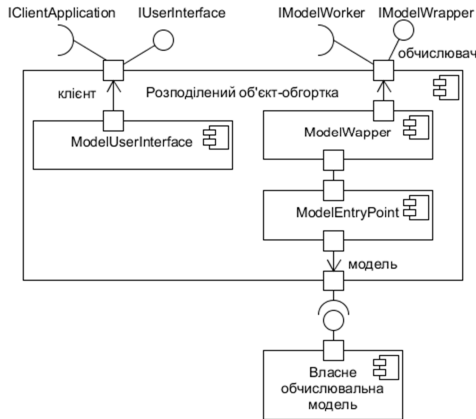
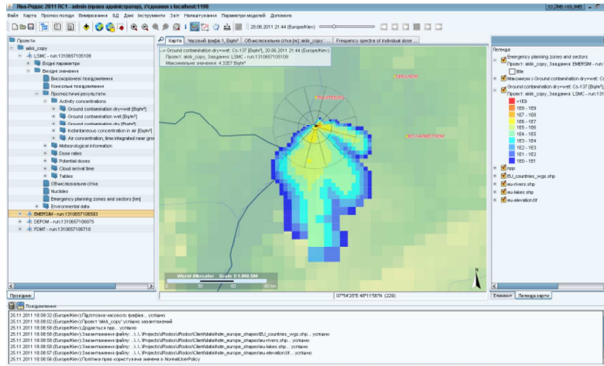


Рис. 1 Структура POO моделі

Продемонстровано використання розробленої інформаційної технології для побудови комплексних СППР прогнозування впливу надзвичайних ситуацій на довкілля та населення. Зокрема, розроблено нову кросплатформену версію європейської СППР з реагування на радіаційні аварії RODOS – JRODOS [1], до якої інтегровані більше ніж 25 математичних моделей для прогнозування та оцінки наслідків [2] можливих радіаційних аварій з використанням інформації систем станційного радіологічного моніторингу, оперативних метеорологічних прогнозів або сценаріїв розвитку гідрометеорологічної ситуації.

Розроблено СППР «Повінь-2Д» [3], що поєднує під однією програмною оболонкою електронної карти топографії, глибин і відміток дамб; сучасну двовимірну чисельну модель річкової гідравліки COASTOX-UN та сценарії прогнозу гідрографу стоку за балансовими моделями. Розроблено СППР «Повінь-1Д» [4] на основі моделі для транспорту води на основі рівнянь Сен-Венана (RIVTOX-SV). Система призначена для прогнозування повеней і підтримки прийняття рішень у басейні річки Стир та дозволяє збір гідрологічних даних з вимірювальних станцій, збереження їх у базі даних, візуалізації та порівняння з результатами моделювання.



а)



б)

Рис 2. Приклади візуалізації результатів моделювання:

а) головне вікно JRODOS-клієнта із завантаженим проектом, розрахованою картою випадіння  $^{137}\text{Cs}$  при гіпотетичному сценарії аварії; б) вікно з результатом СППР «Повінь-ІД» часовим графіком витрат води по гідрологічному посту Зарічне.

## Література

1. RODOS reengineering: aims and implementation details / Іє. Ієвдін, D. Trybushnyi, M. Zheleznyak, W. Raskob // Radioprotection. – 2010. – Vol. 45, N5. – P. 181 – 189.
2. JRODOS: Platform for improved long term countermeasures modeling and management / W. Raskob, D. Trybushnyi, Іє. Ієвдін, M. Zheleznyak // Radioprotection. – 2011. – Vol. 46, N6. – P. 731 – 736.
3. Система прогнозування та картографування зон затоплень при повенях на основі чисельного розв'язку двовимірних рівнянь мілкої води / П.С. Коломієць, Є.О. Євдін, Н.М. Дзюба, [та ін.] // Міжнар. наук.-техн. конф. «Моделю-

вання-2012»: тези доп., 16-18 травня 2012 р., м. Київ. – К.: ІПМЕ ім. Г.Є. Пухова НАНУ, 2012. – С. 224–227.

4. Развитие и внедрение информационных систем прогнозирования паводков на реках Стырь и Днепр / Н.Н. Дзюба, Е.А. Евдин, М.И. Железняк, П. Коломиец // Математичне та імітаційне моделювання систем (МОДС 2013): тези доповідей восьмої міжнародної науково-практичної конференції, 24-28 червня 2013 р., Чернігів-Жукин. – Чернігів, Черніг. держ. технол. ун-т, 2013. – С. 83.

УДК 004.9:504.453

## **ОПЕРАТИВНЕ ПРОГНОЗУВАННЯ МЕТЕОРОЛОГІЧНИХ ПОЛІВ ДЛЯ СИСТЕМ ПОПЕРЕДЖЕННЯ ПРО ПАВОДКИ У КАРПАТАХ**

Ануніч С.М., Халченков О.В., Ковалець І.В., Удовенко О.І.  
*Інститут проблем математичних машин і систем, Україна*

Своєчасне попередження населення про паводки базується на метеорологічних та гідрологічних прогнозах, які виробляються сучасними гідрометеорологічними моделями. Такі моделі розраховують майбутні значення опадів на території водозборів, витрат та рівнів води у річках. Метеорологічне прогнозування здійснюється на підставі розв’язання рівнянь гідротермодинаміки атмосфери (наприклад, у моделі WRF, <http://www.wrf-model.org>), що дозволяє урахувати велике різноманіття процесів, таких як фронтальні циркуляції, утворення купчастої хмарності, орографічне підсилення опадів, тощо. Розраховані дані метеорологічних прогнозів використовуються гідрологічними моделями. У минулому (див. наприклад [1]) для невеликих водозборів гірських річок у Карпатах застосовувались здебільшого моделі із зосередженими параметрами, які використовували розраховані значення прогностичних опадів та інших метеорологічних змінних, розрахованих у місцях розташування метеостанцій. Це надавало можливість використання різноманітних методів статистичного постпроцесінгу даних прогнозування (таких як нейронні мережі) для уточнення даних прогнозування у місцях, де наявні відповідні історичні дані гідрометеорологічних вимірювань. Останнім часом більш популярним стає використання гідрологічних моделей з розподіленими параметрами, оскільки такі моделі є більш обґрунтованими та потребують значно меншої кількості даних вимірювань для калібрування. Проте використання гідрологічних моделей з розподіленими параметрами вимагає використання розподілених у часі та у просторі прогностичних полів метеорологічних змінних. Це, у свою чергу, підвищує вимоги до якості прогнозування метеорологічних полів, яке може бути досягнуте на-



самперед за рахунок збільшення просторового дозволу метеорологічних моделей [2]. Отже, метою даної роботи є розробка оперативної системи прогнозування метеорологічних полів на детальній сітці, що дозволяє урахувати орографічний вплив місцевості на виникнення опадів. Представлено також результати верифікації моделей, що використовуються на підставі історичних даних найбільш катастрофічних дощових паводків, виникали в Українських Карпатах протягом останніх 50 років.

### **Література**

1. Бойко О., Ковалець І.В., Железняк М.Й., Гузій О.М. Моделювання катастрофічного паводку в карпатському регіоні у липні 2008р. каскадом метеорологічних та гідрологічних моделей // IV-та наук.-практ. конф. з міжнар. участю “Математичне та імітаційне моделювання систем. МОДС’2009”: тези доп. (зб. наук. ст.), Київ, 22–26 червня 2009 р. – Київ, 2009. – С. 21–24.
2. Удовенко О.И., Ковалец И.В. Расчет осадков в период катастрофического паводка 21-27 июля 2008 года в Украинских Карпатах // Український гідрометеорологічний журнал. – 2015. – №16.

УДК 004.9:504.453

## **ІНФОРМАЦІЙНА ТЕХНОЛОГІЯ ОБРОБКИ ПРОСТОРОВО РОЗПОДІЛЕНИХ ДАНИХ ДЛЯ ПРОГНОЗУ СТОКУ ВОДИ**

Бойко О.

*Інститут проблем математичних машин і систем, Україна*

Водний фактор з кожним роком все більше й більше впливає на рівень розвитку суспільства, оскільки запаси водних ресурсів, ступінь їх освоєності і здатності управляти ними є однією із умов сталого соціально – економічного розвитку, культурного, екологічного благополуччя як країн, так і людства загалом. Водночас, з природними водами, зокрема річковими, пов'язані такі стихійні лиха як паводки та радіаційні забруднення, що призводять до негативних і катастрофічних наслідків для довкілля, життєдіяльності населення, об'єктів народного господарювання та загалом території.

Останні десятиліття для вирішення таких задач у світовій практиці створюють інформаційні системи аналізу та прогнозу річкового стоку, які інтегрують в собі фізико-математичні моделі природних процесів, що відбуваються на водозборі, та використовують просторово розподілену інформацію, отриману шляхом аерокосмічних та наземних спостережень. Шляхом обробки такої просторової інформації, як цифрові карти висот, ґрунтів, рослинного покриву та даних метеорологічних спостережень або їх прогнозу, отримуються просторова структура та

значення параметрів гідрологічних моделей. У сучасній гідрологічній практиці України для оперативного прогнозування та аналізу річкового стоку такі технології майже не використовуються, але їх впровадження може значно покращити розрахунки шляхом врахування просторової мінливості фізико-географічних, геоморфологічних та гідрометеорологічних характеристик водозборів та використання просторових полів метеорологічних чинників, що розраховуються чисельними моделями прогнозу погоди. Зокрема, це важливо для таких паводкобезпечних гірських водозборів, як водозбори Карпатського регіону.

У доповіді розглядається інформаційна технологія розрахунку та прогнозування річкового стоку, яка заснована на програмній реалізації TOPKAPI-IMMSP фізично-обґрунтованою моделі “опад-стік” TOPKAPI [1]. Модель належить до класу фізично-обґрунтованих розподілених моделей процесів “опад-стік” [2] та базується на застосуванні спрощення системи рівнянь Сен-Венана – рівнянні “кінематичної хвилі” (1) для опису динаміки процесів підповерхневого, поверхневого та руслового стоку:

$$\frac{\partial h}{\partial t} + \frac{\partial(uh)}{\partial x} = R \quad (1)$$

де  $h$  – глибина потоку води,  $u$  – швидкість потоку,  $R$  – інтенсивність надходження води. Шляхом обробки головної вхідної просторово розподіленої ГІС-інформації моделі – цифрової карти висот (DEM, Digital Elevation Model) території, водозбір представляється сукупністю квадратних елементів (комірок), що утворюють розрахункову сітку моделі. Кожна комірка водозбору являє собою розрахунковий вузол моделі та має свій набір фізичних характеристик, які отримуються з таких просторово розподілених даних як цифрові карти висот, нахилів, ґрунтів, рослинного покриву і землекористування та інших. Таким чином враховується природна неоднорідність фізико-географічних характеристик водозбору. Для кожної комірки моделі розв’язуються рівняння кожного процесу моделі, а сукупний стік розраховується шляхом побудови так званого “дерева стоку”, “корінь” якого знаходиться у замикаючому створі водозбору. Напрямки руху води у дереві стоку задаються згідно з наступним принципом: вода з довільної комірки надходить в одну з восьми сусідніх комірок, з якою різниця у висоті є найбільшою. Модель описує наступні процеси стокоформування: перехоплення опадів рослинним покривом, випаровування та транспірацію, інфільтрацію, стік у верхніх шарах ґрунту, поверхневий стік по схилах водозбору, стік у руслах річок та природних водотоків. Структура моделі представлена на рис. 1.

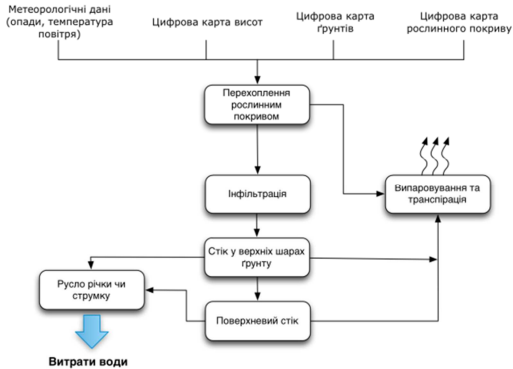


Рис. 1. Принципова структура фізично-обґрунтованої гідрологічної моделі з просторово розподіленими параметрами

Для ідентифікації значень параметрів розподілених моделей використовується широкий спектр просторових даних у вигляді цифрових карт (растрів). Параметри умовно можна поділити на три типи:

- Параметри, значення яких задаються однаковими для всіх комірок водозбору.
- Параметри, значення яких отримуються напряму з відповідних цифрових карт.
- Параметри, значення яких отримуються з карт у відповідності до певної класифікації типів за принципом «значення пікселя растру – значення параметру».

У рамках інформаційної технології були реалізовані автоматизовані методи отримання наведених типів параметрів. Перший тип характерний для випадків, коли параметр в силу своїх фізичних особливостей не змінюється для території водозбору, або існує брак просторових даних для оцінки його гетерогенності. Значення таких параметрів задаються напряму в конфігураційних файлах моделі.

До другого типу належать такі параметри, як топографічна висота комірки, напрям руху води та будь-який інший, для якого існує відповідна цифрова карта. До третього типу належать параметри, значення яких отримуються з певних карт класифікацій геоморфологічних чи гідрологічних властивостей території водозбору, таких як карта ґрунтів, карта рослинності, карта болот тощо. Такими параметрами є гідравлічна провідність ґрунту, коефіцієнт гідравлічної шорсткості поверхні, або будь-який інший, для якого існує відповідність «тип в класифікації - значення». Для другого та третього типів параметр визначається шляхом знаходження пікселя растру, що відповідає географічним ко-

ординатам елементу водозбору. Для уникнення невизначних ситуацій, коли одному елементу водозбору відповідає декілька можливих елементів вхідних ґридів, просторовий крок сітки водозбору має бути менший або дорівнювати просторовому кроку вхідних цифрових карт. Якщо ця умова не витримана, то вхідні ґриди приводяться до необхідного просторового кроку шляхом процедур просторової інтерполяції.

Розроблена технологія була застосована для моделювання стоку р.Уж, водозбір якої знаходиться на території українського Закарпаття.

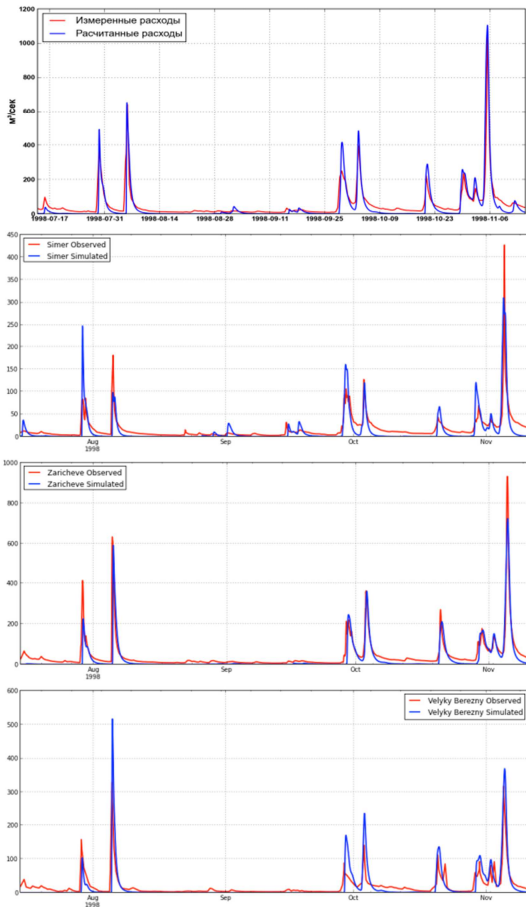


Рис. 2. Результати моделювання для водозбору р.Уж

## **Література**

1. Liu, Z., L., Todini, E., The TOPKAPI model, Hydrology and Earth System Sciences 6, p. 859–881, 2002
2. Singh Vijay P., Computer Models of Watershed Hydrology, Water Resources Publications, 1995

УДК 519.816

## **ЗАСТОСУВАННЯ ЕКСПЕРТНОЇ СИСТЕМИ ДЛЯ ПРОГНОЗУВАННЯ РОЗРОБКИ НАФТОГАЗОВИХ РОДОВИЩ**

Заїка С.О., Лобурець А.Т.

*Полтавський національний технічний університет імені Юрія Кондратюка*

Розвиток вітчизняної нафтогазової промисловості не можна ефективно забезпечити без застосування сучасних інформаційних технологій. Це має починатися ще з вивчення предмету «Інформатика» у вузі та спеціальних дисциплін при підготовці фахівців за напрямом «нафтогазова справа».

Метою нашої роботи є розроблення до стадії дослідного прототипу і застосування на рівні навчального програмного комплексу, що включає експертну систему для прогнозування нафтогазового родовища на основі фізико-хімічних змін пластів у процесі експлуатації та дозволяє використовувати набір розрахункових методів, з яких можна вибирати найбільш оптимальні варіанти для розрахунку фазових рівноваг індивідуальних продуктів і їх сумішей та нафтових фракцій.

Розглядається такий клас задач, де доводиться враховувати безперервні зміни хімічного складу та термобаричних умов функціонування виробничої системи – нафтогазового родовища. Сучасні засоби моделювання, які можуть бути використані для розробки, аналізу і проектування нових виробництв та інтенсифікації роботи існуючих, дозволяють автоматизувати практично всі стадії інженерної практики й звести до мінімуму витрати робочого часу, трудових ресурсів і грошових коштів. При цьому поставлені завдання вирішуються оптимально з урахуванням накопиченого досвіду і даних. Промислова технологічна інформація є основою для отримання супутніх даних, необхідних для інтерпретації результатів гідродинамічних досліджень. Для кожного конкретного району, площі, родовища, для кожної конкретної свердловини або групи свердловин є необхідним вирішення цілого ряду задач. Це уточнення геологічної будови родовища, оцінка ефективності застосовуваної системи розробки, оцінка енергетичного стану покладів, підбір оптимального режиму і способу експлуатації свердловини, оцінка стану призабійної зони, контроль ефективності заходів

впливу на пласт, обслуговування, геомоніторинг і геомодельовання. При розробці нових технологічних процесів необхідно аналізувати безліч альтернативних варіантів. В таких умовах застосування інформаційних технологій дозволяє відкинути неефективні варіанти і за короткий час знайти оптимальне рішення [1]. Динамічні експертні системи дозволяють враховувати еволюцію родовища та своєчасно вносити відповідні зміни в режими його експлуатації. Експертні системи використовуються в різних областях, таких як медицина, геологія, обчислювальна техніка, хімія, авіація, юриспруденція, економіка і менеджмент, математичний аналіз. Об'єднання технології експертних систем з технологією традиційного програмування додає нові якості до програмних продуктів. У нафтовій галузі успішно розвиваються і застосовуються такі програми, як, наприклад, SWORD, EORgui, SelectEOR (PRize), Screening 2.0. При вирішенні багатьох завдань немає необхідності у використанні більшої частини тих величезних функціональних можливостей, якими володіють сучасні інформаційні системи, створені фірмами-розробниками. При роботі з громіздкими моделями виникають складнощі з налаштуванням (яке нерідко потрібно проводити для кожного варіанту вихідних даних) та проведенням розрахунків. Часто необхідним стає втручання в хід виконання завдання висококваліфікованих фахівців, що збільшує час і трудоемність роботи. Негативним фактором при використанні систем є висока вартість програмного забезпечення (ПЗ), у зв'язку з чим виникають обмеження по кількості робочих місць (вартість ліцензії на використання ПЗ пропорційна кількості наданих робочих місць, кожне з яких захищається за допомогою електронного ключа від несанкціонованого розмноження). Відповідно, в будь-якій організації доступ до використання ПЗ має обмежене коло фахівців, що зумовлює значне збільшення часу на багатоваріантне розрахункове опрацювання укрупнених завдань. Рівень цін і ліцензійна політика фірм-розробників перешкоджає використанню їхніх продуктів у навчальному процесі при підготовці спеціалістів для потреб нафтогазової промисловості. Для навчального процесу доцільно створювати відносно прості і відкриті системи, що дають можливість студентам ознайомитися із сучасними надійними розрахунковими методами і експертними системами.

До найбільш ефективних напрямків промислово-геофізичного контролю розробки нафтових і газових свердловин відносяться гідродинамічні дослідження (ГДДС або WellTesting) в сукупності з промисловими технологічними дослідженнями (ТД). Вони пов'язані між собою єдиною інформаційною основою. Отримані за допомогою комплексу ГДДС-ТД величезні масиви даних являють собою цінну інформацію

для прогнозування експлуатації родовища, яку можна і необхідно обробляти за допомогою обчислюваних систем [2, 3]. Одним із найсучасніших напрямків по їх створенню є дослідження в галузі експертних систем [4]. Такі системи призначені для підтримки прийняття рішення у деяких вузькоспеціалізованих областях, де велику роль відіграють знання фахівців. Експертне знання – це поєднання теоретичного розуміння проблеми і практичних навичок її вирішення, ефективність яких доведена в результаті практичної діяльності експертів у даній області. Фундаментом експертної системи будь-якого типу є база знань, яка складається на основі експертних знань фахівців. Правильно вибраний експерт і вдала формалізація його знань дозволяє наділити експертну систему унікальними та цінними можливостями. Цю базу можна постійно вдосконалювати, вносячи туди нову наукову і практичну інформацію з урахуванням попереднього досвіду використання вибраної експертної системи. Крім того, експерти, особливо висококваліфіковані, обходяться дуже дорого, тоді як експертні системи, навпаки, порівняно недорогі: дорогою є їх розробка, але вони дешеві в експлуатації. Заміна людини-спеціаліста там, де це допустимо, на системи штучного інтелекту, зокрема на експертні системи, дозволяє істотно прискорити, оптимізувати і здешевити процес виробництва [5]. Системи штучного інтелекту не залежать від багатьох суб'єктивних факторів, притаманних людині. Експертні системи стійкі до «перешкод». Людина ж легко піддається впливу зовнішніх факторів, які безпосередньо не пов'язані з розв'язуванням завданням. Експерт-людина може приймати в тотожних ситуаціях різні рішення через емоційні чинники. Результати експертної системи – стабільні. Виділяють два типи експертних систем: статичні і динамічні. Статичні експертні системи використовуються у тих випадках, де можна не враховувати зміни навколишнього світу, що відбуваються за час вирішення задачі.

Завдання вибору і прийняття рішень у випадку такої складно структурованої інформаційної системи як нафтовий пласт вимагає аналізу та обробки значних обсягів різномірної інформації для врахування системних зв'язків і закономірностей функціонування її елементів [6]. Планування заходів щодо застосування методів підвищення нафтовіддачі (МПП) є складним процесом і вимагає комплексного підходу для його реалізації, що включає проведення системних досліджень. Необхідність застосування методів системного аналізу обумовлюється великим об'ємом, розрізненістю і різномірністю інформації в даній області. Удосконалення алгоритмів і методик вибору методів збільшення нафтовіддачі і їх більш чітка формалізація дозво-

ляє підвищити ефект від застосованого методу. На нинішньому етапі розвитку нафтової галузі аналіз інформації для якісного прийняття рішення щодо вибору МПН є найважливішою і в той же час слабко вивченою проблемою. Процес пошуку ефективних методів і визначення оптимально відповідного значно ускладнюється внаслідок неоднозначності критеріїв вибору, неточностей і неповноти вхідних даних, а також необхідності обробки як кількісної, так і якісної інформації. Пластові системи разом з флюїдами, що їх насичують, являють собою складну систему, в якій фізична невизначеність об'єкта пов'язана як зі стохастичною невизначеністю (ситуація випадковості), так і з неможливістю точного визначенням конкретних фізичних параметрів середовища (ситуація нечіткості), і вибір МПН представляє процедуру прийняття рішень у нечіткому середовищі [7]. Тому аналіз і обробка інформації для розробки алгоритмів і програм, що реалізують експертну систему, яка володіє достатньою гнучкістю в прийнятті рішень по вибору методів збільшення нафтовіддачі в умовах нечітких вхідних даних, є актуальним завданням.

## **Литература**

1. Трахтенгерц Э.А. Компьютерные методы поддержки принятия управленческих решений в нефтегазовой промышленности [Текст] / Э.А. Трахтенгерц, Ю.П. Степин, А.Ф. Андреев. – М.: СИНТЕГ, 2005. – 592 с.
2. Кременецкий М.И. Гидродинамические и промыслово-технологические исследования скважин: учебное пособие [Текст] / М.И. Кременецкий, А.И. Ипатов. – М.: МАКС Пресс, 2008. – 476 с. – ISBN 978-5-317-02630-1.
3. Акульшин А.И. Прогнозирование разработки нефтяных месторождений [Текст] / А.И. Акульшин. – М.: Недра, 1988. – 240 с. – ISBN 5-247-00130-3.
4. Мулявин С.Ф. Основы проектирования разработки нефтяных и газовых месторождений. Учебное пособие. [Текст] / С.Ф. Мулявин. – Тюмень: ТюмГНГУ, 2012. – 215 с.
5. Муромцев Д.И. Введение в технологию экспертных систем: учебное пособие [Текст] / Д.И. Муромцев. – СПб: СПб ГУ ИТМО, 2005. – 93 с.
6. Кононов Ю.М. Экспертно-диагностическая система для выбора методов увеличения нефтеотдачи на нефтяных месторождениях в условиях нечетких входных данных [Текст] / Ю.М. Кононов, А.Е. Гольдштейн // Ползуновский вестник. – 2013. – №. 2 – С. 57 – 62.
7. Иванов Е.Н. Выбор методов увеличения нефтеотдачи на основе аналитической оценки геолого-физической информации [Текст] / Е.Н. Иванов, Ю.М. Кононов // Известия Томского политехнического университета. – 2012. – Т. 321 – №. 1 – С. 149–154.



**НЕОБХІДНІСТЬ ІНФОРМАЦІЙНИХ ТЕХНОЛОГІЙ У  
ПАСПОРТИЗАЦІЇ РЕГІОНІВ ЩОДО МОЖЛИВИХ  
НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЙ**

Гречанинов<sup>1</sup> В.Ф., Бегун<sup>2</sup> В.В., Негрієнко<sup>1</sup> С.В.

1. Державна служба надзвичайних ситуацій при МВС України,  
Інститут математичних машин і систем НАН України

Рівень ризику в усіх регіонах України залишається високим [1]. Причин цього достатньо багато, головною з яких є застарілі методи управління безпекою, що засновані виключно на інспекціях. Це викликає занепокоєність навіть у наших європейських партнерів, тому з 2008 р. в Україні працює місія Євросоюзу з впровадження нових методів управління безпекою на основі попередження надзвичайних ситуацій (НС) – PPRD [2]. У 2015 – 2016 рр. цією програмою передбачено створення паспортів ризиків регіонів України. Передбачена візуалізація природних і техногенних небезпек на картах у вигляді певного типу діаграм, які відображають потенційні ризики регіону. Усе програмне та інформаційне забезпечення планується виконати за кошти Євросоюзу силами їх виконавців. Одним з завдань програми PPRD є також формування нового підходу щодо запобігання НС техногенного та природного характеру на основі ризик-орієнтовного підходу (РОП). За цим принципом побудована система попередження НС в більшості країн Європи та в США. У РФ останні роки також впроваджується парадигма РОП. В Україні Кабінетом Міністрів тільки нещодавно видано розпорядження [3] про затвердження плану переходу на нові принципи. Перехід в управлінні безпекою на запобігання НС на основі РОП дозволить значно скоротити кількість державних інспекторів, що значно зменшить бюджетні кошти на їх утримання, переклавши частину видатків на підприємства-джерела ризику і на участь в управлінні безпекою комерційних структур, страхових компаній тощо, рис. 1.

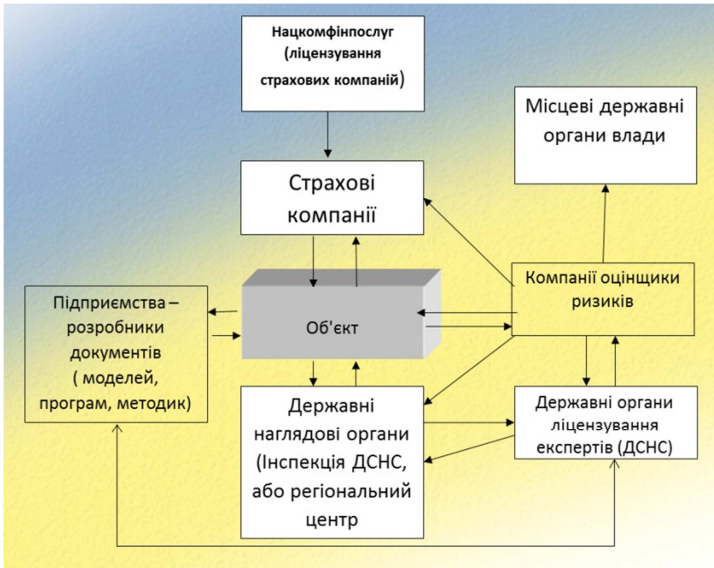


Рис. 1. Функціональна системи управління безпекою на основі РОП

Звісно, потрібна розробка усіх атрибутів нової концепції: методик, алгоритмів, програмного забезпечення [1]. Крім того, як слідує з рис.1, потрібне реформування державних наглядових органів, широке впровадження інформаційних процесів, що призведе до реформування учбових процесів й таке інше. Тому має проводитися широка роз'яснювальна робота, а процеси реформування нагляду [1], мають бути одночасними з процесами впровадження нової концепції, рис.2. Методики, програмне забезпечення та моделі мають розроблятися відповідними фахівцями – професіоналами, на основі проведення відкритих, прозорих замовлень та тендерів. Тільки завдяки фаховому моделюванню можливе визначення реального ризику безпеки того чи іншого об'єкту. Завдяки цьому маємо змогу завчасно приймати рішення та проводити дії по зменшенню ризику. Також, моделювання імовірного розвитку НС в різних гідрометеорологічних умовах дозволяє завчасно поінформувати та надійно захистити людей. На основі моделей можливе прийняття рішень по ліквідації наслідків НС, мінімізуючи їх. З цією метою проводиться створення матеріально-технічних резервів в регіонах, наближення їх розташування до об'єктів.

З метою проведення превентивних заходів для попередження НС і своєчасних адекватних дій щодо ліквідації НС розробляються паспорти ризику виникнення НС техногенного та природного характеру в

областях та районах (далі – паспорт). На цей час в паспортах областей відображається: статистика щодо техногенних об'єктів, а саме їх перелік і, подекуди, – стан, описання деяких їх характеристик та небезпечні природні явища. Раз на рік уточнюються Головними управліннями (управліннями) Державної служби України з надзвичайних ситуацій (далі – ДСНС) та надаються до Департаменту Державного нагляду та контролю. Такий алгоритм встановлено чинною нормативно-технічною документацією [1]. Така робота вже виконувалася у тодішньому МНС, були зроблені та навіть надруковані масовим тиражем карти. Так чим відрізняються наміри сьогодення від минулого і чому вони не зовсім влаштовують фахівців з безпеки?



Рис. 2. Алгоритм впровадження концепції РОП

На думку авторів, у паспортах необхідно порайонно вказувати, незалежно від форм власності, усі фактори та обставини можливих ризиків: узагальнені показники небезпеки (числові значення ризику), наявні небезпечні речовини та процеси, внесок окремих підприємств у ризик регіону, дані з планів ліквідації аварійних ситуацій і аварій (ПЛАС), засоби рятування, контактні дані тощо. Дуже важливою є модель розповсюдження небезпечних чинників під час НС з врахуванням особливостей територій та поточних кліматичних умов. Це дозволить оперативно вирішити важливе проблемне питання евакуації людей та матеріальних цінностей, у разі необхідності. Зробити реальний аналіз стану справ та моделювання можливих НС техногенного та природного характеру, за даними, які будуть викладені у паспортах регіонів, можливо тільки завдяки сучасним інформаційним технологіям.

Як слідє зі сказаного, для розробки такого корисного «математизованого» паспорту необхідна розробка, як мінімум наступних математичних моделей:

- Оцінки вихідних подій (за усіма ймовірними сценаріями);
- Моделі можливих небезпек;
- Оцінки поточних значень ризику;
- Оцінки загроз для населення з врахуванням кліматичних умов та особливостей регіонів;

– Вибору мір захисту відповідно до загроз (ризик).

Очевидно, такий «активний» паспорт регіону разом з системою моніторингу безпеки та геоінформаційними системами відображення місцевості стають сучасним активним елементом управління безпекою, це сучасна інформаційна технологія безпеки, рис.3. Таке моделювання дозволить удосконалити паспорти регіонів і мобілізаційні плани, плани взаємодії, роботу комісій техногенно-екологічної безпеки та надзвичайних ситуацій всіх рівнів для ефективного управління ліквідацією наслідків НС, котрі виходять за межі регіону або потребують засобів більших, ніж засоби одного регіону.

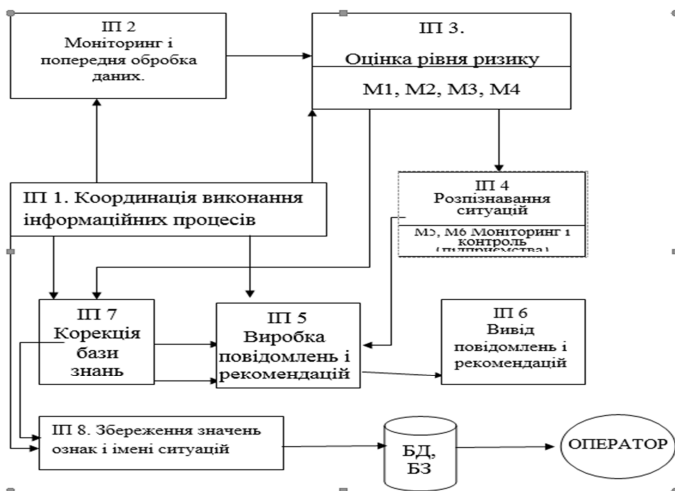


Рис.3. Інформаційна технологія безпеки

Моделювання розвитку НС дає можливість своєчасного оповіщення людей, що можуть потрапити у зону лиха, їх евакуацію, згідно з планами розробленими на основі моделей.

В Україні завершується підготовча робота щодо проведення адміністративно-територіальної реформи. Потребують розгляду та позитивного вирішення проблеми, тенденції та перспективи надійного безпечного функціонування суб'єктів господарювання всіх форм власності та сталого розвитку міст, інженерних та транспортних мереж. Відбудеться передача регіонам більших повноважень та обов'язків. Паспорт у вигляді, що пропонується, буде корисним для проведення обов'язкового навчання населення діям під час НС, вірогідних для да-

ного регіону. Такий паспорт дозволить оптимізувати створення і розміщення в регіонах добровільних підрозділів цивільного захисту та їх періодичне тренування. Отже, моделювання НС дає змогу для ДСНС виконати вимоги Конституції України, а саме, захистити життя і здоров'я громадян країни від біди щодо наслідків НС техногенного та природного походження.

### **Література.**

1. Гречанінов В.Ф. Інформаційні технології аналізу стану техногенної безпеки та планування протидії надзвичайним ситуаціям: автореф. дис. на здобуття наук. ступеня кандидата техн. наук: 05.13.06 / В.Ф. Гречанінов. – Київ, 2015. – 22 с.
2. Программа предотвращения, готовности и реагирования на техногенные и природные катастрофы, финансируемая ЕС в Восточном регионе ENPI (PPRD-East). Политика оценки рисков /угроз для восточного региона (ENPI).– Брюссель, 2012 р. – 72 с.
3. Розпорядження Кабміну від 25 березня 2015 року № 419-р «Про затвердження Плану заходів щодо реалізації Концепції управління ризиками виникнення НС техногенного та природного характеру на 2015-2020 роки».
4. Функції управління і нагляду в ризик-орієнтованому підході до управління безпекою/ В.Ф. Гречанінов, В.В. Бегун. // Математичні машини і системи. – К.: ІПММС, 2014. – №1. – С. 159-170.
5. Тимчасовий порядок паспортизації територій щодо ризиків виникнення на них НС техногенного та природного характеру, затвердженим наказом МНС України від 24 вересня 2007 року № 659.



**СЕКЦІЯ 2**  
**СУЧАСНІ АСПЕКТИ МАТЕМАТИЧНОГО ТА**  
**ІМІТАЦІЙНОГО МОДЕЛЮВАННЯ СИСТЕМ**  
**У ВИРОБНИЦТВІ**

## ПРИМЕНЕНИЕ ТЕХНОЛОГИЙ СИСТЕМ МАССОВОГО ОБСЛУЖИВАНИЯ В ВЫСОКОНАГРУЖЕННЫХ ПРОЕКТАХ

Е.И. Дятлов

*Институт проблем математических машин и систем, Украина*

Одна из первоочередных задач любого высоконагруженного проекта состоит в создании распределенной модели, которая будет решать задачи ограничения нагрузки на вычислительную единицу и равномерного перераспределения нагрузки между всеми вычислительными единицами.

Рассмотрим высоконагруженную облачную систему видеонаблюдения Partizan Cloud (1). Специфика большого потока входящих данных приводит к тому, что все подсистемы вычислительной единицы максимально загружены. В результатах исследований стало известно, что критично нагруженных компонентов на вычислительных единицах три: процессорное время, сетевой канал, свободное место дисковой подсистемы. Контролировать эти параметры достаточно легко: необходимо периодически замерять среднюю нагрузку вычислительной единицы, свободное место на дисковой подсистеме, а так же длину очереди входящих видеофайлов.

В среднем, каждая вычислительная единица принимает около 15 одновременных подключений видеокамер. Это в свою очередь генерирует интенсивность потока:  $\lambda = 15 * 2 * 60 = 900$  видеофайлов в час (длина одного видеофрагмента 30 секунд).

Интенсивность потока обслуживания (согласно усредненных экспериментальных данных) составляет  $\mu = 120$  видео фрагментов в час на одну обслуживающую систему (время обслуживания одного видео фрагмента составляет ( $T_p = 30$  сек)).

Загруженность системы ( $p$ ) составляет:

$$p = \frac{\lambda}{10 * \mu} = \frac{900}{10 * 120} = \frac{3}{4} = 0,75$$

Нагрузка системы на 1 канал (требования распределяются равномерно между обслуживающими системами):

$$\psi = p = 0,75$$

Рассчитаем среднее число заявок, находящихся в очереди:



$$N_{line} = \frac{\psi^2}{(1-\psi)} = \frac{0,5625}{0,25} = 2,25$$

Исходя из данного значения можно сделать вывод, что обработанный видеофайл попадает в обработку с задержкой  $T_s=2,25 \cdot T_p = 67,5$  секунд, что является допустимым значением. В среднем, видеофрагмент находится в системе до перемещения в облачный архив:

$$T_{sum} = T_s + T_p = 67,5 + 30 = 97,5 \text{ сек.}$$

Вероятность простоя системы:

$$p_0 = \psi^0 (1-\psi) = 0,25$$

Исходя из полученных данных можно сделать вывод, что величина простоя системы высокая ( $p_0 = 0,25$ ), следовательно сервер может обслужить более 15 камер, предложенных изначально. Для оптимальной нагрузки вычислительной единицы необходимо увеличить максимальное количество подключений, при этом регулировать это значение постоянно. Предлагаемая схема работы механизма балансировки максимального количества подключений представлена на рисунке 1:

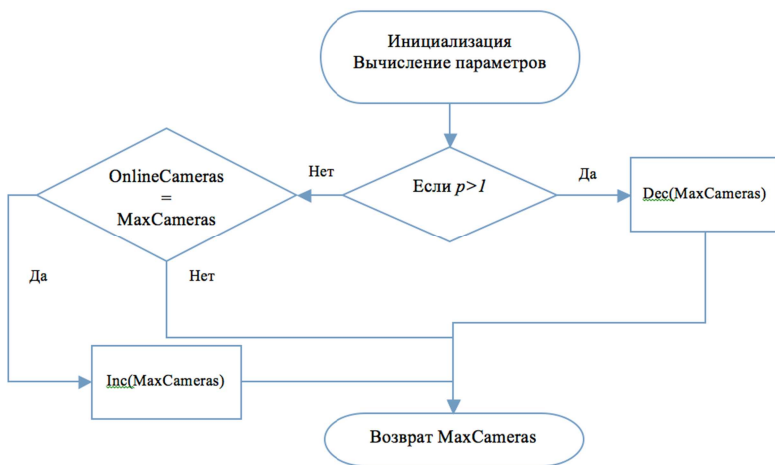


Рис. 1 Блок схема алгоритма корректировки параметра MaxCameras исходя из значения загрузки системы  $p$

Данная схема обладает многими преимуществами. Во-первых, ограничение количества подключенных камер к серверу не может меняться резко, так как за одну итерацию значение может изменяться на единицу. Это исключает возникновение как излишнего простоя оборуду-

довання, так и его перегрузки. Во-вторых, за один запуск механизма балансировки может быть отключена только 1 камера (которая после принудительного отключения подключиться к другому, свободному серверу системы), либо же увеличит квоту сервера на 1 камеру, но только при условии, что сервер уже достиг количества максимально подключенных камер.

Практика показывает, что запуская механизм балансировки 1 раз каждые 10 минут - система успешно балансируется, не допуская критических значений параметров.

### **Литература**

1. Partizan Cloud. Режим доступа: <http://cloud.partizan-cctv.com>
2. Хемди А. Таха. Глава 17. Operations Research: An Introduction. — 7-е изд. — М.: «Вильямс», 2007. — С. 629-697

УДК 621.9

## **АВТОМАТИЗАЦІЯ ПОШУКУ ОПТИМАЛЬНОГО ЧАСУ ВИКОНАННЯ РОБІТ ПРИ ВИРІШЕННІ ЛОГІСТИЧНИХ ЗАДАЧ**

В.А.Бичко

*Чернігівський національний технологічний університет, м.Чернігів, Україна*

Останнім часом запорукою успіху конкурентноздатності виробників на ринку є вміння швидко сформувавши оптимальний план розподілу як сировини між виробничими потужностями, так і товарів між споживачами. Зокрема у аграрному секторі своєчасний перерозподіл плану перевезень врожаю в швидкозмінних погодних умовах безпосередньо впливає на собівартість кінцевого продукту. Отже, в даному контексті актуальність автоматичного пошуку оптимального плану перевезень набуває особливого значення.

Виходячи з цих міркувань набуває актуальності питання створення гібридного програмного модуля (ПМ), який буде здатен знаходити оптимальні плани перевезення вантажу (ОППВ) з урахуванням географічної прив'язки до місцевості.

Цілком природно, що кожна практична задача, яка має ціллю отримання ОППВ, має свої специфічними умовами та особливостями. Отже, в цій роботі розглядається процес автоматизованого пошуку ОППВ в логістичній задачі з наступними умовами.

Вхідні дані:

1). Мапа шляхів. Параметри: просторові координати сегментів шляхів та їх якість.

2). Кількість наявних транспортних засобів (ТЗ) різних типів. Індивідуальні параметри ТЗ: ємність корисного вантажу, робоча швидкість, умовна вартість перевезення, пріоритет якості шляху.

3) Кількість термінальних об'єктів (ТО), зокрема термінали завантаження сировини (ТЗС), тимчасових сховищ (ТС) та термінали розвантаження сировини (ТРС). Параметри ТО: координати розташування, кількість наявного та запланованого для поставки вантажу.

У задачі необхідно отримати ОППВ за критерієм найменшої вартості.

Вихідні дані:

1) ОППВ, з урахуванням розподілу ТЗ наявних типів по маршрутам.

2) Оптиміальний період виконання комплексу робіт по перевезенню вантажу (КРПВ) з урахування погодних умов.

3) Оптиміальна кількість одиниць ТЗ наявних типів, залученого для перевезень

4) Оптиміальне розташування тимчасових сховищ.

В ході роботи був створений ПМ, результати обчислень якого наведені на рисунку 1.

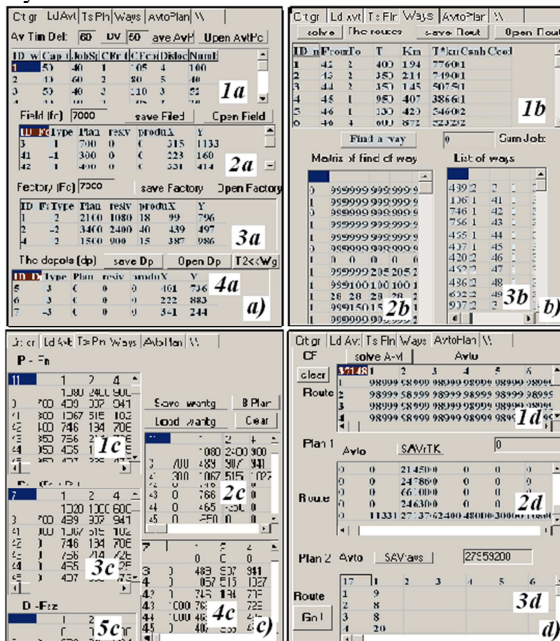


Рис 1. Фрагмент інтерфейсу ПМ призначений для: а)редагування початкових даних:

*1а- наявні типи ТЗ та їх характеристики; 2а- наявні первинні термінали відвантажування сировини; 3а- наявні кінцеві термінали прийому сировини; 4а- наявні термінали тимчасового зберігання сировини; б) пошуку оптимального плану з урахуванням розподілу ТЗ по маршрутам; 1б- кінцевий розподіл вантажу по маршрутам; 2б- робоча матриця Дейкстри; 3б- кінцева матриця оптимальних маршрутів; с) пошуку найкоротших шляхів: 1с- матриця вартості маршрутів ТЗС-ТВС; 2с розподіл вантажів ТЗС-ТВС; 3с- матриця вартості маршрутів ТЗС-ТС та ТЗС-ТВС; 4с- розподіл вантажів ТЗС-ТС; 5с- розподіл вантажів ТС-ТВС; д) розподілу вантажу по маршрутам: 1d- матриця коефіцієнтів ефективності розподілу ТЗ по маршрутам; 2d- матриця розподілу вантажу по маршрутам та по ТЗ; 3d- розподіл кількості рейсів ТЗ по маршрутам.*

При вирішенні запропонованої задачі використовувалися методи математичного програмування. Зокрема був застосований евристичний підхід з певними особливостями. По-перше, значною мірою була автоматизована процедура отримання первинних даних щодо довжини та якості сегментів шляхів безпосередньо з супутникової мапи. На основі цих даних визначаються оптимальні шляхи, які з'єднують ТО.

Оскільки в розглянутій задачі цільова функція  $f(x)$  носить нелінійний характер, то розв'язати цю задачу тільки за допомогою класичних транспортних алгоритмів неможливо. Тому була запропонована наступна стратегія пошуку ОППВ з певним переліком дій:

1. Заповнити первинний план
2. Шукати опорний план з урахуванням розподілу ТЗ по маршрутам та обчислити сумарну вартість перевезень.
3. Шукати кращій ОППВ відносно попереднього методом перебору найближчих планів або за допомогою генетичного алгоритму.

В основу реалізації методу розв'язання були покладені декілька традиційних алгоритмів, які були трансформовані для конкретних умов.

Загальний алгоритм пошуку ОППВ виглядає так:

1. За допомогою ПМ на основі географічної мапи будуємо граф шляхів перевезень вантажу та позначаємо термінальні об'єкти (ТО) на ньому.
2. Визначаємо оптимальні шляхи між усіма ТО.
3. Розраховуємо ОППВ за критерієм мінімізації виконаної роботи без урахування транспортної складової.
4. Формуємо загальну маршрутну таблицю перевезень вантажів між ТО.
5. Розподіляємо ТЗ між маршрутами.
6. Вираховуємо сумарну умовну вартість перевезень вантажу.
7. Шукаємо ОППВ за критерієм мінімальної вартості з урахування транспортної складової.

При розрахунку ОППВ необхідно було урахувати додаткову умову: забезпечити мінімальне завантаження виробництва сировиною на час

проведення КРПВ. Щоб задовольнити цю умову, задачу слід розділити на дві підзадачі: доставка вантажу між ТО без застосування ТС та з їх застосуванням. Таким чином ПМ обчислює три матриці перевезень (Рис. 1, фрагмент с)

В результаті розрахунку за допомогою ПМ ми отримуємо ОППВ, з розподілом типів ТЗ по маршрутам. Також ПМ дає можливість оцінити необхідну кількість одиниць ТЗ необхідних для здійснення поставленої задачі. Крім того, ПМ представляє результати як в табличному вигляді (Рис. 1-d) так й у графічному (Рис. 2).

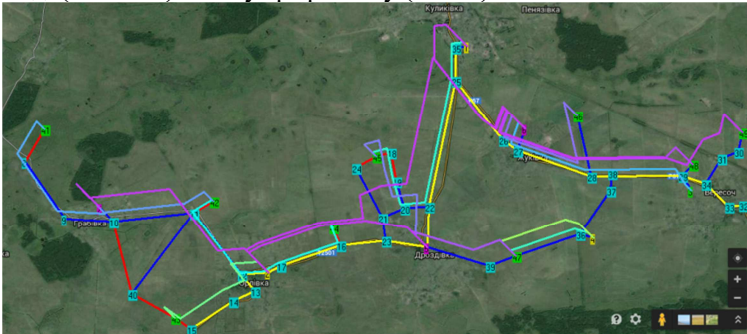


Рис. 2. План оптимальних маршрутів перевезення вантажу.

## Література

1. Левковець П.Р., Товкун Д.Л. Управління перевезеннями вантажів і логістика. – Київ: НТУ, 2002. – 144 с.
2. ArcGIS // [ресурс] <https://www.arcgis.com/home/>
3. GRASS GIS // [ресурс] <http://grass.osgeo.org/>

УДК 519.854.2

## ДОСТАТНІ УМОВИ ОПТИМАЛЬНОСТІ РОЗКЛАДУ ЗАДАЧІ ВИЗНАЧЕННЯ МАКСИМАЛЬНО ПІЗЬОГО МОМЕНТУ ПОЧАТКУ ВИКОНАННЯ ЗАВДАНЬ ІЗ СПІЛЬНИМ ЖОРСТКИМ ДИРЕКТИВНИМ ТЕРМІНОМ ПАРАЛЕЛЬНИМИ ПРИСТРОЯМИ РІЗНОЇ ПРОДУКТИВНОСТІ

О.Г. Жданова, М.О. Сперкач  
*НТУУ «Київський політехнічний інститут», Україна*

В даній роботі розглядається задача календарного планування виконання завдань із спільним жорстким директивним терміном паралельними приладами різної продуктивності з метою максимізації моменту запуску пристроїв за умови, що усі завдання не запізнюються.

Сформульована допоміжна оптимізаційна задача, за результатами якої визначені достатні умови оптимальності розкладів.

**Постановка задачі.** Задано множину завдань  $J = \{1, 2, \dots, n\}$  та кількість пристроїв  $m$ . Пристрої можуть працювати паралельно і є взаємозамінними у тому сенсі, що кожний з пристроїв може виконувати будь-яке завдання з множини  $J$ . Пристрої відрізняються один від одного продуктивністю виконання завдань. При цьому можна впорядкувати пристрої за швидкістю виконання завдання і цей порядок однаковий для всіх завдань: для кожного пристрою  $i$  існує коефіцієнт  $k_i$  (коефіцієнт продуктивності) такий, що тривалість виконання завдання  $j$  на пристрої  $i$  дорівнює  $k_i p_j$ . «Еталонним» будемо називати пристрій з коефіцієнтом продуктивності  $k=1$ . В цьому сенсі величина  $p_j$  є тривалістю виконання завдання  $j$  на еталонному пристрої. Всі завдання мають спільний директивний термін  $d$ . Передбачається, що всі завдання множини  $J$  надходять одночасно, процес обслуговування кожного завдання протікає без переривань до завершення обслуговування завдань. Необхідно знайти максимальний момент запуску пристроїв  $t_{\max}$ , що дозволяє отримати допустимий розв'язок (розклад, у якому усі завдання не запізняються).

В основі методу розв'язання задачі лежить методологія побудови ПДС-алгоритмів для важковирішуваних задач комбінаторної оптимізації [1]. Відповідно неї, необхідно визначити ознаки оптимальності (достатні умови оптимальності) розкладів.

Визначимо  $C^*$  – як мінімально можливий час, за який усі пристрої могли б виконати усі завдання. В ідеальному випадку розклад є рівномірним – у ньому усі пристрої обслуговують усі завдання за час  $C^*$ . Можна показати, що рівномірний розклад є оптимальним і для нього виконується:

$$C^* = \frac{\sum_{j=1}^n p_j}{\sum_{i=1}^m \frac{1}{k_i}} = \sum_{j=1}^n \frac{p_j}{\sum_{i=1}^m \frac{1}{k_i}}.$$

Нехай маємо розклад  $\sigma$ . Позначимо в цьому розкладі:  $J_i(\sigma)$  – множину завдань, що виконується пристроєм  $i$ ;  $C_i(\sigma) = \sum_{j \in J_i(\sigma)} k_i p_j$  – момент завершення виконання усіх завдань пристроєм  $i$  ( $i = \overline{1, m}$ );

$$\Delta_i(\sigma) = \max\left\{0; C_i(\sigma) - C^*\right\} = \max\left\{0; \sum_{j \in J_i(\sigma)} k_i p_j - C^*\right\};$$

$$R_i(\sigma) = \max\left\{0; C^* - C_i(\sigma)\right\} = \max\left\{0; C^* - \sum_{j \in J_i(\sigma)} k_i p_j\right\}.$$

Позначимо через  $C'_i(\sigma) = \frac{C_i(\sigma)}{k_i}$  – зведений час зайнятості пристрою  $i$  ( $i = \overline{1, m}$ ) в розкладі  $\sigma$ ;  $I_\Delta(\sigma)$  – множину таких пристроїв, для яких  $\Delta_i(\sigma) > 0$ ;  $I_R(\sigma)$  – множину таких пристроїв, для яких  $R_i(\sigma) > 0$ .

З урахуванням введених позначень, початковий критерій оптимізації еквівалентний критерію:

$$C^* + \max_{1 \leq i \leq m} \Delta_i(\sigma) \rightarrow \min.$$

«Ідеальним» розкладом є рівномірний розклад, тобто розклад, у якого  $\sum_{i=1}^m \Delta_i(\sigma) = \sum_{i=1}^m R_i(\sigma) = 0$ . Рівномірний розклад можливо отримати тільки тоді, коли  $C^*$  – ціле і усі  $c_i^* = \frac{C^*}{k_i}$  також є цілими числами

(інакше не можливі рівності  $\sum_{j \in J_i} p_j = c_i^*$ ,  $i = \overline{1, m}$  – ліві частини рівностей за припущенням є сумами цілих величин). Отже, ми визначили (першу) ознаку оптимальності розкладу: якщо усі  $c_i^*$  є цілими і при цьому в деякому розкладі маємо, що  $\sum_{j \in J_i} p_j = c_i^*$ ,  $i = \overline{1, m}$ , то цей розклад є оптимальним.

Якщо виконується умова:  $\exists i | c_i^* \notin Z$  (серед величин  $c_i^*$  є нецілі), то у цьому випадку принципово неможливо побудувати рівномірний

розклад. Визначимо ознаку оптимальності для цього випадку. Позначимо:  $\delta = \sum_{j=1}^n p_j - \sum_{i=1}^m \left\lfloor \frac{C^*}{k_i} \right\rfloor = \sum_{j=1}^n p_j - \sum_{i=1}^m \lfloor c_i^* \rfloor$  ( $\delta > 0$ ). Визначимо, який

вигляд матиме «ідеальний» розклад у цьому випадку. Іншими словами, визначимо *контур* оптимального розкладу.

Розклад, у якому на пристрої призначені не усі завдання із множини  $J$ , будемо називати *неповним*.

Представимо, що ми розподілили між пристроями деяку кількість завдань (нехай вони складають множину  $J' \subset J$ ) і отримали неповний розклад, для якого виконується:

$$\sum_{j \in J'_i} p_j = \lfloor c_i^* \rfloor, \quad i = \overline{1, m}. \quad (1)$$

Це означає, що залишились недорозподіленими завдання, сумарна тривалість виконання яких становить:

$$\delta = \sum_{j=1}^n p_j - \sum_{i=1}^m \sum_{j \in J'_i} p_j. \quad (2)$$

З урахуванням (1), рівняння (2) має вигляд:  $\delta = \sum_{j=1}^n p_j - \sum_{i=1}^m \lfloor c_i^* \rfloor$ .

Припустимо, що залишилось розподілити  $\delta$  завдань, еталонна тривалість кожного з яких дорівнює 1. Отже, перед нами постає така задача: дорозподілити ці одиничні завдання між пристроями так, щоб максимальний з виступів повного розкладу був мінімальним. В результаті

ми отримуємо розклад, у якому робота в об'ємі  $\sum_{j=1}^n p_j$  розподілена

найкращим чином (ідеальний розклад для сукупності завдань з заданою сумою тривалостей їх виконання). Позначимо через  $f_i$  – резерв пристрою  $i$  у неповному розкладі, в якому недорозподілені  $\delta$  одиничних завдань:

$$f_i = c_i^* - \sum_{j \in J'_i} p_j = c_i^* - \lfloor c_i^* \rfloor, \quad i = \overline{1, m}. \quad (3)$$

З (3) слідує, що  $\forall f_i \geq 0$ . Можна показати, що  $\sum_{i=1}^m f_i = \delta$ .



Таким чином, для визначення оптимального контуру необхідно вирішити наступну допоміжну оптимізаційну задачу: потрібно  $\delta$  завдань одиничної довжини розподілити між  $m$  пристроями, за умов, що пристрій  $i$  має резерв  $f_i$ ,  $i = 1, m$  і  $\sum_{i=1}^m f_i = \delta$  таким чином, щоб максимальний з виступів був мінімальним. Якщо  $x_i$  – кількість «одиничних» еталонних завдань, призначених на пристрій  $i$ ,  $i = \overline{1, m}$ , то математична модель цієї задачі має наступний вигляд:

$$\max_i \{k_i(x_i - f_i)\} \rightarrow \min, \quad \sum_{i=1}^m x_i = \delta, \quad x_i \geq 0, \quad i = 1, m, \quad \text{цілі}$$

Згідно методології побудови ПДС-алгоритмів задача, вирішується наступним чином: 1) якщо  $\delta > 0$ , вирішується допоміжна оптимізаційна задача; 2) деяким чином будується початковий розклад; 3) перевіряється виконання достатніх умов оптимальності, якщо вони не виконуються, то ітераційно виконуються перестановки, метою яких є максимальне наближення до виконання достатніх умов оптимальності.

### Література

1. Згуровский М. З. Принятие решений в сетевых системах с ограниченными ресурсами [Текст]: монография / М. З. Згуровский, А. А. Павлов. – К.: Наукова думка, 2010.– 573 с.

УДК 519.854.2

## **ВЛАСТИВОСТІ ПЕРЕСТАНОВОК ПДС-АЛГОРИТМУ РОЗВ'ЯЗАННЯ ЗАДАЧІ СКЛАДАННЯ РОЗКЛАДУ ВИКОНАННЯ ЗАВДАНЬ ПАРАЛЕЛЬНИМИ ПРИЛАДАМИ З МЕТОЮ МІНІМІЗАЦІЇ МАКСИМУМУ ВІДХИЛЕННЯ ВІД ДИРЕКТИВНОГО ТЕРМІНУ МОМЕНТІВ ЗАВЕРШЕННЯ ПРИЛАДАМИ УСІХ ЗАВДАНЬ**

О.Г. Жданова, Т.О. Морозовський, М.О. Сперкач  
*НТУУ «Київський політехнічний інститут», Україна*

В роботі розглядається задача календарного планування виконання завдань із загальним директивним терміном ідентичними паралельними пристроями з метою мінімізації максимального відхилення від директивного терміну моментів завершення пристроями усіх завдань. Визначені властивості множини перестановок, які, з огляду на достатні ознаки оптимальності розкладів, приводять для покращення розкладу.

**Постановка задачі.** Задано множину завдань  $J$  ( $|J|=n$ ) та кількість пристроїв  $m$ , для завдання  $j \in J$  відома тривалість його виконання  $p_j$ . Передбачається, що усі завдання надходять одночасно та мають спільний директивний термін  $d$  ( $d \in N$ ,  $p_j \in N$ ,  $j = \overline{1, n}$  – директивний термін та тривалості виконання завдань є натуральними числами). Всі завдання множини  $J$  надходять у систему одночасно, процес обслуговування кожного завдання протікає без переривань до завершення обслуговування.

Необхідно знайти розклад, у якому мінімізується максимум відхилення від директивного терміну моментів завершення пристроями усіх своїх завдань.

В основі методу розв'язання задачі лежить методологія побудови ПДС-алгоритмів для важковирішуваних задач комбінаторної оптимізації [1].

В роботі розглядається випадок, коли: 1) найбільший спільний дільник значень  $d$  та  $p_j, j = \overline{1, n}$  дорівнює одиниці (цього завжди можна досягти, поділивши ці величини на їх найбільший спільний дільник); 2) сумарний час, виділений пристроям на виконання усіх завдань, приблизно дорівнює загальному об'єму роботи, яку повинні виконати

ці пристрої:  $\sum_{j=1}^n p_j \approx dm$  і при цьому  $\left| \sum_{j=1}^n p_j - dm \right| < m$ .

Позначимо  $\delta = \sum_{j=1}^n p_j - dm$ . Величина  $\delta$  може бути від'ємною, додатною або приймати нульове значення.

Розглянемо деякий розклад  $\sigma$ . Позначимо в цьому розкладі:  $C_i(\sigma)$  – момент завершення виконання усіх завдань пристроєм  $i$ ,  $i = \overline{1, m}$ ;  $\Delta_i(\sigma) = \max\{0; C_i(\sigma) - d\}$ ,  $i = \overline{1, m}$  (виступ пристрою  $i$ );  $R_i(\sigma) = \max\{0; d - C_i(\sigma)\}$ ,  $i = \overline{1, m}$  (резерв пристрою  $i$ ). З урахуванням обраних позначень критерій задачі має вигляд:  $z = \max_i \{C_i(\sigma) - d\} \rightarrow \min$  або  $z = \max_i \{R_i(\sigma); \Delta_i(\sigma)\} \rightarrow \min$ . Критерій оцінки розкладу можна також інтерпретувати так: необхідно максимально рівномірно навантажити пристрої.

У роботі [2] було проведено дослідження задачі, визначено ознаки оптимальності розкладів (достатні умови оптимальності), на основі яких була розроблена множина перестановок, яка покращує значення критерію.

Позначимо через  $\theta$  різницю між сумами тривалостей завдань, які приймають участь в перестановці (коли деяка підмножина  $K_h(\sigma)$  завдань з пристрою  $h$  міняється місцями с підмножиною  $L_s(\sigma)$  завдань з пристрою  $s$ ):  $\theta = \sum_{j \in K_h(\sigma)} p_j - \sum_{j \in L_s(\sigma)} p_j > 0$ . Розглянемо, як в ре-

зультаті перестановки можна покращити значення критерію. Тобто, визначимо усі можливі співвідношення між величинами  $\theta$ ,  $\Delta_h$  та  $R_s$  і відповідні їм значення зміни часткової цільової функції  $\max_{i \in \{h,s\}} \{R_i(\sigma), \Delta_i(\sigma)\}$ .

Спочатку розглянемо усі можливі перестановки, при яких зменшується значення  $\max_{i \in \{h,s\}} \Delta_i(\sigma)$ .

**Випадок 1.**  $\theta \leq \Delta_h \leq R_s$ . В цьому випадку після виконання перестановки пристрій  $h$  залишається з виступом  $\Delta_h - \theta$ , пристрій  $s$  – з резервом  $R_s - \theta$ . Отже, значення цільової функції по заданих двох пристроях зменшиться на величину  $\theta$ , тобто  $\Delta z = \theta$ .

**Випадок 2.**  $\theta \leq R_s \leq \Delta_h$ . Аналогічно з випадком 1, маємо  $\Delta z = \theta$ .

**Випадок 3.**  $\Delta_h \leq \theta \leq R_s$ ,  $\Delta z = \Delta_h$ .

**Випадок 4.**  $R_s \leq \theta \leq \Delta_h$ ,  $\Delta z = \Delta_h + R_s - \theta$ .

**Випадок 5.**  $\Delta_h \leq R_s \leq \theta$ ,  $\Delta z = \Delta_h + R_s - \theta$ .

**Випадок 6.**  $R_s \leq \Delta_h \leq \theta$ ,  $\Delta z = \Delta_h + R_s - \theta$ .

Узагальнивши ці результати, отримаємо:  $\forall \Delta_h > 0, R_s > 0, \theta > 0$  в результаті перестановки значення  $\max_{i \in \{h,s\}} \Delta_i(\sigma)$  по двох пристроях  $h$  та  $s$  зменшиться на наступну величину  $\min\{\Delta_h, \theta, \Delta_h + R_s - \theta\}$ . Відмітимо, якщо  $\min\{\Delta_h, \theta, \Delta_h + R_s - \theta\} < 0$ , перестановка є недопустимою (приводить до погіршення значення критерію).

Тепер розглянемо усі можливі перестановки, при яких зменшується значення  $\max_{i \in \{h,s\}} R_i(\sigma)$ .

**Випадок 1.**  $\theta \leq \Delta_h \leq R_s$ :  $\Delta z = \theta$ .

**Випадок 2.**  $\theta \leq R_s \leq \Delta_h$ :  $\Delta z = \theta$ .

**Випадок 3.**  $\Delta_h \leq \theta \leq R_s$ :  $\Delta z = \Delta_h + R_s - \theta$ .

**Випадок 4.**  $R_s \leq \theta \leq \Delta_h$ :  $\Delta z = R_s$ .

**Випадок 5.**  $\Delta_h \leq R_s \leq \theta$ :  $\Delta z = \Delta_h + R_s - \theta$ .

**Випадок 6.**  $R_s \leq \Delta_h \leq \theta$ :  $\Delta z = \Delta_h + R_s - \theta$ .

Наступне твердження узагальнює отримані результати:  
 $\forall \Delta_h > 0, R_s > 0, \theta > 0$  в результаті перестановки значення цільової функції  $\max_i R_i(\sigma) \rightarrow \min$  по двох пристроях  $h$  та  $s$  зменшиться на величину  $\min\{R_s, \theta, \Delta_h + R_s - \theta\}$ .

А тепер розглянемо вплив перестановок на цільову функцію  $\max_{i \in \{h, s\}} \{R_i(\sigma); \Delta_i(\sigma)\} \rightarrow \min$ .

**Випадок 1:**  $\theta \leq \Delta_h \leq R_s$ :  $\Delta z = \theta$ .

**Випадок 2:**  $\theta \leq R_s \leq \Delta_h$ :  $\Delta z = \theta$ .

**Випадок 3.1:**  $\Delta_h \leq \theta \leq R_s$ ,  $\theta \leq \left\lfloor \frac{\Delta_h + R_s}{2} \right\rfloor$ :  $\Delta z = \theta$ .

**Випадок 3.2:**  $\Delta_h \leq \theta \leq R_s$ ,  $\theta \geq \left\lfloor \frac{\Delta_h + R_s}{2} \right\rfloor + 1$ :  $\Delta z = \Delta_h + R_s - \theta$ .

**Випадок 4.1:**  $R_s \leq \theta \leq \Delta_h$ ,  $\theta \leq \left\lfloor \frac{\Delta_h + R_s}{2} \right\rfloor$ :  $\Delta z = \theta$

**Випадок 4.2:**  $R_s \leq \theta \leq \Delta_h$ ,  $\theta \geq \left\lfloor \frac{\Delta_h + R_s}{2} \right\rfloor + 1$ :  $\Delta z = \Delta_h + R_s - \theta$ .

**Випадок 5:**  $\Delta_h \leq R_s \leq \theta$ :  $\Delta z = \Delta_h + R_s - \theta$ .

**Випадок 6:**  $R_s \leq \Delta_h \leq \theta$ :  $\Delta z = \Delta_h + R_s - \theta$ .

Для загального випадку виконується:  $\forall \Delta_h > 0, R_s > 0, \theta > 0$  значення цільової функції  $\max_i \max\{\Delta_i(\sigma), R_i(\sigma)\} \rightarrow \min$  по двох пристроях  $h$  та  $s$  (значення  $\max_{i \in \{h, s\}} \max\{\Delta_i(\sigma), R_i(\sigma)\}$ ) зменшиться на наступну величину  $\min\{\theta, \Delta_h + R_s - \theta\}$ .

Розроблені перестановки, їх умови виконання та наслідки дозволяють побудувати поліноміальну складову ПДС-алгоритму розв'язання не тільки задачі, що розглядається, а й інших, близьких за змістом.

### **Література**

1. Згуровский М. З. Принятие решений в сетевых системах с ограниченными ресурсами [Текст]: монография / М. З. Згуровский, А. А. Павлов. – К.: Наукова думка, 2010.– 573 с.
2. Павлов О.А., Жданова О.Г., Сперкач М.О. Задача складання розкладу виконання завдань паралельними приладами з метою мінімізації максимуму відхилення від директивного терміну моментів завершення приладами усіх завдань / О.А. Павлов, М.О. Сперкач, О.Г. Жданова // Математичне та комп'ютерне моделювання. Серія «Тех-нічні науки». – Кам'янець-Подільський.: Кам'янець-Подільський національний університет імені Івана Огієнка, 2014. – Вип. 10. – с. 148 – 158.

УДК 004.9:371.3

## **CONFIGURATION DEVELOPMENT ON THE PLATFORM TO 1C ENTERPRISE AUTOMATION**

A. L. Liakhov, Doctor of Engineering Science, Professor, T.A. Dmytrenko, Ph.D, Associate Professor, A.O. Dmytrenko, Ph.D, Associate Professor, T.M. Derkach, Ph.D, Associate Professor, A.A. Tverdokhlib, MA  
*Poltava National Technical Yuri Kondratyuk University*

Problem-Configuration - practical solution developed on the technological platform "1C: Enterprise". The main function of the 1C configuration - to help developers quickly develop viable solutions for business automation. With help of this environment may hold not only the completion of a solution but also to develop have their owner, already completed configuration.

The main objective of this work was development of platform configuration 1C for Ltd. "Industrial automation system" that works in the IT market for more than five years. The company performs design and installation of SCS(Structured Cabling System), communications systems, CCTV and Access.

Ltd. "Industrial automation systems" offers following design and installation works for institutions, such as:

- Design and installation of communication;
- Design of CCTV and security systems.

The configuration was developed on the 1C platform. The system software "1C: Enterprise 8" is a universal automation system of economic and organizational activities of the company. Because such kind of activities can be very diverse, 1C system : Enterprise can be " adapted " to the characteristics of a particular field of activity in which it is applied. For indicate this ability, the term "configuration", in other words- is a possibility to configure the system to specific features and enterprise-class tasks.

This is due to the fact that the 1C: Enterprise - is not just a program that exists as a set of immutable files, but it is also a set of different software tools, which are consumed by developers and users. Logically, the entire system can be divided into two parts, which closely interact with each other - configuration and platform, which manages work of configuration.

The flexibility of the platform allows using 1C "Enterprise 8" in various fields.

Typical application solutions "1C" Company designed to automate routine tasks of accounting and business management. In developing of the model of applications they considered as a advanced international management techniques (MRP II, CRM, SCM, ERP, ERP II, and others.), and the real needs of businesses that do not fit into a standard set of functionality of these techniques and the experience of successful automation gained by "1C" and partner community.

ERP-systems continue to be popular in the business world and getting more deserving for great authority. Any of ERP-system is designed as a virtual model of your company. In a comparative analysis of 1C and Navision revealed the following deficiencies editor Navision system:

- No color markup syntax;
- tab button does not work;
- No code completion- when the programmer enters the first letters of ID and clicks code completion, 1C editor shows a list of available in this context identifiers that begin with those letters;
- No automatic text formatting of syntax in language ( 1C can able to formatted allocated block of code on the syntax of the language) ;
- (There is) no opportunity to comment on buttons / remove comments for code block. Basically, Navision is forgivable, because it can be possible that we have multiple line of comments;

- Context References by function - in 1C we can identify the function name and on it get immediately References, Navision make a copy of function name to the clipboard and only there watch it ;
- don't have quick Jump to the definition place of the function on which cursor is;
- no list of module functions - 1C has a window, where you can select a function to quickly access to it;
- Don't have templates- short fragments of code that you type and which automatically replaced by another code. In 1C templates can be customized to fit your personal habits with the help of your programmer ;
- issued only one syntax error but in 1C issued all errors of this type;

Navision editor treats the whole text as a set of records, ie as database table, hence the inability to work with the Tab and many other oddities of this editor.

Configurator mode is used by developers and administrators databases. This mode provides the tools you need to modify existing or create new configuration.

## References

1. Организация работы конфигураций [Электронный ресурс] – Режим доступа: <http://its.1c.ua/db/v8std/browse/13/-1>.
2. Гончаров Д.И. Технологии интеграции 1С:Предприятия 8.2 / Д.И. Гончаров, Е.Ю. Хрусталева. – 1С-Паблишинг, 2011. – 358 с.
3. Ажеронок В.А. Разработка управляемого интерфейса / В.А. Ажеронок, А.В. Островерх, М.Г. Радченко, Е.Ю. Хрусталева. – Из-во: 1С-Паблишинг. – 2010. – 156 с.

## ПАРАЛЕЛЬНА РЕАЛІЗАЦІЯ АЛГОРИТМУ LU-РОЗКЛАДУ ДЛЯ РОЗВ'ЯЗАННЯ СЛАР В ПРУЖНО-ПЛАСТИЧНИХ ЗАДАЧАХ

В. А. Григоренко

*Київський національний університет імені Тараса Шевченка*

Пружно-пластична задача з великими пластичними деформаціями є нелінійною і вимагає великої кількості часу для її розв'язання на комп'ютері. Розглянемо задачу стиску пружно-пластичного циліндра плоскими плитами. Задача розв'язується методом скінченних елементів з розбиттям процесу на кроки за приростами навантаження.

Розв'язання базується на принципі віртуальної потужності в швидкісній формі[1]

$$\int_V (\sigma + \Delta t \dot{\sigma}) \cdot \nabla h dV + \int_{\Sigma} (P + \Delta t \dot{P}) \cdot h d\Sigma = 0 \quad (1)$$

Тут  $\sigma$  – тензор напружень Коші;  $P$  – щільність поверхневих сил;  $\Delta t$  – проміжок часу для кроку приросту навантаження;  $V, \Sigma$  – об'єм і поверхня тіла відповідно;  $dV, d\Sigma$  – елементи об'єму і площі циліндра відповідно. Крапкою і двома крапками позначено скалярний і подвійний скалярний добуток тензорів відповідно

На кожному з кроків розв'язання складається з 3 етапів[2]:

- Розрахунок локальних матриць жорсткості і формування глобальної матриці  $A$  та вектора  $b$
- Розв'язання СЛАР
- Обчислення стану в скінченних елементах в кінці кроку навантаження

Перший етап виконується 1 раз, а етапи 2 та 3 – від 10 до 15 раз на кожному кроці для виконання умови пластичності, причому матриця жорсткості залишається незмінною, змінюється лише права частина.

Для розв'язання СЛАР

$$Ax = b \quad (2)$$

використовується LU-розклад.

Для довільної квадратної матриці існує розклад

$$A = LU, \quad (3)$$

де  $L$  та  $U$  нижня та верхня трикутна матриці відповідно. Тоді СЛАР набуває вигляду

$$LUx = b. \quad (4)$$



Якщо позначити  $y = Ux$ , то розв'язок рівняння знаходиться шляхом послідовного розв'язання двох систем з трикутними матрицями. Спочатку розв'язується система  $Ly = b$ , після цього система з верхньою трикутною матрицею  $Ux = y$ .

Після одержання розкладу (3) для матриці  $A$ , можна використати його для розв'язання системи рівнянь з даною матрицею та різними значеннями правої частини  $B$ . Цей факт дає значну перевагу при використанні  $LU$ -розкладу замість методу Гауса, оскільки в цій задачі на кожному кроці навантаження необхідно виконати умову пластичності. Це здійснюється ітераційно шляхом послідовної заміни правої частини (2), за результатом розв'язку системи на кожній ітерації. Зазвичай умова пластичності з допустимою точністю виконується за 10-15

ітерацій. При використанні методу Гауса необхідно на кожній ітерації виконувати прямий і обернений хід. При використанні  $LU$ -розкладу на кожній ітерації необхідно лише розв'язувати систему(4). [3]

Для реалізації паралельного алгоритму матриця  $A$  розподіляється на  $p$  процесів наступним чином

$$\begin{pmatrix} A_1 & B_1^U & & & & & & \\ B_1^L & C_1 & D_2^U & & & & & \\ & D_2^L & A_2 & B_2^U & & & & \\ & & \ddots & \vdots & \ddots & & & \\ & & & B_{p-1}^L & C_{p-1} & D_p^U & & \\ & & & D_p^L & A_p & & & \end{pmatrix} \begin{pmatrix} x_1 \\ \xi_1 \\ x_2 \\ \vdots \\ \xi_{p-1} \\ x_p \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} b_1 \\ \beta_1 \\ b_2 \\ \vdots \\ \beta_{p-1} \\ b_p \end{pmatrix}, \quad (5)$$

де  $A_i$ -матриця розмірності  $n_i \times n_i$ ,  $i = 1..p$ ;  $C_i$ -матриця розмірності  $k \times k$ ;  $x_i, b_i$ -вектори розмірності  $n_i$ ;  $\xi_i, \beta_i$ -вектори розмірності

$k$ ;  $\sum_{i=1}^p n_i + (p-1)k = n$ ,  $k$  - напівширина стрічки матриці. Таке

трихдіагональне розбиття можливе лише за умови  $\forall i n_i > k$ . Це обмежує граничний рівень паралелізму, а саме: максимальна кількість процесорів  $p$ , яка може використовуватись для розв'язання задачі повинна задовольняти умові  $p < (n + k) / (2k)$ .

Далі проводимо блочно-циклічну редукцію, тобто переставляємо рядки і стовпці матриці так, щоб спочатку йшли всі непарні, а потім парні. Отримуємо так звану парно-непарну перестановку.

Матриця  $A$  набуває вигляду

$$\begin{pmatrix} \bar{A} & B^U \\ B^L & C \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} L & 0 \\ B^L U^{-1} & 1 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} U & L^{-1} B^U \\ 0 & S \end{pmatrix}, \quad (6)$$

де  $S = C - B^L \bar{A}^{-1} B^U$  - доповнення Шура[4] для матриці  $\bar{A}$ . Використавши (6), з рівняння (5) отримуємо

$$\begin{pmatrix} R & L^{-1} B^U \\ & S \end{pmatrix} \begin{pmatrix} x \\ \xi \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} c \\ \gamma \end{pmatrix}, \quad (7)$$

де частини  $c_i$  и  $\beta_i$  векторів  $c$  і  $\beta$  задаються, як

$$c_i = L_i^{-1} b_i \\ \gamma_i = \beta_i - B_i^L R_i^{-1} c_i - D_{i+1}^U R_{i+1}^{-1} c_{i+1}$$

Кожен процесор незалежно від інших формує свою частину редукованої системи  $S\xi = \gamma$ , де

$$S_i = \begin{pmatrix} -D_i^U R_i^{-1} L_i^{-1} D_i^L & -D_i^U R_i^{-1} L_i^{-1} B_i^U \\ -B_i^L R_i^{-1} L_i^{-1} D_i^L & C_i - B_i^L R_i^{-1} L_i^{-1} B_i^U \end{pmatrix} \\ \gamma_i = \begin{pmatrix} -D_i^U R_i^{-1} c_i \\ \beta_i - B_i^L R_i^{-1} c_i \end{pmatrix}.$$

Після виконання локальних обчислень  $i$ -ий процесор посилає  $i+1$ -ому матрицю  $C_i - B_i^L R_i^{-1} L_i^{-1} B_i^U$ .

Парно-непарна перестановка, обчислення розкладу і формування редукованої системи повторюються поки матриця редукованої системи не стане заповненою матрицею розмірності  $k \times k$ . В цьому випадку матриця може бути розв'язана на одному процесорі. Оскільки на кожній ітерації редукції розмірність матриці зменшується в два рази, то для досягнення бажаного результату треба виконати  $\log_2 p - 1$  кроків.

Після знаходження векторів  $\xi_i$  процесори обчислюють свою частину вектора  $x$ .

Для чисельного розв'язання і паралельної реалізації були використані мова програмування C++ та технологія OpenMP. Тестування проводилося на чотирьохядерному процесорі Intel Core i7. В таблиці 1 подані результати обчислень одного розв'язання системи (2).

Таблиця 1 – Час, затрачений на одне розв'язання системи (2), мс

Кількість вузлів сітки	Кількість процесорів		
	1	2	4
10	1,1	0,82	0,74
20	4,7	3,6	2,5
50	16,3	12,4	10,6
100	72,5	58,9	37,2
200	219,6	145,7	93,5

### Література

1. А. В. Коновалов. Определяющие соотношения для упругопластической среды при больших пластических деформациях. Известия РАН. Механика твёрдого тела. 1997. № 5. С.139-149.
2. Поздеев А. А., Трусов П. В., Няшин Ю. И. Большие упруго-пластические деформации. М., Наука. 1986. 232 с.
3. Коновалов А. В., Толмачев А. В., Партин А.С. Параллельное решение упруго-пластической задачи с применением трехдиагонального алгоритма LU-разложения. Вычислительная механика сплошных сред. 2011. Т.4, №4. С.34-41
4. Кормен Т. Х., Лейзерсон Ч. И., Ривест Р., Штайн К. Алгоритмы: построение и анализ. М., Вильямс, 2008.–1996с.

УДК 004.8;631.171

## ПРИКЛАДНЫЕ АСПЕКТЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ МГУА В УСЛОВИЯХ АГРОХОЛДИНГА

З.Б.Овдиенко, Е.В.Скакалина

*Полтавский национальный технический университет им. Ю.Кондратюка,  
Украина*

Одним из важных показателей экономического состояния государства является внутренний валовой продукт (ВВП). Проблема выявления факторов, обеспечивающих формирование стойкой положительной динамики реального ВВП является очень важной для всего мира. Поэтому в современных условиях быстро меняющихся составляющих системы макроэкономики, создания новых условий хозяйствования, необходимо совершенствование методов и системы управления с целью перехода к инновационным составляющим общественного производства и повышения его эффективности. Эти процессы предусматривают более детальное научное обоснование, обеспечения оптимальности решений, принимаемых в процессе управления хозяйствующими

объектами. Основой таких решений являются перспективное планирование и научное прогнозирование. Принятие высококачественных решений в экономике и финансах, а также при управлении техническими системами и технологическими процессами требует получения высококачественных прогнозов.

Несмотря на наличие множества методов прогнозирования, задача повышения качества прогнозов остается актуальной, поскольку качество зависит от многих факторов, таких как : качество и объем экспериментальных данных, наличие неопределенностей различного характера и типа исследуемых процессов (стационарные и нестационарные, линейные и нелинейные) . Учесть все особенности процессов бывает очень трудно или невозможно из-за ряда объективных причин: малые выборки, большие шумы измерений, наличие существенных возмущений и больших выбросов. Поэтому необходимо искать методы и средства повышения качества моделей и прогнозов в условиях наличия упомянутых трудностей. В некоторой степени задача повышения качества прогнозов решается с помощью метода группового учета аргументов и нейронных сетей .

Одной из особенностей, свойственных задачам математического моделирования социально-экономических систем, является наличие большого числа факторов, влияющих на исследуемый социально-экономический показатель (выход модели), и ограниченного (по отношению к числу факторов) объема наблюдений, данных факторов, используются при построении модели. Для решения подобных задач академиком А. Г. Ивахненко[1] был предложен метод группового учета аргументов (МГУА), что позволяет обеспечить приемлемое качество модели в условиях многофакторности управляемого объекта и ограниченности объема обучающей выборки . В то же время при принятии решений по управлению социально-экономическими системами приходится учитывать большое количество взаимосвязанных факторов и управляющих воздействий, многие из которых не могут быть измерены при помощи метрических шкал. Следует также отметить, что в условиях слабой математической формализации некоторых социально-экономических процессов и ограниченного объема статистических данных возрастает роль экспертной информации в процессе принятия управленческих решений. Данные обстоятельства снижают эффективность применения известных вариантов реализации МГУА в составе математического и алгоритмического обеспечения СППР по управлению социально-экономическими системами регионального уровня. Как представляется, минимизировать указанные недостатки МГУА позволяет предложенный метод, основанный на использовании в про-

цессе построения моделей аппарата нечетко-логических (гибридных) нейронных сетей.

Были использованы два алгоритма МГУА : комбинаторный и нейро-сетевой.

Финансовые результаты деятельности предприятия характеризуются приростом суммы собственного капитала (чистых активов), основным источником которого является прибыль от операционной, инвестиционной, финансовой деятельности, а также капитал, полученный в результате чрезвычайных обстоятельств. В качестве исходных данных были взяты ежеквартальные консолидированные отчеты ОАО «Группа «Черкизово» [2]. Были взяты данные с 30.06.2005 по 30.06.2014 гг. Выборка состоит из 19 наблюдений.

Прогнозирование временных рядов выполнялось в программной среде GMDH Shell. GMDH Shell является простым, но достаточно функциональным программным обеспечением для интеллектуального анализа данных и прогнозирования на основе МГУА. С помощью GMDH Shell можно исследовать данные, построить регрессионную модель, применить ранее полученную модель для прогнозирования. Построение модели МГУА будет осуществляться в два этапа:

- применение МГУА на полученных с помощью программ, данных для составления прогноза выходного параметра;
- прогнозирования входных параметров с помощью метода авторегрессионного интегрирования средней переменной (ARIMA - Autoregressive integrated moving average) [3]. Горизонт прогноза принимаем равным 1,5 годам.

К основным коммерческих, общехозяйственным и административным расходам на производство относятся: заработная плата; транспортные услуги; пенсионные расходы; налоги; материалы и запасы; услуги охраны; реклама и маркетинг; амортизация основных средств и нематериальных активов; аудиторские, консультационные и юридические услуги; расходы (восстановление) по сомнительной задолженности; коммунальные услуги; услуги в области информационных технологий и связи; ветеринарные услуги; страхование; банковские услуги; ремонт и техническое обслуживание.

К основным доходам: реализация товаров и услуг.

На основе доходов и расходов рассчитываются валовая стоимость, прибыль от основной деятельности, прибыль от продолжающей деятельности и чистая прибыль .

На результаты деятельности агрохолдинга влияет сезонность, при этом на первую половину года (январь - июнь) традиционно приходится наименьшая доля годового объема производства, продаж и уровня

прибыли. Наибольшая доля годовых объемов продаж и прибыли традиционно приходится на вторую половину года (июль - декабрь). К тому же заметим, что агрохолдинг демонстрирует устойчивый рост продаж и прибыли. Чистая прибыль компании в 2013 году превысила 109 млн. долларов США.

Таблица 1 – Результаты прогнозирования комбинаторным алгоритмом

ID	2012- 06-30	2012- 12-31	2013- 06-30	2013- 12-31	2014- 06-30	+1	+2	+3
<b>ФАКТИЧЕСКИЕ</b>	74925	82106	85956	92535	87225			
<b>ПРОГНОЗ</b>	5,00	4,00	0,00	9,00	6,00			
	77051	80873	85050	89676	91647	95735	10084	10563
	5,14	9,53	6,72	0,96	0,46	0,20	91,90	24,24
<b>ОТКЛОНЕНИЕ</b>	21260,	-	-	-	44214,			
	14	12324,	9053,2	28598,	46			
		47	8	04				
<b>% ОТКЛОНЕНИЯ</b>	2,84	-1,50	-1,05	-3,09	5,07			

Таблица 2

Результаты прогнозирования алгоритмом нейросети МГУА

ID	2012- 06-30	2012- 12-31	2013- 06-30	2013- 12-31	2014- 06-30	+1	+2	+3
<b>ФАКТИЧЕСКИЕ</b>	74925	82106	85956	92535	87225			
<b>ПРОГНОЗ</b>	5,00	4,00	0,00	9,00	6,00			
	75689	81875	83560	89177	91527	97340	97803	11147
	4,43	2,25	3,64	6,68	2,08	8,49	4,69	66,97
<b>ОТКЛОНЕНИЕ</b>		-	-	-				
	7639,4	2311,7	23956,	33582,	43016,			
	3	5	36	32	08			
<b>% ОТКЛОНЕНИЯ</b>	1,02	-0,28	-2,79	-3,63	4,93			

Сравнив результаты прогнозирования можно сделать вывод, что алгоритм нейросети МГУА является более эффективным, так как он показал более низкий процент отклонения. Следовательно, в следующих прогнозах будет использоваться именно этот алгоритм. На основании рассчитанных прогнозов, можно сделать выводы, что к 31.12.2015:

1. Объем реализации товаров и услуг возрастет на 27, 8%;
2. Себестоимость продукции возрастет на 13,9%;
3. Чистая прибыль вырастет на 10,2%.
4. Расходы в следующем году возрастут на 16,5%.

Эмпирической мерой точности прогноза, служит величина его ошибки, которая определяется как разница между прогнозными и фактическими значениями исследуемого показателя. Для оценки получен-

ных результатов в GMDH Shell существует ряд инструментов. Таблица точности показывает различные показатели ошибок и отклонений.

График		Точность		Модель	
Мера погрешности	% от фактического	Выходная переменная: фин_отчет			
Результаты подготовки данных		Обучение	Экзамен		
Число наблюдений		13			
Макс. отрицательное отклонение		-6,30447 %	н/д		
Макс. положительное отклонение		14,2151 %	н/д		
Средний модуль ошибки в процентах (MAPE)		3,18676 %	н/д		
Среднеквадратическое отклонение в процентах (RMSPE)		4,82076 %	н/д		
Сумма отклонений		8,0694 %	н/д		
Стандартное отклонение остатков		4,78063 %	н/д		
Коэффициент детерминации (R <sup>2</sup> )		0,960358	н/д		
Корреляция		0,986348	н/д		

Рис. 5. Таблица точности модели

Проанализировав полученные данные, можно сделать вывод, что модель имеет достаточно высокие показатели эффективности. Коэффициенты детерминации и корреляции близки к единице, что свидетельствует о тесной связи между переменными. О высокой надежности результатов свидетельствуют также низкие значения отклонений и ошибок.

## Литература

1. Ивахненко А.Г. Моделирование сложных систем по экспериментальным данным / А.Г. Ивахненко, Ю.П. Юрачковский. – М.: Радио и связь, 1987. – 120 с.
2. Группа «Черкизово» // [Электронный ресурс]. – Режим доступа: [http://cherkizovo.com/upload/files/Cherkizovo\\_2014\\_rus.pdf](http://cherkizovo.com/upload/files/Cherkizovo_2014_rus.pdf)
3. GMDH Shell // [Электронный ресурс]. – Режим доступа: [http://www.machinelearning.ru/GMDH\\_Shell](http://www.machinelearning.ru/GMDH_Shell)

УДК 004.415

## ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНАЯ ИНФОРМАЦИОННАЯ СИСТЕМА КАК ОСНОВА КОНЦЕПЦИИ 5PL-ЛОГИСТИКИ

<sup>1</sup>В.В.Литвинов, <sup>2</sup>Е.В.Скакалина

*Черниговский государственный технологический университет, Украина  
Полтавский национальный технический университет им.Ю.Кондратюка,  
Украина*

Одной из основных тенденций развития мирового рынка является усиление концентрации капиталов для основной профильной деятельности. Для выполнения непрофильных функций могут создаваться дочерние фирмы. Однако на современном этапе эти функции все чаще направляются на аутсорсинг. В полной мере эта тенденция наблюдается и в сфере логистического сервиса. Можно в качестве примера

привести США, где оборот логистических услуг составляет порядка 40 млрд. долл. В настоящее время логистика является одной из наиболее быстро развивающихся сфер деятельности. Это связано не только с ростом спроса на логистические услуги, но и с развитием инфраструктурных возможностей этого бизнеса. Наиболее существенные

изменения способов и форм взаимодействия субъектов логистики обусловлены развитием информационных технологий, что повлекло за собой распространение сетевых организационных форм бизнеса, виртуализацию логистических процессов, распространение электронного документооборота, использование электронных платежных систем и пр.

На основе инновационных преобразований информационной инфраструктуры логистики происходит развитие управленческого инструментария, формируются новые логистические концепции, такие как "Party Logistics"[1], которые основаны на определении уровня привлечения независимых компаний (логистических провайдеров / операторов) для решения бизнес-задач заказчика. В настоящее время выделяют 1PL-, 2PL-, 3PL-, 4PL- и 5PL-логистику. 5PL - уровень (Fifth Party Logistics) обеспечивается поддержкой современных сетевых компьютерных технологий. 5PL-провайдер – логистический аутсорсер, оказывающий весь комплекс услуг за счет использования глобального информационно-технологического пространства. Можно сказать, что это – т.н. «виртуальный» логистический партнер, у которого в руках вся информация о логистических возможностях участников рынка и высокотехнологичный IT-продукт, позволяющий строить самые оптимальные логистические цепочки. Евросоюз активно финансирует из своего бюджета развитие новых глобальных IT-технологий в области логистики. В качестве одного из потенциальных результатов этого процесса может появиться единая информационная логистическая сеть на территории всего Евросоюза. В Украине начинаются работы по внедрению нового уровня логистических услуг 5PL, что позволит ей стать одной из первых стран в мире в этом направлении, т.к. она занимает одно из ведущих в мире мест по уровню IT-специалистов.

Учитывая тот существенный фактор, что в период консолидации мирового рынка производителей конкурентное преимущество будут иметь компании с правильной структурой активов и инвестиционной стратегией, которые используют гибкую операционную модель и применяют новейшие информационные технологии. Чтобы воспользоваться огромными возможностями, появляющимися благодаря увеличению мирового спроса на качественную сельскохозяйственную продукцию, агрокомпании должны также применять более эффективные



методы управления бизнесом. Ключевым вопросом оптимальности структуры агрохолдинга является вертикальная интеграция, которая должна обеспечивать цепочку создания стоимости и снижение рыночных(ценовых)рисков. С помощью моделирования бизнес-процессов можно не только проанализировать существующую структуру агрохолдинга, но и детально проработать его новую архитектуру. Это обуславливает, в свою очередь, необходимость поиска новых, ранее не использовавшихся систем управления сельскохозяйственными предприятиями, которые дали бы возможность получить синергетический эффект благодаря не только лишь оптимизации собственных объектов хозяйствования, но и благодаря взаимодействию со смежными участниками в цепочках продвижения сельскохозяйственного сырья и продукции переработки. Именно таким эффективным инструментом управления предприятиями АПК Украины может стать концепция оптимизации логистики в направлении объединения теоретических и методологических подходов, которые использует современный мировой опыт оптимизации материальных потоков в логистических формированиях.

В качестве объектов предметной области были выбраны следующие агро - образования : АК KERNEL(международный уровень) , Астарта – Киев (национальный уровень), ТОВ «Октан» (региональный уровень, Полтавская область).

В рамках данной тематики реализованы следующие решения :

1. Программно реализован классический генетический алгоритм, который был использован для оптимизации маршрутов технологического транспорта в выше указанных АХ. Суммарный экономический эффект лежит в пределах 4,5-5% от первоначальной суммы затрат.
2. На основе WEB – технологий программно реализован алгоритм муравьиных колоний, который был использован для автоматизации составления оптимальных расписаний и маршрутов грузовых перевозок на базе данных Ахтырского маслосыркомбината в Шишацком районе Полтавской области. Суммарный экономический эффект – от 4,84% до 9% от первоначального опорного плана.
3. Программно реализован модуль краткосрочного прогнозирования основных экономических показателей АХ на базе нейросети МГУА :
  - себестоимость реализованной продукции
  - валовой доход

- чистый доход
- объем реализации товаров и услуг
- коммерческие, общехозяйственные и административные затраты

Всего по 15 статьям бюджета АХ. Отклонение прогнозных значений от реальных лежит в диапазоне (0,9% до 9,89%).

4. Создана Автоматизированная информационная система управления транспортным парком в условиях агрохолдинга с учетом сроков технических осмотров единиц технологического транспорта, с возможностью учета, анализа и прогноза всех затратных статей.
5. Создана Автоматизированная информационная система управления мощностями хранения в условиях агрохолдинга с учетом зависимости товарных свойств хранящейся агропродукции от времени ее хранения. Прогнозный модуль позволяет осуществлять краткосрочное прогнозирование всех основных показателей.
6. Создана Автоматизированная информационная система управления производящими мощностями в условиях агрохолдинга с учетом структуры всех затрат на семенной материал, с учетом текущего состояния плодородного слоя, с учетом затрат на сезонный полив, на внесение удобрений, управлением паспортизацией производственных активов АХ. Прогнозный модуль позволяет осуществлять краткосрочное прогнозирование всех основных показателей.
7. Реализовано программное приложение для решения транспортной задачи в небольших транспортных компаниях (до 25 единиц транспорта) на базе использования программного продукта MS Excel. Минимизация общей стоимости перевозок составляет в среднем около 8%.
8. Создана веб - система мониторинга выполнения рейсов и автоматического распределения рейсов технологического транспорта в онлайн режиме, сбор данных по фактическим затратам горючего, скорости движения транспорта, мониторинг текущего местоположения транспорта в режиме реального времени.

В связи с тем, что в Украине по оценкам Украинской логистической ассоциации (УЛА) [2] только формируется рынок логистического аутсорсинга, прогнозы по его росту составляют порядка 30-40% в год. В связи с существенным влиянием инновационных технологий на производственные мощности Украины, наблюдается динамика роста логистических операторов (табл. 1):

Таблица 1. Динамика роста национальных логистических операторов

PL-уровень	2006	2010	2014
1- PL	10	8	6
2- PL	89	73	34
3- PL	1	14	69
4- PL	0	1	5
5- PL	0	0	0

Т.е. предложенные структурные модули для ИИС, на основе которых возможна реализация ERP –системы (4PL-уровень) и Интернет-логистики (5PL-уровень) могут улучшить качественные показатели национальных логистических услуг.

### Литература

1. State of Logistics: The Canadian Report 2008. – URL: [www.ic.gc.ca/eic/dsiblogi.nsf/vwapj/pg00026\\_eng.pdf/\\$file/pg00026\\_eng.pdf](http://www.ic.gc.ca/eic/dsiblogi.nsf/vwapj/pg00026_eng.pdf/$file/pg00026_eng.pdf) . Дата обращения: 19.05.2015.
2. Пасечник А.Н. Проблемы и перспективы развития логистического аутсорсинга в транспортной системе Украины/ А.Н. Пасечник, И.Г. Лебедь, В.В. Кутырев, К.М. Бугерко // Управление проектами, системный анализ и логистика. Научный журнал: в 2 ч. Ч. 1: Серия: „Технические науки” – К. : НТУ, 2014. – Вып. 14

UDK 004.658.2:656.076

## DESIGN DATABASE “MANAGEMENT TECHNOLOGY TRANSPORT”

Skakalina E.V.

*Poltava National Technical Yuri Kondratyuk University, Ukraine*

Ukraine has nearly eight dozen agricultural companies that cultivate more than 10 000 ha. It’s a very large figure for Western Europe, where the tenant 2000-3000 ha is already considered big businessman.

Almost all farmers and large agricultural holdings have a fleet of modern agricultural machinery and vehicles, ensuring the reliability and efficiency of all agricultural activities, and provides performance of all production processes in optimal time. To date, the most famous and largest agricultural holdings are fully equipped technically for primary land area.

The large size of land resources and cluster management system give opportunity to companies to leverage the powerful farm equipment. Using advanced equipment from manufacturer’s technique allows to operate around the clock.

For the cultivation and harvest of grain crops farmers use the diversity of agricultural equipment such as tractors, combines, equipment for seeding and spraying.

Ukraine Agrarian market is growing rapidly and develops. Today agriculture is one of the few sectors of the economy, which in the present conditions develops and generates profit. Each agricultural holding requires technical unit (agriculture, transport) to do their work. They can be owned by the company and leased for a specified period. Therefore, designing a database to manage technological transport is an essential element for supporting the improvement work, the functionality of the vehicle fleet automation and control financial cost to it.

Microsoft Access refers to the DBMS, focused on ordinary consumers. It allows, without programming, to perform basic database operations: creating, editing and processing easily.

One of the objectives of a good database structure is to eliminate redundancy (repetitions) data. You need to distribute them in several individual thematically organized tables to each fact was presented only once [1,p.161]. Then Access application must specify the procedure for distributed data sharing, which should create common fields in related tables. However, to do this properly, you must understand the relationships between tables and describe them in a database.

Communication - is graphically depicted association which is established between the two types of entities.

Working with database begins with the construction of the model. The most common is -model ER (entity - relationship model) - Model "Essence - relationship."

Any fragment of the domain can be represented as a set of entities between which there is a set of links. The essence (entity) - an object that can be identified in such a way that distinguishes it from other objects. A set of entities (entity set) - many entities of the same type (having the same properties) [1,p.160].

Easy to use overloaded of necessary functionality, intuitive interface is essential for convenient usage of the database. Interface - a communication device that allows one device to interact with others and to establish a correspondence between the outputs and inputs of one device. User interface - interface that provides user interaction with the PC. In practice, the interface - a set of standard methods of interaction with technology.

The choice of model depends on the project budget, customer requirements. The most appropriate for this project will be a mixed model. The chosen model allows the customer making the changes required by the system during its development. Evolutionary model was chosen for the phases

that are identified not sufficiently detailed and well , because it is most convenient in this case; for steps that are clearly defined and identified customer it's better to use cascade model development [2,p.217].

For successful implementation of IT-project is not enough to choose effective technology and development tools to provide the necessary budget and find skilled developers. In any organization there are rules and methods by which project participants (customers, analysts, developers, testers, technical writers) are dividing tasks, interact with each other, creating design artifacts (specifications, source code, documentation). These rules may be well organized or chaotic, be formally documented or exist in the minds of the project team, but in any case it is called a set of process development.

The effectiveness of the software is determined by the quality and efficiency of development and maintenance. The quality of software is determined by three components:

- In terms of expert-user of the software.
- From the standpoint of resource utilization and evaluation.
- Regarding the requirements for software product.

The software must be designed to function without unnecessary waste of resources (memory computers, computer time, development time and financial resources - at the stage of use of the product) [3,p.197].

Development of the project "Designing Databases" Managing technological agricultural transport" provides its introduction on the basis of any business activity which is related to the agricultural sector.

The database structure consists of the following tables:

1. The owner of the leased equipment (evidence about the leased fleet technological transport)
2. Routes (evidence on existing technological transport routes with functional imaging possibility of a route by means of Google Maps)
3. Fuel
4. Transport (evidence for each destination transport mileage calculation each unit of vehicles and actual cost of fuel on this route )
5. The staff (workforce data)
6. Repair (evidence on repair record of the vehicle)
7. Data on private vehicles of the agricultural holding
8. Technical inspection (data held)
9. The contract for the purchase of fuel
10. The contract for the rental vehicle
11. Costs (estimated evidence for all cost elements)
12. Additional traffic (data on unplanned transport and routes)
13. The profits from the rental vehicle
14. Decommissioned equipment

## 15. Consolidated financial statements

The developed system enables automation of key management processes of technological agribusinesses units; provides the function of creating financial statements; provides control functions that perform technical unit; provides an opportunity to improve quality control through the optimal division of labor between staff vehicle fleet; allows you to explore and to enhance the quality and performance of the vehicle fleet; can increase profitability of vehicle usage; allows you to create and view required routes.

### REFERENCES:

1. A.V. Menyov "Theoretical Foundations of automated control: tutorial", Moscow State University of Printing, 2002, 176, Page(s):156-162.
2. V.V.Pasichnyk, V.A.Reznichenko "Organization of data and knowledge", Publishing Group higher education institutions, 2006, 384, Page(s):216-220.
3. V.A.Gvozdeva, I.U.Lavrentyeva " Fundamentals of automated information systems, Moscow State University of Printing, 2007, 320, Page(s):195-202.

УДК 004.94:620.92

## ОЦІНКА ЕФЕКТИВНОСТІ ВПРОВАДЖЕННЯ АЛЬТЕРНАТИВНИХ ДЖЕРЕЛ ЕЛЕКТРОЕНЕРГІЇ

І.В. Стеценко, Ю.А.Зав'ялець, О.М. Яцько

*Буковинський державний фінансово-економічний університет*

Україна в останні роки відчула зростання цін на природний газ і нафтопродукти. Враховуючи економічний спад України у 2014 та 2015 роках необхідно знайти альтернативу цим проблемам. Ефективним шляхом для вирішення цього є запровадження енергоощадних заходів на використання у недалекому майбутньому сонячної енергії [1]. Використання сонячної енергії збільшить енергоресурси України, а також забезпечить екологічну чистоту, соціальний та економічний розвиток. В умовах 21 ст. сонячні установки є досить перспективними та економічно доцільними. Відомо, що за чверть століття ціна сонячних систем зменшилась в 20 разів [2].

Метою даного дослідження є визначення ефекту від впровадження проєктів з генерування сонячної електроенергії фізичними особами. Для визначення ефекту використовується імітаційна модель системи. Формалізація моделі виконана з використання стохастичної мережі Петрі з багатоканальними переходами (рис. 1) [3].

Система, що моделюється, складається зі споживача, який має потребу в електроенергії. Сонячна електростанція генерує енергію, що є

пріоритетною для споживача. У разі нестачі сонячної енергії (СЕ) використовується електроенергія електромережі (ЕЕ), а якщо є надлишок, то здійснюється продаж енергії за «зеленим тарифом». За результатами моделювання визначаються: 1) кількість згенерованої СЕ при різній потребі споживача 2) кількість проданої СЕ за «зеленим тарифом», 3) прибуток від продажу СЕ.

Для побудови мережі Петрі виділимо події, які відбуваються в даній системі:

- потреба в електроенергії;
- використання сонячної електроенергії;
- використання електроенергії з мережі;
- продаж сонячної електроенергії.

Подія «потреба в електроенергії» відбувається незалежно від стану системи. Подія «використання сонячної електроенергії» відбувається за умови наявності потреби споживача. Подія «використання електроенергії з мережі» відбувається лише за умови, що згенерованої сонячної електроенергії не достатньо для задоволення потреби споживача. Крім того, подія «використання електроенергії з мережі» має менший пріоритет ніж подія «використання сонячної електроенергії». Подія «продаж сонячної електроенергії» відбувається за умови, що є надлишок згенерованої сонячної електроенергії.

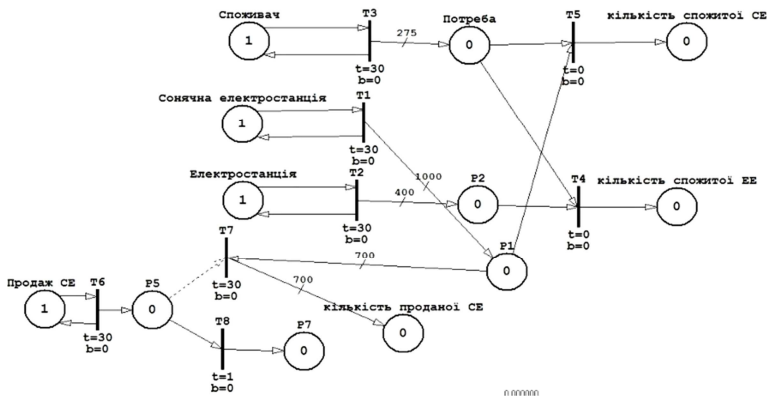


Рис 1. Мережа Петрі, що представляє формалізовану модель системи електроспоживання фізичною особою

Для визначення ефективності було використано величину

прибутку  $P$  від продажу сонячної електроенергії за «зеленим тарифом»:

$$P = K \cdot 3,50 - S \cdot 1 - E \cdot 0,63$$

де  $K$  – кількість кіловат сонячної електроенергії, проданої за «зеленим тарифом», що складає 3,50 грн. за 1 кВт-год;  $S$  – кількість кіловат спожитої сонячної енергії вартістю 1 грн. за 1 кВт-год ;  $E$  – кількість кіловат спожитої електроенергії з електромережі за тарифом 0,63 грн за 1 кВт-год.

Побудовано графік залежності інтенсивності генерування сонячної електроенергії до інтенсивності споживання, який показує ефективність використання сонячної електроенергії фізичними особами та ілюструє зміни прибутку при варіації інтенсивності генерування та інтенсивності споживання сонячної електроенергії. З графіка слідує, що найбільший прибуток отримано від сонячної електростанції з потужністю генерування 1000 кВт-год в місяць і при споживанні 100 кВт-год. При збільшенні інтенсивності генерування сонячної електроенергії спостерігається збільшення прибутку.

Таким чином побудована модель для оцінки ефективності впровадження альтернативних джерел енергії з використанням Петрі-об'єктної технології [4]. У подальшому модель може бути використана для дослідження оцінки ефективності колективного споживання джерел сонячної електроенергії; для визначення оптимального розподілу між споживанням альтернативної та традиційної електроенергії.

### Література

1. Шаповалов С.П., Венгрин І.І. Перспективи використання сонячної енергії на території України. Науковий журнал «Молодий вчений» –липень ,2014 - №7–. - С. 21-23.
2. Возняк О.Т., Янків М.Є. Енергетичний потенціал сонячної енергетики та перспективи його використання в Україні. Вісн. Нац. ун-ту «Львів. політехніка». Теорія і практика буд-ва – 2010. - № 664. С.7-10.
3. Стеценко І.В. Моделювання систем: навч. посібник / І.В. Стеценко; М-во освіти і науки України, Черкас. держ. технол. ун-т. – Черкаси: видавництво «Маклаут», 2011. – 502с.
4. Стеценко І. В. Дослідження дискретно-подійних систем з використанням технології Петрі-об'єктного моделювання / І. В. Стеценко // Управляющие системы и машины. - 2014. - № 5. - С. 77-85.



## АЛГОРИТМ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ТЕМПЕРАТУРНОГО ПОЛЯ И НАПРЯЖЕНИЙ ДЛЯ ПОКРЫТИЙ ИЗ ФУНКЦИОНАЛЬНО-ГРАДИЕНТНЫХ МАТЕРИАЛОВ (ФГМ)

В.В. Можаровский, Д.С. Кузьменков, Е.М. Березовская, Т.М. Дёмова  
Гомельский государственный университет им. Ф. Скорины, Беларусь

Исследуем изменение температурного поля в покрытии из функционально-градиентных материалов в случае движения индентора по поверхности покрытия. Для этого используем разработанные теоретические подходы в работах [1, 2, 3] составим алгоритм расчета, построим графические зависимости изменения температуры в покрытии для различных температурных параметров. Например, приняв изменения теплопроводности в зависимости от глубины, т.е. по закону теплопроводности  $k_2(y) = k_1 e^{\delta y}$ , где индекс 1 обозначает коэффициент теплопроводности на поверхности слоя, 2 внутри слоя, также обозначим коэффициентом  $k_3$  теплопроводность на границе слой-основание. Считая, что температурный коэффициент на глубине  $y = h$  равен  $k_3$ ,

легко определяем параметр  $\delta = \frac{1}{h} \ln\left(\frac{k_3}{k_1}\right)$ .

Согласно работам [2,3] температурное поле в покрытии  $T$  должно удовлетворять следующему уравнению:

$$\frac{\partial^2 T}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 T}{\partial y^2} + \delta \frac{\partial T}{\partial y} = 0, \quad (1)$$

и граничным условиям:

$$k_1 \frac{\partial T}{\partial y} = -f(x), |x| < a,$$

где  $f(x)$ -функция, зависящая от нормального напряжения, коэффициента трения, скорости индентора на поверхности. Считаем, что температура при  $y = h$  равна  $T(x, h) = 0$ . Решая уравнение (1) с помощью преобразования Фурье, при ранее заданных граничных условиях, получим:

$$T = \frac{2}{\pi} \int_0^{\infty} \frac{e^{\lambda_1 y} e^{\lambda_2 h} - e^{\lambda_2 y} e^{\lambda_1 h}}{\lambda_1 e^{\lambda_2 h} - \lambda_2 e^{\lambda_1 h}} \cdot \tilde{f}(\beta) e^{-i\beta x} d\beta,$$

где  $\lambda_1(\beta) = -\frac{\delta}{2} + \sqrt{\frac{\delta^2}{4} + \beta^2}$ ,  $\lambda_2(\beta) = -\frac{\delta}{2} - \sqrt{\frac{\delta^2}{4} + \beta^2}$ ,

$$\tilde{f}(\beta) = -\int_{-a}^a \frac{f(t)}{k_1} e^{i\beta t} dt.$$

Был разработан алгоритм и создана программа, реализующая определение напряжений и перемещений в состоянии полупространства из ФГМ и для покрытий.

Программа позволяет выбирать вид нагрузки и строит графики зависимости напряжений от  $x$  при фиксированном  $y$  (см. рис.1,2).

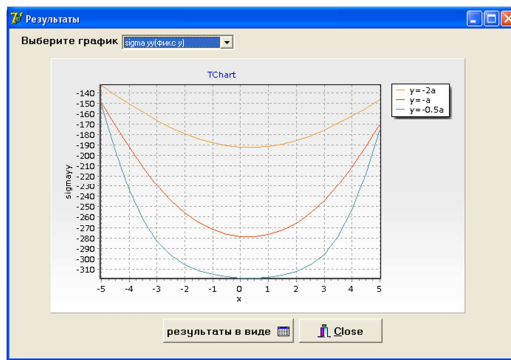


Рисунок 1 – Постоянная нагрузка

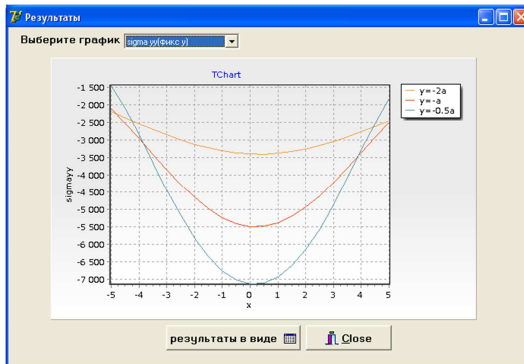


Рисунок 2– Нагрузка в виде параболы  $p(s) = p_0(a^2 - s^2)$

Произведён расчёт напряжений и перемещений, возникающих в полупространстве под действием давления для функционально-градиентного основания. На рисунке 3 показан пример расчёта при действии сосредоточенной силы, а на рисунке 1 при действии распределённой нормальной нагрузки.

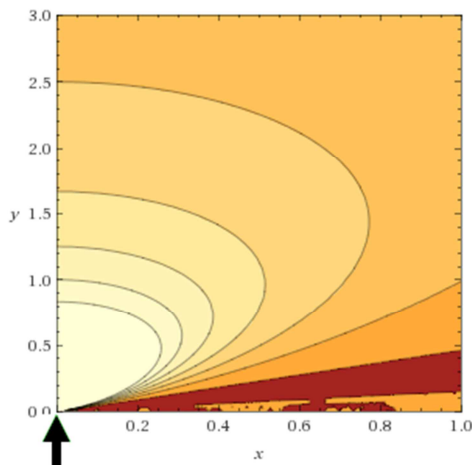


Рисунок 3 – Линии эквивалентных напряжений  $\sigma_{yy}$  в приведенных координатах

Разработан алгоритм, и создана программа, реализующая расчет напряжений и перемещений, возникающих в полупространстве и в покрытии под действием давления, создаваемого жестким индентором.

### Литература

1. Giannakopoulos, A.E. Indentation of solids with gradients in elastic properties / A.E. Giannakopoulos, S. Suresh // Axisymmetric indentors. Int. J. Solids Struct. – 1977. – № 34. – P. 2393–2428.
2. Peijian, C. Thermo-contact mechanics of rigid cylindrical stamps sliding on a finite graded layer / C. Peijian, C. Shaohua // Acta Mech. – 2012. – Vol. 223. – P. 2647–2665.
3. Peijian, C. Thermo-mechanical contact behavior of a finite graded layer under a sliding punch with heat generation / C. Peijian, C. Shaohua // International Journal of Solids and Structures. – 2013. – Vol.50, №6. – P. 34–43, P. 1108–1119.

**МЕТОДИКА АНАЛИЗА И ПРОГНОЗИРОВАНИЯ  
ХАРАКТЕРИСТИК НАДЁЖНОСТИ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ  
ПРОЦЕССОВ ПРОИЗВОДСТВА С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ  
ВЕРОЯТНОСТНО-АЛГЕБРАИЧЕСКОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ**

Е.И. Сукач, Ю.В. Жердецкий, М.А. Бужан

*УО «Гомельский государственный университет им.Ф.Скорины», Беларусь*

Технологические процессы производства (ТПП) обладают рядом особенностей, которые необходимо учитывать при выборе методов и средств исследования их надёжности. К ним можно отнести вероятностные параметры надёжности работы технологического оборудования, задействованного в процессе реализации технологического цикла; наличие ограничений на объем ресурсов, используемых в ходе ТПП; вероятностный характер взаимодействия элементов ТПП с системой управления; необходимость оперативной синхронизации работы элементов системы управления при появлении случайных сбоев и отказов (опасных отказов) в процессе реализации технологических операций (ТХО).

Многообразие вариантов организации ТПП, в ходе которых могут изменяться как параметры их функционирования, так и структура технологического цикла, является основной причиной выбора метода моделирования с целью анализа и прогнозирования характеристик их надёжности. В ряде случаев моделирование позволяет решить задачи оптимизации структуры технологического процесса производства с учетом текущих значений используемых ресурсов и состояния системы в режиме реального времени. Интерес представляют математические модели, учитывающие вероятностную природу ТПП. Это, в первую очередь, имитационные модели, позволяющие на высоком уровне детализации изучить поведение объекта в динамике, выявить его «узкие места», выбрать рациональный вариант его организации [1]. Ограничениями применения имитационных моделей является большая ресурсоемкость моделирования и возможность получения лишь приближённого решения, что в ряде случаев затрудняет выбор решения при управлении ТПП.

В докладе предлагается методика анализа и прогнозирования характеристик надёжности ТПП с использованием вероятностно-алгебраического моделирования. Методика заключается в поэтапном использовании одной из схем формализации и последующей автоматизации создания и эксплуатации вероятностно-алгебраических моделей ТПП. *Первый этап* направлен на формализацию ТПП в виде

графовой схемы и проверку её структурной сложности, позволяющей определить метод исследования. Для этого используются встроенные средства анализа в составе системы вероятностно-алгебраического моделирования. *Второй этап* заключается в использовании одной из параметризованных моделей для построения модели исследуемого ТПП. Для ТПП простой структурной организации выбирается модель, не имеющая ограничений на число элементов и их состояний. Для ТПП с элементами структурно-сложной организации используется модель, реализующая методику сведения к совокупности бинарных моделей. Для ТПП большой размерности реализуется расчётный метод вероятностно-алгебраического моделирования, базирующийся на представлении исследуемого объекта в виде структуры  $n$ -полноусника и реализации вероятностно-алгебраического умножения его подструктур. *Следующий этап* представляет собой эксплуатацию готовой вероятностно-алгебраической модели ТПП, результативность проведения которой гарантируется наличием встроенных средств расчёта сопутствующих статистических характеристик, визуализации результатов моделирования и применения процедур выбора решений. *При переходе* к рассмотрению ТПП в динамике возможен контроль результатов реализации вероятностно-алгебраической модели в пошаговом режиме через фиксированные интервалы времени на соответствие допустимым значениям вероятностей состояний надёжности реализации циклов ТПП. В случае полного соответствия результатов моделирования допустимым значениям вероятностных характеристик надёжности выполнения ТПП работа вероятностно-алгебраической модели продолжается. При обнаружении несоответствия полученных результатов моделирования заданным предельным значениям состояний надёжности реализации ТПП происходит корректировка/обновление параметров моделирования или вносятся изменения в структуру модели, после чего реализуется переход на следующую итерацию моделирования. В результате для заданного периода моделирования в базе данных системы моделирования накапливаются варианты изменения структурной организации ТПП и параметры его реализации на каждой итерации моделирования, определяющие стратегию управления ТПП на заданном временном интервале.

Для демонстрации работы предложенной методики рассматривалась схема ТПП [2], включающая совокупность ТХО, однотипным образом представленных в модели элементами  $K_1-K_{33}$  (рисунок 1), упорядоченная последовательность которых описывала процесс переработки транзитного вагонопотока на сортировочной железнодорожной станции. При оценке надёжности организации ТПП параметрами

модели являлись вектора вероятностей состояний надёжности  $S = \{S_j\}, j = \overline{0,2}$  выделенных элементов (ТХОi):

$$P^i = (p_0^i, p_1^i, p_2^i), \sum_{j=0}^2 p_j^i = 1, i = \overline{1,33} \quad (1)$$

Первые элементы  $p_0^i$  векторов (1) определяли вероятность надёжного выполнения i-ых ТХО,  $p_1^i$  указывали на вероятность безопасных отказов i-ых элементов, а  $p_2^i$  задавали вероятность опасных отказов при выполнении ТХОi.

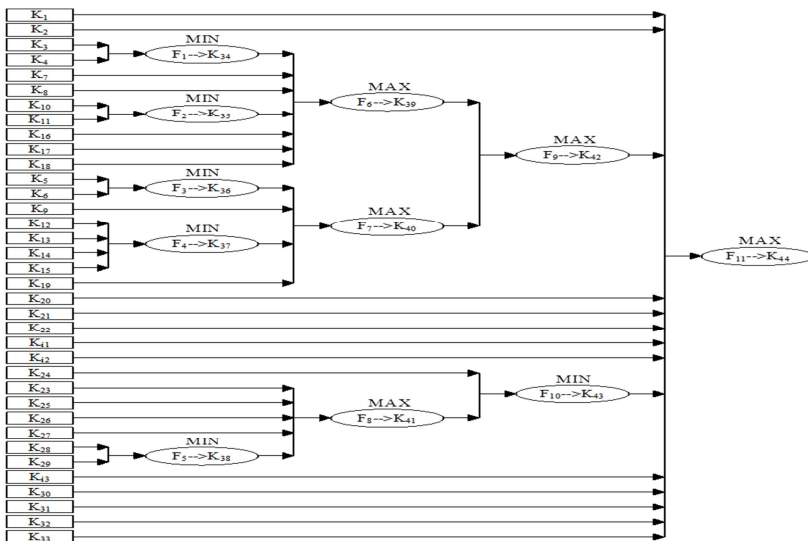


Рисунок 1 – Схема вероятностно-алгебраической модели

*технологического процесса переработки транзитного вагонопотока сортировочной станции*

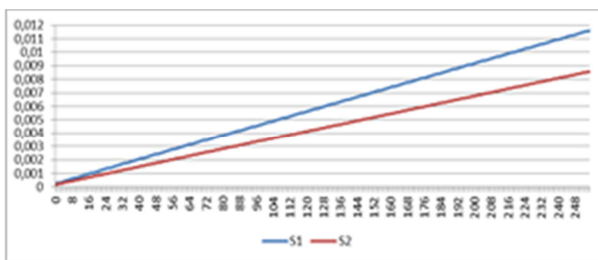
Кроме параметров моделирования вида (1) для реализации динамического моделирования указывался шаг изменения вероятностей состояний опасных ( $S_2$ ) и безопасных отказов ( $S_1$ ) ТХОi. Для заданных значений параметров, определяющих вероятностные значения выполнения ТХОi, рассматривались две стратегии управления ТПП. При первой стратегии на протяжении всего периода моделирования изменения в модель не вносились. При второй стратегии были реализованы управляющие воздействия,

определяющие новые параметра моделирования при достижении предельных параметров выполнения последовательности ТХО.

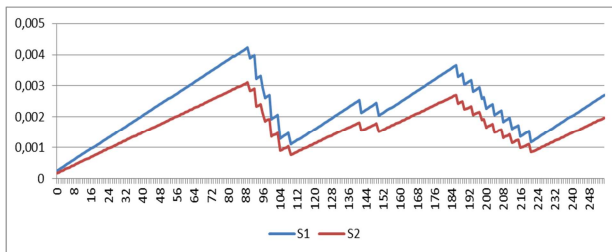
Результаты моделирования ТПП на каждой итерации имели вид:

$$P^s = (p_0^s, p_1^s, p_2^s), \sum_{j=0}^{2n} p_j^s = 1. \quad (2)$$

На рисунке 2 представлены результаты моделирования (вероятности состояний опасных ( $S_2$ ) и безопасных ( $S_1$ ) отказов в ходе реализации циклов ТПП) при двух выбранных стратегиях моделирования для заданных параметров моделирования, выбранных в рабочей точке рабочих параметров реализации ТПП.



*Результаты моделирования при стратегии 1*



*Результаты моделирования при стратегии 2*

*Рисунок 2- Результаты моделирования для двух стратегий моделирования*

Предложенный подход обеспечивает прогнозирование поведения объекта на заданном временном интервале и сравнительный анализ совокупности альтернативных вариантов организации ТПП, что в совокупности позволяет выбрать и обосновать стратегию управления циклами технологического процесса с учётом временных изменений характеристик надёжности реализации совокупности ТХО.

## Литература

1 Максимей, И.В. Технология имитационного моделирования вероятностных технологических процессов производства / И.В. Максимей, Е.О. Попова, А.М. Поташенко, В.С. Смородин, Е.И. Сукач // Весник Гродзенскага дзяржаўнага ўніверсітэта імя Янкі Купалы. Серыя 2. – 2006. – №3(46). – С.51-55.

2 Сукач, Е.И. Вероятностно-алгебраическое моделирование технологических систем производства с элементами потенциальной опасности / Е.И. Сукач, Ю.В. Жердецкий, Д.П. Ковалёв // Девятая международная научно-практическая конференция “Математическое и имитационное моделирование систем. МОДС’2014”, 23-27 июня 2014 г. – Киев-Жукин. – С.198-202.

УДК 621.3:004.94

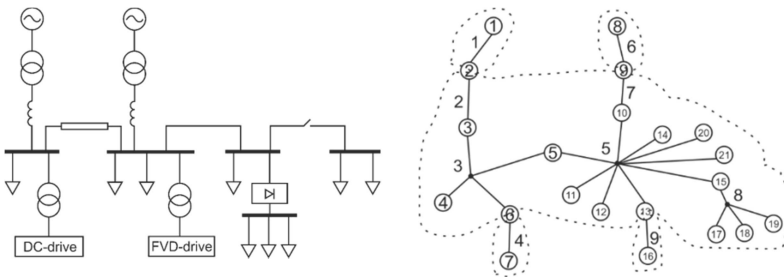
## МОДЕЛЮВАННЯ АУТОНОМНИХ ЕЛЕКТРИЧНИХ СИСТЕМ З ТРАНСФОРМАТОРАМИ МЕТОДОМ СИНТЕТИЧНИХ СХЕМ

к.т.н. С.В. Подольний

*Інститут електродинаміки НАНУ, Україна*

Як правило метод синтетичних схем використовують для електричних кіл з великою кількістю реактивних елементів, оскільки його використання дозволяє суттєво спростити етап формування рівнянь, з подальшим використанням простих методів розрахунку кіл по постійному струму [1-3]. При використанні методу для моделювання автономних електроенергетичних систем виникає ряд складнощів, однією з яких є питання коректного моделювання схем трансформаторів з довільними схемами з’єднань обмоток.

Розглянемо приклад енергосистеми і його еквівалентний однолінійний граф.



*Рис. 1. Приклад автономної енергосистеми*

На початковому етапі формування топологічних матриць порівнюємо усі коефіцієнти трансформації нулю:  $\forall k \in K, k = 0$ , де  $K$  –



множина коефіцієнтів трансформації. В цьому випадку структура матриці  $A Y A'$  буде кластерною –  $\{A_1 Y_1 A'_1, A_2 Y_2 A'_2, \dots, A_N Y_N A'_N\}$ , що цілком очевидно, оскільки без коефіцієнтів зв'язку ми отримаємо кілька електрично-незв'язаних схем. Де  $A$  – топологічна матриця інцидентності,  $Y$  – діагональна матриця провідностей в ланках еквівалентного графа.

Кожен трансформатор, в залежності від конфігурації, вносить в розрахунок кілька невідомих змінних. Наприклад для схеми з'єднань обмоток трикутник/трикутник їх шість  $\{U_a, U_b, U_c, I_a, I_b, I_c\}$ . Цей вектор змінних доповнюється співвідношеннями між струмами і напругами для обмоток лінійного трансформатора:  $U_H/U_L = I_L/I_H = k_T$ , де  $U_H$  – напруга на високій стороні,  $U_L$  – на низькій.

Метод синтетичних кіл на кожному кроці інтегрування завжди має справу з лінійними колами. Якщо в досліджуваній системі наявні нелінійні елементи, то система в кожній наступній ітерації є квазілінійною з відповідною їй матрицею динамічних провідностей. Лінійність дозволяє використовувати принцип суперпозиції:

$$I_i = I_{i0} + g_{i1} U_{1x} + g_{i2} U_{2x} + g_{i3} U_{3x} + \dots + g_{iN} U_{Nx}. \quad (1)$$

Компонента  $I_{i0}$  в (1) включає в себе дію всіх незалежних джерел і накопиченої енергії реактивних елементів. Складові  $g_{i1} \dots g_{iN}$  – провідності еквівалентних двополюсників від ізолюваної дії джерел невідомих напруг на обмотках трансформаторів  $U_{1x}, U_{2x} \dots U_{Nx}$ .

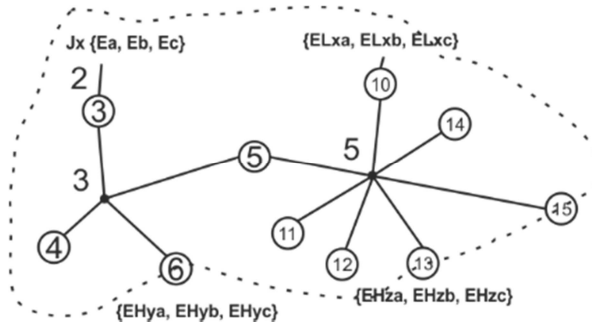


Рис. 2. Кластер з невідомими змінними

Компоненти вектору невідомих  $\{U_a, U_b, U_c, I_a, I_b, I_c\}$  в магнітозв'язаних трансформаторах завжди присутні в двох розрахункових кластерах. Тому, в загальному випадку, в (1) присутні компоненти від незалежних джерел, від змінних в ланках поточного трансформатора  $\{U_a, U_b, U_c, k \cdot U_a, k \cdot U_b, k \cdot U_c\}$ , від змінних в ланках суміжних трансформаторів

$$\{U_{Lxa}, U_{Lxb}, U_{Lxc}, U_{Hya} = k_y \cdot U_{Lya}, U_{Hyb} = k_y \cdot U_{Lyb}, U_{Hyc} = k_y \cdot U_{Lyc}\}$$

по високій і низькій сторонах об'єднаних приналежністю до одного кластера.

Для довільної кількості трансформаторів і розрахункових кластерів достатньо сформулювати дві системи рівнянь відносно струмів. Дві системи повністю охоплюють всю топологію досліджуваної системи:

$$\left\{ \begin{array}{l} I_1 = I_{10} + g_{11}U_1 + g_{12}U_2 + g_{13}U_3 + \dots + g_{1N}U_N \\ I_2 = I_{20} + g_{21}U_1 + g_{22}U_2 + g_{23}U_3 + \dots + g_{2N}U_N \\ \dots\dots\dots \\ I_N = I_{N0} + g_{N1}U_1 + g_{N2}U_2 + g_{N3}U_3 + \dots + g_{NN}U_N \end{array} \right. ,$$

$$\left\{ \begin{array}{l} I_1 = \tilde{I}_{10} + \tilde{g}_{11}U_1 + \tilde{g}_{12}U_2 + \tilde{g}_{13}U_3 + \dots + \tilde{g}_{1N}U_N \\ I_2 = \tilde{I}_{20} + \tilde{g}_{21}U_1 + \tilde{g}_{22}U_2 + \tilde{g}_{23}U_3 + \dots + \tilde{g}_{2N}U_N \\ \dots\dots\dots \\ I_N = \tilde{I}_{N0} + \tilde{g}_{N1}U_1 + \tilde{g}_{N2}U_2 + \tilde{g}_{N3}U_3 + \dots + \tilde{g}_{NN}U_N \end{array} \right. , \quad (2)$$

або:  $I = G_1 \cdot U, \quad I = G_2 \cdot U.$

В залежності від виду компоненти вектору струмів і типу суміжної групи невідомих в (2) з'являються чотири види нормованих провідностей:  $g = 1/R, g = k/R, g = k^2/R, g = k_1k_2/R$ . Враховуючи вказане матриці  $G_1, G_2$  можна представити у вигляді:

$$G_1 = G_L \circ K_L, \quad G_2 = G_H \circ K_H, \quad (3)$$

де "o" – оператор поелементного матричного множення.

$G_L, G_H$  – матриці ненормованих провідностей,

$K_L, K_H \in \{1, k_1, k_1^2, k_1k_2\}$  – матриці нормованих коефіцієнтів.

нів.

Із (2) і (3) випливає основне рівняння для множини невідомих змінних трансформаторів:

$$E = (G_L \circ K_L - G_H \circ K_H)^{-1} \cdot \Delta I. \quad (4)$$

Для знаходження коефіцієнтів матриць  $G_L, G_H$  можна використати топологічне рівняння вузлових потенціалів:

$$U_0 = -(A Y A^t)^{-1} A (J + Y E). \quad (5)$$

Для цього в (5) лише один елемент вектору  $E_i = 1$ , а вектор  $J = 0$ . Кожному елементу матриць  $G_L, G_H$  відповідає своя одиниця в суб-векторі вхідних невідомих напруг. Для неідеального трансформатора добуток  $Y E$  завжди має кінцеве значення.

При наявності сформованих топологічних матриць алгоритм розрахунку зазначених енергосистем з трансформаторами модифікується наступним чином:

- 1) Формується вектор невідомих змінних (напруг) для всіх трансформаторів  $\{U_{Lxa}, U_{Lxb}, U_{Lxc}, \dots\}$ ;
- 2) Циклічним способом розраховуються елементи матриць  $G_L, G_H$ . Якщо в електричній системі відсутні нелінійні елементи, то матриці формуються лише один раз;
- 3) При нульових значеннях вектору невідомих визначається  $\Delta I = I_{H0} - I_{L0}$ . Цей вектор перераховується на кожному кроці інтегрування;
- 4) Згідно (4) визначається вектор невідомих;
- 5) Формується кінцева матриця  $Y E$  і відповідно до (5) знаходиться розподілення потенціалів на n-му кроці інтегрування.

## Література

1. Igor Volkov, Sergii Podolnyi Requirements and approaches for both harmonic analysis and related problems software for specialized nonlinear power systems // Przegląd elektrotechniczny. - 2012, № 3а. - P. 22-24.
2. Волков І.В., Подольний С.В. Метод побудови матриці інцидентності для електроенергетичних систем змішаного типу // Математичне та імітаційне моделювання. МОДС 2012 – 2012, с. 163-166.
3. Демирчан К., Нейман Л., Теоретические основы электротехники. – СПб.:Питер, 2006.

**РАССМОТРЕНИЕ ПРОЦЕССА КОЛЕБАНИЙ КОМПОЗИТНОЙ БАЛКИ С УЧЕТОМ ТЕРМОУПРУГИХ СВОЙСТВ МАТЕРИАЛА**

Е.В. Комракова

*Гомельский государственный технический университет им. П.О.Сухого, Беларусь*

Неравномерный нагрев конструкции часто приводит к появлению в них таких локальных температурных деформаций, которые не только сравнимы с упругими деформациями, но и превосходят их. Следовательно, учет температурных напряжений необходим с точки зрения обеспечения прочности конструкций [1],[2]. Особенно это актуально для конструкций, выполненных из композитных материалов, механические свойства которых зависят от температуры.

Расчет таких конструкций базируется на математическом аппарате механики сплошных сред с учетом явления термоупругости. Расчет термоупругих напряжений осуществляется методами приближенного решения. В случае стационарной термоупругости расчет напряжений основан на решении системы уравнений Ламе в смещениях, а случае решения динамической задачи используется нестационарная система гиперболических уравнений Ламе.

Термоупругое деформирование конструкции является неравновесным процессом, причем взаимосвязь деформации с температурой может быть установлена с помощью законов термодинамики.

При расчете конструкции необходимо рассматривать деформации, возникающие от нестационарных механических и тепловых воздействий. Принято считать, что температурное поле является независимым от деформаций. С учетом этого приближения производят решение уравнений упругости с известными объемными силами, определяемыми температурным полем.

Проводилось численное исследование деформационных и температурных полей в двухслойной композитной балке жестко закрепленной с левой стороны (рисунок 1).

*Рисунок 1 – Расчетная схема задачи*

Уравнение теплопроводности в этом случае имеет вид:

$$\rho C_p \frac{\partial T}{\partial t} - \nabla \cdot (\lambda \nabla T) = Q_h \quad (1)$$

При расчетах предполагалось, что коэффициент теплопроводности  $\lambda$  зависит от температуры линейным образом:

$$\lambda = \lambda_0 \cdot [1 + b(T - T_0)]$$

где  $\lambda_0$  – значение коэффициента теплопроводности при температуре  $T_0 = 0^\circ \text{C}$ ,  $b$  – постоянная, определяемая опытным путем [3].

На правый верхний конец балки воздействует синусоидальная сила частотой  $f = 10$  кГц. Каждый слой балки длиной 1 дм имел поперечное квадратное сечение со стороной 1 см, причем нижний слой изготавливался из титан beta-21S, а верхний слой из алюминия. При вынужденных колебаниях за счет сил вязкого трения происходит выделение тепла в объеме балки.

Закрепленный конец балки находился при температуре  $0^\circ \text{C}$ , а на остальных поверхностях балки осуществлялся конвективный теплообмен описываемый формулой :

$$n \cdot (-\lambda \nabla T) = h(T - T_{\text{среды}})$$

где  $h = 5$  Вт/( $\text{m}^2$ ) – коэффициент теплоотдачи,  $T_{\text{среды}} = 0^\circ \text{C}$  – температура внешней среды.

Расчеты выполнялись в среде программирования *COMSOL* [4]. *COMSOL Multiphysics* – это мощная интерактивная среда для моделирования и расчетов большинства научных и инженерных задач, основанных на дифференциальных уравнениях в частных производных (ДУЧП) методом конечных элементов. Программа позволяет изменять типы анализа, включая стационарный и переходный анализ; линейный и нелинейный анализ; анализ собственных частот.

Для решения ДУЧП *COMSOL Multiphysics* использует метод конечных элементов (МКЭ). Программное обеспечение запускает конечноэлементный анализ вместе с сеткой, учитывающей геометрическую конфигурацию тел, и контролем ошибок с использованием разнообразных численных решателей. Поскольку многие физические законы выражаются в форме ДУЧП, становится возможным моделировать широкий спектр научных и инженерных явлений из многих областей физики. При расчетах использовалась возможность сочетания в данном продукте модулей Heat Transfer in Solids (ht) и Solid Mechanics (solid). Количество тепла (усредненное за период) выделяемое в ло-

кальных областях балки рассчитывалось согласно алгоритму, заложенному в модуль Heat Transfer in Solids, и зависит от коэффициента потерь (0,001 и 0,005 для алюминия и титана соответственно), частоты внешней силы, тензоров напряжений и упругости в соответствующих точках балки).

Исследовались температурные и деформационные поля в зависимости от величины прилагаемой силы и времени воздействия. На рисунке 2 приведен один из таких результатов.

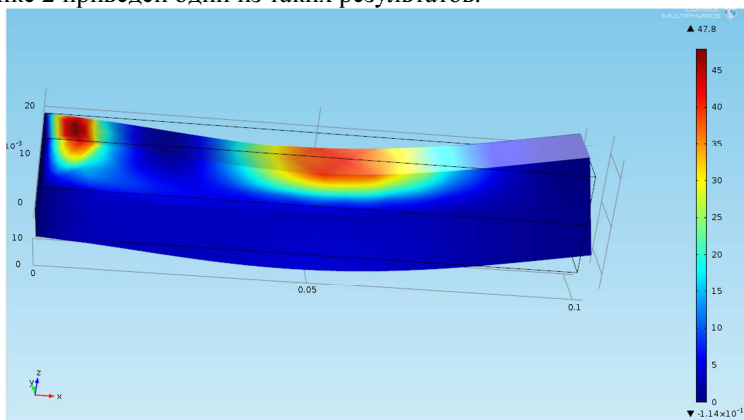


Рисунок 2 – Распределение температуры и внешний вид балки через 2 секунды после начала воздействия силы величиной 2 кН

Рассмотрена зависимость деформации и температурного поля в двухслойной композитной балке, подвергающейся воздействию периодической силы. Показано, что начиная с определенного значения вынуждающей силы в балке будут формироваться две области со значимым превышением температуры над средней по балке. Первая область формируется вблизи закрепленного края балки, а вторая – примерно посередине балки.

### Литература

1. Тимошенко С.П. Теория упругости./ С.П.Тимошенко, Дж.Гудьер – М.: Наука, 1979. – 359 с.
2. Подстригач Я.С. Термоупругость тел неоднородной структуры./ Я.С.Подстригач, В.А.Ломакин, Ю.М.Коляно – М.: Наука, 1984. – 368 с.
3. Физические величины: Справочник. Под редакцией И.С. Григорьева, Е.З. Мейлихова. – М.: Энергоатомиздат, 1991. – 1232 с.
4. Jones A First Principles Approach. Sudbury/ MA: Jones and Bartlett Learning, 2010. – 852 p.

## МАТЕМАТИЧНЕ МОДЕЛЮВАННЯ ЗМЕНШЕННЯ АМПЛІТУДВИПАДКОВИХ КОЛИВАНЬ ТРАНСПОРТНОГО ЗАСОБУ

О.Л. Деркач

*Чернігівський національний технологічний університет, Україна*

Нестационарні випадкові кінематичні збудження є характерними для транспортних конструкцій, які рухаються по поверхні з нерівностями, для споруд при землетрусах, конструкцій, що знаходяться у полі інтенсивних звукових навантажень, тощо [1]. Основними проблемами при проектуванні і експлуатації таких конструкцій є зменшення максимальних динамічних напружень і рівня вібрації, підвищення надійності, комфортності і безпеки. Одним з найбільш ефективних способів забезпечення цих вимог є використання сучасних матеріалів зі спеціальними властивостями, так званих smart-матеріалів, зокрема п'єзоелектриків, які за останні десятиліття інтенсивно вивчаються і застосовуються як у найбільших за масштабами конструкціях авіаційної промисловості, так і у одних із найменших – біонічних пристроях. З огляду на зростаючий інтерес до п'єзоелектричних матеріалів і їх застосування для активних методів гасіння коливань різноманітних типів конструкцій, актуальною стає тема розробки ефективних методів розрахунку дисипативних електров'язкопружних елементів конструкцій, на які діють випадкові нестационарні навантаження.

Транспортний засіб, який рухається з певною швидкістю по поверхні з нерівностями, піддається дії випадкових кінематичних навантажень. Нерівності поверхні будемо імітувати за допомогою дискретного білого шуму з нормальним розподіленням. Для розрахунків достатньо однієї реалізації випадкового процесу.

Випадкові сигнали, що розглядаються, можна проаналізувати використовуючи спектральні методи теорії випадкових процесів [2]. Для цього знайдемо кореляційні матриці дискретного білого шуму [2, с. 150] на першій і другій опорі. Односторонню спектральну щільність потужності випадкового дискретного сигналу  $S_f(\omega)$  знаходимо за допомогою алгоритму швидкого перетворення Фур'є (FFT) [3]:

$$S_{f_{1,2}}(j) = \frac{1}{2 \cdot T} \sum_{j=1}^N \left| FFT[\mathbf{R}_{1,2}(j)] / N \right|^2, \quad j = 1, 2, \dots, N, \quad (1)$$

де  $T$  – інтервал часу на якому розглядається процес,  $N$  – кількість точок дискретизації;  $\mathbf{R}(j)$  – кореляційна матриця випадкового дис-

кретного сигналу. Для дискретного білого шуму кореляційна матриця знаходиться наступним чином [2, с. 150]:

$$\mathbf{R}_{1,2}(j) = \{ \mathbf{x}_{1,2}(j) \} \cdot \mathbf{I}$$

де  $\mathbf{I}$  – одинична матриця,  $\{ \mathbf{x}_{1,2}(j) \}$  – реалізації випадкового процесу на опорах конструкції транспортного засобу.

У відповідності з методикою розрахунку в'язкопружних систем, запропонованою у [4; 5] рівняння динаміки, одержані за допомогою принципу Гамільтона-Остроградського, запишемо у просторі перетворень Фур'є. Ця методика дозволяє коректно ввести комплексні пружні п'єзо- та діелектричні сталі без додаткових перетворень експериментальних даних при коливаннях, відмінних від гармонічних.

Рівняння відносно зображень переміщень  $u_\omega$  і потенціалу  $\varphi_\omega$  в частотному просторі мають вигляд [6]:

$$\begin{aligned} (i\omega)^2 \mathbf{M} \mathbf{u}_\omega + \tilde{\mathbf{K}}_{uu} \mathbf{u}_\omega + \tilde{\mathbf{K}}_{u\varphi}^{\text{sen}} \varphi_\omega^{\text{sen}} + \tilde{\mathbf{K}}_{u\varphi}^{\text{act}} \varphi_\omega^{\text{act}} &= -\mathbf{Z}_1 \cdot \mathbf{S}_{f_1}(\omega) - \mathbf{Z}_2 \cdot \mathbf{S}_{f_2}(\omega) + \mathbf{f}, \\ \tilde{\mathbf{K}}_{\varphi u}^{\text{sen}} \mathbf{u}_\omega + \tilde{\mathbf{K}}_{\varphi\varphi}^{\text{sen}} \varphi_\omega^{\text{sen}} &= 0, \quad \tilde{\mathbf{K}}_{\varphi u}^{\text{act}} \mathbf{u}_\omega + \tilde{\mathbf{K}}_{\varphi\varphi}^{\text{act}} \varphi_\omega^{\text{act}} = \mathbf{Q}(i\omega), \end{aligned} \quad (2)$$

де  $\tilde{\mathbf{K}}_{uu}$  – матриця жорсткості,  $\tilde{\mathbf{K}}_{\varphi\varphi}^{s(a)}$  – матриця електричної «жорсткості»;  $\tilde{\mathbf{K}}_{u\varphi}^{s(a)}$ ,  $\tilde{\mathbf{K}}_{\varphi u}^{s(a)}$  – матриці, які відповідають прямому та зворотному п'єзоелектричному ефекту відповідно;  $\mathbf{M}$  – матриця мас;  $\mathbf{Q}(i\omega)$  – вектор електричного навантаження (шунти);  $\mathbf{f} = i\omega \mathbf{M} \dot{\mathbf{u}}_t(0) + \mathbf{M} \mathbf{u}_t(0)$ ,  $\dot{\mathbf{u}}_t(0)$ ,  $\mathbf{u}_t(0)$  – початкові швидкості і переміщення вузлових точок відповідно;  $\mathbf{Z}_1$ ,  $\mathbf{Z}_2$  – компоненти матриці жорсткості системи, що відповідають граничним кінематичним умовам конструкції;  $\mathbf{S}_{f_1}(\omega)$ ,  $\mathbf{S}_{f_2}(\omega)$  – спектр щільності потужності (1) реалізацій випадкового сигналу, що імітує нерівності поверхні на першій і другій опорі відповідно.

Розглянемо активне гасіння коливань несучої конструкції транспортного засобу за допомогою п'єзоелектричних актуаторів [6]. Активне гасіння коливань здійснюється за допомогою зміни різниці потенціалів на електродах актуатора  $\varphi^{\text{act}}$  з врахуванням показників сенсора  $\varphi^{\text{sen}}$ . Налаштування на певну величину потенціалу актуатора будемо здійснювати у відповідності з сигналом сенсора за наступним законом:



$$\varphi^{\text{act}} = -\dot{p}\varphi^{\text{sen}}, \quad \Phi_{\omega}^{\text{act}} = -\tilde{p}\left(\tilde{\mathbf{K}}_{\text{фр}}^{\text{sen}}\right)^{-1} \tilde{\mathbf{K}}_{\text{фр}}^{\text{sen}} \mathbf{u}_{\omega}, \quad (3)$$

де  $\tilde{p} = i\omega p$ ,  $p = p_0 \pm p_r$  – стаціонарний параметр керування сигналу сенсора, із номінальним значенням  $p_0$  і певним допуском точності обладнання  $p_r$ ;  $\Phi_{\omega}^{\text{act}}$  – зображення Фур'є потенціалу актуатора.

Щоб отримати рівняння відносно зображень переміщень, виключимо електричні потенціали із першого рівняння системи (2) з врахуванням залежностей між сенсором і актуатором (3) при нульових початкових умовах. Для аналізу імовірнісних характеристик коливань конструкції, на опори якої послідовно діють некорельовані один з одним випадкові кінематичні навантаження, одержимо спектральну щільність потужності відгуку конструкції:

$$\mathbf{S}_u(\omega) = \left| H(i\omega) \right|^2 \left( -\mathbf{Z}_1 \cdot \mathbf{S}_{f_1}(\omega) - \mathbf{Z}_2 \cdot \mathbf{S}_{f_2}(\omega) \right), \quad (4)$$

де  $H(i\omega)$  – частотна передаточна функція системи (2). Ця функція у випадку активного гасіння коливань матиме вигляд:

$$H_{\text{act}}(i\omega) = \left[ \tilde{\mathbf{K}}_{\text{uu}} + \tilde{\mathbf{K}}_{\text{уф}}^{\text{sen}} \left( \tilde{\mathbf{K}}_{\text{фр}}^{\text{sen}} \right)^{-1} \tilde{\mathbf{K}}_{\text{фр}}^{\text{sen}} - \tilde{p} \tilde{\mathbf{K}}_{\text{уф}}^{\text{act}} \left( \tilde{\mathbf{K}}_{\text{фр}}^{\text{sen}} \right)^{-1} \tilde{\mathbf{K}}_{\text{фр}}^{\text{sen}} - \omega^2 \mathbf{M} \right]^{-1}. \quad (5)$$

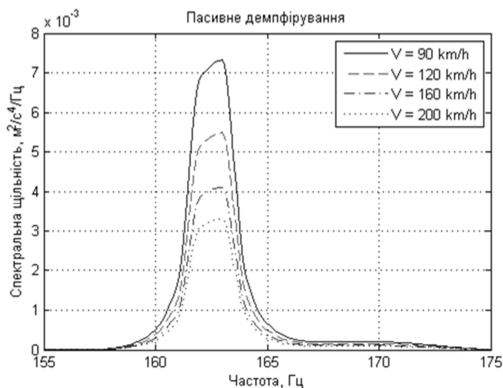
За відсутності активного демпфірування ( $p = 0$ ) розсіяння енергії відбувається тільки за рахунок пасивного. Під пасивним демпфіруванням у такому випадку розуміємо розсіяння механічної й електричної енергії в матеріалі на нагрівання. Залежність (5) у цьому випадку запишемо наступним чином:

$$H_{\text{pas}}(i\omega) = \left[ \tilde{\mathbf{K}}_{\text{uu}} + \tilde{\mathbf{K}}_{\text{уф}}^{\text{sen}} \left( \tilde{\mathbf{K}}_{\text{фр}}^{\text{sen}} \right)^{-1} \tilde{\mathbf{K}}_{\text{фр}}^{\text{sen}} - \omega^2 \mathbf{M} \right]^{-1}.$$

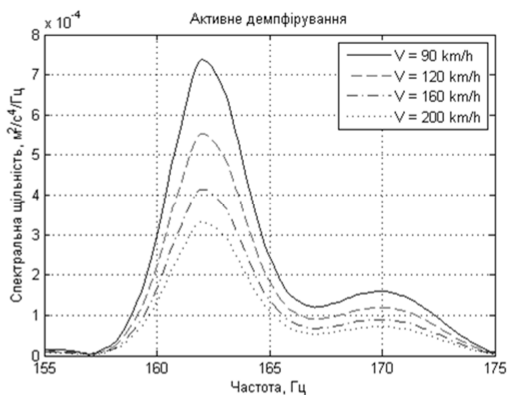
Як правило, при розрахунках транспортних засобів цікавить динаміка під час прискорень. Відгук системи під час прискорення знаходимо за відомою спектральною щільністю потужності (4) [7]:

$$\mathbf{S}_{ii}(\omega) = \omega^2 \mathbf{S}_u(\omega). \quad (6)$$

Результати визначення спектральної щільності потужності реакції транспортного засобу з активними та пасивними накладками, на який послідовно діють випадкові навантаження для певних швидкостей руху, зображені на рис. 1.



a)



б)

Рис. 1. Спектральна щільність потужності (б) коливань конструкції без (а) та з (б) активним демпфіруванням для різних швидкостях руху транспортного засобу

Як бачимо з вищенаведених результатів моделювання, забезпечення певного рівня розсіювання енергії в матеріалі на етапі проектування дозволяє зменшити імовірність виникнення максимальних амплітуд коливань при випадковому навантаженні у вигляді дискретного білого шуму. В розглянутому прикладі активне гасіння коливань дозволяє зменшити пікові значення спектральної щільності потужності системи. Для більш ефективного використання активних методів гасіння коливань потрібно, аналізуючи можливе навантаження, підлаштовувати

необхідну для компенсації переміщень конструкції різницю потенціалів на електродах актуаторів, що при невідомих збуреннях конструкцій видається неможливим. У таких умовах невизначеності зміна різниці потенціалів може проводитись за допомогою застосування адаптивних систем штучного інтелекту.

### Література

1. Bolotin V. V. Random Vibrations of Elastic Systems / V. V. Bolotin. – Springer-science+Busines Media, B.V., 1984. – 468 p.
2. Сергиенко А. Б. Цифровая обработка сигналов / А. Б. Сергиенко. – СПб.: Питер, 2011. – 604 с.
3. Documentation MatLAB. Fourier Analysis and Filtering [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://www.mathworks.com/help/matlab/ref/fft.html>.
4. Дубенец В. Г. Колебания демпфированных композитных конструкций / В. Г. Дубенец, В. В. Хильчевский. – К.: Вища школа, 1995. – Т. 1. – 226 с.
5. Савченко Е. В. Пассивное демпфирование колебаний композитных конструкций: моно-графия / Е. В. Савченко. – Нежин: ООО “Видавництво “Аспект-Поліграф”, 2006. – 232 с.
6. Dubenets V. H. Active damping of nonstationary vibrations in a beam with electro-viscoelastic patches / V. H. Dubenets, O. V. Savchenko, O. L. Derkach // Вісник ЧДТУ. Серія «Технічні науки»: наук. зб. – Чернігів: Черніг. нац. технол. ун-т, 2014. – № 1 (71). – С. 43-49.
7. Lu F. Symplitic Analysis of Vertical Random Vibration for Coupled Vehicle-Track Systems / F. Lu, D. Kennedy, F. W. Williams, J. H. Lin // Journal of Sound and Vibration, 2008 – P. 236-249.

УДК 004

## **МУЛЬТИАГЕНТНИЙ ПІДХІД ІМІТАЦІЙНОГО МОДЕЛЮВАННЯ В УПРАВЛІННІ ФІНАНСОВИМИ РЕСУРСАМИ БАНКУ**

В.В. Храпов, Н.О. Рудь

*Національний Технічний Університет України «Київський Політехнічний Інститут», Україна*

Імітаційне моделювання є відомим, широко поширеним, а іноді і єдиним методом дослідження явищ, процесів, ситуацій або складних динамічних систем. Протягом приблизно вже двох десятиліть розробники систем імітаційного моделювання (СІМ) поряд з класичними методами імітаційного моделювання широко використовують методи штучного інтелекту (експертні системи, нейронні мережі, генетичні алгоритми, мультиагентний підхід, онтології).

На відміну від системної динаміки і дискретно-подієвих моделей, агентні моделі децентралізовані. Тут не визначається поведінка систе-

ми в цілому, поведінка агентів визначається на індивідуальному рівні, а динаміка системи виникає як результат діяльності багатьох агентів. Агентне моделювання є підходом більш універсальним і потужним, адже воно дозволяє врахувати будь-які складні структури та поведінки. Інша важлива перевага агентного моделювання в тому, що розробка моделі можлива у відсутності знання про глобальні залежності: потрібно визначити індивідуальну логіку поведінки учасників процесу для того, щоб побудувати агентну модель і вивести з неї глобальну поведінку. Агентно-модель простіше підтримувати: уточнення зазвичай робляться на локальному рівні і не вимагають глобальних змін.

Мультиагентні системи складаються з безлічі штучних агентів, які працюють спільно. Агент - це еволюція поняття «об'єкт». Існує багато визначень агента. Спільним у них є те, що агент – це деяка сутність, яка володіє активністю, автономною поведінкою, може приймати рішення відповідно до певного набору правил, може взаємодіяти з оточенням і іншими агентами і може змінюватися. Можна сказати, що агент - це об'єкт, що володіє певними властивостями. Наведемо основні властивості, притаманні агенту[1]:

- автономність: агенти функціонують без прямого втручання в їх дії, вони можуть самостійно контролювати свій стан і реагувати на зміни;
- методи спілкування: агенти взаємодіють один з одним за допомогою певної мови;
- реактивність: агенти здатні сприймати навколишнє середовище;
- активність: агенти володіють цілеспрямованою поведінкою і здатні самі проявляти ініціативу;
- інтелектуальна поведінка: агент здатний до навчання, знаходити оптимальні способи поведінки;
- індивідуальна картина світу: кожен агент по своєму сприймає навколишнє середовище;
- мобільність: здатність до передачі коду агента.

Для того щоб агент міг вести себе певним чином, він повинен мати спеціальні «пристрої»: ефектори - органи, що впливають на середу, рецептори - отримують інформацію від дії середовища і процесор - він буде обробляти дану інформацію. Побудова агентних моделей вимагає визначення безлічі агентів і основ їхньої поведінки, визначення взаємовідносин між агентами і теоретичних основ цих відносин, вибору платформи для агентного моделювання [3]. Визначення агентів з точним завданням їх поведінки і взаємодії з іншими агентами - це основа для розробки адекватних агентних моделей.

Традиційні підходи імітаційного моделювання розглядають об'єкти моделювання як щось середнє арифметичне або як пасивні заявки або ресурси в процесі. Ці методи не враховують індивідуальних особливостей кожного з об'єктів, що моделюються. У той же час, саме в силу цих особливостей, може змінюватися динаміка всієї системи в цілому. Агентне моделювання позбавлене цих недоліків, воно розглядає об'єкти як активні, взаємодіючі між собою елементи, здатні виявляти індивідуальні властивості.

З цієї причини можна вважати, що агентне моделювання є найбільш кращим традиційним підходом. При мультиагентному моделюванні є можливість впливати на об'єкти моделювання, а значить можна знайти такі керуючі впливи на агенти, які можуть призвести до бажаної динаміки в обраній системі або явищі.

Застосування мультиагентного підходу в задачах імітаційного моделювання банківських систем вимагає рішення в тій чи іншій мірі наступних основних завдань[5]:

- визначення складу і розподілу ролей агентів серед основних компонент системи;
- формування розподіленої бази знань агентів і побудова загальної онтології, що поділяється між всіма агентами;
- створення інтелектуальних агентів з механізмами логічного висновку рішень;
- організація і планування дій інтелектуальних агентів;
- розробка механізмів взаємодії агентів, включаючи такі як, кооперація, конкуренція, компроміс, конформізм, ухилення від взаємодії, вироблення стратегій агентів при колективній поведінці.

При формуванні агентного уявлення імітаційної моделі необхідно враховувати відмінності функціональної спрямованості діяльності структурних підрозділів банку та їх відношення до системи фінансових потоків, де розглядаються залучення та розміщення підрозділів, доцільно забезпечити модельне уявлення внутрішньобанківського обороту грошових коштів, коли фінансові ресурси передаються від агентів залучення до агентів розміщення за внутрішньою трансфертною ціною. Банк отримує доходи від надання послуг за плату, надання у використання активів за плату, торгівлі цінними паперами та іноземною валютою, від участі в капіталі та продажу активів.

Основними функціями агентів прибутку ProfitAgents є продаж банківських продуктів зовнішнім клієнтам банку, включаючи залучення і розміщення ресурсів, а основним завданням - отримання доходу. До агентам прибутку можуть відноситися відділи: кредитні, цінних папе-

рів, електронних роздрібних послуг, проектного, торгового фінансування, тощо.

Витрати виникають при оплаті винагороди за використання активів, запозичених у інших осіб, оплаті отриманих послуг або придбаних товарів (собівартість реалізації), купівлі матеріальних цінностей для забезпечення діяльності, утриманні персоналу, оплату податків та інших обов'язкових платежів, нарахування резервів, участі в капіталі, спонсорство і благодійних заходах, тощо.

Агенти витрат CostAgents моделюють центри відповідальності, які виконують функції забезпечення, управління та обслуговування функціонування підрозділів банку, діяльність яких зазвичай оцінюють, враховуючи дотримання встановлених внутрішніх нормативів за витратами, термінами і якістю послуг, але не враховуючи дохід і прибуток. Тут виділяються агенти загальнобанківських витрат і агенти витрат операційної підтримки - надають послуги тільки агентам прибутку.

Прибутковими агентами є як агенти, які залучають ресурси, так і ті, що розміщують ресурси на зовнішньому ринку. При цьому якщо агент залучає ресурси, то він повинен отримати дохід, розмістивши ці ресурси на внутрішньому ринку, а якщо агент розміщує ресурси, то він повинен купити відповідно їх на внутрішньому ринку. Даний механізм купівлі / продажу ресурсів реалізується за допомогою трансфертних угод, що укладаються між розглянутими агентами і агентом-казначейства TreasuryAgent, на якого покладається роль внутрішнього управління ресурсами банку та укладення трансфертних угод. Усе разом це забезпечує планування і контроль ефективності використання та розподілу фінансових ресурсів банку, сприяє управлінню ліквідністю і банківськими ризиками, а також є інструментом аналізу доходу та витрат банку і його окремих підрозділів. Важливою особливістю пропонуваної моделі є також об'єднання розглянутих агентів в групи по бізнес-напрямах. Критеріями виділення окремих груп агентів в моделі є: виконання комплексу взаємопов'язаних і близьких послуг і операцій, які становлять єдиний технологічний ланцюжок; наявність власного ринку діяльності; наявність органу, керуючого і координуючого діяльність. Передбачається виділення різних груп агентів, виходячи з розвитку тих чи інших банківських продуктів або послуг (кредитування, розрахункове обслуговування; касові операції; депозити фізичних осіб; дилінгові операції; цінні папери; пластикові картки; консультаційні послуги), ефективного обслуговування за видами клієнтів (корпоративний бізнес, міжбанківський бізнес, індивідуальний бізнес, інвестиційний бізнес), за територіальним принципом. У загальному випадку агент може належати кільком групам[3].

Для кожної сформованої групи здійснюється генерація агента-координатора (кредит, депозит, цінні папери, грошові операції, тощо). Багатовимірний і детальний розподіл фінансових показників в рамках подібної структури дає можливість оцінювати ефективність і впливати на окремі напрями бізнесу і продукти.

Створення в моделі агента-кредиту CreditAgent пов'язано з ініціацією нової кредитної операції у банку - видача кредитів юридичним і фізичним особам. Такий підхід, пов'язаний з можливістю динамічної структурної зміни моделі дає незаперечні переваги в порівнянні з традиційними підходами, при цьому не потрібно щоразу програмувати нову кредитну операцію - досить додати в модель ще одного агента з певним визначенням параметрів його поведінки. Сформована заявка на кредит (величина, тривалість, вид позики, тощо) відправляється активному агенту (наприклад, кредитний відділ філії). Відповідно з лімітом кредитування - гранично можлива сума коштів, що спрямовуються на кредитні операції, визначаються параметри кредитування - терміни, графік, ставка відсотка та інші умови.

Створення в моделі агента-депозиту DepositAgent пов'язано з ініціацією нової депозитної операції в банку. Депозитні операції є основним джерелом формування ресурсної бази банку. Дією агента-депозиту є розміщення заощадження певного виду і величини на депозитному рахунку в банку (відповідному пасивному агента) з урахуванням значення процентної ставки і деякою ймовірністю успіху операції з вкладення коштів.

Після успішно завершених переговорів між агентами їх поведінка пов'язана з наступними діями: можливість поповнення вкладу; нарахування та виплата відсотків; вилучення депозиту, тощо.

Агенти коштів до запитання CashAgents пов'язані з поточними і розрахунковими рахунками банку. Потоки депозитів, запитів на кредит і касові операції моделюються за допомогою імовірнісного розподілу за законом Пуассона і на основі історичних даних.

Розглядаючи основні переваги агентного підходу при імітаційному моделюванні процесів управління фінансовими ресурсами банку, слід відзначити наступне:

- принцип автономності різних частин моделює програми (агентів), спільно функціонуючих в розподіленій системі, де одночасно протікає безліч взаємопов'язаних процесів;
- наявність елементів індивідуальної поведінки (від простих умов і обмежень, до складних, які враховують цілі та стратегії);

- агенти мають можливість навчатися, адаптуватися і міняти свою поведінку, мати динамічні зв'язки з іншими агентами, що можуть формуватися і зникати в процесі функціонування, тощо.

Таким чином, відмінною особливістю мультиагентного підходу до досліджуваних завдань, є те, що побудована в підсумку агентна модель дозволяє здійснювати аналіз та управління фінансовими ресурсами банку в режимі реального часу. На відміну від більшості підходів, де створюється якесь віртуальне середовище, в яке поміщається модель об'єкта, і проводяться численні експерименти, тут агенти моделі запускаються і працюють в режимі реального часу в середовищі об'єкта управління.

### Література

1. Борщев А.В. От системной динамики и традиционного ИМ – к практическим агентным моделям: причины, технология, инструменты. URL: <http://www.gpss.ru/paper/borshevarc.pdf>
2. Карпов Ю.Г. Имитационное моделирование систем. Введение в моделирование с AnyLogic 5. СПб.: БХВ-Петербург, 2005. - 400 с.
3. Кельтон Д.В., Лоу А.М. Имитационное моделирование. СПб.: Питер, 2004. - С. 847.
4. Кудрявцев Е.М. Основы имитационного моделирования различных систем. М.: ДМК пресс, 2014. – с. 320
5. Рыжиков Ю.И. Имитационное моделирование: Теория и технологии. М.: Альтекс-А, 2012. - с. 384

УДК 517.8

## ОБОБЩЕНИЕ ОДНОГО КЛАССА ЗАДАЧ БЕСКОНЕЧНОМЕРНОГО МАТЕМАТИЧЕСКОГО ПРОГРАММИРОВАНИЯ

Л.С. Коряшкина

*Днепропетровский национальный университет имени Олеся Гончара, Украина*

В настоящей работе представлены новые постановки непрерывных задач оптимального разбиения множеств (ОПМ)  $n$ -мерного евклидова пространства, являющихся неклассическими задачами бесконечномерного математического программирования с булевыми переменными [1, 2]. Типичными представителями изученных до настоящего времени задач этого класса являются задачи размещения сервисных центров с одновременным разбиением данного региона, непрерывно заполненного клиентами, на области потребителей (заказчиков), каждая из которых обслуживается **одним** сервисным центром, с целью минимизации затрат на предоставление или получение той или иной услуги.



Примерами пар «сервисный центр – клиенты» могут выступать: предприятия и потребители, автоматические телефонные станции и телефонные абоненты, школы и школьники, избирательные участки и избиратели, больницы и пациенты и т. д.

В данной работе сформулированы математические постановки задач оптимального разбиения заданной области на регионы так, что каждый из регионов составляют те клиенты, которые могут обслуживаться любым из одних и тех же  $k$  центров. И, таким образом, предполагается, что нет строгого закрепления клиента за обслуживающим центром, а к одному региону относятся те точки, которые имеют один и тот же набор  $k$  центров для своего обслуживания.

Такие постановки задач ОРМ будут полезны, например, для изучения конкуренции между сервисными центрами, выявления для каждого центра его реальной сферы деятельности с учетом своих мощностей, а также дополнительной информации о возможностях конкурентов, величине спроса в каждой точке заданного региона, для разработки перспективного плана развития каждого сервисного центра и т.п.

Приведем здесь математическую постановку наиболее простой непрерывной задачи оптимального разбиения множества на подмножества, содержащие точки, у которых один и тот же набор ближайших  $k$  центров среди заданных  $N$  центров.

Пусть  $\Omega$  – ограниченное, измеримое по Лебегу замкнутое множество в пространстве  $E_n$ ,  $\tau_i = (\tau_i^{(1)}, \dots, \tau_i^{(n)}) \in \Omega$ , для всех  $i = 1, \dots, N$ , – фиксированные точки, называемые «центрами».

Введем следующие обозначения:  $N = \{1, 2, \dots, N\}$  – множество всех индексов заданных центров;  $M(N, k)$  – множество всех  $k$ -элементных подмножеств множества  $N$ ,  $|M(N, k)| = C_N^k = L$ ;

$\sigma_l = \{j_1, j_2, \dots, j_k\}$ ,  $l = \overline{1, L}$ , – элементы множества  $M(N, k)$ .

Совокупность измеримых по Лебегу подмножеств  $\Omega_{\sigma_1}, \Omega_{\sigma_2}, \dots, \Omega_{\sigma_L}$  из  $\Omega \subset E_n$  назовем **возможным разбиением  $k$ -го порядка** множества  $\Omega$  на его непересекающиеся подмножества  $\Omega_{\sigma_1}, \Omega_{\sigma_2}, \dots, \Omega_{\sigma_L}$ , если

$$\bigcup_{i=1}^L \Omega_{\sigma_i} = \Omega, \text{mes}(\Omega_{\sigma_i} \cap \Omega_{\sigma_j}) = 0, i \neq j, i, j = 1, \dots, L,$$

где  $\text{mes}(\cdot)$  означает меру Лебега.

Пусть  $\Sigma_{\Omega}^{N,k}$  – класс всех возможных разбиений  $k$ -го порядка множества  $\Omega$  на его непересекающиеся подмножества  $\Omega_{\sigma_1}, \Omega_{\sigma_2}, \dots, \Omega_{\sigma_L}$ :

$$\Sigma_{\Omega}^{N,k} = \left\{ \bar{\omega} = \{ \Omega_{\sigma_1}, \Omega_{\sigma_2}, \dots, \Omega_{\sigma_L} \} : \bigcup_{i=1}^L \Omega_{\sigma_i} = \Omega, \text{mes}(\Omega_{\sigma_i} \cap \Omega_{\sigma_j}) = 0, i \neq j, i, j = 1, \dots, L \right\}$$

Введем в рассмотрение функционал

$$F(\bar{\omega}) = F(\{ \Omega_{\sigma_1}, \Omega_{\sigma_2}, \dots, \Omega_{\sigma_L} \}) = \sum_{l=1}^L \int_{\Omega_l} \sum_{i \in \sigma_l} (c(x, \tau_i) / w_i + a_i) \rho(x) dx$$

где  $c(x, \tau_i)$  – действительные ограниченные определенные на  $\Omega \times \Omega$  функции, измеримые по  $x$  при любом фиксированном  $\tau_i \in \Omega$  для всех  $i = 1, \dots, N$ ;  $\rho(x)$  – ограниченная, измеримая, неотрицательная на  $\Omega$  функция;  $w_i > 0, a_i \geq 0, i = \overline{1, N}$ , – заданные числа.

Под непрерывной линейной задачей оптимального разбиения  $k$ -го порядка множества  $\Omega \subset E_n$  на его непересекающиеся подмножества  $\Omega_{\sigma_1}, \Omega_{\sigma_2}, \dots, \Omega_{\sigma_L}$  (среди которых могут быть пустые) без ограничений с заданными координатами центров  $\tau_1, \dots, \tau_N$  будем понимать следующую задачу.

**Задача А1- $k$ .** Требуется

$$F(\{ \Omega_{\sigma_1}, \Omega_{\sigma_2}, \dots, \Omega_{\sigma_L} \}) \rightarrow \min_{\{ \Omega_1, \dots, \Omega_L \} \in \Sigma_{\Omega}^{N,k}}.$$

Разбиение  $k$ -го порядка  $\bar{\omega}^* = \{ \Omega_{\sigma_1}^*, \Omega_{\sigma_2}^*, \dots, \Omega_{\sigma_L}^* \}$ , доставляющее минимальное значение функционалу  $F$ , будем называть оптимальным в задаче **А1- $k$** .

Представленную задачу можно дополнять различными интегральными ограничениями, учитывающими так называемые мощности центров, а также обобщать на случай неизвестного заранее расположения центров и требовать наряду с оптимальным их размещением в области  $\Omega$  найти и соответствующее разбиение  $k$ -го порядка области  $\Omega$ . При этом, как в классической теории непрерывных задач ОРМ [1], возникают различные типы задач разбиения: с ограничениями в форме равенств и неравенств, с фиксированным расположением центров или их размещением в области или в ее части и т.д.

При решении непрерывных задач ОРМ часто результирующим разбиением заданного ограниченного множества является диаграмма Вороного, точками-генераторами которой выступают сервисные центры. Как известно, диаграмма Вороного – это математический объект вычислительной геометрии, широко применяемый в различных областях науки и техники. В [3] показано, что диаграммы Вороного первого порядка (или стандартные, обычные) и ее различные обобщения могут быть построены на основе единого подхода: формулирования непрерывной задачи оптимального разбиения множества с критерием качества разбиения, обеспечивающим соответствующий вид диаграммы Вороного, и применения математического и алгоритмического аппарата решения таких задач. Результатом такого подхода является возможность строить не только уже известные диаграммы Вороного, но и конструировать новые. В этой связи математические формулировки новых непрерывных задач оптимального разбиения множеств, представленные в данной работе, могут быть использованы для построения диаграмм Вороного высших порядков, а также их различных обобщений (взвешенных, с ограничениями на мощности ячеек Вороного, с учетом мощностей точек-генераторов, с оптимальным размещением точек-генераторов в заданной ограниченной области).

**Замечание** (о выборе названия для нового класса задач ОРМ): В названии новых задач разбиения можно указывать порядок разбиения по аналогии с тем, как в вычислительной геометрии, по сложившейся терминологии, при построении множества точек, имеющих в качестве ближайших  $k$  соседей один и тот же набор  $k$  центров из  $N$  имеющихся, получается ячейка Вороного  $k$ -го порядка, а совокупность всех возможных таких ячеек, ассоциированных с  $N$  точками-генераторами (центрами) называется диаграммой Вороного  $k$ -го порядка.

В английском языке есть слова: «duplex» (среди вариантов перевода которого значатся: рассчитанный на две семьи, спаренный, двой-

ной), «tripleх» (строенный, тройной), «multiplex» (комплексный, сложный, составной). По мнению автора, удачным для всех введенных здесь новых задач ОРМ будет общее название «непрерывные задачи оптимального мультиплексного разбиения множеств», среди которых можно отдельно выделять дуплексные задачи ОРМ (непрерывные задачи оптимального разбиения множеств второго порядка), триплексные задачи ОРМ (непрерывные задачи ОРМ 3-его порядка) и т.д.

Следует различать введенное автором понятие «**мультиплексного**» разбиения от «многократного» разбиения множества. В первом случае разбиение ассоциируют с  $N$  однородными точками, и область разбивают на подмножества точек с одинаковым набором  $k$  ближайших соседей из указанных  $N$  точек. Во втором случае производится обычное разбиение заданного множества, но несколько раз, например, при решении многостадийных (многоэтапных) задач ОРМ [4], в которых сервисные центры различаются по категориям, а разбиение клиентов осуществляется для каждой категории отдельно, или многопродуктовых задач ОРМ [1,2].

### **Литература**

1. Киселева Е. М. Непрерывные задачи оптимального разбиения множеств: теория, алгоритмы, приложения: монография / Е. М. Киселева, Н. З. Шор. – К.: Наукова думка, 2005. – 564 с.
2. Киселева Е.М. Модели и методы решения непрерывных задач оптимального разбиения множеств / Е.М. Киселева, Л.С. Коряшкина. К.: Наукова думка, 2013. – 606 с.
3. Киселева Е.М., Коряшкина Л.С. Теория непрерывных задач оптимального разбиения множеств как универсальный математический аппарат построения диаграммы Вороного и ее обобщений. Часть 1. Теоретические основы. – Кибернетика и системный анализ. – 2015. – Т. 51. – № 3. – С. 3 – 15 с.
4. Ус С. А. О математических моделях многоэтапных задач размещения предприятий / С. А. Ус, О. Д. Станина // Питання прикладної математики і математичного моделювання Дніпропетровськ. – Вид-во «Ліра». – 2014. – С. 258 – 267.

**ИМИТАЦИОННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ УПРАВЛЕНИЯ  
ПОСТАВКАМИ НА ПРИМЕРЕ ТОРГОВОЙ СЕТИ ООО  
«ЕВРООПТ» С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ КАРТЫ ГИС**

А.Э. Алёхина, М.И. Ощепков, Д.А. Метельский

*Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники, Республика Беларусь*

Имитационное моделирование логистических процессов призвано повысить точность и надежность принимаемых управленческих решений, снизить финансовые и бизнес-риски, обнаружить экстренные ситуации, требующие пристального внимания менеджеров.

В работе представлена имитационная модель управления поставками продукции торговой сети «Евроопт» в г.Минске с использованием карт геоинформационных систем. В качестве исходных данных использовались следующие модельные показатели.

- Количество складов – 3.
- Количество магазинов – 47.
- Местоположение складов и магазинов задается в файле Excel в виде набора координат широты и долготы.
- Размер автопарка каждого склада задается равномерно распределенным случайным числом в диапазоне от 5 до 15 машин.
- Скорость восполнения запасов товаров на складах задается равномерно распределенным случайным числом в диапазоне от 2500 до 4000 товаров в час.
- Вместимость складов, равная начальному количеству товаров на складах, также задается равномерно распределенным случайным числом в диапазоне от 100000 до 200000.
- Частота появления заявки на доставку товаров в магазин задается случайным образом раз в 1-2 дня.

Модель основана на трех основных методологиях имитационного моделирования: системной динамике, агентном и дискретно-событийном моделировании и создана с помощью системы имитационного моделирования AnyLogic [1].

Системная динамика представлена диаграммой пополнения складов товарами (рис. 1). Параметр `saracity` формирует поток восполнения запасов товаров на складах - `productionRate`. Параметр `productsInStorage` определяет вместимость складов. Параметр `products` показывает текущее количество товаров на складе. При загрузке груза товарами `products` уменьшается на величину заказа.

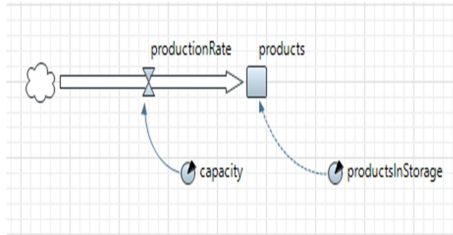


Рис. 1 – Диаграмма пополнения складов товарами

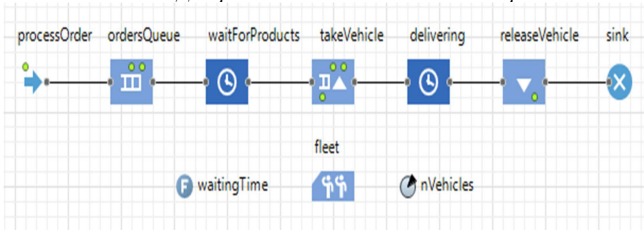


Рис. 2 – Процесс обработки заказа на складе

Дискретно-событийное моделирование используется при обработке заказов на складах (рис. 2). У каждого склада имеется парк грузовых автомобилей— fleet. Когда на склад приходит заказ от торговой точки, происходит проверка наличия товаров на складе — waitForProduct. Если товар в требуемом количестве имеется на складе, то к торговой точке отправляется грузовик с товаром (рис. 3). Иначе, ожидается пополнение склада товарами.

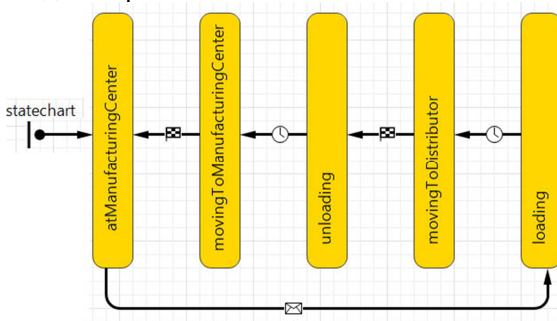


Рис. 3 – Схема движения грузовиков

Грузовик принимает заявку на загрузку товара, которая занимает 1-2 ч. После грузовик отправляется к магазину — источнику заявки. Грузовики перемещаются по существующим автомобильным дорогам; 166

маршрут движения создается при отправлении грузовика к целевой точке. По прибытии, грузовик разгружается 1-2 ч. После возвращается обратно в парк и заявка помечается как обслуженная.

Данная модель является многоагентной: торговые точки, грузовики и склады; каждый с определенными параметрами. Агенты находятся в пространстве ГИС. Координаты торговых точек и складов считываются из файла Excel. Инструменты поиска ГИС используются для нахождения мест на карте и размещения агентов на ней.

На рисунке 4 представлен фрагмент выполнения имитационной модели.

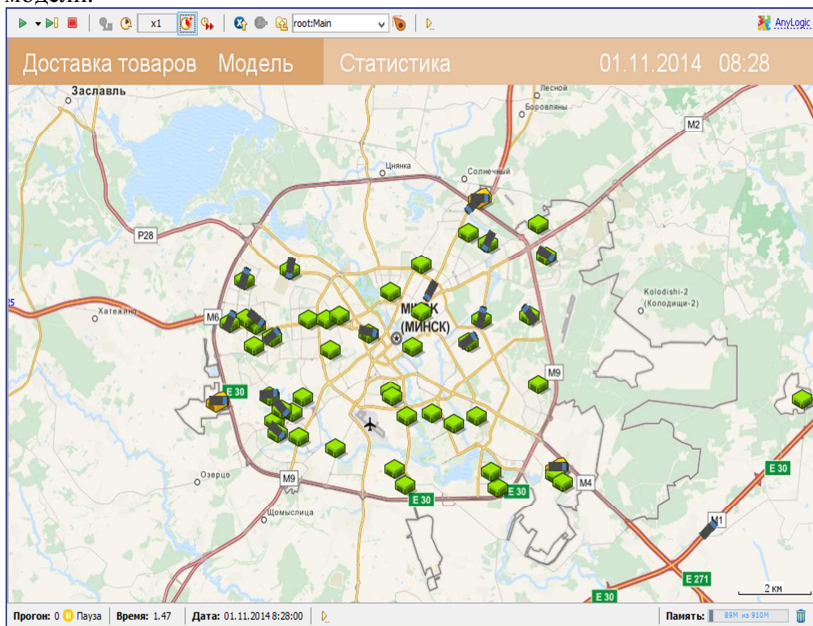


Рис. 4 — Выполнение модели

Собранная в результате имитационного эксперимента статистическая информация о работе модели представлена в виде диаграмм (рис.5). На верхней диаграмме представлены данные о текущих запасах товаров на каждом из складов. На нижнем левом графике отображена информация об использовании парка грузовиков каждого склада. Последняя диаграмма иллюстрирует среднее время ожидания выполнения заявки торговой точкой.

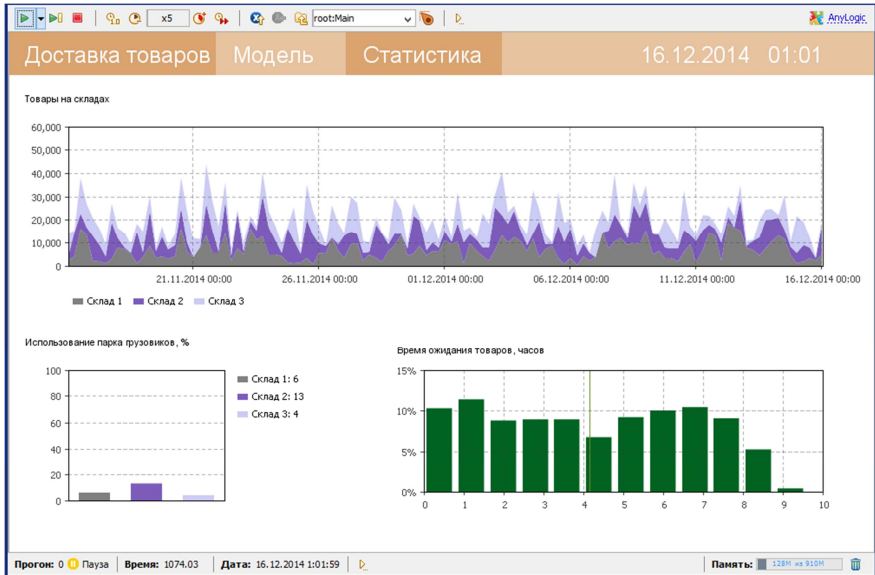


Рис. 5 — Статистическая информация о работе модели

Представленная имитационная модель управления поставками построена на модельных данных и является учебной. Несмотря на это она успешно и уверенно демонстрирует преимущества имитационного моделирования для исследования логистических процессов.

### Литература

1. AnyLogic Help [Электронный ресурс]. – Режим доступа: [http://www.anylogic.com/anylogic/help/index.jsp?nav=/1\\_0](http://www.anylogic.com/anylogic/help/index.jsp?nav=/1_0), свободный.

УДК 004.415:681.518.5

## ПРО ЗАСТОСУВАННЯ НЕЧІТКИХ МНОЖИН ПРИ МОДЕЛЮВАННІ СКЛАДНИХ ІНФРАСТРУКТУР

С.Ф. Теленик, О.М. Моргаль, О.В. Савчук, О.С. Хапілін

*Національний технічний університет «Київський політехнічний інститут», Україна*

В умовах невизначеності технічного чи фізичного стану електро-радіокомпонентів (ЕРК) як складових складних інфраструктур неможливо забезпечити їх необхідну якість та надійність без інтелектуального аналізу діагностичної інформації.



Постановкою проблеми є перевірка можливості застосування нейромережових технологій для удосконалення електрофізичних методів діагностування на прикладі інтегральних мікросхем (ІМС) по інтегральним ефектам для підвищення надійності складних інфраструктур. Вирішувані завдання:

- застосування електрофізичних методів діагностування за інтегральними фізичними ефектами нелінійності ІМС для отримання первинної діагностичної інформації;
- стиснення та інтелектуальний аналіз апостеріорної інформації із застосуванням нейромереж для розбраківки досліджуваних ІМС за їх фізичним станом у середовищі програмного пакету MATLAB та його бібліотеки Neural Network Toolbox.

Інформаційна можливість електрофізичних методів діагностування за інтегральним ефектом нелінійності та загальний підхід до апаратурного забезпечення методів технічного діагностування достатньо повно надається у [1].

Стиснення первинної діагностичної інформації про стан ЕРК виконано за допомогою дискретного розкладання Карунена-Лоева (ДРКЛ), що є розкладанням ансамбля початкових векторів за власними векторами коваріаційної матриці. Для мікросхем цей простір складається з трьох координат, та кількість матриць за типами дефектів зростає до п'яти. Загальна кількість векторів 160 (по 32 зразки для матриць кожного класу). Елементи отриманих ортонормованих матриць  $A_c, B_c, C_c, D_c, E_c$  зображені в просторі та в проекціях (рисунок 1,а-в) [1].

Дослідження принципів обробки багатомірної інформації дало змогу обрати та обґрунтувати доцільність використання розкладу Карунена-Лоева у якості математичного апарату для опрацювання діагностичної інформації ІМС. Для практичної реалізації розбраківки ІМС по інтегральним фізичним ефектам запропоновано застосування сучасних нейромережових технологій (багатошаровий перцептрон, карти Кохонена, радіально-базисні мережі).

На проекціях півсфер [1] експериментально доведено, що ймовірнісні радіально-базисні нейромережі (Probabilistic Neural Network – PNN) мають найвищу точність класифікації 99,96 % за 2 часа навчання як для резисторів, так й для мікросхем, ніж нейромережі з радіально-базисними елементами та заданою нульовою помилкою (82,81 %).

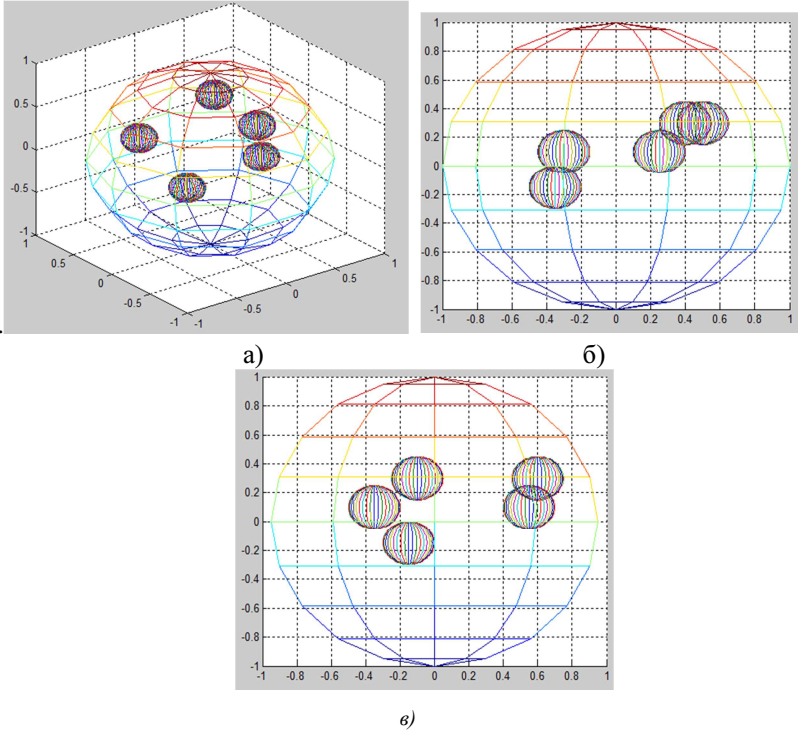


Рисунок 1 – Канонічна форма декомпозиції ортонормованого евклідова простору ДРК.Л.: а) тривимірного з ортами  $X, Y, Z$ ; б) двовимірної проекції з ортами  $X, Z$ ; в) двовимірної проекції з ортами  $Y, Z$

Для подальшого розвитку даного напрямку в майбутньому може бути запропонований апарат нечіткої логіки [1], в якому загальним підходом щодо усунення суб'єктивізму формування правил і функцій приналежності є навчання системи нечіткого логічного висновку на реальних даних. Рішення задач включає наступні традиційні етапи: 1) введення нечіткості (фазифікації); 2) логічний висновок; 3) композицію; 4) приведення до чіткості (дефазифікації). Для другого та третього етапів добре опрацьовані алгоритми Мамдані, Сугено, Ларсена [2]. Зосередимося на фазифікації і побудові правил для логічного виводу.

У нечіткій логіці з  $n$  входами і одним виходом операції здійснюються за правилами, які мають такий вигляд:

$R_j$  : якщо  $K_1 \in A_{1,j_2} \cap K_2 \in A_{2,j_2} \cap \dots \cap K_n \in A_{n,j_2}$ , то  $Q \in S_j$ , (1)

де  $K_i, i = 1, \dots, n$  — вхідні лінгвістичні змінні;  $Q$  — вихідна лінгвістична змінна;  $A_{i,j}$  — нечітка множина вхідної лінгвістичної змінної  $K_i$ ;  $R_j$  — нечітке правило;  $S_j$  — вихідна нечітка множина. Далі термін «лінгвістична» опускаємо

Отже, розглядаємо нечітку систему з  $n$  входами і одним виходом. Для побудови функцій належності будемо використовувати безліч числових навчальних вибірок  $P$  з  $n$  входами і одним виходом  $P = \{(k_{1,j}, \dots, k_{n,j}) \mid j = 1, \dots, m\}$ , яка утворена  $m$  парами входів і виходів даних, де  $k_{i,j}$  - значення  $i$ -й вхідної змінної  $K_i$ , що складає безліч  $(k_{1,j}, \dots, k_{n,j}, q_i)$ ;  $q_i$  - значення відповідної вихідної змінної  $Q$ ,  $1 \leq i \leq n$  і  $1 \leq j \leq m$ .

Перед тим, як будувати нечітке відношення еквівалентності безлічі навчальних вибірок даних  $P$ , необхідно впорядкувати безліч значень змінної  $Q$  в порядку зростання:

$$P' = \{(k'_{1,p}, \dots, k'_{n,p}, q'_p) \mid q'_{p_1} \leq q'_{p_2}, 1, 2, \dots, m, i \mid 1 \leq p_1 \leq p_2 \leq m\}, (2)$$

де  $(k'_{1,p}, k'_{2,p}, \dots, k'_{n,p}, q'_p) \in P$ .

Нечітке відношення сумісності  $R(q'_{p_1}, q'_{p_2})$  між змінними  $Q$  в упорядкованій безлічі навчальної вибірки даних  $P'$  можна визначити за допомогою Евклідової відстані

$$R(q'_{p_1}, q'_{p_2}) = 1 - |q'_{p_1} - q'_{p_2}| / \delta, \quad \delta = \left( \sum_{i=1}^{m-1} |q_i - q_m| \right) / (m-1), (3)$$

де  $q'_{p_1}$  і  $q'_{p_2}$  — значення змінної  $Q$  в упорядкованій множині навчальної вибірки даних  $P'$ ,  $q_m$  —

максимальне значення змінної  $Q$  у множини  $P'$ . Нечітке відношення еквівалентності  $R^T(q'_{p_1}, q'_{p_2})$  між значеннями  $q'_{p_1}$  і  $q'_{p_2}$  змінної  $Q$  множини  $P'$  можна отримати за допомогою max-min транзитивного замикання відношення сумісності  $R(q'_{p_1}, q'_{p_2})$ . Поділимо множину даних упорядкованої навчаючої вибірки  $P'$  на основі  $\alpha$  – перетинів відношення еквівалентності  $R^T(q'_{p_1}, q'_{p_2})$  на  $r$  різних підмножин  $G_j, j = 1, \dots, r$ , де  $j$ -у підмножину  $G_j$  множини  $P'$  можна представити у вигляді:

$$G_j = \{(k'_{1,p}, k'_{2,p}, \dots, k'_{n,p}, q'_p) \mid R^T(q'_{p_1}, q'_{p_2}) \geq \alpha, \alpha \in [0,1], \\ 1 \leq p \leq m, 1 \leq p_1, p_2 \leq m\}, \quad (4)$$

де  $\alpha$  — порогове значення, яке вибирається для розбиття множини  $P'$ ;  $1 \leq j \leq r$  і  $r$  — кількість підмножин, що отримані з множини  $P'$ .

Допустимо, що  $j$ -а множина значень  $O_j$  змінної  $Q$  і  $j$ -а множина значень  $I_{i,j}$  змінної  $K_i$  отримані з підмножини  $G_j$  множини  $P'$ :

$$O_j = \{q_p \mid \forall (k_{1,p}, k_{2,p}, \dots, k_{n,p}, y_p) \in G_j, 1 \leq p \leq m\}, 1 \leq j \leq r \quad (5)$$

$$I_{i,j} = \{k_{i,p} \mid \forall (k_{1,p}, k_{2,p}, \dots, k_{n,p}, q_p) \in G_j, 1 \leq p \leq m\}, 1 \leq i \leq n, 1 \leq j \leq r.$$

Таким чином, функцію належності нечітких множин для змінної  $Q$  можна отримати, використовуючи множину значень  $O_j$ , де  $j = 1, \dots, r$ . Оскільки на основі  $\alpha$ -перетинів відносини еквівалентності значення множини  $P'$  розбиті на  $r$  різних множин  $O_j$ ,  $j = 1, \dots, r$ , то кожен множину  $O_j$  змінної  $Q$  можна вважати  $\alpha$ -перетином  $A_{j,\alpha}$  вихідної нечіткої множини  $A_j$ , тобто  $A_{j,\alpha} = \{q \mid q \in O_j \text{ і } \mu_{A_j}(q) \geq \alpha\}$ ,  $j = 1, \dots, r$ ,

де  $\mu_{A_j}(q)$  — функція належності вихідної нечіткої множини  $A_j$  змінної  $Q$ ;  $O_j$  -  $j$ -а множина вихідних значень змінної  $Q$ .

На основі методу [2], розроблений алгоритм навчання, що дозволяє будувати функції належності вхідних нечітких змінних. Навчальна вибірка даних  $P$  складається з  $m$  пар входів і виходів  $(k_{1,p}, \dots, k_{n,p}, q_p)$  вхідних змінних  $K_1, \dots, K_n$  і вихідної змінної  $Q_p$ ,  $1 \leq p \leq m$ . На етапі розпізнавання вирішуються завдання композиції та приведення до чіткості належності класам фізичних станів досліджуваних ІМС.

Даний підхід дозволить виконати синтез нового типу нейромереж, який дасть змогу досліджувати вибірки даних більших розмірів з меншими витратами часу та більшою точністю. Загальна перспектива розвитку досліджень пов'язана з розробкою нових методів розв'язання задач по оптимальному управлінню складними інфраструктурами.

## Література

1. Савчук О.В., Кривенко К.С. Інтелектуальний аналіз діагностичної інформації складних технічних комплексів// Інтелектуальний аналіз інформації ІАІ-2014 / Зб. праць. – К.: Просвіта. – 2014. – С.172-177.
2. Теленик С.Ф., Моргаль О.М. та ін.. Нечітке оцінювання в задачах управління рівнем обслуговування. / Наукові записки УНДІЗ, №2(18), 2011. - С.24-43.

**ЩОДО МОДЕЛЮВАННЯ ПАРТНЕРСЬКИХ ВІДНОСИН ККП  
ВЕЛИКОГО МІСТА З УРАХУВАННЯМ РОЗПОДІЛУ  
ГОСПОДАРСЬКИХ КОМПЕТЕНЦІЙ**

М.В.Мельникова, О.В.Тарасевич, Г.Г.Нестеров

*Інститут економіко-правових досліджень НАН України, Україна*

У сфері життєзабезпечення великого міста здійснюють господарську діяльність комунальні комерційні підприємства (ККП), які за своєю сутністю є виробничо-господарськими комплексами. Організаційні особливості та економічні можливості виробничо-господарських комплексів виявляються у здатності залучати ресурси та маневрувати ними за рахунок встановлення відповідних зв'язків і відносин, отримувати додатковий ефект, формувати та використовувати спільну виробничу інфраструктуру, а також забезпечувати узгодження виробничих та господарських рішень у процесі управління.

Процес функціонування комунального комерційного підприємства, що функціонує у сфері життєзабезпечення великого міста, є процесом взаємодії економічних агентів. Економічними агентами при цьому виступають ККП – виробничо-господарський комплекс (далі – «ВГК»), його постачальники (далі – «постачальники»), споживачі його продукції: населення і бізнес (далі – «споживачі»), органи центральної і місцевої виконавчої влади і управління (далі – «держава») – зовнішня взаємодія, а також взаємодія усередині підприємства: взаємодія головного офісу з підрозділами і взаємодія персоналу усередині ВГК.

Проте при найближчому розгляді можна зробити висновок, що єдина, загальна взаємодія між всіма елементами описаної системи по суті відсутня: постачальники ВГК не взаємодіють із споживачами його продукції; і в тих, і в інших, безумовно, є свої взаємини з державою, проте ці взаємини – сповна самостійні і не пов'язані з їх взаємодією з ВГК; контакти, конфлікти і проблеми усередині ВГК стосуються виключно його співробітників таким чином, загальна взаємодія розпадається на окремі попарні, за великим рахунком, незалежні один від одного, зовнішні взаємодії ВГК з постачальниками; споживачами; державою, а також внутрішні взаємодії між головним офісом та підрозділами; менеджментом підприємства і його виробничим персоналом.

Слід зазначити, що між ВГК і його партнерами існує прямий і зворотний зв'язок і він взаємодіє попарно з постачальниками, з покупцями і державою. Що стосується внутрішнього середовища ВГК, то взаємодія йде як по лінії головне підприємство – підрозділ, так і між підроз-

ділами, тобто мають місце різні види зв'язків, оскільки готова продукція одного підрозділу може бути ресурсом для іншого, тобто один підрозділ виступає постачальником, а інший покупцем. Вказаний набір взаємодій доцільно описати за допомогою інструментарію економічних взаємодій - теорії ігор [1].

Таким чином маємо множину ігор  $\Gamma = \{\Gamma_i\}_{i=1,2,\dots,5}$ , при цьому

$$\Gamma_i = \Gamma_i(X_i, Y_i, (G_i(X_i, Y_i), H_i(X_i, Y_i))), \quad (1)$$

де  $\Gamma_i$ ,  $i = 1, 2, \dots, 3$  – гра між ВГК та його  $i$ -м партнером;

$\Gamma_4$  – гра між головним офісом та підрозділами ВГК;

$\Gamma_5$  – гра між менеджментом ВГК (головного офісу чи підрозділів) та його виробничим персоналом;

$$X_i = \left\{ x_{ij} \right\}_{\substack{i=1,2,\dots,5; \\ j=1,2,\dots,m_i}}$$

поведінки ВГК (його головного офісу, його менеджменту) в  $i$ -й грі;

$$Y_i = \left\{ y_{ik} \right\}_{\substack{i=1,2,\dots,5; \\ k=1,2,\dots,n_i}}$$

поведінки візаві ВГК (підрозділу, виробничого персоналу) в  $i$ -й грі;

$$G_i(X_i, Y_i) = g_i \left( x_{ij}, y_{ik} \right)_{\substack{i=1,2,\dots,5; \\ j=1,2,\dots,m_i; \\ k=1,2,\dots,n_i}}$$

ВГК (головного офісу, менеджменту) при взаємодії з його  $i$ -м партнером (філією/підрозділом), його виробничим персоналом);

$$H_i(X_i, Y_i) = h_i \left( x_{ij}, y_{ik} \right)_{\substack{i=1,2,\dots,5; \\ j=1,2,\dots,m_i; \\ k=1,2,\dots,n_i}}$$

го партнера ВГК (або підрозділу), виробничого персоналу) при його взаємодії з ВГК (головним офісом, менеджментом).

Слід відмітити, що в загальному випадку взаємозв'язок між іграми  $\Gamma_1, \Gamma_2, \Gamma_3, \Gamma_4, \Gamma_5$  (точніше між їх платіжними функціями) існує – вартість придбаних у постачальників ресурсів впливає на ціну продукції; система оподаткування або адміністративного статусу ВГК позначається на його можливостях і реалізується в стосунках з суміжниками; конфлікти усередині структури можуть негативно позначитися на виробничому процесі. Проте в першому наближенні можна вважати

ігри незалежними, вводючи загальний зв'язок – надбудову на подальших етапах дослідження.

Розглянемо довільну  $i$ -ю ( $i=1, 2, \dots, 5$ ) взаємодію, яке описується грою  $\Gamma_i$ :

$$\Gamma_i = \Gamma_i \left( X_i, Y_i, \left( G_i(X_i, Y_i), H_i(X_i, Y_i) \right) \right) = \\ = \Gamma_i \left( \left\{ x_{ij} \right\}, \left\{ y_{ik} \right\}, \left( \left\{ g_i(x_j, y_k) \right\}, \left\{ h_i(x_j, y_k) \right\} \right) \right)_{\substack{j=1,2,\dots,m_i; \\ k=1,2,\dots,n_i}}$$

Основна проблема будь-якої взаємодії полягає у конфлікті інтересів взаємодіючих сторін, кожна з яких прагне отримати максимально вигідний для себе результат, навіть якщо він не узгоджується з устремліннями іншої сторони. Відомим способом вирішення таких колізій є використання ігрових методів для досягнення рівноваги по Нешу – таких станів (взаємних стратегій), з яких жодна із сторін не може вийти за власною ініціативою без узгодження з партнером [2]. Перевагою даного методу перед компромісним «силовим» діленням доходів між суб'єктами взаємодії є природність розподілу доходів і відсутність претензій через неможливість самостійно виправити ситуацію.

Так зокрема для гри 2x2 наявність та умови рівноваги Неша мають наступний вигляд.

Припустимо, що мається гра, яка наведена у табл.1, причому виконуються умови (2), (3):

$$g(x_1, y_1) > g(x_2, y_1); \quad g(x_1, y_2) < g(x_2, y_2); \quad (2)$$

$$h(x_1, y_1) > h(x_1, y_2); \quad h(x_2, y_1) < h(x_2, y_2). \quad (3)$$

Умови (2), (3) проілюстровані у табл. 1 стрілками, які направлені від меншого значення до більшого.

Таблиця 1- Матриця вартостей взаємодії суб'єктів загального виду

		Суб'єкт 2	
		$y_1$	$y_2$
Суб'єкт 1	$x_1$	$g(x_1, y_1)$	$g(x_1, y_2)$
	$x_2$	$g(x_2, y_1)$	$g(x_2, y_2)$

Представлена модель включається до інформаційної системи підтримки прийняття рішень ККП та може використовуватися автономно при обґрунтуванні проектів розвитку комунальної інфраструктури міст.

При обґрунтуванні проектів розвитку комунальної інфраструктури міст доцільно враховувати розподіл господарських компетенцій між ККП, органом місцевого самоврядування та територіальною громадою. Це пов'язано з правом оперативного управління майновою базою, якою ККП наділяється органом місцевого самоврядування для виконання завдань життєзабезпечення територіальної громади, необхідності виконання розпоряджень власника та узгодження з ним ключових рішень щодо функціонування та розвитку [3]. Зокрема це стосується рішень щодо підключення приватних мереж тепло-, водо- та газопостачання до мереж ККП, які знаходяться у комунальній власності територіальної громади міста, а також при наданні земельних ділянок під приватне будівництво з урахуванням наявності підземних водо-, тепло-, газокомунікацій. При цьому необхідно оцінити ступінь конфліктності та використовувати матриці, які дозволяють обрати напрями запобігання конфлікту інтересів в процесі реалізації проектів. Крім того для узгодження інтересів учасників проектів, коли інформація носить суперечливий характер або представляється недостатньо повною доцільно використання технології експертного оцінювання, яка дозволяє здійснювати формування, структуризацію і формалізацію мети, розробку сценаріїв допустимих альтернативних рішень, вибір процедур ухвалення рішень.

## Література

1. Федосеев В.В. Экономико-математические методы и прикладное моделирование / В.В. Федосеев. – М.: ЮНИТИ, 2002. – 391 с.
2. Nash J. F. Equilibrium Points in n-person Games / J.F. Nash // Proc. Nat. Acad. Sci. – USA. – 1950. – Vol. 36. – P. 48-49.
3. Гринюк Р.Ф. Правовий статус комунальних підприємств // Збірник наукових праць Української Академії державного управління при Президенті України. - Вип.2, ч.2. – К.: Вид-во УАДУ, 2000. – С. 53-57.



**ИМИТАЦИОННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ВЫСОКОВОЛЬТНЫХ АСИНХРОННЫХ ЭЛЕКТРОДВИГАТЕЛЕЙ КОМПРЕССОРОВ В СЛУЧАЕ НЕСАНКЦИОНИРОВАННОГО ОТКЛЮЧЕНИЯ ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ ЭНЕРГИИ**

Г.И.Гульков, А.Л.Руденя, Е.Е. Трофименко,  
*Белорусский Национальный Технический Университет*

В случае несанкционированного отключения электрической энергии происходит нарушения технологического процесса производства продуктов разделения воздуха из-за остановки высоковольтных электрических двигателей нагнетающего и дожимающего компрессоров. В связи с этим в работе проведено имитационное моделирование системы электропривода в случаях просадки или полного отключения электрической энергии и на его основе разработаны рекомендации для уменьшения ущерба технологическому процессу производства продуктов разделения воздуха.

В работе разработана математическая модель высоковольтных электродвигателей мощностью  $P_1=2,3 \text{ MВт}$ ,  $P_2=4,3 \text{ MВт}$  при питании от высоковольтного преобразователя частоты (ВПЧА), для обеспечения плавного пуска компрессорной установки с заданными значениями пускового тока (рисунок 1,2).

Система управления, реализованная в модели ВПЧА, осуществляет векторное управление асинхронным двигателем и обеспечивает: плавный пуск и устойчивую работу электропривода при работе на компрессоры.

На основе предложенных моделей проведено имитационное моделирование в Matlab Simulink электроприводов нагнетающего и дожимающего компрессоров (рисунок 3). В результате моделирования были получены зависимости электрических и механических переменных двигателей компрессоров во времени.

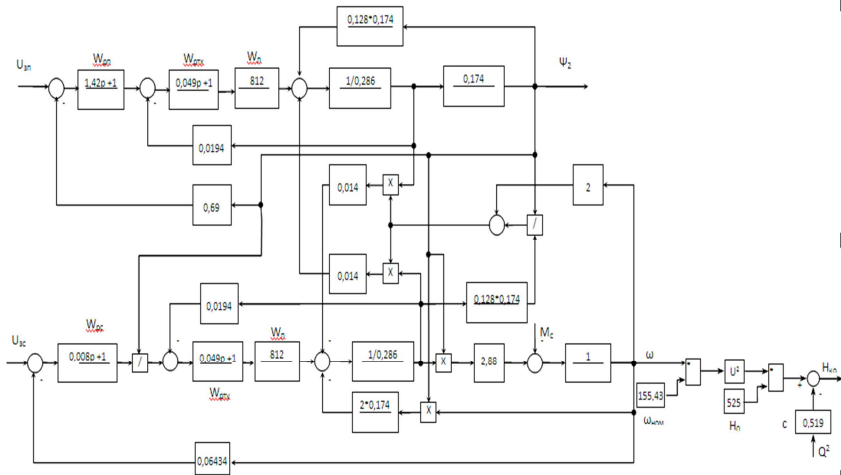


Рисунок 1 – Математическая модель электропривода нагнетающего компрессора.

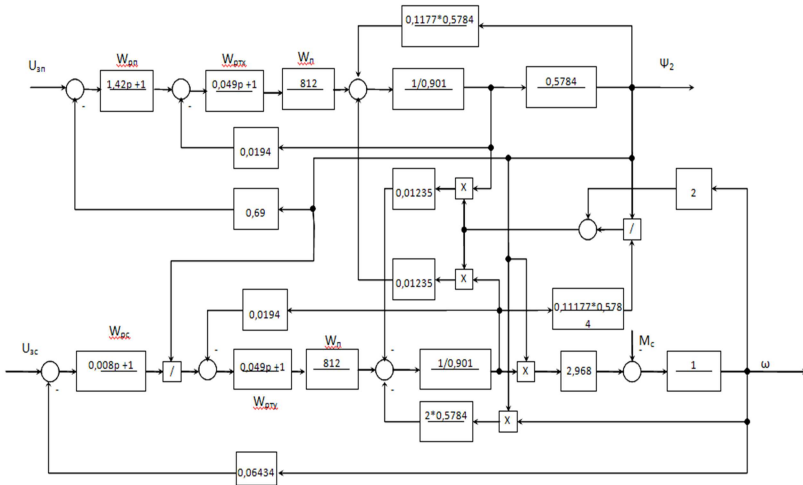


Рисунок 2 – Математическая модель электропривода дожимающего компрессора.

Анализ результатов выявил следующее (рисунок 4):

- при понижении напряжения до 5000 В в течение 2 с и более двигатель остается в работе;
- уменьшение напряжения до 4000 В при времени понижения  $\Delta t > 1,5$  с приводит к опрокидыванию двигателя;

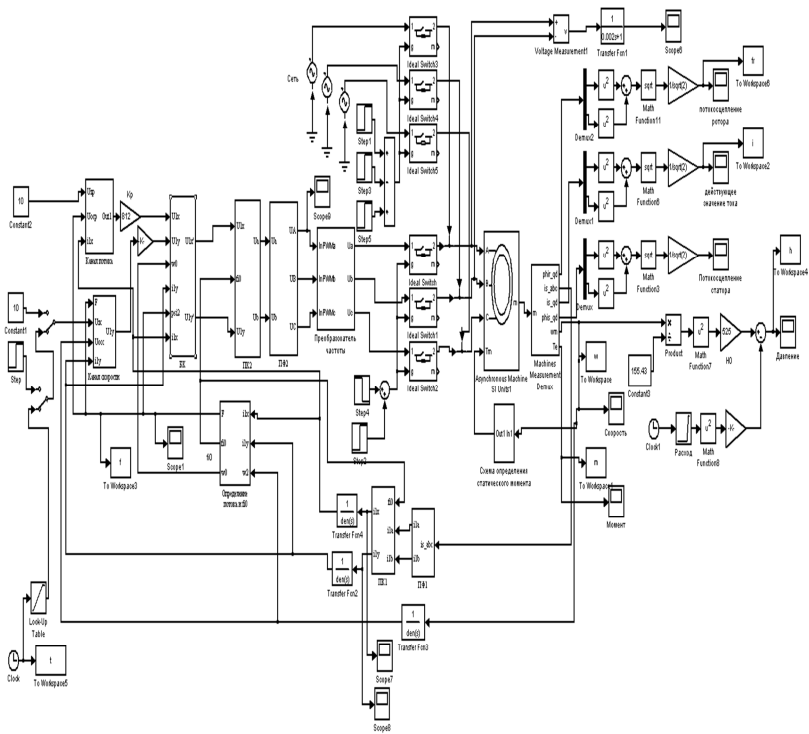


Рисунок 3 – структурная схема модели электропривода компрессора

- уменьшение напряжения до 3000 В при времени понижения  $t > 0,85$  с приводит к опрокидыванию двигателя;
- уменьшение напряжения до 2000 В при времени  $\Delta t > 0,64$  с приводит к опрокидыванию двигателя;
- исчезновение напряжения на время  $\Delta t > 0,46$  с приводит к опрокидыванию двигателя;
- сравнение допустимого времени для двигателей дожимающего и нагнетающего компрессоров показывает, что для двигателя дожимающего компрессора допустимое время меньше примерно в два раза.

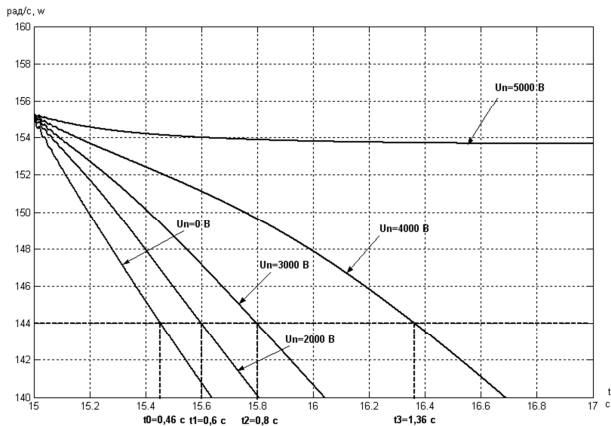


Рисунок 4 – Графики зависимости снижения скорости от времени при различных напряжениях просадки для нагнетающего компрессора.

Анализ графиков, представленных на рис. 4, показывает, что устойчивость работы двигателей зависит от величины понижения питающего напряжения и времени понижения. Больше величина понижения напряжения – меньше допустимое время. При исчезновении напряжения двигатель дожимающего компрессора не может вернуться в рабочий режим. Процесс понижения напряжения и время понижения носят случайный характер.

На основании полученных результатов были разработаны рекомендации для предприятия использующего данные компрессора для производства продуктов разделения воздуха:

- для исключения пропадания или просадки напряжения в результате случайного характера предлагается использовать быстродействующее (тиристорное) автоматическое включение ввода резервного питания;

- при снижении питающего напряжения ниже 4500 В отключать двигатель дожимающего компрессора, учитывая возможность его последующего запуска в течение 30 мин

## АРХИТЕКТУРА ДЕЦЕНТРАЛІЗОВАНОЇ РЕКОМЕНДАЦІЙНОЇ СИСТЕМИ

Багіщев О.С.

*Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут»*

Кожен день людство створює все більше і більше книг, музики, фільмів та інших творів мистецтва. Існують різноманітні списки рекомендацій, визнані шедеври, бестселлери, але задача пошуку речей, що дійсно варті уваги, все одно не втрачає своєї актуальності. Через це вже декілька десятиліть вчені працюють над рекомендаційними системами, що здатні самостійно відшукувати речі, котрі будуть до вподоби користувачу. Значною перевагою таких систем є те, що вони видають строго персоналізовані результати, а не загальні рекомендації.

Існує декілька підходів до побудови рекомендаційних систем, проте всі вони тримаються на припущенні про те, що користувачеві подобаються речі, що до вподоби користувачам зі схожими смаками. Таким чином, задача розрахунку *прогнозу* оцінки зводиться до розв'язання двох підзадач: пошуку користувачів зі схожими смаками і власне розрахунок прогнозу на основі оцінок інших.

Для оцінки схожості зазвичай користуються коефіцієнтом кореляції Пірсона, що розраховується за наступною формулою:

$$r = \frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})(y_i - \bar{y})}{\sqrt{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2} \sqrt{\sum_{i=1}^n (y_i - \bar{y})^2}},$$

де  $n$  — кількість речей, котрі оцінили обидва користувачі;  $x_i$  та  $y_i$  — оцінки першого та другого користувачів;  $\bar{x}$  та  $\bar{y}$  — середні значення оцінок першого та другого користувачів.

Для обчислення прогнозу беруть усіх користувачів, коефіцієнт кореляції яких із поточним більший за 0,5, і розраховують прогноз оцінки як зважене середнє арифметичне оцінок користувачів зі схожими смаками:

$$p = \sum_{i=1}^m r_i \cdot x_i,$$

де  $m$  — кількість користувачів зі схожими смаками;  $I_i$  — коефіцієнт кореляції  $i$ -го користувача із поточним;  $X_i$  — оцінка, котру дав обраній речі  $i$ -й користувач.

Усі існуючі на даний момент реалізації такої системи побудовані так, що користувачі змушені довіряти свої дані певному агенту, котрий на основі знань про усіх користувачів здатен робити прогнози щодо того, сподобається певна річ заданому користувачу чи ні. Проте у світлі недавніх новин про шпигунство Агентства національної безпеки США централізована архітектура стає значним недоліком, оскільки вона створює єдину точку відмови. Таким чином приходимо до необхідності побудови децентралізованої рекомендаційної системи.

Очевидно, що у децентралізованій системі прогнози мають будувати самі клієнти, але обчислення мають проходити так, щоб кінцевий результат був доступний лише користувачеві, що відправив запит. Цим вимогам відповідає вже відома криптографам задача побудови протоколу конфіденційного обчислення. Наведені вище формули легко перепишуються так, щоб обчислення можна було провести розподілено невеликими частинами, котрі будуть об'єднані в єдиний прогноз лише в самому кінці.

Задачу побудови протоколу конфіденційного обчислення можна розв'язувати багатьма способами, але особливий інтерес викликає використання *повністю гомоморфної системи шифрування*. Повністю гомоморфною називається така система шифрування, у якій операції над шифротекстом відповідають операціям над відкритим текстом, тобто  $m' = D[E(f(m))] = D[E(f)E(m)]$ , де  $m$  — відкритий текст,  $m'$  — результат операції,  $f$  — деяка функція,  $E$  та  $D$  — функції шифрування та дешифрування.

Користуючись повністю гомоморфною системою шифрування, можна обчислити рекомендацію так, що результат буде доступним лише користувачеві, що зробив запит. Обчислення складатиметься з мережі мілких обчислень, котрі в результаті дадуть прогноз оцінки. Для цього кожна пара користувачів може самостійно обчислити свої коефіцієнти кореляції. Це означає, що користувач, що робить запит, бере участь у  $M$  ( $M \geq m$ ) обчисленнях. Після цього користувачі, у котрих коефіцієнти кореляції з поточним більші за 0,5, проводять одне спільне обчислення прогнозу. Зазначимо, що коефіцієнти кореляції користувачів можна зробити публічними, і безпека обчислень не буде порушуватись, якщо в обчисленні беруть участь більш ніж два клієнти.

Першу повністю гомоморфну систему шифрування запропонував у 2009-му році Гентрі. Вона використовує ідеї еліптичних кривих та ідеальних. На даний момент вона занадто повільна для того, щоб використовувати її на практиці, проте Гентрі та інші постійно її покращують.

### Література

1. [https://uk.wikipedia.org/wiki/Рекомендаційна\\_система](https://uk.wikipedia.org/wiki/Рекомендаційна_система)
2. <https://crypto.stanford.edu/craig/>

УДК 621.316.13

## МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫХ ПРОЦЕССОВ В ЭКРАНИРОВАННЫХ КАБЕЛЯХ

Д. А. Маевский, А. Н. Семенов, Е. Ю. Маевская, Г. Н. Кучеренко  
*Одесский национальный политехнический университет*

Силовые электрические кабели являются одним из наиболее высокоэффективных современных средств передачи и распределения электрической энергии. Кабель представляет собой один или чаще несколько изолированных проводников в общей диэлектрической оболочке, поверх которой в зависимости от условий прокладки и эксплуатации может быть защитное покрытие в виде ферромагнитной брони. Наличие такой брони приводит к повышению напряженности электрического и магнитного полей внутри кабеля, что, в свою очередь, приводит к усилению взаимных связей между его проводниками. За счет этих связей могут возникать взаимные помехи, что приводит к понижению качества электрической энергии в системах электроснабжения. Вид и степень таких помех в настоящее время практически не исследованы [1], в результате чего проектирование систем электроснабжения выполняется без их учета. Поэтому математическое моделирование электромагнитных процессов в экранированных кабелях и исследование на его основе степени взаимных помех является актуальной задачей.

Для математического моделирования электромагнитных процессов в кабеле составлена схема замещения бесконечно малого участка (длиной  $dx$ ) любых двух проводников кабеля, показанная на рис. 1. На этой схеме:  $R_1$ ,  $R_2$ ,  $L_1$ ,  $L_2$ ,  $G_{12}$ ,  $C_{12}$ ,  $G_{10}$ ,  $G_{20}$ ,  $C_{10}$  и  $C_{20}$  первичные параметры кабеля.

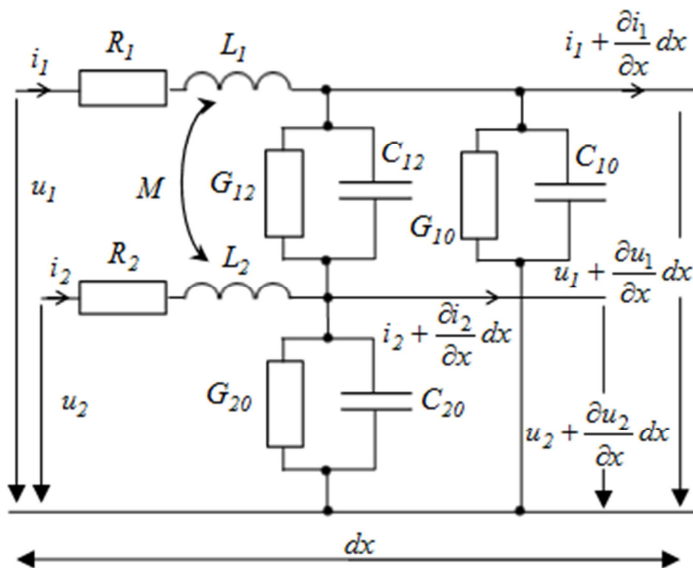


Рис. 1 Схема замещения участка кабеля

На основании этой схемы построена математическая модель (система 1) электромагнитных процессов в этой системе:  $G_{S1} = G_{10} + G_{12}$ ,  $G_{S2} = G_{20} + G_{12}$ ,  $C_{S1} = C_{10} + C_{12}$ ,  $C_{S2} = C_{20} + C_{12}$ .

$$\begin{cases} -\frac{\partial u_1}{\partial x} = L_1 \frac{\partial i_1}{\partial t} + M \frac{\partial i_2}{\partial t} + R_1 i_1 \\ -\frac{\partial u_2}{\partial x} = L_2 \frac{\partial i_2}{\partial t} + M \frac{\partial i_1}{\partial t} + R_2 i_2 \\ -\frac{\partial i_1}{\partial x} = G_{S1} u_1 + C_{S1} \frac{\partial u_1}{\partial t} - G_{12} u_2 - C_{12} \frac{\partial u_2}{\partial t} \\ -\frac{\partial i_2}{\partial x} = G_{S2} u_2 + C_{S2} \frac{\partial u_2}{\partial t} - G_{21} u_1 - C_{21} \frac{\partial u_1}{\partial t} \end{cases} \quad (1)$$

Аналитическое решение этой системы возможно лишь в некоторых частных случаях, например, при подключении на входе кабеля постоянных напряжений  $U_{11}$  и  $U_{21}$  при подключении на выходе одинаковой активной нагрузки  $R_H$ . Выполнив для этого случая решение системы (1) операторным методом, получим зависимости для напряже-



ний  $u_1(t, x)$  и  $u_2(t, x)$  в любой точке первого и второго проводников в виде алгебраической суммы двух составляющих полуволн:

$$\begin{aligned} u_1(t, x) &= u_{01} + u_{02} \\ u_2(t, x) &= u_{01} - u_{02} \end{aligned} \quad (2)$$

Математические выражения для этих полуволн зависят от соотношения между сопротивлением нагрузки  $R_H$  линий и их волновых со-

противлений  $Z_{B1}$  и  $Z_{B2}$ , вычисляемых как:  $Z_{B1} = \sqrt{\frac{L_0 + M}{C_S - C_{12}}}$ ,

$$Z_{B2} = \sqrt{\frac{L_0 - M}{C_S + C_{12}}}.$$

$$u_{01} = \left\{ \begin{aligned} &\frac{U_{11} + U_{21}}{2} \left[ 1 - \frac{\operatorname{sh}\left(a_{11} \frac{x}{l}\right)}{a_{11}} e^{-a_{11} \frac{vt}{l}} + e^{-a_{11} \frac{vt}{l}} \sum_{k=1}^{\infty} \frac{e^{-a_{11} \frac{x}{l}} \cos\left[k\omega_1 \left(t + \frac{x}{v_1}\right) + \varphi_{1k}\right] - e^{-a_{11} \frac{x}{l}} \cos\left[k\omega_1 \left(t - \frac{x}{v_1}\right) + \varphi_{1k}\right]}{\sqrt{a_{11}^2 + k^2 \pi^2}} \right] \\ &\frac{U_{11} + U_{21}}{2} \left[ 1 + e^{-a_{12} \frac{vt}{l}} \sum_{k=1}^{\infty} \frac{e^{-a_{12} \frac{x}{l}} \cos\left[\omega_{1k} \left(t + \frac{x}{v_1}\right) + \psi_{1k}\right] - e^{-a_{12} \frac{x}{l}} \cos\left[\omega_{1k} \left(t - \frac{x}{v_1}\right) + \psi_{1k}\right]}{\sqrt{a_{12}^2 + \left(\frac{2k+1}{2} \pi\right)^2}} \right] \end{aligned} \right\}$$

$$u_{02} = \left\{ \begin{aligned} &\frac{U_{11} - U_{21}}{2} \left[ 1 - \frac{\operatorname{sh}\left(a_{21} \frac{x}{l}\right)}{a_{21}} e^{-a_{21} \frac{vt}{l}} + e^{-a_{21} \frac{vt}{l}} \sum_{k=1}^{\infty} \frac{e^{-a_{21} \frac{x}{l}} \cos\left[k\omega_2 \left(t + \frac{x}{v_2}\right) + \varphi_{2k}\right] - e^{-a_{21} \frac{x}{l}} \cos\left[k\omega_2 \left(t - \frac{x}{v_2}\right) + \varphi_{2k}\right]}{\sqrt{a_{21}^2 + k^2 \pi^2}} \right] \\ &\frac{U_{11} - U_{21}}{2} \left[ 1 + e^{-a_{22} \frac{vt}{l}} \sum_{k=1}^{\infty} \frac{e^{-a_{22} \frac{x}{l}} \cos\left[\omega_{2k} \left(t + \frac{x}{v_2}\right) + \psi_{2k}\right] - e^{-a_{22} \frac{x}{l}} \cos\left[\omega_{2k} \left(t - \frac{x}{v_2}\right) + \psi_{2k}\right]}{\sqrt{a_{22}^2 + \left(\frac{2k+1}{2} \pi\right)^2}} \right] \end{aligned} \right\}$$

Здесь:  $a_{11} = \operatorname{arcth} \frac{R_H}{Z_{B1}}$ ,  $a_{12} = \operatorname{arcth} \frac{Z_{B1}}{R_H}$ ,  $a_{21} = \operatorname{arcth} \frac{R_H}{Z_{B2}}$ ,  
 $a_{22} = \operatorname{arcth} \frac{Z_{B2}}{R_H}$ ,  $\omega_1 = \frac{\pi}{l \sqrt{(L_0 + M)(C_S - C_{12})}}$ ,  $\varphi_{1k} = \operatorname{arctg} \frac{k\pi}{a_{11}}$ ,

$$\varphi_{1k} = \arctg \frac{k\pi}{a_{21}}, \quad \psi_{1k} = \arctg \left( \frac{2k+1}{2a_{12}} \pi \right), \quad \psi_{2k} = \arctg \left( \frac{2k+1}{2a_{22}} \pi \right),$$

$$\omega_2 = \frac{\pi}{l\sqrt{(L_0 - M)(C_S + C_{12})}},$$

$$\omega_{1k} = \frac{(2k+1)\pi}{2l\sqrt{(L_0 + M)(C_S - C_{12})}}, \quad \omega_{2k} = \frac{(2k+1)\pi}{2l\sqrt{(L_0 - M)(C_S + C_{12})}},$$

$$v_1 = \frac{1}{\sqrt{(L_0 + M)(C_S - C_{12})}}, \quad v_2 = \frac{1}{\sqrt{(L_0 - M)(C_S + C_{12})}}.$$

В приведенных выше выражениях для  $u_{01}$  и  $u_{02}$  верхнее уравнение соответствует случаю, когда  $Z_{B1} < R_H$ , а нижнее –  $Z_{B1} \geq R_H$ . На основании приведенной математической модели выполнено исследование электромагнитных процессов в реальном кабеле марки ААГ 3 × 25-6 с такими значениями первичных параметров [2]:  $R_1 = R_2 = 1,66 \Omega/km$ ,  $L_1 = L_2 = 3,95 \cdot 10^{-4} H/km$ ,  $M = 2,9 \cdot 10^{-4} H/km$ ,  $C_{10} = C_{20} = 0,182 \cdot 10^{-6} F/km$ ,  $C_{12} = 0,28 \cdot 10^{-6} F/km$ ,  $G_{12} = G_{10} = G_{20} = 0$ . На вход первого проводника (активного) подключается постоянное напряжение  $U_{11} = 1000V$ , а вход второго (пассивного) проводника никуда не подключен. Оба проводника нагружены на одинаковое активное сопротивление  $R_H = 10 \Omega$ . Результаты моделирования закона изменения напряжения на выходе проводников кабеля длиной 10 километров приведены на рис. 2.

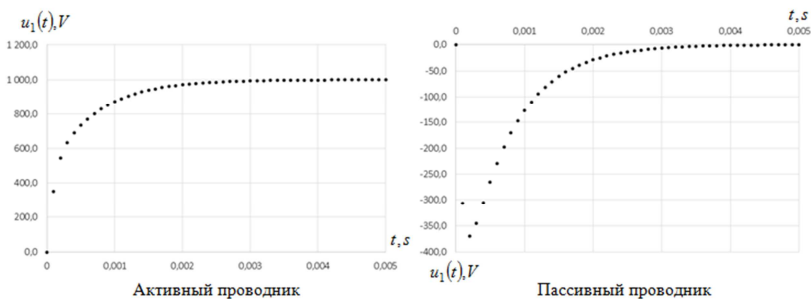


Рис. 2. Результаты моделирования напряжений на выходе кабеля

Как видно из рис. 2, напряжение помехи на выходе пассивного проводника может достигать уровня до 37% от напряжения активного. Это свидетельствует о неизбежном снижении показателей качества электрической энергии при импульсных электромагнитных процессах в кабеле.

### **Литература**

1. Жежеленко, И. В. Показатели качества электроэнергии и их контроль на промышленных предприятиях / И. В. Жежеленко, Ю. Л. Саенко – 3-е изд., перераб. и доп. – М. : Энергоатомиздат, 2000. – 252 с.
2. Карпушенко, В. П. Силові кабелі низької та середньої напруги. Конструювання, технологія, якість: Підручник / В. П. Карпушенко, Л. А. Щербак, Ю. О. Антоненко, О. А. Науменко. – Х. : Регіон-інформ, 2000. – 376 с.

УДК 656.078: 519.876.5(004.942)

## **ИСПОЛЬЗОВАНИЕ СИСТЕМ ИМИТАЦИОННОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ В ИССЛЕДОВАНИИ ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ ОБЪЕКТОВ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОГО ТРАНСПОРТА**

Е.В. Недзельский, В.М. Мирошниченко

*Государственный экономико-технологический университет транспорта, г.  
Киев, Украина*

В такой сложной и высокодинамической системе, как железнодорожный транспорт, процессы функционирования объектов отличаются большой комбинаторностью и связаны с другими объектами инфраструктуры в режиме распределения их временного ресурса. Именно потому задачи современной технологии транспортных объектов необходимо решать с использованием систем и методов имитационного моделирования.

Создание эффективной имитационной модели (ИМ), например, современной железнодорожной станции, требует адекватного описания сетевой инфраструктуры и специфики технологических процессов для системного исследования и оценки структурных и проектно-технологических решений новых и реконструкции существующих объектов, позволяя получить количественные оценки широкого класса задач “что, если..?”, включая динамику загрузки ресурсов, их продуктивность, определение “узких мест”, параметров распределения простоя вагонов, обусловленных разными факторами, особенности функционирования объектов в условиях критических нагрузок и различных сценариев. Одной из успешных попыток использования методов моделирования на железнодорожном транспорте была разработка

имитационной модели “подсистемы входа” парного сортировочного комплекса станции Войновка.

Предметом данного исследования являются процессы обслуживания потока поездов, поступающих “в разборку” в парк приема (ПП) станции во взаимодействии с прилегающими перегонами, сортировочной горкой, сортировочным парком, бригадами осмотрщиков и маневровыми локомотивами. За платформу, на которой строилась имитационная модель, была принята система НЕДИС, разработанная в Институте кибернетики им. В.М. Глушкова НАН Украины. Результаты экспериментов были использованы проектным институтом «Киевгипропранс» в разработке проекта развития данной станции.

Также примером применения методов моделирования на транспорте стоит считать разработку ИМ станции Стюарт Ярд, Квинсленд (Stuart Yard, Queensland), Австралия, целью разработки которой было определение пропускной способности комплекса устройств по обслуживанию и ремонту локомотивов и вагонов припортовой железнодорожной станции при условии повышения интенсивности вагонопотока. Исследование проводилось на базе платформы AnyLogic с использованием интегрированной в нее так называемой “железнодорожной библиотеки”. В результате модельных экспериментов было проверена необходимость увеличения количества путей станции, возможность перевода дополнительных операций из другой станции, дана оценка вносимых изменений на план перевозок и возможные варианты технологии работы.

Приобретает интерес и разработка макромодели железнодорожной сети для Франции, с целью исследования оптимального количества и размещения железнодорожных грузовых терминалов, необходимых для организации ее эффективного функционирования в условиях перераспределения на мультимодальные перевозки, а также оптимизации графика движения поездов и длин составов с учетом перерабатывающей способности терминалов и эффективности общей организации перевозочного процесса на сети. Были использованы методы агентного моделирования на платформе AnyLogic, при котором терминалы, станции, а также отдельные сегменты железнодорожной сети были смоделированы как агенты, а поезда и вагоны были представлены как элементы, пассивно управляемые агентами.

Также во Франции на этой же платформе выполнялось моделирование проектируемого мультимодального терминала в порту Гавр. Целью данной разработки являлось сравнение вариантов организации внутривозовых челночных перевозок – с использованием традиционных энергозависимых составов и составов из автономных групп ваго-

нов – для выбора наиболее целесообразного с точки зрения минимизации затрат на перевозку контейнеров, а также определение необходимого парка подвижного состава. Созданная ИМ позволяет задавать расписание прибытия и отправления поездов, изменять значение характеристик технологического оборудования и составов, курсирующих между терминалами с динамической регистрацией показателей качества обслуживания контейнеров, коэффициента использования технических ресурсов и возможностью расчета экономических показателей работы терминалов и подвижного состава.

К макроmodellированию следует отнести исследование, целью которого был прогноз изменения параметров пассажиро- и грузопотоков при реконструкции инфраструктуры железной дороги Флорида Ист Кост (FEC Railway), США, а именно изменение путевого развития и систем сигнализации, а также строительство новых пассажирских станций и остановочных пунктов в перспективе. Для этого на базе платформы Rail Traffic Controller (RTC) была разработана сетевая модель железной дороги, включающая промежуточные и технические станции, что позволило проследить динамику количественных и качественных показателей работы объектов железнодорожной сети, с использованием БД задержки поездов и загрузки ресурсов.

УДК 004.588

## **МОДЕЛЮВАННЯ ЖИТТЕВОГО ЦИКЛУ ЛЮДИНИ НА ВИРОБНИЦТВІ З УРАХУВАННЯМ ПСИХОЕМОЦІЙНИХ ОСОБЛИВОСТЕЙ**

В.М. Томашевський, П.А. Новікова, С.Г. Чечоткіна

*Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут»*

Розглянемо життєвий цикл кожної людини. Звичайно, всі люди різні, але для кожного з них можна виділити три основні стадії: навчання, зрілість, старіння. Кожній стадії притаманні певні особливості.

Розглянемо першу стадію. Під час навчання людина, будучи студентом, готова постійно отримувати знання. Вона має необмежене натхнення, бажання пізнавати щось нове, розширювати свій світогляд, експериментувати, опановувати нові технології. В той же час для студента не є визначальним грошовий еквівалент оплати принесеного ним результату, пріоритетнішим є отримання досвіду, пошук свого місця та залучення до перспективних проєктів. Через те, що студент має багато

вільного часу, він може весь його витратити на вдосконалення своїх умінь та навичок, тому час навчання для нього прямує до нескінченності. А результат отримується не високий, бо молодим людям часто притаманно розпорошувати свою увагу на різні напрямки вдосконалення. Окрім того на результат свій вплив має відсутність досвіду, абстрактне уявлення мети та неповноцінне розуміння виробничих процесів. Далі у кожній особі починається проблемний період, тривалість якого суто індивідуальна. Для декого він може тривати все життя, коли людина постійно знаходиться в пошуках себе, а може бути й коротким, коли до кінця навчання у ВНЗ студенти вже мають реальний практичний досвід. Цей процес називається досвідом переходу від студента до дорослішання[1].

Друга стадія характеризується вузькоспеціалізованими задачами, які потрібно виконувати безпосередньо під час будь-якого виробничого процесу, який спрямовано на збагачення сімейного бюджету. Ця стадія характеризується значним обмеженням сфери інтересів, при цьому суттєво зростає залежність результативності роботи від рівня та володіння наявними навичками та знаннями. Таким чином, щоб не відриватись від виробничого процесу час, витрачений на навчання, має бути мінімальним. Такій людині притаманна готовність отримувати менші об'єми знань, і лише те, що потрібно практично та безпосередньо на даний момент. Цьому періоду характерна зацікавленість в тому, щоб за максимально короткий час можливо було отримати знання конвертувати в будь-який вид успішності – гроші, кар'єрне зростання, досягнення мети.

Третя стадія характеризується тим, що швидкість засвоєння інформації знижується, але практичних знань напрацьовано багато. Результат від засвоєння нової інформації не є значним в силу того, що швидкість та ефективність сприйняття нового в більшості випадків теж не висока. Час на навчання прямує до нескінченності, отриманий результат не високий. Звернемо увагу, що перша та остання стадія мають однакові тенденції. Проте замість того, щоб звільняти таких людей, доцільніше залучати їх у навчальний та підготовчий процес на проміжку переходу від студента до дорослішання, з метою зменшення його тривалості.

В таблиці 1 дослідимо два ключові параметри – час навчання і результативність та їх вплив на поведінку та роботу людини в колективі. Спробуємо враховуючи ці параметри разом та побудувати матрицю переходів.

Таблиця 1 – Процес прийняття рішень

Час і результативність	Показник ефективності	Особливості
$t \rightarrow \min$ $R \rightarrow \max$	1,2 – 1,5	Доросла людина, яка добре працює в колективі, таких людей часто називають ідеальними співробітниками
$t \rightarrow \max$ $R \rightarrow \min$	0,2 – 0,4	Працівник, який працює з вкрай малою ефективністю. Його потрібно звільнити, адже він загалом не вдосконалюється. Але за умови, якщо це не людина, що завершує свою кар'єру і при цьому бере участь в навчанні молодих спеціалістів, або студент, який своїм позитивним відношенням до життя може створювати гарну атмосферу в колективі, до того ж часто несе нові ідеї, що не можуть продукувати звичайні працівники
$t \rightarrow \min$ $R \rightarrow \min$	0,6 – 0,8	Посередній працівник, який можливо знаходиться не на своєму місці (посаді). Він витрачаючи мінімум знань просто отримує мінімально допустимий результат, таким чином просто тримається за місце.
$t \rightarrow \max$ $R \rightarrow \max$	1	Стабільний працівник, показники якого свідчать про те, що людина займає своє місце у виробничому процесі.

Побудуємо модель підприємства, що допоможе досягнути ефективного використання працівників, які будуть приносити якомога більше прибутку, при цьому вдасться зменшити витрати на управління персоналом та оплату праці найменш ефективним співробітникам, які не приносять доходів. Задача полягає в тому, щоб кожна людина знаходилась на своєму місці у виробничому процесі. Не менш важливою є достатня вмотивованість стати ідеальним працівником. Разом з

цим потрібно відсіювати всіх працівників, які ніяк не прогресують. Усе це разом збільшить ефективність підприємства.

Об'єктом дослідження є виробництво, де головним генерувальним фактором грошей, прибутків та стабільності підприємства є виробничі спеціальності. Будь-яка людина, яка приходить на виробниче підприємство спочатку по класичній моделі прогресує по своїй виробничій спеціальності, тобто покращує свої здібності, результативність, збагачення. Але на кожному з етапів має можливість, якщо в неї є таке бажання, перейти на рівень менеджменту (адміністрації), тобто на рівень керування. Проте зовсім не обов'язково з кожного робітника згодом повинен вийти керівник. По-перше, керівник може бути від самого початку керівником, по-друге робітник може все життя займати свою посаду і його все влаштовуватиме, таким чином в нього може не бути на меті кар'єри керівника та не бути відповідних здібностей[2].

Зведемо задачу до того, щоб на основі матриці переходів (прийняття рішень) на кожному із кроків перевіряти чи не досягла людина верхньої межі своєї компетенції, чи не почали її показники погіршуватись і повертатись до рівня її первинної кваліфікації, тобто переходити в третю стадію життєвого циклу. Якщо ж це відбулось, то необхідно приймати рішення про те, чи залишити працівника на поточній посаді, або, можливо, він займає не свою посаду, або ж дана проблема пов'язана з проходженням тестів. Якщо ж у людини не погіршуються показники результативності, то її потрібно переводити в адміністрацію, бо для будь-якого підприємства менеджер, який прийшов із виробничої спеціальності буде більш корисним, ніж той, що прийшов відразу у керівники, бо перший має глибоке розуміння всіх виробничих процесів.

Відповідно, задачею підприємства є визначення початку спаду показників ефективності і фіксація в цей час людини на поточній посаді, бо якщо просування далі її кар'єри не дасть ніяких позитивних результатів. Людина досягла межі своєї компетенції, нехай займає свою посаду, та стабільно працює. Якщо виявлено зростання показників ефективності і поки є в людини бажання вчитись, варто максимально прискорювати просування по кар'єрних сходах, бо людей, які знаходяться доволі довго на другій стадії життєвого циклу, насправді дуже мало, і важливо не впустити момент, коли вплив на них матиме найкращий ефект[3].

Ідеальний співробітник не може тривало показувати свої відмінні результати, тобто, якщо це продовжується тривалий час, то це означає, що він не повністю навантажений завданнями (помилка керівника) або



його необхідно далі переводити на кожну наступну ланку, поки він не досягне рівня своєї некомпетенції.

Найважливіша задача, яка дозволяє зекономити найбільше коштів – це виявити співробітників, які працюють з вкрай малою ефективністю, та звільнити всіх, окрім студентів та людей, які задіяні в передачі досвіду молодим спеціалістам. Бо такі співробітники не лише збиткові, а ще й заважають оточуючим працювати ефективно, негативно впливають на колектив. На основі зазначених міркувань побудуємо модель, яка демонструє наступний процес. На вхід моделі подається деякий потік працівників, який в процесі свого навчання та життєвого циклу змінює показники ефективності та просувається по спеціальностях та посадах.

Нехай маємо підприємство на якому є працівники виробничої спеціальності та адміністрація. Розглянемо роботу моделі на прикладі електриків. На підприємстві на роботу з деякою періодичністю приходять молоді спеціалісти. Вони працюють електриками першого розряду. Потім приходить час удосконалюватись і їм дається шанс підвищити свою кваліфікацію. Електрики першого розряду засвоюють знання за допомогою дистанційної системи навчання, тому цей процес проходить без відриву від виробництва. По результатам тестування, часу, який витрачено на нові знання, та наявності відкритих вакансій приймається рішення про присвоєння вищої кваліфікації. Якщо показники не задовольняють, то людину звільняють.

Коли працівник отримав місце електрика другого розряду його кар'єра може йти двома шляхами: або він продовжує підвищувати свою кваліфікацію як електрика, або може піти в адміністрацію. В обох випадках він так само проходить навчання, але за різними програмами.

Проте потрібно розуміти, що в претенденти на звільнення можуть періодично потрапляти люди, котрі пройшли не характерне для них тестування. Тобто якщо робітника виробничої спеціальності вирішили призначити на посаду в адміністрації, а його показник ефективності вказує на звільнення, то це просто означає, що в нього немає хисту до керування і йому потрібно лише вдосконалювати навички та вміння. Ставши електриком третього розряду працівник має можливість перейти в адміністрацію після проходження додаткового навчання. Зворотній перехід не можливий через властивість забувати практичні навички.

Отже, цією моделлю ми досягаємо кількох результатів. Основний результат – прибрати компоненти, що дестабілізують, у вигляді працівників, які є неприбутковими, не приносять користі та шкодять

гарній атмосфері в колективі, за допомогою простого тестування. Помітити момент початку спадання показника ефективності та зафіксувати працівника на поточній посаді, бо він знаходиться саме на своєму місці і буде стабільно приносити прибуток. Другий результат – просування по кар'єрі всіх стабільних та ідеальних працівників. Знаходження людей, показники яких постійно прогресують або є схильність до таких процесів і максимально по можливості переведення їх в адміністрацію, для того, щоб підприємство якомога довше процвітало.

### **Література**

1. Гиппенрейтер Ю.Б., Романов В.Я. Психология памяти. [Текст] // М.: ЧеРо, 2002. - 816 с.
2. Ремеева А.Ф. Проблема индивидуализации обучения и НЛП [Електронний ресурс] // Режим доступу: <http://www.analitikudm.ru/rabota3.htm>
3. Кузина С. Почему троечники становятся начальниками, а отличники – подчиненными [Електронний ресурс] // Режим доступу: <http://www.careerguide.com.ua/node/3043>

УДК 001.57

## **ВИЯВЛЕННЯ «ТОНКИХ МІСЦЬ» В БІЗНЕС-ПРОЦЕСАХ РОБОТИ КРЕДИТНОГО СПЕЦІАЛІСТА ШЛЯХОМ ІМІТАЦІЙНОГО МОДЕЛЮВАННЯ**

С. Т. Даниш

*Національний технічний університет України «Київський Політехнічний Інститут», Україна*

Робота кредитного спеціаліста це одна з опорних складових діяльності банку, так як їх діяльність приносить прямий прибуток, а саме діяльність з видачі кредитів. В зв'язку з необхідністю швидкого старту більшість банків не належно аналізують бізнес-процеси роботи таких спеціалістів, що в кінцевому випадку призводить до збиткової діяльності, а іноді і до банкрутства. Відсутність постійного удосконалення діяльності кредитних спеціалістів, та автоматизації рутинних завдань в кінцевому випадку призводить до надзвичайного перенавантаження та до невідповідного виконання обов'язки та втрати клієнтів, що призведе до втрати прибутку. Саме тому бізнес процеси кредитного спеціаліста повинні постійно аналізуватись та досліджуватись.

Імітаційне моделювання це один із способів дослідити «тонкі місця» в діяльності кредитного спеціаліста, а в результаті дослідження може бути виявлено проблеми які призводять до колосальних збитків. Як допоміжні засоби для моделювання можна використовувати мето-

дологію графічного опису бізнес-процесів IDEF0, призначену для формалізації і опису бізнес-процесів. [1] Бізнес процеси роботи кредитного спеціаліста представлено на рисунку 1.

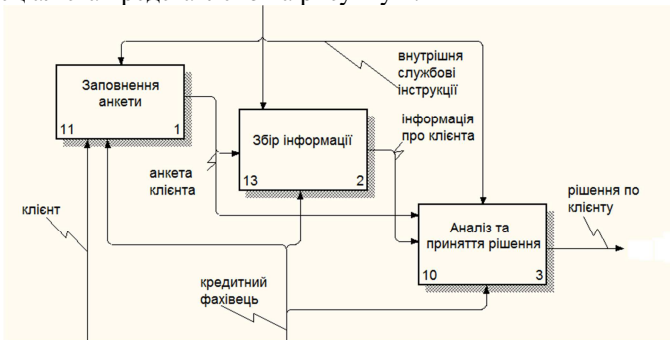


Рис. 1. Графічне представлення бізнес-процесів кредитного спеціаліста

Щоб детальніше оцінити що скривається під збором інформації деталізуємо блок(рис. 2) за допомогою стандарту IDEF3

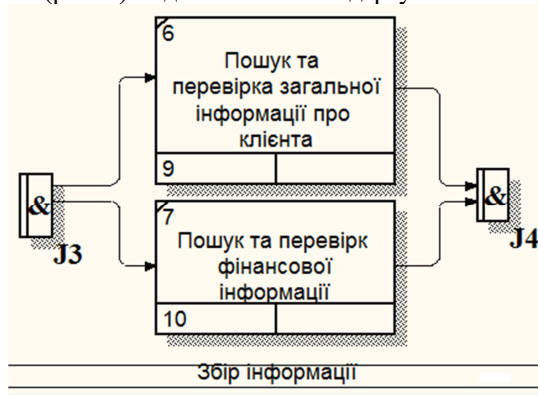


Рис. 2. Деталізація блоку «Збір інформації»

Кожен з компонентів вимагає певних затрат часу які можуть бути в діапазоні від мінімального до максимального значення. В результаті розрахунків отримаємо час обслуговування одного клієнта в інтервалі від 15 хвилин до 1 години. Тоді за 1 годину пропускна здатність відділення від 1 до 4 клієнтів. Побудуємо імітаційну модель за допомогою пакета iThink та програмного засобу Stella 9.0. [2] Створена модель представлена на рисунку 3.

Продемонструємо результати на розрахованих вхідних параметрах пропускної здатності та вхідному потоці клієнтів(Рис. 4) на протязі одного робочого дня.

В результаті моделювання отримали наступні показники:

- кількість відвідувачів відділення( $people\_in = 36$ );
- кількість обслужених відвідувачів( $people\_serviced = 20$ );
- кількість клієнтів що покинули банк не дочекавшись в черзі( $people\_leave = 16$ ).

Розрахуємо коефіцієнт корисної дії кредитного спеціаліста за формулою:

$$ККД = \frac{people\_serviced}{people\_in} * 100\%$$

(1)

де ККД – процентне співвідношення обслужених клієнтів,  $people\_serviced$  – кількість обслужених відвідувачів відділення на протязі дня,  $people\_in$  – кількість відвідувачів відділення на протязі дня.

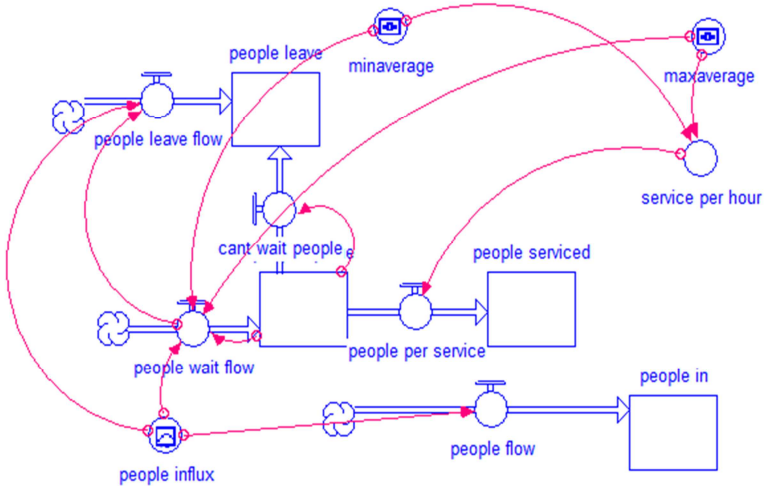


Рис. 3. Імітаційна модель бізнес-процесів кредитного спеціаліста

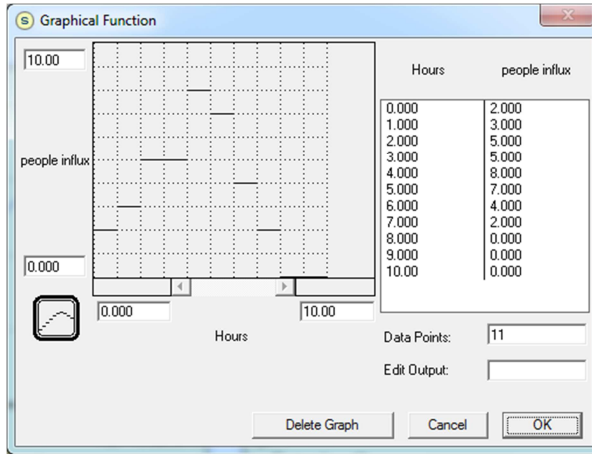


Рис. 4. Вхідний потік клієнтів на протязі дня

В результаті отримуємо ККД всього 55,(5)% обслужених відвідувачів. В результаті дослідження було визначено, що «тонким місцем» є тривалість обслуговування клієнтів, тому самі бізнес-процеси роботи кредитного спеціаліста потребують реінжинірингу та автоматизації його діяльності.

### Література

1. Методология функционального моделирования IDEF0 [Электронный ресурс]: (Издание официальное)/ ИПК Издательство стандартов – Москва, 2000, - Режим доступа: <http://www.nsu.ru/smk/files/idef.pdf>.
2. Применение пакетов имитационного моделирования для анализа математических моделей экономических систем [Электронный ресурс]: (Применение программных средств в научных исследованиях и в преподавании математики и механики) / Ю.А. Кузнецов, В.И. Перова // Учебно-методические материалы – 2007. – Режим доступа: <http://www.unn.ru/pages/e-library/aids/2007/55.pdf>.

## **МОДЕЛЮВАННЯ НЕЧІТКОГО КОНТРОЛЕРА КЕРУВАННЯ ПЕРЕХРЕСТЯМ**

О. Ю. Брющенко

*Національний Технічний Університет України «Київський Політехнічний Інститут», Україна*

Задача керування перехрестями залишається актуальною в наш час, особливо на пострадянському просторі. В більшості випадків для розрахунків довжини фаз застосовується емпірична формула Вебстера. Але розрахована таким способом довжина фаз є статичною та є незалежною від зовнішніх факторів.

Однак реальний дорожній рух на реальних перехрестях не є статичним. Він має години пік і години зменшення інтенсивності дорожнього руху. Таким чином постає питання розробки та моделювання адаптивного контролера перехрестя, який міг би адаптуватися при зміні інтенсивності дорожнього руху та зміні інших параметрів транспортних потоків на перехресті та мінімізувати транспортні затримки на перехресті.

Для створення такого адаптивного контролера можна застосувати нечітку логіку та нечіткі множини. Серед переваг такого підходу є відносна простота створення контролера, простота налаштування, що вимагає лише експертних знань для наповнення бази знань, можливість промоделювати роботу такого контролера.

Для створення моделі та моделювання нечіткого контролера можна застосувати пакет Fuzzy Logic Toolbox, що входить в состав програмного пакета Matlab. Цей пакет має все необхідне для створення систем нечіткого логічного виводу[1].

На першому кроці необхідно задати функції належності для входних параметрів контролера (інтенсивність транспортного потоку та черга на перехресті) та вихідних параметрів (довжина фази дозвільного сигналу)[2]. Для змінної «інтенсивність» використовуємо 4 лінгвістичних значення, а для змінної «черга» - 3 (рис.1).

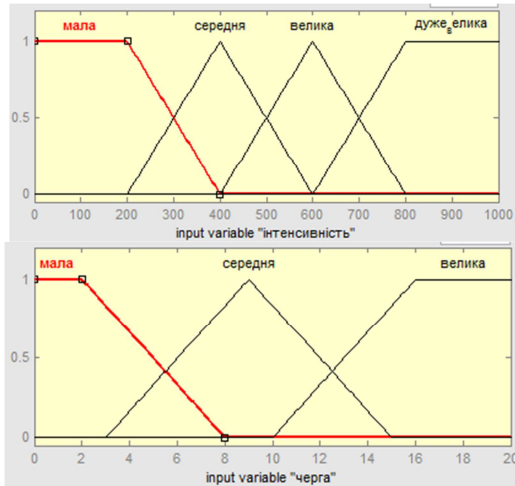


Рис. 1. Функції приналежності для вхідних параметрів

На другому кроці необхідно заповнити базу правил(таблиця 1) та вибрати механізми логічного висновку, композиції та дефазифікації. Використаємо алгоритм Мамдані, оскільки в алгоритмі Мамдані висновком є лінгвістична змінна висновку. Для логічного висновку застосуємо операцію МНОЖЕННЯ, а для композиції операцію МАКСИМУМ. Дефазифікацію будемо проводити методом центру тяжіння[2].

Таблиця 1. База правил

Інтенсивність	Черга	Тривалість сигналу
мала	мала	мала
мала	середня	менше середнього
мала	велика	більше середнього
середня	мала	менше середнього
середня	середня	більше середнього
середня	велика	велика
велика	мала	більше середнього
велика	середня	велика
велика	велика	велика
дуже велика	мала	велика
дуже велика	середня	велика
дуже велика	велика	велика

Створений таким способом контролер був промодельований та перевірений в Matlab. Після детального налаштування функцій належності вхідних та вихідної змінної модель контролера стала показувати хороші результати.

Для моделювання приймалося просте перехрестя, що мало два основних транспортних потоки: потік «захід-схід» і потік «північ-південь». Рух пішоходів не враховувався. Довжини фаз для статичного регулювання були розраховані за формулою Вебстера[3] для очікуваних значень інтенсивності на цьому перехресті. Для моделювання руху на такому перехресті були розроблені сім ситуацій, що можуть виникати для реальних транспортних потоків (пікові загрузки, поступовий ріст або падіння інтенсивності руху, синусоїдні зміни інтенсивності руху, незмінна інтенсивність, тощо)[4]. Результати моделювання та їх порівняння зі статичним регулюванням подані в таблиці 2.

Таблиця 2. Результати моделювання

Ситуація	Модель	Затримки по напрямку захід-схід, с	Затримки по напрямку північ-південь, с	Сумарні затримки, с
Незмінна	статична	2025	2115	4141
	нечітка	1576	2257	3833
Збільшення по першому напрямку	статична	2406	2369	4775
	нечітка	1866	2473	4339
Пікове збільшення по першому напрямку	статична	3832	2048	5880
	нечітка	2747	2507	5254
Пікове збільшення по другому напрямку	статична	2360	4002	6362
	нечітка	2463	2543	5006
Поступове збільшення по першому напрямку	статична	2500	2175	4675
	нечітка	2063	2718	4781
Поступове зменшення по другому напрямку	статична	2351	2059	4410
	нечітка	1843	1906	3749
Синусоїдна зміна по першому напрямку	статична	2803	1878	4681
	нечітка	1911	2335	4246

Як можна бачити для більшості ситуацій модель нечіткого контролера дає кращі результати, аніж статична модель розрахована за формулою Вебстера[3]. Особливо ефективним є використання нечіткого контролера для пікових змін інтенсивності. Слід звернути увагу, що



навіть при незмінній інтенсивності використання нечіткого контролера дасть кращі результати ніж простий статичний розрахунок фаз циклу регулювання.

Отже, використання нечіткого контролера перехрестя після його налаштування експертом може бути набагато ефективнішим за статично розраховані фази регулювання. Для цього достатньо зробити загальний контролер і проводити точне налаштування на місці встановлення.

Окрім того є можливість промодельовати роботу такого контролера в Matlab і за допомогою моделювання знайти необхідні параметри налаштування для конкретного перехрестя, а також перевірити його роботу на великому проміжку часу.

### **Література**

1. Леоненков А.В. Нечеткое моделирование в среде MATLAB и fuzzyTECH.[Текст] — СПб.: БХВ-Петербург, 2005. — 736 с.
2. Д. Рутковская, М.Пилиньский, Л.Рутковский. Нейронные сети, генетические алгоритмы и нечеткие системы.[Текст] - М.: Телеком, 2006. – 382 с.
3. Конспект лекцій з дисципліни «Автоматизовані системи управління на транспорті» (для студентів 4 курсу всіх форм навчання напряму підготовки 1004 «Транспортні технології»). Укл.: В.С. Віниченко [Текст] – Харків: ХНАМГ, 2007. – 68 с.
4. «Моделювання нечіткого контролера керування рухом на перехресті», Всеукраїнська наукова Інтернет-конференція "Інформаційне суспільство: технології та технічні аспекти становлення" (випуск 11).[Текст] - Тернопіль: 2015. – 38с., с. 3-5

УДК 004.94

## **СТРУКТУРИЗАЦІЯ МОДЕЛЕЙ ДЛЯ КОНСОЛІДАЦІЇ ДАНИХ В БАГАТОРІВНЕВИХ ІЄРАРХІЧНИХ МОНІТОРИНГОВИХ СИСТЕМАХ.**

Сопко І.В., Харченко О.В.

*Черкаський національний університет імені Богдана Хмельницького*

Кожна система повинна обробляти великі об'єми різнотипних даних, що значним чином збільшує час обробки та ускладнює алгоритми для аналізу таких даних та неадекватністю засобів аналізу.

Консолідація даних розуміє приведення даних різного типу до одного. Так у мобільного робота сигнали з датчика відстані та фото з камери дасть змогу розпізнати перешкоду та відстань до неї, в такому випадку буде відповідна реакція на подолання перешкоди. В якості моніторингової системи було обрано мобільного робота, рисунок 1.

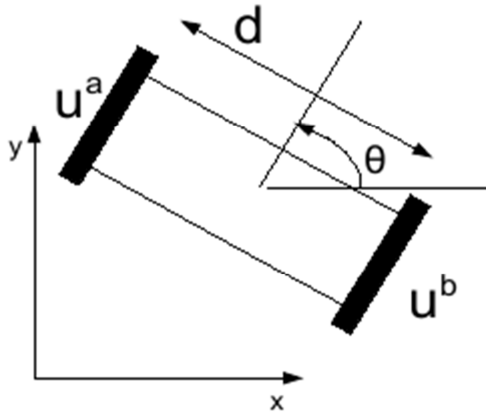


Рис. 1 Модель мобільного робота [2]

Де,  $x$  і  $y$  координати робота,  $\Theta$  – кут повороту,  $d$  відстань між колесами робота і  $u^a$ ,  $u^b$  зміщення обох коліс в такому випадку математична модель матиме вигляд

$$\frac{d}{dt} \begin{pmatrix} x \\ y \\ \Theta \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} \frac{1}{2} \cos(\Theta)(u^a + u^b) \\ \frac{1}{2} \sin(\Theta)(u^a + u^b) \\ \frac{1}{2}(u^a - u^b) \end{pmatrix}$$

Типова структура засобів перетворення інформації доповнюється підсистемами синтезу моделей. Низька адекватність моделювання об'єктів медичного моніторингу обмежує використання інтелектуальних засобів перетворення інформації в системах багаторівневого моніторингу. Тому дослідження, направлені на підвищення адекватності аналізу закономірностей впливовості факторів на об'єкт моніторингу в структурі інформаційних моделей. Одним з найбільш ефективних методів структурно-параметричної ідентифікації складних об'єктів, процесів і систем за даними спостережень в умовах неповноти інформації та зашумленості вхідних даних є метод групового урахування аргументів [1].

Метою роботи було дослідження процесу багаторівневої структуризації моделей для консолідації даних в технології багаторівневих

моніторингових системах, а також підвищення адекватності оцінки закономірності впливу факторів на стан об'єкту.

Запропоновано методи для поєднання математичних моделей у структури, кожна з яких відповідає певному типу даних. Наприклад, нехай  $X$  – множина моделей, а  $Y$  – множина структур, кожна з яких відповідає певному топу даних. Задано функцію відстані між об'єктами  $\rho(x, x')$ , де кінцевою вибіркою об'єктів  $\in X^m = \{x_1, \dots, x_m\} \subset X$ . Потрібно розбити вибірку моделей на окремі структури, при цьому кожній моделі  $x_i \in X^m$  приписується номер структури  $Y_i$ . В основі побудови структурованих моделей об'єктів моніторингу є задача підвищити інформативність даних, розв'язання якої можливе використовуючи консолідацію даних. Запропоновано методи консолідації даних у багаторівневій структурі системи. Консолідація даних передбачає використання багатозарових параметричних моделей для приведення різних типів даних до одного типу.

### Література

1. Ивахненко А.Г. Индуктивный метод самоорганизации сложных систем [Текст] / А.Г. Ивахненко. – К.: Наукова думка, 1981. – 296 с
2. Nordth J. Ultrasound-based Navigation for Mobile Robots 2007, p. 24

УДК 004.02

## ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНІ РЕЗУЛЬТАТИ МЕТОДУ ПОШУКУ НЕСПРАВНОСТЕЙ З УРАХУВАННЯМ ЗОВНІШНІХ ФАКТОРІВ

Є.В. Нікітенко

*Чернігівський національний технологічний університет, Україна*

Основною метою роботи є визначення наскільки швидше поліпшений метод пошуку дозволяє знайти несправний блок у схемі [1]. При генерації схеми функціонально-логічних елементів кожному блоку присвоюється порядковий номер.

Була проведена генерація схем при різній кількості блоків і при різних даних про зовнішні фактори. Для кожного випадку було зроблено 20 експериментальних запусків системи. Цієї кількості цілком достатньо для визначення точного значення результату по відношенню до поставлених нами умов. На графіках зображено середнє значення, яке отримано за цими експериментами.

Будемо вважати, що в пристрої вийшов з ладу один елемент. Для всіх експериментів повинні бути рівні умови, тому приймаємо за несправний блок, що знаходиться посередині схеми. Наприклад, якщо в

генерованому пристрої 50 блоків, то несправний матиме номер 25, якщо 100, то 50-й, якщо 200, то 100-й.

Графік на рис. 1 показує, що кількість елементів, які необхідно перевірити до виявлення несправного, абсолютно збігається для базового методу і методу з урахуванням зовнішніх факторів [2], при умові, що використовується поліпшений метод, але дані про зовнішні фактори відсутні. Так як дані про температуру і вологість невідомі, то і ваги не змінюються відносно тих, що визначені базовим алгоритмом. Так само важливим результатом, який бачимо на цьому графіку є те, що навіть за відсутності необхідної інформації поліпшений метод не погіршує результат отриманий від базового методу.

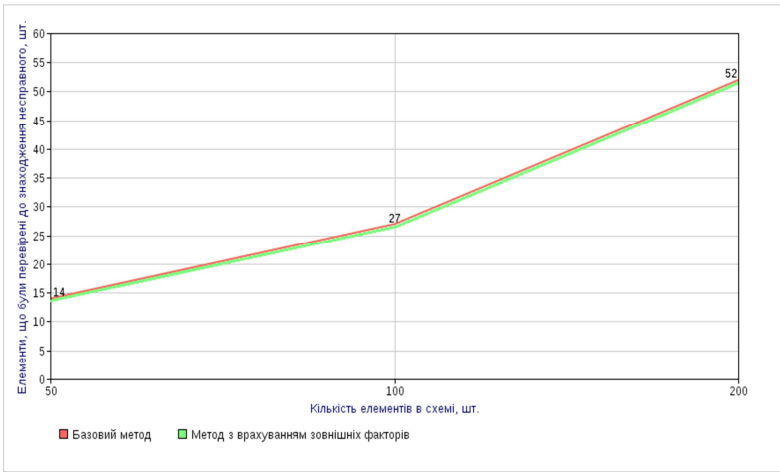


Рис.1. Залежність кількості елементів, які необхідно перевірити для виявлення несправного (дані про зовнішні фактори відсутні)

Графік на рисунку 2 показує зменшення кількості елементів у методі з урахуванням зовнішніх факторів, які необхідно перевірити до того, як дійдемо до несправного елемента. Після нескладних підрахунків отримаємо, що поліпшений метод швидше виявить несправний елемент в порівнянні з базовим на 11.3%.

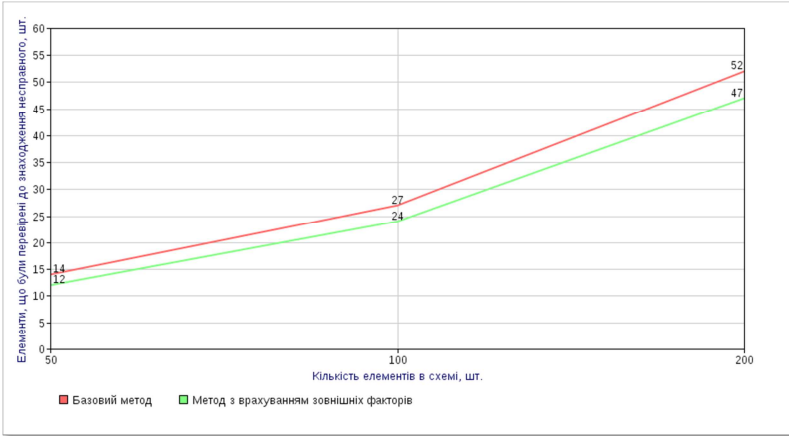


Рис. 2. Залежність кількості елементів, які необхідно перевірити для виявлення несправного (дані про зовнішні фактори відомі тільки для половини елементів)

На рис. 3 показаний графік залежності елементів, які необхідно перевірити до виявлення несправності від кількості елементів в електронному пристрої. Це найбільш ефективні умови роботи поліпшеного методу, так як присутні всі необхідні дані про зовнішні фактори. Метод показав зменшення часу пошуку несправного блоку в порівнянні з базовим методом на 18%.

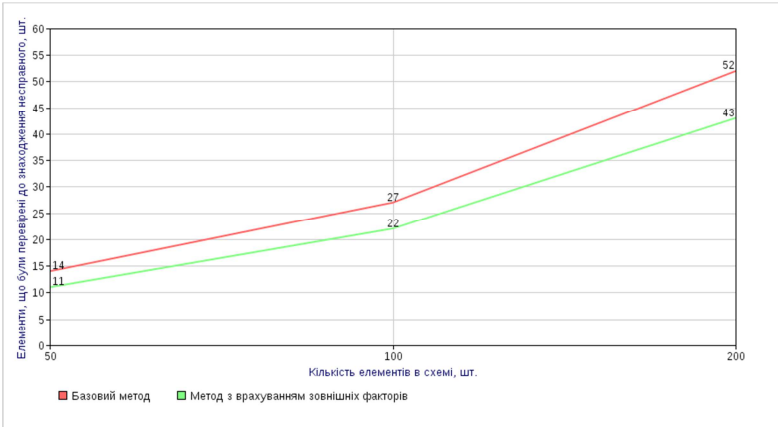


Рис. 3. Залежність кількості елементів, які необхідно перевірити для виявлення несправного (дані про зовнішні фактори відомі для всіх елементів)

Розглянемо один з приграничних випадків при пошуку несправного елемента, коли середні значення всіх факторів виходять за їхні межі (рис. 4). Таке може бути при грубому порушенні умов експлуатації електронного пристрою. У цьому випадку метод з урахуванням зовнішніх факторів змінить значення ваг всіх елементів, але всі вони збільшаться на одне і те ж число (кількість елементів, які підлягають перевірці), що ніяким чином не змінює порядок перевірки блоків при виявленні несправності на одному з виходів. Тому в цьому випадку, поліпшений алгоритм показує такі ж результати, як і базовий.

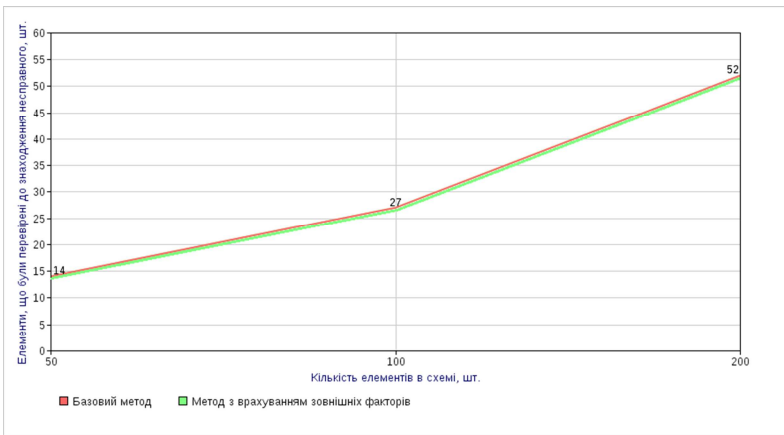


Рис. 4. Залежність кількості елементів, які необхідно перевірити для виявлення несправного (умови експлуатації всіх блоків в пристрої - порушені)

В роботі проведено експериментальну перевірку розробленого методу пошуку несправностей з урахуванням зовнішніх факторів. Результати показали більшу ефективність поліпшеного методу в порівнянні з базовим. Викладені особливості розроблених діагностичних методів, які застосовуються при діагностиці складних електронних пристроїв, дозволять швидше знайти несправний блок у схемі.

## Література

1. Об одном варианте решения технического диагностирования радиоэлектронных средств / А.В. Дубов, А.П. Капранов, В.В. Сускин [и др.] // Управление большими системами: надежность и диагностика средств и систем управления. – 2010. – №31. – с. 363 – 377.

2. Метод пошуку несправностей в складних електронних приладах з урахуванням зовнішніх факторів/ Є.В. Нікітенко// Математичні машини і системи. – 2014. – №1. – с. 70-79.

УДК 517.958:531.12

## **МАТЕМАТИЧНЕ МОДЕЛЮВАННЯ ПРЕДСТАВНИЦЬКИХ ЕЛЕМЕНТІВ НАНОКОМПОЗИЦІЙНИХ МАТЕРІАЛІВ**

С.М. Ющенко

*Чернігівський національний технологічний університет, Україна*

Активне впровадження високоякісних та багатофункціональних матеріалів у різні галузі промисловості призводить до фундаментальних наукових пошуків створення нових наноконпозиційних матеріалів. Наноконпозити – це різномірні матеріали з двох чи більше компонентів, мінімальні розміри хоча б одного з яких становлять 1-100 нм. Наноконпозиційні матеріали мають унікальні характеристики порівняно з традиційними конпозитами, зокрема високу механічну міцність та здатність до розсіювання енергії. Високі механічні, електричні, теплові та дисипативні параметри наноконпозитів роблять їх унікальними армуючими елементами для багатофункціональних конпозитів конструкторського призначення [1].

Оскільки конпозитні матеріали складаються з декількох фаз – матриці та армування, то у процесі дослідження виникають труднощі щодо вибору єдиного методу визначення властивостей конпозиту, який би враховував відмінності будови його складових. Для дослідження та розрахунку властивостей конпозитного матеріалу використовуються як експериментальні, так і теоретичні методи. Проте зазвичай експерименти на наноконструктурних об'єктах досить складні і потребують дорогого обладнання. Найбільш розповсюдженим шляхом дослідження властивостей конпозитних матеріалів на сьогоднішній день є теоретична побудова моделей за допомогою математичного апарату з використанням властивостей компонентів матеріалу, які дозволяють врахувати структурні особливості і вид напружено-деформованого стану [2,3].

Прогнозування поведінки наноконпозитів є досить складною задачею. Один з основних теоретичних підходів до визначення властивостей наноконпозитного матеріалу описується у монографії [4]. При розробці математичних моделей наноконпозитів переважно використовують методи механіки мікроконпозитів, у яких застосовується модель кусково-однорідного середовища з осередненими властивостями. Перехід від мікронеоднорідного до макронеоднорідного середовища

здійснюється шляхом осереднення структури композита з врахуванням властивостей його складових. При цьому виділяють представницький елемент об'єму, усереднені характеристики якого відображають властивості усього нанокompозиту і називаються ефективними.

Серед методів осереднення властивостей композитів для знаходження ефективних характеристик виділяють енергетичні методи, що ґрунтуються на рівності енергій деформації неоднорідного і еквівалентного йому однорідного середовища [2,3].

Для підвищення точності розрахунку ефективних характеристик з урахуванням складних граничних умов, структурної неоднорідності та розподілу напружень і деформацій використовують чисельні методи, серед яких широкого розповсюдження набув метод скінченних елементів [2,3,5]. Цей метод полягає у заміні однорідного матеріалу сукупністю скінченних елементів. Такий підхід базується на введенні гіпотези про періодичність структури композиту, тобто регулярність розташування армуючих елементів усередині матеріалу. Таким чином, ефективні характеристики, змодельовані для одного представницького елемента, узагальнюються на весь матеріал.

Вибір представницького елемента залежить від виду, розподілення та направленості армуючих елементів у нанокompозиті. Нановключеннями можуть бути нановолокна, нанотрубки, наночастинки, наношари, наноплівки тощо. Наприклад, для нанокompозитів з однонаправленими нановолокнами можна виділити представницький елемент у вигляді куба з волокном круглого перерізу всередині (рис.1). Такі моделі представницьких елементів є параметричними, що дозволяє змінювати топологію в заданих межах.

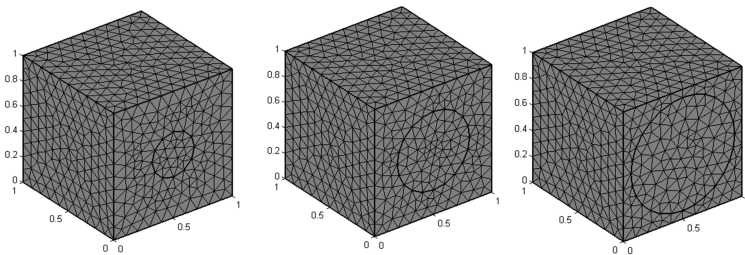


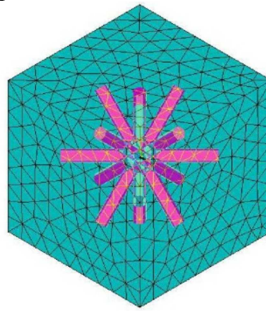
Рис.1 – Одичні представницькі елементи нанокompозиту з різним діаметром волокна

Більшість досліджень наноструктурних об'єктів та механізмів виконуються у CAD-CAE системах, таких як ANSYS, MCS/NASTRAN, ABAQUS, CATIA, SolidWorks, AutoCAD та ін. Використання цих програмних пакетів для вирішення нанорівневих задач суттєво виправдо-



вугється можливістю застосування механіки суцільного середовища та дослідження дискретно-континуальних моделей [6].

Вищевказаний підхід до моделювання структури матеріалу може бути використаним для моделювання наноконпозиційних матеріалів більш складної структури. Така спроба була реалізована на прикладі композиту з нанонаповнювачами міцелярної структури [5]. Реалізація методу скінченних елементів здійснювалася за допомогою програмного пакету ANSYS 12.0. Полімерний наноконкомпозит моделюється як в'язкопружний композиційний матеріал. Для побудови скінченно-елементних моделей використовується об'ємний 20-вузловий скінченний елемент 20node186 з бібліотеки ANSYS. Ефективні характеристики – компоненти матриці модулів та декременти коливаль – визначаються за вищезгаданим енергетичним методом.



*Рис. 2 – Представницький елемент наноконкомпозиту з міцелю [5]*

Отже, методи механіки мікрокомпозитів, зокрема енергетичні та метод скінченних елементів, можуть бути використані для розробки математичних моделей та визначення ефективних характеристик наноконпозиційних матеріалів. Побудовані моделі представницьких елементів свідчать про можливість застосування методу скінченних елементів для моделювання наноконпозиційних матеріалів з різними схемами армування.

### **Література**

1. J. Gou, S. O'Braint, H. Gu, G. Song. Damping Augmentation of Nanocomposites Using Carbon Nanofiber Paper // Journal of Nanomaterials. – 2006. – P. 1-7.
2. Дубенець В. Г. Визначення ефективних характеристик в'язкопружних композиційних матеріалів / В. Г Дубенець, О. О. Яковенко // Проблеми прочності. – 2009. – № 4. – С. 124–132.
3. Яковенко О.О. Чисельний аналіз ефективних динамічних характеристик в'язкопружних композиційних матеріалів: дис... канд. техн. наук: 31.05.10 / О.О. Яковенко; НТУ України «КПІ». – К., 2010. – 153 с.

4. Гузь А.Н. Введение в механику нанокompозитов: монография // А.Н. Гузь, Я.Я. Руцицкий, И.А. Гузь. – К.: Институт механики им. С.П. Тимошенко, 2010. – 398 с.
5. Дубенець В.Г. Чисельний аналіз ефективних характеристик нанокompозитних матеріалів / В.Г. Дубенець, О.О. Горбатко, О.Л. Деркач // Вісник Чернігівського державного технологічного університету. – Чернігів: ЧДТУ, 2012. – № 55. – С. 46-58.
6. Михайлов И.С. О ПРОГРАММНОМ ОБЕСПЕЧЕНИИ МОДЕЛИРОВАНИЯ НАНООБЪЕКТОВ // Современные проблемы науки и образования. – 2011. – №3. – Режим доступа: [www.science-education.ru/97-4691](http://www.science-education.ru/97-4691).

УДК 004.81

## ІНФОРМАЦІЙНА СИСТЕМА АНАЛІЗУ ЕНЕРГОЕФЕКТИВНОСТІ. МАТЕМАТИЧНА ФОРМАЛІЗАЦІЯ ЗАДАЧІ КОМПЛЕКСНОГО КОГНІТИВНОГО МОДЕЛЮВАННЯ.

Скітер І.С., Трунова О.В., Маргасов Д.В.

*Чернігівський національний технологічний університет, Чернігів, Україна*

Гібридна когнітивна карта (ГКК) оцінки енергоефективності об'єкту являє собою граф, вершинами якого є концепти двох видів: фактори і індикатори. Формально ГКК можна задати у вигляді [1]:

$$G = \langle F, I, R^{FF}, R^{FI}, P, R^{FP} \rangle \quad (1)$$

де  $F$  - множина факторів,

$I$  - множина індикаторів;

$R^{FF} \subset F \times F$  - множина причинно-наслідкових зав'язків між факторами;

$R^{FI} \subset F \times I$  множина асоціативних зав'язків між факторами та індикаторами;

$P$ - множина процедур оцінки факторів (фазифікації, кластеризації, групування, нечіткого виведення);

$R^{FP}$  - множина відношень, які пов'язують фактори і процедури.

Множину факторів  $F = \{f_1, f_2, \dots, f_i, \dots, f_n\}$  для побудови когнітивної нечіткої моделі будемо визначати як деякі властивості системи, що можуть бути оцінені якісно або непараметрично.

Для кожного окремого фактору  $f_i$  з множини  $F = \{f_1, f_2, \dots, f_i, \dots, f_n\}$  поставлена у відповідність лінгвістична змінна, яка характеризується терм-множиною

$T_i = \{T_{i1}, T_{i2}, \dots, T_{ij}, \dots, T_{im}\}$ , терми якої представляють собою нечіткі оцінки типових станів фактору, наприклад «низький рівень», «середній рівень», «високий рівень».

Множина факторів розбита на підмножини, які характеризують:

- FC - цільові фактори, стан яких дозволяє оцінити ситуацію в цілому;
- FU - керовані фактори, стан яких можна свідомо змінювати;
- FE – стохастичні фактори, збурення, на стан яких в рамках системи неможливо вплинути.

Множина індикаторів представляє собою параметричні показники, які чисельно описують значення факторів. Чисельні характеристики індикаторів оцінюються за допомогою прямих вимірювань безпосередньо на об'єктах за допомогою технічних або інших засобів.

Множина асоціативних зв'язків між факторами та індикаторами представлена як:

$$R^{FI} : F \times I \rightarrow [0,1] \quad (2)$$

При цьому відношенню  $f_i R^{FI} f_j$  ставиться у відповідність коефіцієнт відповідності (належності)  $a_{ij} \in [0,1]$ . Чим вище значення коефіцієнта, тим точніше індикатор  $ij$  характеризує фактор  $f_i$ .

Між факторами встановлюються причинно-наслідкові відношення – «відношення впливу» :

$$R^{FF} : F \times F \rightarrow [-1,1] \quad (3)$$

Відношенню  $f_i R^{FF} f_j$  ставиться у відповідність ваговий коефіцієнт  $w_{ij}$ , який характеризує не тільки напрямок зв'язку ( впливу) але і його силу.

Оцінка сили впливу  $|w_{ij}|$  може бути проведена за наступною шкалою: 0,1 - дуже слабкий вплив; 0,3 - слабкий вплив; 0,5 - істотний; 0,7 - сильний; 0,9 - дуже сильний (0,2, 0,4, 0,6, 0,8 - проміжні значення). Сила впливу може бути не тільки константою, а й змінною, яка приймає різні значення для якісно різних об'єктів дослідження чи для однойменних об'єктів у динаміці. Сума степенів впливу декількох чинників на один і той же фактор не обов'язково повинна складати одиницю, оскільки можуть існувати і невраховані фактори, які не ввійшли до множини. А також ті, які на даному етапі дослідження віднесені до стохастичних.

Мережа взаємовпливів факторів представляє собою дерево (сукупність дерев). Коренем дерева є цільовий фактор, листям - «зовнішні»

або керовані чинники. Відношення впливу дозволяють виявити причини досягнутого рівня того чи іншого фактору і оцінити важливість тієї чи іншої причини. Якщо впливаючих факторів багато, вони можуть бути винесені на піддіаграми - когнітивні карти нижнього рівня.

Аналіз гібридної когнітивної карти дозволяє дати оцінку кожному фактору. Кожен об'єкт із множини об'єктів термографічного аналізу характеризується власним набором значень індикаторів  $\{ijk\}$ . У результаті аналізу необхідно отримати нечіткі оцінки факторів  $\{f_{ik}\}$ . Кожна оцінка може бути представлена у вигляді:

$$\langle T(af_i^k), \mu_{T(f_i^k)} \rangle \quad (4)$$

де  $T$  – терм нечіткої оцінки;  $\mu_{T(f_i^k)}$  - значення функції належності (ФП).

Усі ситуації оцінювання можна розділити на дві основні групи: оцінювання на основі значень індикаторів і непряме оцінювання на основі оцінок інших факторів.

1. Оцінюваний фактор має зв'язок з одним або кількома індикаторами.

Оцінка фактору за таких умов може бути визначена за допомогою процедур фазифікації. Щоб оцінити фактор  $f_i$  на основі індикатора  $ij$ , для кожного терму будуються функції належності на базовій множині значень індикатора. Нечітка оцінка фактору отримується шляхом фазифікації значень індикатора. Для урахування коефіцієнта відповідності  $a_{ij}$  використовується операція множення:

$$\mu_{T(f_i^k)} = a_{ij} \mu_{T(i_j^k)} \quad (5)$$

де  $\mu_{T(f_i^k)}$  - значення ФП, отримане при фазифікації значення індикатора  $ijk$  без урахування коефіцієнта відповідності.

Якщо фактор пов'язаний з декількома індикаторами  $ij_1, \dots, ij_n$ , то для агрегування оцінок отриманих шляхом фазифікації значень кожного індикатора можна використовувати операцію алгебраїчного додавання:

$$\mu_{T(f_i^k)} = a_{ij_1} \mu_{T(i_{j_1}^k)} + \dots + a_{ij_n} \mu_{T(i_{j_n}^k)} \quad (6)$$

2. На оцінюваний фактор  $f_{i1}$  впливає фактор  $f_{i2}$ , що є зовнішнім обмеженням.

Цей вплив доцільно враховувати через параметри функцій належності. На множині  $O$  виділяються кластери  $TO$  з однаковими значеннями зовнішнього фактору  $f_{i2}$ . Функції належності на множинах зна-

чень індикаторів, пов'язаних з  $f_{i1}$ , будуються окремо для кожного кластера.

При кластеризації за фактором  $f_{i2}$  ознаками кластеризації виступають індикатори  $ij$ , пов'язані з цим фактором:  $f_{i2} R^{Fij}$ . Нечітка кластеризація дозволяє визначити нечітке покриття, яке задається матрицею  $\|\mu_{O_i}(o_k)\|$  значень функцій належності об'єктів  $o_k \in O$  нечітким кластерам  $O_i$ . Найменування кластерів  $O_i$  можна розглядати як терми  $T_i$  лінгвістичної змінної відповідного зовнішнього фактору  $f_{i2}$ . Таким чином, можна для кожного об'єкта  $o_k$  задати значення зовнішнього фактору у вигляді:

$$\left\langle T(f_{i2}^k), \mu_{T_i(f_{i2}^k)} = \mu_{o_i}(o_k) \right\rangle \quad (7)$$

Кластеризацію об'єктів аналізу енергоефективності пропонується виконувати за допомогою алгоритму Густафсона-Кесселя [2].

У разі якщо об'єкт потрапив одночасно в кілька кластерів, оцінки, отримані для кожного кластера, агрегуються за допомогою операції максимуму:

$$\mu_{T^m}(f_{i1}^k) = \max\{\mu_{T^m}(f_{i1}^k)/T^{l1}(f_{i2}^k), \mu_{T^m}(f_{i1}^k)/T^{l2}(f_{i2}^k)\} \quad (8)$$

Якщо на один і той же фактор впливають кілька зовнішніх факторів, оцінки, отримані з урахуванням впливу кожного окремого зовнішнього фактору, агрегуються за допомогою операції мінімуму.

При побудові правил необхідно враховувати характеристики відносин впливу, встановлених між факторами, які зв'язані правилами, а саме напрямком і силою впливу. Правила можуть бути оцінені ваговими коефіцієнтами у вигляді числових значень з інтервалу  $[0,1]$ . Коефіцієнти відображають впевненість експертів у достовірності правил. При їх призначенні треба врахувати, що на цільовий фактор, присутній в умовній або заключній частині правила, можуть впливати невраховані фактори, не відображені на діаграмі. У цьому випадку ваговий коефіцієнт відповідних правил може бути невисоким. У міру накопичення статистики правила можуть коригуватися. Для підвищення їх об'єктивності і за наявності навчальних вибірок може бути використаний гібридний підхід, що поєднує нейронні мережі і продукційні системи.

За результатами аналізу гібридної когнітивної карти може бути побудовано дерево причин. Воно показує поточні стани факторів, що впливають на енергозбереження чи енергоефективність, для конкрет-

ного об'єкту енергоаудиту і пояснює, чому і під впливом яких причин склалися ці стани. Дерево причин формується на основі відповідної когнітивної карти шляхом присвоєння кожному фактору його оцінки [3].

Пропонований підхід дозволяє не просто оцінити рівень енерговитрат (ефективності) на вибраній множині досліджуваних об'єктів, але і проаналізувати причини ситуації, що склалася і визначити основні напрямки прийняття рішень для ефективного виправлення стану обраної для дослідження системи.

### **Література**

- 1 Оценка энергетической эффективности муниципальных образований на основе нечеткой интерпретации данных / М.П. Силич, С.В. Аксенов, В.С. Ахмедов, В.И. Скрябин // Информационные и математические технологии в науке и управлении: труды XVII Байкальской Всерос. конф. – Иркутск: ИСЭМ СО РАН, 2012 – Ч. 3. – С. 129–134.
- 2 Gustafson D.E., Kessel W.L. Fuzzy clustering with a fuzzy covariance matrix // Proc. IEEE CDC, San Diego, CA.-1979.-P.761-766.- Vol.7.-P.773-781.
3. Скiтер І.С., Маргасов Д.В., Плахотiна Т.В. Аналіз енергоефективності муніципальних об'єктів на основі інформаційної системи комплексного когнітивного моделювання // Ukraine – EU. Modern technology, business and law : in 2 parts. Part 2. Modern engineering. Sustainable development. Innovations in social work: philosophy, psychology, sociology. Current problems of legal science and practice. – Chernihiv : CNUT, 2015 - С. 64–67.

УДК 62-501:4:681.326.74

## **ДИАГНОСТИЧЕСКИЕ МОДЕЛИ ОБЪЕКТОВ АВТОМАТИЧЕСКОГО УПРАВЛЕНИЯ**

А.С.Кулик

*Национальный аэрокосмический университет им. Н.Е.Жуковского «ХАИ»,  
Украина*

На всех этапах жизненного цикла объекты автоматического управления подвержены дестабилизирующим воздействиям: помехам, возмущениям и отказам. Дестабилизирующие воздействия приводят к нарушению работоспособности объектов автоматического управления, состоящих из блоков приводов, непосредственно объектов управления и блока датчиков. Для выявления причин нарушения работоспособности необходимо распознать – диагностировать дестабилизирующие воздействия. Диагностирование заключается в обнаружении появления дестабилизирующего воздействия, поиске места его возникновения, определении класса и установлении конкретного физического вида [1].

После получения в результате диагностирования полного диагноза для восстановления работоспособности объекта автоматического управления достаточно парировать последствия дестабилизирующего воздействия. Системы автоматического управления, обладающие способностью в реальном масштабе времени диагностировать и восстанавливать функциональные свойства, – это системы рационального управления [2]. Потенциально системы рационального управления, приспособляющиеся к изменяющимся условиям функционирования, располагают целым рядом технико-экономических преимуществ перед существующими системами автоматического управления объектами различной физической природы. Сдерживает разработку класса рациональных систем отсутствие конструктивных математических моделей, отражающих причинно-следственные связи влияния дестабилизирующих воздействий на доступные измерению выходы объектов автоматического управления. Математические модели, связывающие прямые признаки дестабилизирующих воздействий с косвенными, доступными измерению, называются диагностическими моделями.

В докладе представлена история становления диагностических моделей и класс новых диагностических функциональных моделей для объектов автоматического управления, описываемых в номинальном режиме функционирования линейными уравнениями в дискретном пространстве состояний:

$$\begin{aligned} x[(k+1)T_0] &= Ax(kT_0) + Bu(kT_0); \quad x(k_0T_0) = x_0; \\ y(kT_0) &= Cx(kT_0); \quad k = \overline{0, n}, \end{aligned} \quad (1)$$

здесь  $x(kT_0)$  –  $n$ -мерный вектор состояния;  $x(kT_0) \in X^n$ ;  $u(kT_0)$  –  $r$ -мерный вектор управляющих воздействий;  $u(kT_0) \in U^r$ ;  $y(kT_0)$  –  $m$ -мерный вектор измерений;  $y(kT_0) \in Y^m$ ;  $A, B, C$  – матрицы соответствующих размерностей;  $T_0$  – период квантования.

Множество дестабилизирующих воздействий  $D = \{d_1, d_2, \dots, d_q\}$  вызывает возмущенное движение объекта автоматического управления, представимое в таком общем виде:

$$\begin{aligned} \tilde{x}[(k+1)T_0] &= A(\lambda_i)\tilde{x}(kT_0) + B(\lambda_i)u(kT_0) + N(\lambda_i)f(kT_0); \quad \tilde{x}(k_0T_0) = \tilde{x}_0; \\ \tilde{y}(kT_0) &= C(\lambda_i)\tilde{x}(kT_0) + M(\lambda_i)\xi(kT_0); \quad k = \overline{0, n}, \end{aligned} \quad (2)$$

где  $\lambda_i$  – параметр, характеризующий  $d_i$  дестабилизирующее воздействие;  $f(kT_0)$  –  $v$ -мерный вектор возмущений;  $f(kT_0) \in F^v$ ;  $\xi(kT_0)$  –  $\mu$ -мерный вектор помех;  $\xi(kT_0) \in E^\mu$ ;  $N(\lambda_i)$  и  $M(\lambda_i)$  – матрицы соответствующих размерностей.

В результате специфической линеаризации системы уравнений (2) относительно эталонного движения получается следующая система уравнений диагностической модели:

$$\Delta x_i[(k+1)T_o] = A\Delta x_i(kT_o) + [A_i\hat{x}_i(kT_o) + B_i u(kT_o) + N_i f(kT_o)]\Delta\lambda_i; \Delta x_i(k_o T_o) = x_{i0};$$

$$\Delta y_i(kT_o) = C\Delta x_i(kT_o) + [C_i\hat{x}(kT_o) + M_i\xi(kT_o)]\Delta\lambda_i; i = \overline{1, q}, \quad (3)$$

здесь  $A_i, B_i, N_i$  и  $M_i$  – функции чувствительности соответствующих матриц по параметру  $\lambda_i$ ;  $\hat{x}(kT_o)$  – оценка вектора состояния;  $\Delta\lambda_i$  – прямой признак дестабилизирующего  $d_i$  воздействия;  $\Delta y_i(kT_o)$  – косвенный признак.

Для анализа возможности по косвенным признакам  $\Delta y_i(kT_o)$  установить наличие прямых признаков  $\Delta\lambda_i, i = \overline{1, q}$  введено понятие диагностируемости. Диагностируемость – это свойство уравнений (3), характеризующее возможность однозначного установления факта наличия прямого признака  $\forall d_i \in D$  по косвенным признакам в течении конечного времени. В результате проведенных исследований был доказан ряд теорем и получены конструктивные критерии структурной и сигнальной диагностируемостей.

В докладе представлены диагностические функциональные модели и для нелинейных объектов автоматического управления. Адекватность предложенных моделей подтверждена рядом компьютерных и макетных экспериментальных исследований.

### Литература

1. Кулик А.С. Сигнально-параметрическое диагностирование систем управления // Бизнес-Информ. - Харьков: Гос. аэрокосмический ун-т «ХАИ», 2000. - С. 260.
2. Кулик А.С. Рациональное управление работоспособностью аэрокосмических объектов при дестабилизирующих воздействиях // Авиационно-космическая техника и технология. - № 1 (108), 2014. - С. 31–38.

УДК 519.854

## ЕФЕКТИВНІ АЛГОРИТМИ РОЗВ'ЯЗАННЯ ЗАДАЧІ МІНІМІЗАЦІЇ СУМАРНОГО ЗВАЖЕНОГО ЗАПІЗНЕННЯ ВИКОНАННЯ МНОЖИНИ ЗАВДАНЬ ОДНИМ ПРИЛАДОМ

А.Ю. Халимон

*НТУУ «КПІ», Факультет інформатики та обчислювальної техніки., Україна*

Розглянемо математичну постановку задачі і введемо позначення [1]:

$J$  – множина усіх робіт, які призначаються на прилад;

$\sigma$  – деякий допустимий розклад, тобто послідовність робіт із  $J$ ;



$n$  – кількість робіт у розкладі, нумерація не залежить від їх розміщення послідовності,  $|J| = n$ ;

$[j]$  – номер роботи, що стоїть в допустимому розкладі на позиції  $j$ ;

$p_j$  – тривалість роботи із номером  $j$ , усі роботи складаються із однієї операції (англ. «processing time»);

$d_j$  – директивний строк виконання роботи із номером  $j$  (англ. «due date»);

$w_j$  – вага роботи із номером  $j, \forall j \in J w_j > 0$ ; величина  $w_i / p_j$  - пріоритет роботи  $C_j$  – момент завершення обробки роботи  $j$  (англ. «completion time»);

$S_j = d_j - C_j$  – резерв часу роботи  $j$  (англ. «slack»); залежність резерву часу від моменту початку обробки роботи  $j$  записується як

$$S_j(t) = d_j - p_j - t;$$

$T_j = \max(0, C_j - d_j)$  – запізнення роботи  $j$  (англ. «tardiness»);

$P(A)$ , де  $A \subseteq J$  – сумарна тривалість обробки робіт з множини  $A$ , тобто  $P(A) = \sum_{i \in A} p_i$ ;  $\bar{A} = J \setminus A, A \subseteq J$ ;

Тоді функціонал, яким задається цільова функція:

$$\sum_{i=1}^n w_i T_i = \sum_{i=1}^n w_i \max(0, C_j - d_j) \rightarrow \min$$

Задачі даного типу розв'язуються за допомогою різного роду евристик, які дають швидке, однак неоптимальне рішення. Іншим способом є метод гілок і меж, який в свою чергу дає оптимальне рішення, але потребує забагато ресурсів. Методи стохастичної оптимізації є розумним компромісом між швидкодією і якістю рішення, однак дослідники намагаються добитися максимальної якості розв'язку, яка в даному випадку не гарантується. Одним з кращих згідно [2] є алгоритм Dynasearch.

Алгоритм Dynasearch – алгоритм стохастичної оптимізації. Базується на алгоритмі локального градієнтного спуску. Головною його відмінністю є розмір одиничного кроку алгоритму. Під час виконання локального пошуку головною проблемою є наявність локальних оптимумів, в які потрапляє алгоритм. Dynasearch розв'язує цю проблему, прораховуючи декілька ходів наперед за допомогою алгоритму динамічного програмування.

Алгоритм Dynasearch є наразі найкращим відомим для даної задачі, однак його можна доповнити деякими потужними техніками. Це використання правил домінування з предметної області задачі. Правило домінування задає послідовність робіт, яка має присутня в готовому розкладі. Такі правила дозволяють значно скоротити множину доступних варіантів для перебору. Для їх ефективного застосування можна використати наявні потужні техніки програмування з обмеженнями (constraint programming), наприклад бібліотеку GECODE [3]. Її двигун дозволяє сумістити кращі риси глобального пошуку методом гілок і меж, правил домінування та стохастичної локальної оптимізації

### **Література**

1. Танаев В.С. Введение в теорию расписаний./ В.С. Танаев, В.В. Шкурба // М.: Наука, 1975.– 256 с.
2. A. Grosso. An enhanced dynasearch neighborhood for the single-machine total weighted tardiness scheduling problem // Operations Research Letters 32 (2004) p. 68 – 72
3. Christian Schulte and others // GECODE - An open, free, efficient constraint solving toolkit [Електронний ресурс] / Christian Schulte – Режим доступу: <http://www.gecode.org/> – Загол. з екрана.

УДК 004.932.2

## **МОДЕЛЬ ВІЗУАЛІЗАЦІЇ ВИСОКОТЕМПЕРАТУРНИХ ФІЗИКО-ТЕХНІЧНИХ ПРОЦЕСІВ**

А. В. Ярмілко

*Черкаський національний університет імені Богдана Хмельницького, Україна*

При використанні візуальної інформації в діагностиці та управлінні виникає потреба у виділенні актуальних для конкретного процесу візуальних ознак. Важливими параметрами інформаційних технологій, які застосовуються з цією метою, є їхня швидкодія та метричні характеристики модельних представлень візуальних артефактів. Критичність зазначених параметрів зростає при впровадженні методів візуалізації в управління та діагностику процесів, що мають високу динаміку та складність утворюваних видових сцен. До переліку процесів зазначе-

ного типу відносяться й високотемпературні фізико-технічні виробничі процеси, серед яких – лазерна, плазмова, газо-плазмова обробки матеріалів, електронно-променево, електродугове та інші види зварювання. Необхідність забезпечення керування такими процесами в реальному часі та мінімізації витрат обчислювальних ресурсів ставлять завдання пошуку нових рішень щодо вдосконалення існуючих моделей візуалізації.

З цією метою розроблено модель відображення кольорового растрового зображення технологічної зони, утвореного тепловим випромінюванням у високотемпературному виробничому процесі, у множині значимих технологічних ознак. При цьому бралось до уваги, що саме параметри утвореного теплового поля є визначальними для забезпечення заданого перебігу високотемпературних фізико-технічних процесів та якості отриманих виробів. Тому на першому етапі обробки зображення видової сцени виконується відображення простору відеоданих  $V$  у простір температур  $T$ . Існуючі моделі такого відображення базуються на відомих фізичних залежностях між температурою та енергетичними і спектральними характеристиками випромінювання, однак їхнє пряме застосування для визначення температури реальних тіл супроводжується значною похибкою, зумовленою варіацією коефіцієнта направлено теплового випромінювання (КНТВ) поверхні чи зони розплаву заготовки. З цієї причини доцільним є використання методів спектральної пірометрії. При цьому обумовлений необхідністю спрощення обчислень перехід до області Віна є прийнятним для випадку перетворення візуальних даних більшості високотемпературних процесів фізико-технічної обробки, оскільки внаслідок високої інтенсивності випромінювання  $I \sim T^4$  та високої швидкості адіабатичного розширення утвореної плазми вже за  $\approx 10^{-5}$  с температура в зоні обробки спадає від 20 000..50 000 °С в зоні прикладення дії енергетичного чинника до температури розплаву (для сталі – звичайно  $\leq 1500$  °С), що задовольняє верхній температурній межі застосування методів спектральної пірометрії 4000 °С. Модель Віна за відомою інтенсивністю випромінювання на двох ділянках спектру, наприклад, зеленого та червоного каналу з довжиною хвилі  $\lambda_g$  та  $\lambda_r$  відповідно, дозволяє визначити температуру за формулою:

$$T = \frac{C_2}{\Lambda \ln((I_g / I_r)(\lambda_g / \lambda_r)^5)}, \quad (1)$$

де  $\Lambda$  – величина еквівалентної довжини хвилі для вимірювання спектральної температури, яка вираховується за формулою

$\Lambda = \lambda_g \cdot \lambda_r / (\lambda_g - \lambda_r)$ , а  $C_2$  – пірометрична стала [1]. Однак обчислювальна складність даного виразу залишається високою навіть після спрощення за рахунок знаходження довжин хвиль  $\lambda_g$  та  $\lambda_r$  за розподілом спектральної чутливості конкретної відеокамери. Тому при перетворенні кольорового растрового зображення видової сцени в поле температур запропоновано використовувати регресійну залежність, отриману чисельними методами за створеним шляхом варіацій змінних  $I_r$  і  $I_g$  масивом значень температур:

$$T = 370 + I'_r + 1,25 \cdot I'_g + 2,8 \cdot I'_b, \quad (2)$$

де  $I'_r$ ,  $I'_g$ ,  $I'_b$  – еквівалентні значення яскравості за червоним, зеленим та синім каналами відеокамери. Точність визначення температури за виразом (2) для процесів з температурами в діапазоні 600..1500 °C в середньому становить  $\pm 15$  °C, що дозволяє отримати за кольоровим растровим зображенням технологічної зони поле температур для подальшого виділення інформаційних ознак виробничого процесу.

Отримані за виразом (2) значення температур дозволяють сформувати простір  $T \in N^2$ , який містить декілька областей  $\{P_i\}$ ,  $i=1..Z$ , які можуть трактуватися як інформативні і описуються виділеними за деякими критеріями  $Q$  множинами точок температурного растру  $t \in T | Q$ . Таким чином, може бути сформована множина інформативних візуальних областей. Проте для високотемпературних процесів при проведенні діагностики та синтезу управляючих рішень часто більш цінними є не окремі елементи множини  $P$ , а їх геометрична форма та параметри положення, які можуть бути визначеними за множиною точок обмежуючого контуру  $D = \{d_j\}$  даної області. Перелічені характеристики у даному випадку будуть складати множину візуальних ознак технологічного процесу  $O$ . Операція виділення контуру  $D$  має вигляд трансформації  $D = FrP = \bar{P} \setminus \text{int} P$  і являє собою третій рівень зниження збитковості початкових відеоданих  $V$ .

Подальше зниження збитковості можливо досягнути шляхом параметризації множини  $D$  за ознаками форми та положення за наближеними моделями: прямокутна, кругла, еліпсоїдна, краплеподібна область і т.п. Обчислення зазначених параметрів проводиться шляхом статистичної обробки множини  $D$  з подальшою класифікацією за озна-

кою найбільшої подібності з урахуванням того, що положення кожної точки контуру визначається координатами  $d_j = (x_j, y_j)$ .

На початковому етапі параметризації, з використанням значень статичного моменту інерції, за точками контуру  $D$  визначаються координати центра ваги  $C=(X_c, Y_c)$  та приведений радіус  $R$  температурної області. Дані параметри є зручними для опису динаміки процесу фізико-технічних перетворень та оцінки кількості підведеної в зону обробки енергії.

Для встановлення характеристик розвитку процесу технологічних перетворень, у яких відбувається переміщення точки підведення енергетичного впливу відносно оброблюваного матеріалу, доцільним є використання еліпсоподібних моделей і, як їхнього розширення, – краплеподібних моделей, Алгоритм побудови та аналізу моделей такого типу має наступний вигляд. За множиною точок обмежуючого контуру  $D = \{d_j\}$  виділеної області  $P$  встановлюються базові точки еліпсу, за якими визначаються елементи еліпсу та виконується його побудова. Виділення уявної осі симетрії температурної області зручно проводити за зміною радіус-вектора  $\rho$ , що потребує переходу з декартової в полярну систему координат. Аналогом такого переходу є розгортка контуру, на якій кожній точці  $d_j$  ставиться у відповідність значення  $\rho_j$ . За даними розгортки знаходяться глобальний максимум  $A_0$  із множини радіус-векторів. Дана операція здійснюється шляхом аналізу локальних максимумів розгортки  $A_w$ , які знаходяться за різницевою схемою:

$$A_0 = Arg \max(A_w), \quad (7)$$

$$\text{де } A_w = \rho_j, \text{ якщо } \begin{cases} \rho_j - \rho_{j-1} > 0 \\ \rho_{j+1} - \rho_j < 0 \end{cases}.$$

Знайдені положення центра мас та точки глобального максимуму контуру визначають лінію осьової симетрії області  $P$ .

Для визначення точки перетину  $A_1$  уявної вісі симетрії з протилежної сторони по відношенні до положення точки глобального максимуму необхідно здійснити перебір усіх точок контуру  $D$  за виключенням точок околу  $A_0$  за критерієм найменшої відстані до прямої  $(A_0, C)$ .

Прив'язка уявної осі симетрії  $(A_0, A_1)$  дозволяє розбити область  $P$  на підмножини  $P_a$  і  $P_b$ , причому  $P_a \cap P_b = \emptyset$ , та отримати значення оцінки площі областей  $S_a$  і  $S_b$ . Цінність цих оцінок полягає в тому, що

при первинному аналізі даних візуалізації значення  $\varepsilon = S_a / S_b$  може характеризувати рівень симетрії області P.

Отже, наведена послідовність трансформації зображення видової сцени дозволяє отримати достатньо широку множину візуальних ознак високотемпературного виробничого процесу, серед яких ознаки форми, статистичні, точкові, контурні, сегментаційні та остовні ознаки. Аналіз перелічених ознак з урахуванням динаміки отримання послідовних екземплярів зображень видової сцени дозволяє встановити статичні та динамічні параметри перебігу технологічного процесу. Серед них – положення, розміри та форма зон з різними температурними рівнями, напрям, швидкість переміщення джерела технологічного впливу, його енергетичні та часові параметри.

Підсумовуючи, можна зазначити, що мінімізація опису геометрії у запропонованій моделі візуалізації шляхом переходу від натуралістичних до приведених аналітичних моделей є раціональним кроком, який забезпечує прийнятну конструктивність отриманого рішення для широкого кола технологічних застосувань. Суттєве зростання експлуатаційних параметрів моделі досягається також завдяки адаптації методів спектральної пірометрії до вимог ефективного відображення візуального сигналу у температурне поле.

В цілому запропоновані заходи зі зменшення інформаційної збитковості та спрощення моделей візуалізації забезпечили зниження обчислювальної складності та мінімізацію ресурсних витрат при виділенні візуальних ознак, що створює хороші передумови для їхньої комп'ютерної підтримки на базі вбудованих систем реального часу. Отримані переваги актуальні для діагностики і управління високодинамічними фізико-технічних процесами.

## **Література**

1. Моделирование двухцветного пирометра со световодным трактом для металлургических печей / [Е. И. Марукович, Л. Ф. Жуков, Ю. Н. Кочкин и др.]. // Литье и металлургия. – 2010. – № 3 (56). – С. 48-58.

## ДВОЙСТВЕННЫЙ МЕТОД ТОЧНОЙ КВАДРАТИЧНОЙ РЕГУЛЯРИЗАЦИИ ДЛЯ ЗАДАЧ УПАКОВКИ ШАРОВ

А.И. Косолап, Ю.В. Черноусова

*Украинский государственный химико-технологический университет, Украина*

Задачи наиболее плотной упаковки шаров в евклидовом пространстве возникают в различных сферах деятельности человека. Такие задачи актуальны при анализе структуры нефтеносных пород, моделировании пористых сред, структуры гранулированных материалов, структуры нанопленок, при изучении структуры белка в биологии, жидкостей и газов в химии и физике. Среди них наиболее распространенной является задача плотной упаковки большого числа шаров одинакового размера, которая возникает, например, при моделировании процессов в активной зоне ядерного реактора. Предметом исследования данной работы является задача упаковки  $m$  шаров в  $n$ -мерный гиперкуб. Известные методы случайной упаковки либо алгоритмы оптимизации не всегда являются достаточно эффективными и зачастую требуют больших временных затрат для получения оптимального решения [1-2]. В данной работе изложен алгоритм поиска оптимального решения задачи упаковки шаров в гиперкуб, в частности проведен численный эксперимент для упаковки кругов в квадрат при различных значениях  $m$ . Показано, что новый метод точной квадратичной регуляризации [3] позволяет достаточно эффективно найти оптимальные решения этого класса задач.

Рассмотрим задачу упаковки гиперкуба со стороной  $a$  непересекающимися  $m$  шарами единичного радиуса:

$$\min \left\{ a \left\| x^i - x^j \right\|^2 \geq 4, x_i \geq 1, x_i \leq a-1, \forall i \neq j \right\}, \quad (1)$$

где  $x^i$  - координаты центров шаров, при этом шары не должны парно пересекаться, т.е. расстояние между центрами двух шаров должно быть не меньше двух радиусов.

С помощью метода точной квадратичной регуляризации преобразуем задачу (1) к виду:

$$\max \left\{ \|z\|^2 | a + s + (r-1)\|z\|^2 \leq d, -\|x^i - x^j\|^2 + 4 + r\|z\|^2 \leq d, x_i \geq 1, x_i \leq a-1, i \neq j, z \in E^{2m+2} \right\} \quad (2)$$

где  $z = (x^1, x^2, \dots, x^m, a, x_{2m+2})$ ,  $x_{2m+2}$  - вспомогательная переменная. Задача (2) эквивалентна задаче (1). Параметр  $r = 2$ . При этом значении

$r$  допустимое множество задачи (2) будет выпуклым. Параметр  $s$  должен удовлетворять условию

$$s \geq \| \bar{z}^* \|^2 - a^*, \bar{z} = (x^1, x^2, \dots, x^m, a),$$

где  $\bar{z}^*$  - решение задачи (1). В задаче (2) необходимо найти минимальное значение переменной  $d$ , для которой выполняется условие

$$r \|z\|^2 = d. \quad (3)$$

При каждом фиксированном  $d$ , задачу (2) будем решать прямо-двойственным методом внутренней точки [4]. Увеличение значения  $d$  приводит к монотонному возрастанию левой части равенства (3). Поэтому легко определить значение  $d$ , для которого решение задачи (2) будет удовлетворять условию (3). Величина изменения переменной  $d$  зависит от величины  $r \|z\|^2 - d$ . Чем меньше эта величина, тем меньше шаг изменения  $d$ .

В общем случае, предложенный алгоритм решения задачи (2) не всегда позволяет определить минимальное значение  $d$ , так как равенство (3) будет выполняться и для точек локального минимума задачи (2). Поэтому при найденном значении  $d$  задачу (2) будем решать методом Келли [5]. На каждой итерации этого метода допустимое выпуклое множество задачи (2) аппроксимируется многогранником. Метод точной квадратичной регуляризации позволяет преобразовать многогранник к пересечению шаров. Тогда задача (2) преобразуется к максимизации квадрата нормы вектора на пересечении шаров. Такая задача преобразуется к двойственной выпуклой задаче [3], которую решаем прямо-двойственным методом внутренней точки [4].

Будем называть метод точной квадратичной регуляризации, включающий метод отсечений Келли [5] и двойственную задачу максимизации квадрата нормы вектора на пересечении шаров двойственным методом точной квадратичной регуляризации.

Рассмотренным методом было решено несколько задач наиболее плотной упаковки единичных кругов в квадрат. Так, при  $m = 13$  получены следующие координаты кругов

$x_1 - x_7$	1	1	1	3,011018	3,000137841	2,0298785	3,068331
$y_1 - y_7$	1	3,03268969	6,462488323	1	3,000740165	4,7488757	6,462488
$x_8 - x_{13}$	4,73752	4,35745113	6,462488323	6,462488	6,462488323	5,0683686	
$y_8 - y_{13}$	2,01102	4,58488316	1,000000024	3,026055	5,026135236	6,4624883	



которые упаковываются в квадрат со стороной  $a = 7,462488$ . Плотность такой упаковки равна  $0,733375$ , что лучше упаковки  $0,7332647$  полученной другими методами [6].

### **Литература**

1. Birgin, E. G. Minimizing the object dimensions in circle and sphere packing problems / E. G. Birgin, F. N. C. Sobral // *Computers & Operations Research*. – 2008. – 35. – P. 2357–2375.
2. Sutou, A. Global optimization approach to unequal sphere packing problems in 3D / A. Sutou, Y. Dai // *J. of Optimization Theory and Applications*. – 2002. – 114, No 3. – P. 671–694.
3. Косолап, А.И. Глобальная оптимизация. Метод точной квадратичной регуляризации / А.И. Косолап. – Днепропетровск: ПГАСА, 2015 – 164 с.
4. Nocedal, J. Numerical optimization / J. Nocedal, S.J. Wright. – Springer, 2006. – 685 p.
5. Мину, М. Математическое программирование / М. Мину; пер. с фран. А.И. Штерна. – М.: Наука, 1990. – 487 с.
6. Szabo, P.G. New approaches to circle packing in a square / P.G. Szabo, M.Cs. Markot, T. Csendes. – Springer, 2007. – 237 p.

УДК 004.942

## **РАЗРАБОТКА ИМИТАЦИОННОЙ МОДЕЛИ СИСТЕМЫ ОБСЛУЖИВАНИЯ В БИБЛИОТЕКЕ**

О.И. Бабина, Р.А. Барышев, А.О. Селезнев

*ФГАОУ ВПО Сибирский федеральный университет, Россия*

На сегодняшний день все больше организаций сталкиваются с необходимостью перестройки бизнес-процессов для повышения эффективности своей деятельности в условиях усложнения характера хозяйственной деятельности, нестабильностью и неопределенностью развития внешних условий [1]. Очевидно, что такая перестройка требует применения формальных методов для её разработки с целью уменьшения негативных последствий неверных управленческих решений [2].

Наиболее важным инструментом становятся различного рода компьютерные системы поддержки принятия управленческих решений. Использование методов математического, в том числе и имитационного моделирования и принятие на их основе обоснованных решений по управлению организацией является конкурентным преимуществом и позволяет снизить риск неудачи при перестройке бизнес-процессов организации.

Имитационное моделирование – это эффективный инструмент решения управленческих задач. Спектр применения имитационного моделирования достаточно широк. Основным достоинством данного метода является возможность создания «виртуальной» модели исследуемой системы при минимальных затратах (как финансовых, так и временных) и возможность проигрывания различных вариантов развития моделируемой системы.

В данной работе рассматривается имитационная модель библиотечной системы обслуживания (на примере Научной библиотеки ФГАОУ ВПО «Сибирский федеральный университет»). Приводится как описание процесса построения модели, так и анализ полученных результатов моделирования.

Библиотечное обслуживание представляет собой многоуровневую систему, предоставляющую разного рода информационные услуги, необходимые пользователям [3]. В качестве объекта библиотечного обслуживания можно рассматривать читательские потребности. Предметом обслуживания являются выражающие эти потребности запросы, которые преобразуются в ходе обслуживания. Библиотечное обслуживание завершается услугой (результатом), предоставленной читателю.

Для разработки имитационной модели библиотечной системы обслуживания был выбран дискретно-событийный подход. Выбор дискретно-событийного подхода обусловлен тем, что система обслуживания библиотеки, прежде всего, является системой массового обслуживания. Дискретно-событийный подход позволяет абстрагироваться от непрерывной природы событий и рассматривать только основные события моделируемой системы [4]. В качестве системы имитационного моделирования была выбрана демо-версия программного продукта ExtendSim PLE. Данная система позволяет создавать дискретные, непрерывные и гибридные модели, поддерживает парадигмы моделирования динамических систем и дискретно-событийного управления.

В результате выполнения имитационного эксперимента можно получить значения следующих показателей, оценивающих эффективность работы Научной библиотеки СФУ: среднее время обслуживания читателя, минимальное время обслуживания читателя, максимальное время обслуживания читателя, средняя длина очереди, максимальная длина очереди, среднее время ожидания и максимальное время ожидания.

Кроме того, в рамках данной работы был проведен анализ бизнес-процессов исследуемой системы. В качестве бизнес-процесса системы обслуживания библиотеки был выбран процесс под названием «Обслуживание пользователей библиотеки». Построение диаграммы биз-

нес-процесса «Обслуживание пользователей библиотеки», а также диаграмм декомпозиции было выполнено с использованием методологии IDEF0 в программной среде BPwin. Модели BPwin дают основу для осмысления бизнес-процессов и оценки влияния тех или иных событий, а также описывают взаимодействие процессов и потоков информации в организации. Для уточнения принципов работы системы обслуживания библиотеки в работе приведена обобщенная схема моделирующего алгоритма процесса выдачи литературы.

Таким образом, разработанная имитационная модель позволяет произвести анализ системы обслуживания Научной библиотеки СФУ, определить способы её улучшения с целью принятия адекватных управленческих решений.

### Литература

1. Лычкина Н.Н. Имитационное моделирование экономических процессов: учебное пособие. Москва, 2005. – 164 с.
2. Аристов С.А. Имитационное моделирование экономических систем. Екатеринбург: Урал. гос. экон. ун-та, 2004. – 213 с.
3. Дворкина М.Я. Библиотечное обслуживание / М.Я. Дворкина. – Москва: Издательство Московского государственного университета культуры и искусств, 2003. – 48 с.
4. Томашевский В., Жданова Е. Имитационное моделирование в среде GPSS – М.: Бестселлер, 2003. – 416 с.

УДК 517.813

## ДИНАМІЧНІ ТРАЄКТОРІЇ ЕКОНОМІЧНОГО РОЗВИТКУ СУСПІЛЬСТВА ЗІ СТАЛИМИ ЦІНАМИ

Ю.В. Коляда, В.І Трохановський

*Київський національний економічний університет*

Звісно, вбачається суспільство з командно-адміністративною економікою.

Динамічна модель в координатах «платоспроможний попит  $Q$  – виробничі потужності  $F$ » записується:

$$\begin{aligned} \dot{Q} &= -Q + F; \\ \sigma \dot{F} &= -F + p_e Q - Q^2 F, \end{aligned} \quad (1)$$

де прийнято позначення:  $\dot{Q} = \frac{dQ(t)}{dt}$  і  $\dot{F} = \frac{dF(t)}{dt}$  є швидкості змінюваності величин  $Q$  і  $F$  з плином часу  $t$ ; часова стала  $\sigma$  відповідає темпосвіту виробничих потужностей суспільства; числове значення керуючого параметра описує рівень купівельної спроможності населення. Ззна-

чимо, що динамічна модель (1) є редукцією синергетичної моделі нелінійної економічної структури суспільства[1].

В результаті широкомасштабного обчислювального експерименту над ЕММ(1) для малого горизонту моделювання  $t \in [0; 2]$ ,  $p_e = 1$  і  $\sigma = 0,01$  було встановлено наступне. Незалежно від рівня виробничих потужностей при однаковому рівні платоспроможного попиту, що відображалось початковими умовами, спостерігалось відразу стрімке (в рази) падіння інтегральної кривої, а потім стабільна її поведінка на низькому рівні, і монотонне зменшення кривої  $Q$ (рис 1)

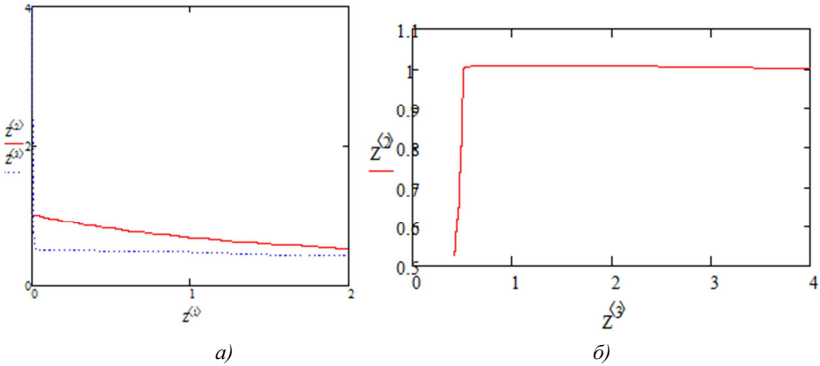


Рис. 1. а) інтегральні криві попиту  $Z^{<2>}$  і виробничих потужностей  $Z^{<3>}$  з плином часу  $Z^{<1>}$  для початкової умови  $[1; 4]^T$ ; б) фазовий портрет – залежність платоспроможного попиту від виробничих потужностей.

Як видно суспільство бідне(низькопродуктивне).

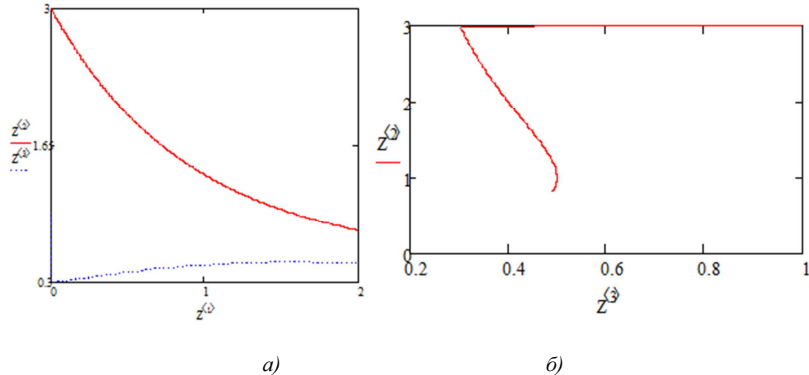


Рис. 2. а) інтегральні криві попиту і виробничого потенціалу для початкової умови  $[3; 1]$ ; б) фазовий портрет.

У випадку протилежних за змістом початкових умов – високого рівня платоспроможного попиту населення і низького виробничого потенціалу суспільства – має місце трохи інша картина, а саме: одразу після стрімкого падіння показника виробничих потужностей спостерігається повільне його зростання, а характер поведінки кривої попиту зберігається (монотонно спадає), що графічно відображено на рис. 2 для початкової умови  $[3; 1]^T$ .

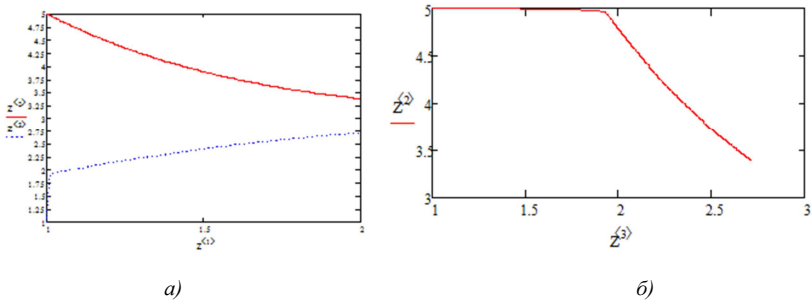


Рис. 3. Графіки поведінки змінних динамічної моделі (1) для ; початкової умови.

Зате для числових значень керуючого параметра  $p_e = 10$ , величини  $\sigma = 0,01$  і початкової умови  $[5; 1]^T$  при загальній тенденції спадання кривої платоспроможного попиту спостерігається спочатку стрибок графіка виробничих потужностей від 1 до майже 2, а потім відбувається монотонне зростання до рівня 2,8 (рис. 3). Така поведінка ключових, ґрунтуючись на динамічній моделі (1), характеристик економіки суспільства вселяє певну на дію на існування системи господарства протягом певного часу.

### Література

1. Олемской О.І. Синергетична модель економічної структури суспільства / О.І. Олемской, О.В. Ющенко, С.В. Кохан // Журн. фіз. досліджень. – 2004.–т. 8.– №3.– с. 268-278.

УДК 519.8

## МОДЕЛЮВАННЯ ТРАНСПОРТНОЇ ЗАДАЧІ ЗА ДОПОМОГОЮ MATHCAD

В.І. Гур'єв, І.В. Фірсова

*Чернігівський національний технологічний університет*

Спочатку Mathcad був створений як інструмент для розв'язання технічних задач. Але з роками стрімкого розвитку він еволюціонував у

найпотужніший математичний пакет розв'язання практично любых задач, що пов'язані розрахунками. Досвід використання Mathcad в економіці показав, що засобами цього програмного забезпечення можна з успіхом розв'язувати прикладні задачі економічного профілю.

Успіх Mathcad на ринку програмних продуктів обумовлений відносною простотою використання та універсальністю. Mathcad не тільки дозволяє вести математичні та економічні розрахунки практично довільної важкості, але і має широкі можливості графічної інтерпретації результатів розрахунків, що особливо важливо при розв'язанні економічних задач.

Поєднання текстового, формульного та графічного редакторів з багато поточним обчислювальним ядром дозволяє легко та зрозуміло розв'язувати множину задач, документувати і подавати у зручній формі результати обчислень. Робоча сторінка може бути збережена в універсальному форматі «\*.xps», що дозволяє використовувати його в усіх інших додатках, включаючи MS Office. Все це відкриває нові можливості для розв'язання важких економічних задач, аналізу динамічних моделей в економіці.

В системі Mathcad опис розв'язання математичних задач дається за допомогою звичайних математичних формул та знаків, а також шляхом звернення до спеціальних функцій. Серед них є і функція Maximize, Minimize, які призначені для розв'язання задач оптимізації – пошуку максимуму та мінімуму функцій з великою кількістю змінних.

Показати можливості Mathcad можна на прикладі розв'язання транспортної задачі, яка є однією з основних моделей математичного програмування. Це пояснюється тим, що на транспорті, в організаціях постачання та збуту, у кожній галузі народного господарства важливе значення має зниження транспортних витрат на перевезення вантажу. Крім того до транспортних задач можна звести багато виробничих задач.

Розглянемо транспортну задачу.

**Задача.** В трьох сховищах пального щоденно зберігається 175, 125 і 140 т бензину. Цей бензин щоденно отримують чотири заправні станції у кількості відповідно 180, 160, 60 і 40 т. Вартість перевезення 1 т бензину зі сховищ на станції задається матрицею:

$$\begin{pmatrix} 9 & 7 & 5 & 3 \\ 1 & 2 & 4 & 6 \\ 8 & 10 & 12 & 1 \end{pmatrix}$$

Необхідно скласти план перевезень з метою мінімізації транспортних витрат.

Позначимо  $x_{ij}(t)$  – кількість перевезеного вантажу з  $i$ -го сховища до  $j$ -ї станції, потрібно мінімізувати транспортні витрати, де  $c_{ij}$  – вартість перевезення однієї тони бензину з  $i$ -го сховища на  $j$ -ту станцію. Невідомі повинні задовольняти наступні обмеження:

- Об'єми перевезень не можуть бути від'ємними ( $x_{ij} \geq 0$ );
- Весь бензин повинний бути вивезений зі сховищ, тобто

$$\sum_{j=1}^n x_{ij} = a_i, i = 1..3,$$

де  $a_i$  – об'єм бензину у  $i$ -му сховищі;

- Потреби всіх станцій повинні бути повністю задоволені, тобто

$$\sum_{i=1}^m x_{ij} = b_j, j = 1..4, \text{ де } b_j \text{ – потреба бензину } j\text{-ї станції.}$$

Таким чином, отримаємо наступну оптимізаційну задачу:

$$\begin{aligned} \sum_{j=1}^n x_{ij} &= a_i \\ \sum_{i=1}^m x_{ij} &= b_j \end{aligned} \tag{1}$$

$$L(X) = \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n c_{ij} x_{ij} \rightarrow \min$$

Розв'язання транспортної задачі має два етапи:

- побудова початкового опорного плану;
- побудова послідовних ітерацій, тобто наближення до оптимального плану.

Розв'язок рахується оптимальним, якщо знайдена невід'ємна матриця  $X$ , що задовольняє умовам (1).

**Теорема:** для розв'язності транспортної задачі необхідно та достатньо, щоб виконувалася умова

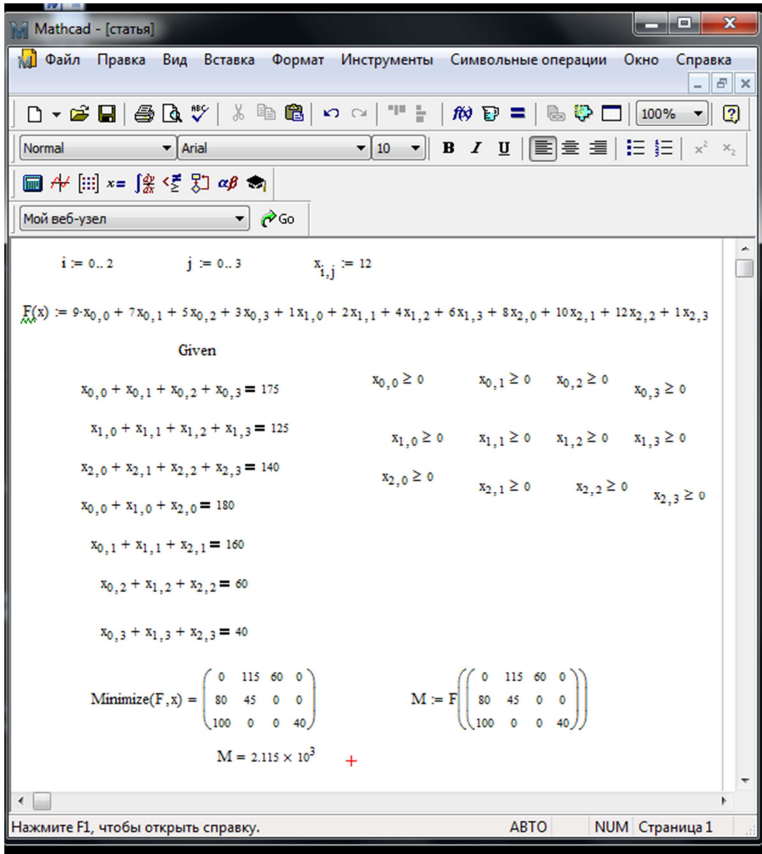
$$\sum_{i=1}^m a_i = \sum_{j=1}^n b_j$$

Перевіряємо задачу на умову збалансованості:

$$\sum_{i=1}^3 a_i = 175 + 125 + 140 = 440$$

$$\sum_{j=1}^4 b_j = 180 + 160 + 60 + 40 = 440$$

Задача збалансована. Для розв'язання цієї задачі за допомогою Mathcad складемо її математичну модель та використаємо функцію Minimize



Переваги системи Mathcad :

- Mathcad початково створювалась для численного розв'язування математичних задач;



- Запис задач в Mathcad найбільш наближений до запису їх без використання комп'ютера;
- Система Mathcad більш доступна для масового користувача, вона в декілька разів дешевше своїх аналогів;
- Система Mathcad – це скоріш універсальна, ніж спеціалізована математична система;
- Mathcad має достатньо потужну, але просту систему наочного представлення результатів обчислень у вигляді різного роду графіків;
- Mathcad може взаємодіяти з іншими додатками.

### Література

1. Алексеев Е.Р. MathCad 12/Е.Р. Алексеев, О.В.Чеснокова.- М.: НТ Пресс, 2005. – 345 с.
2. Просветов Г.И. Математические методы и модели в экономике: задачи и решения: Учебно-практическое пособие.- М.: Издательство «Альфа-Пресс», 2008.– 344 с.
3. Дьяконов В. П. Mathcad: Учебный курс. СПб.: Питер, 2000. – 454 с.
4. Плис А. И. Mathcad: Математический практикум для инженеров и экономистов: Учебное пособие. М.: Финансы и статистика, 2003. – 288 с.

УДК 519.854.2

## ДОСЛІДЖЕННЯ ВЛАСТИВОСТЕЙ АЛГОРИТМУ СКЛАДАННЯ РОЗКЛАДІВ ЗА КРИТЕРІЄМ СУМАРНОГО ВИПЕРЕДЖЕННЯ І ЗАПІЗНЕННЯ ІЗ НАЛАГОДЖЕННЯМИ, ЩО ЗАЛЕЖАТЬ ВІД ПОСЛІДОВНОСТІ

О.О. Мельник

*Державний вищий навчальний заклад «Ужгородський національний університет», Україна*

Складанню розкладів відносно директивних строків приділяється значна увага в літературі. Принцип виробництва «точно в строк» устанавлює, що необхідна кількість товарів повинна бути вироблена або поставлена точно в заданий час. Виконання робіт із випередженням призводить до витрат на складування, запізнення робіт – до штрафів і, як наслідок, втрати доброзичливості клієнтів і репутації фірми.

Задача мінімізації сумарного випередження та запізнення при виконанні завдань одним приладом з налагодженнями (1-МВЗН), залежними від послідовності, може бути сформульована таким чином: множина з  $n$  незалежних завдань  $J = \{j_1, j_2, \dots, j_n\}$  повинна бути призначена на виконання без переривань на одному приладі, який може

працювати не більш ніж з одним завданням одночасно. Прилад та завдання передбачаються безупинно доступними з моменту часу нуль, а простої приладу не допускаються. Завдання  $j$ , де  $j = 1, 2, \dots, n$ , вимагає часу виконання  $p_j$  і в ідеалі повинно бути закінчене у свій директивний термін  $d_j$ . Для окремих завдань задано час налагодження  $s_{ij}$ . Це означає, що в розкладі, в якому завдання  $j$  виконується відразу після завдання  $i$ , повинен бути час налагодження  $s_{ij}$  одиниць часу між моментами завершення завдання  $i$ , позначеним через  $c_i$ , та часом початку завдання  $j$ , що дорівнює  $c_j - p_j$ . Упродовж періоду налагодження жодне інше завдання не може виконуватися приладом. Тривалості налагодження залежні від послідовності, тому що вони залежать як від  $i$ , так і від  $j$ . Мета полягає в тому, щоб знайти розклад, який мінімізує сумарне випередження і запізнення всіх завдань:  $\sum_{j=1}^n (E_j + T_j)$ .

Алгоритм складання розкладів за критерієм 1-МВЗН із налагодженнями, що залежать від послідовності, побудований на основі методу, викладеного в [4].

Блок 1. Побудова початкової послідовності. На множині  $J = \{j_1, j_2, \dots, j_n\}$  без врахування налагоджень розв'язується задача МВЗ [2,3]. Отримуємо послідовність  $\sigma^R$ .

Блок 2. У послідовності  $\sigma^R$  для завдань, щодо яких задані налагодження приладу, включаємо значення налагоджень. Отримуємо послідовність  $\sigma^{R1}$ .

Блок 3. Локальний пошук кращого розв'язку включає дві процедури: процедуру А, що заснована на перестановках, та процедуру В, засновану на вставках.

Процедура А (окіл перестановок). Розглянемо послідовність  $\sigma^{R1}$ . Послідовно міняються місцями два чергові завдання, починаючи з першої позиції. Завдання на позиції 1 поступово міняється місцями з завданнями, що займають позиції 2, 3, ...,  $n-1$ . Нехай вже виконані перестановки для завдань на позиціях 1, 2, ...,  $i-1$ . Завдання на позиції  $i$  міняється з завданнями на позиціях  $i+1, i+2, \dots, n$ . Нехай  $\sigma_{ij}$  – послідовність, що отримана з поточної послідовності перестановкою завдань  $i$  та  $j$ ,  $i, i \leq j \leq n$ . У цій послідовності відкоригуємо значення

налагоджень. Значення функціоналу часткової послідовності становить:

$$F_{i,j}(SWAP) = |c_j - d_i| + |c_i - p_i + p_j - d_j| + \sum_{l=i+1}^{j-1} |c_l - p_i + p_j - d_l|.$$

Після кожної перестановки корегується в поточній послідовності значення налагоджень, які залежать від послідовності завдань, і визначається значення функціоналу. Якщо це значення не краще поточного, завдання повертаються на свої позиції, але якщо значення функціоналу зменшується після перестановки, тоді поточна послідовність оновлюється, і процес починається із завдання в позиції  $i-1$ .

Процедура В (окіл вставок). Розглядається послідовність  $\sigma^{R1}$  з початку. Кожне чергове завдання  $i$  поступово вбудовується на позицію  $j$  в послідовності  $\sigma^{R1}$ ,  $i = \overline{1, n}$ . Нехай розглядається завдання, яке займає позицію  $i$ . Поступово вбудовуємо його на позицію  $j$ ,  $j = \overline{1, n}$ . У поточній послідовності корегуємо тривалість налагоджень і визначаємо значення функціоналу часткової послідовності  $i, \dots, j$ . Якщо  $j < i$ , використовується вираз:

$$F_{i,j}(EBSR) = |c_i - p_i + p_j - d_j| + \sum_{l=i+1}^{j-1} |c_l + p_j - d_l|.$$

$$i < j: F_{i,j}(EFSR) = |c_j - d_i| + \sum_{l=i+1}^j |c_l - p_i - d_l|.$$

Якщо значення функціоналу не покращилося, повертаємо завдання на позицію  $i$ , інакше оновлюємо поточну послідовність. Процес продовжуємо, починаючи з позиції  $i+1$ .

Для дослідження ефективності запропонованого евристичного алгоритму оцінювались: вплив розмірності задачі на час її розв'язання, вплив діапазону директивних строків  $R$  і фактору запізнення  $T$ , ефективність алгоритму в порівнянні з методом гілок і границь.

Схема генерації даних, запропонована Фішером [1], використовувалася для тестування алгоритму на різних типах прикладів.

Дослідження впливу розмірності задачі на час її розв'язання, впливу діапазону директивних строків  $R$  і фактору запізнення  $T$  показали, що у середньому на розв'язання треба було менше, ніж 5.7 секунди для будь-якого набору з 20 задач. Середня кількість часу, необхідного для оптимального розв'язання алгоритмом гілок і границь, становила не більше 2 хвилин. Час, необхідний для оптимального розв'язання, швидко збільшувався при зростанні розмірності.

У табл. показано середнє відхилення значення функціоналу від оптимального у відсотках. Найбільш складні випадки задачі – комбінація

I:  $R=1.0$ ;  $T=0.6$ ; комбінація II:  $R=0.8$ ;  $T=0.6$ ; комбінація III:  $R=0.2$ ;  $T=0.6$ .  
Відсоток відхилення  $\Delta$  обчислюється таким чином:

$$\Delta = (Z - Z_{opt}) \cdot 100 / Z_{opt},$$

де  $Z_{opt}$  – сумарне випередження/запізнення розв’язку, зробленого алгоритмом гілок і границь, а  $Z$  – сумарне випередження/запізнення розв’язку, зробленого евристичним алгоритмом.

*Таблиця Середнє відхилення значення функціоналу від оптимального*

Комбінація параметрів	I	II	III
10	0.0	0.0	0.0
15	0.1	0.1	0.0
20	0.8	0.7	1.2
25	7.0	5.0	9.0

Отже, для всіх задач з розмірністю 10 алгоритм знайшов оптимальний розв’язок. Середній відсоток відхилення становив близько 2% на всіх множинах задач і менше 1% для 8 з 12 множин задач.

Висновки. Дослідження показали, що запропонований алгоритм дає змогу одержати розв’язки задач, наближені до оптимальних з невеликим відхиленням.

### **Література**

1. Fisher M.L. A dual algorithm for the one-machine scheduling problem / Marshall L. Fisher // *Mathematical Programming*. –1976. – Vol. 11 (1). – P. 229–251.
2. Згуровский М.З. Принятие решений в сетевых системах с ограниченными ресурсами: Монография. / М.З. Згуровский, А.А. Павлов. – К.: Наукова думка, 2010. – 573 с.
3. Павлов О.А. Дослідження властивостей та розв’язання задачі «Мінімізація сумарного штрафу як за випередження, так і за запізнення відносно директивних строків при виконанні незалежних завдань одним приладом» / О.А. Павлов, О.Б. Місюра, О.В. Мельников // *Вісник НТУУ «КПІ». Інформатика, управління та обчислювальна техніка: Зб. наук. пр.* –К.: «ВЕК+», 2008. – №48. – С. 3–6.
4. Складання розкладів сумарного випередження і запізнення із налагодженнями, що залежать від послідовності / Ващук Ф.Г., Павлов О.А., Місюра О.Б., Мельник О.О. // *Вісник Національного технічного університету України "КПІ". Інформатика, управління та обчислювальна техніка : зб. наук. пр.* – К. : Век+, 2011. – №53. – С.192-194.

## ЕВОЛЮЦІЙНЕ МОДЕЛЮВАННЯ ПРОЦЕСУ КОМПЛЕКТУВАННЯ АВАРІЙНО-РЯТУВАЛЬНОЇ ТЕХНІКИ

В.М. Кришталь<sup>1</sup>, П.Кучер, В.С. Снитюк<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Черкаський інститут пожежної безпеки імені Героїв Чорнобиля  
Національного університету цивільного захисту України

<sup>2</sup>Київський національний університет імені Тараса Шевченка

Домінуючий вплив на економіку України хімічної, металургійної промисловості та енергетичної галузі призводить до зростання кількості техногенних та екологічних катастроф, а також до збільшення масштабів їх наслідків. Аналогічні процеси відбуваються і у світі. До них ще додаються природні катаклізми, загрози від окремих суб'єктів або викликані іншими, часто випадковими факторами. Сучасні засоби зв'язку надають можливість спостерігати за процесами ліквідації наслідків таких аварій та катастроф. В економічно розвинених країнах функціонують рятувальні підрозділи, які надають своєчасну допомогу потерпілим особам та намагаються мінімізувати інші негативні наслідки надзвичайних ситуацій. В Україні аналогічні функції покладені на Державну службу України з надзвичайних ситуацій. Їх значна кількість є причиною проблеми комплектування аварійно-рятувальної техніки. Оскільки у більшості випадків носієм технічних засобів є спеціальний пожежний автомобіль, то необхідно розв'язувати задачу оптимального вибору та розміщення таких засобів при обмеженому об'ємі контейнера носія. Аспектами, які супроводжують процес пошуку елементної бази аварійно-рятувальної техніки, є існування протиріччя між її бажаною універсальністю та існуючими габаритними розмірами відповідного контейнера, а також обмеженість у фінансових та матеріальних ресурсах..

У результаті попереднього аналізу та експертного опитування, що найважливішими характеристиками аварійно-рятувальної техніки (АРТ) є  $F_1$  – функціональність,  $F_2$  – потужність,  $F_3$  – надійність,  $F_4$  – ціна та  $F_5$  – інші. Прагнення одержати найкращий комплект АРТ приводить до необхідності розв'язання задачі багатокритеріальної оптимізації

$$F_1 \rightarrow \max, F_2 \rightarrow \max, F_3 \rightarrow \max, F_4 \rightarrow \min, F_5 \rightarrow \max \quad (1)$$

при умові виконання вищевказаних обмежень. Одним із найбільш поширених методів розв'язання задачі (1) є формування інтегральної критеріальної функції за методом адитивної згортки. Важливою попередньою задачею є знаходження вагових коефіцієнтів часткових критеріальних функцій. У доповіді запропоновано відповідний метод, що

базується на використанні методу аналізу ієрархій Т. Саати [1] і схеми Беллмана-Заде [2]. Для цього відбувається опитування експертів, порівняння критеріальних функцій, формування матриці попарних порівнянь та визначення пріоритетності.

Після визначення вагових коефіцієнтів критеріальних функцій необхідно оцінити варіанти комплектування АРТ за кожним із критеріїв  $F_i, i = \overline{1,5}$ . Для цього способом, аналогічним вищенаведеному, здійснюємо розрахунок значень п'яти матриць попарних порівнянь  $Q_i$  комплектів АВР за критеріями  $F_i, i = \overline{1,5}$ . Результатом цього кроку є встановлення коефіцієнтів пріоритетності різних варіантів комплектів АВР.

Оскільки у практичних задачах, найчастіше, матриці попарних порівнянь є погано узгодженими, розроблено процедуру мінімізації такого ефекту, що базується на експертному порівнянні лише одного варіанту комплектування АВР з іншими та розрахунку інших коефіцієнтів попарних порівнянь. У такий спосіб зменшується ризик формування погано узгоджених матриць, але, якщо кількість варіантів комплектування АВР є значною, то ризик зберігається.

При розв'язанні задачі комплектування АВР потрібно враховувати можливу змінну кількість технічного обладнання, яке може належати до одного комплекту через різні габаритні розміри чи функціональність. Така особливість задачі вказує на необхідність формалізації критеріальних функцій. Однією із найважливіших причин цього є відмінності у визначенні поняття та одиниці вимірювання функціональності, потужності, а в окремих випадках й інших одиниць.

З урахуванням вказаних особливостей задача (1) полягатиме у пошуку

$$Arg \max_p F(K_p) = Arg \max_p \sum_{j=1}^m u_j \sum_{l=1}^n \left( \sum_{i=1}^5 \alpha_i^j \cdot F_i(X_l) \right) \cdot \chi[(X_l \in C_j) \& (X_l \in K_p)], \quad (2)$$

де  $F$  – інтегральна цільова функція,  $K_p$  – комплект АРТ,  $p = \overline{1, K}$ ,  $K$  – максимально можлива кількість комплектів АРТ,  $u_j, j = \overline{1, m}$  – ваговий коефіцієнт  $j$ -го класу обладнання,  $\alpha_i^j, i = \overline{1, 5}$  – ваговий коефіцієнт  $i$ -ї критеріальної функції для  $j$ -го типу обладнання,  $X_l, l = \overline{1, n}$  – елементи АРТ,  $C_j, j = \overline{1, m}$  – класи обладнання АРТ,  $\chi(*)$  – функція-індикатор.

У доповіді розглянуто аспекти розв'язання задачі (2). Вони можуть бути розділеними на два класи. До першого належать аспекти формування пріоритетів цільових функцій та комплектів АВР, до другого – технології одержання оптимального (квазіоптимального) розв'язку задачі (2).

Для розв'язання задачі комплектування АВР розроблено метод, результати застосування якого є одним із можливих елементів технології прийняття рішень, що базується на використанні теорії нечітких множин, як однією із складових парадигми Soft Computing [2]. Не для всіх її положень існують строгі математичні доведення, не для всіх методів гарантована збіжність, їх застосування є доцільним при розв'язанні задач, пов'язаних із необхідністю врахування суб'єктивних суджень.

Розв'язуючи задачу про визначення оптимального варіанту комплектування АВР, експерти повинні володіти інформацією про порівняльні характеристики елементів АРТ одного класу, а також мати можливість приведення різнорідних показників до однієї шкали. У випадку, якщо компетентність експертів є невідомою для особи, що приймає рішення, рекомендовано скористатись методом, що базується на використанні аксіоми незміщеності, запропонованим в [3].

Як показано, метод має і недоліки. Зокрема, він орієнтований на визначену кількість варіантів комплектування, яка не може змінитись в процесі аналізу, і одержані результати не можуть використовуватись для оцінювання нового варіанту комплектування. Адже при додаванні інших варіантів комплектів АВР необхідно буде здійснювати перерахунок усіх матриць попарних порівнянь за окремими критеріальними функціями. Крім того, суб'єктивізм методу, навіть певним чином об'єктивізований, не гарантує вибору оптимального комплекту АВР.

Розглянуто перспективи застосування інших методів, що базуються також на складових «м'яких обчислень» - штучних нейронних мережах, методах еволюційного моделювання, технологіях, що базуються на нових обчислювальних парадигмах. Це дозволить здійснювати оцінювання варіантів комплектування не при попарному порівнянні, а виходячи з уже побудованої моделі типу (2).

Аспекти іншого напрямку Soft Computing, а саме еволюційного моделювання для розв'язання задачі комплектування вже розглядалися раніше в [4]. Оскільки функція (2) є поліекстремальною, негладкою, обчислюваною алгоритмічно, то її оптимізація не може бути здійсненою з використанням класичних методів, що базуються на інтегродиференціальному численні. Іншою парадигмою розв'язання подібних задач є стохастична оптимізація. Послідовний пошук оптимального розв'язку у випадковому напрямку та розмірність задачі не гарантують

знаходження глобального оптимуму. Тому еволюційні технології, в основі яких лежить випадковий, але направлений пошук є чи не єдиним способом розв'язати поставлену задачу.

Двома основними еволюційними методами, якими можна розв'язати задачу (2), є генетичні алгоритми та еволюційні стратегії. У класичному викладі перший метод призначений для розв'язання задач дискретної оптимізації з використанням генотипів (бінарних розв'язків), другий – базується на використанні дійсних представлень потенційних розв'язків. Характерним для цих двох методів є паралельний пошук оптимуму. Генетичний алгоритм більшою мірою залежить від розрядності комп'ютерної сітки та точності потенційного розв'язку (2). Відмінністю між генетичним алгоритмом та еволюційною стратегією є ще те, що при використанні генетичного алгоритму нові розв'язки утворюються як залежні від двох батьківських розв'язків, а в еволюційних стратегіях – батьківський розв'язок один. Недоліком як генетичного алгоритму, так і еволюційної стратегії є значна кількість кроків у невірному напрямку при пошуку оптимального розв'язку. Хоч і той, і той методи збігаються за ймовірністю до глобального оптимуму при певних параметрах.

Для того, щоб оптимізувати процес пошуку оптимального розв'язку задачі (2), доцільним є використання методу EvoMax, запропонованого у роботі [5]. Його особливістю є направленість випадкового пошуку за рахунок визначення перспективних розв'язків та міри їх перспективності і реалізації технології, при якій потенційно кращі розв'язки шляхом мутації генерують нащадків, причому в оптимізованій для такого пошуку області.

У доповіді також розглядаються потенційні шляхи пошуку розв'язку задачі комплектування АВР, в основі яких лежать методи, якими розв'язують задачі розміщення об'єктів в контейнерах, виходячи із їх габаритних розмірів. Досліджено також проблеми, пов'язані із застосуванням мінімаксних методів, методу ідеальної точки, методу поступок та їм подібних. Зроблено висновок про необхідність встановлення пріоритетів та первинності врахування інтегральної цільової функції, її окремих компонент та габаритних обмежень.

Оскільки гарантувати існування оптимального (прийняттого) розв'язку (2) не можливо, то запропоновано використання штрафних функцій і здійснено їх структурну та параметричну ідентифікацію. Використання таких функцій як доповнення до (2) дозволяє здійснювати певне погіршення цільової функції та пропонувати варіант комплектування АВР, який, можливо, і не є найкращим розв'язком задачі (2), але задовольняє обмеження.



## Література

1. Саати Т. Принятие решений. Метод анализа иерархий / Т. Саати. – М.: Радио и связь, 1993. – 278 с.
2. Zadeh L. A. Fuzzy logic, neural network and soft computing // Communications of the ACM. – 1994. – Vol. 37, № 3. – P. 77–84.
3. Снитюк В.Е., Рифат Мохаммед Али. Модели и методы определения компетентности экспертов на базе аксиомы несмещенности // Вісник ЧПІ. – № 4. – 2000. – С. 121-126.
4. Снитюк В., Кучер П. Информационно-аналитические модели и эволюционные аспекты решения задачи комплектования // Искусственный интеллект. – 2009. – № 4. – С. 268-273.
5. Снитюк В.Є. Спрямована оптимізація і особливості еволюційної генерації потенційних розв'язків // Матеріали V Міжн. школи-семінару «Теорія прийняття рішень», Ужгород (1-6 жовтня 2012). – С. 182-183.

УДК 519.85

## ОПТИМИЗАЦИЯ НАДЕЖНОСТИ СЛОЖНЫХ ТЕХНИЧЕСКИХ СИСТЕМ ПРИ ОГРАНИЧЕННЫХ РЕСУРСАХ НА ИХ ОБСЛУЖИВАНИЕ

А.И. Косолап, А.А. Довгополая

*Украинский государственный химико-технологический университет, Украина*

Математическое моделирование и проектирование сложных систем предъявляет значительные требования к их надежности. Особенно роль надежности возросла в последние годы из-за создания сложных технических систем, которая зависит от надежности большого количества взаимосвязанных компонентов. Создание дорогостоящих систем, в первую очередь автоматизированных систем управления различными объектами народного хозяйства, выполняющими ответственные функции, непременно предполагает тщательную проработку вопросов надежности на всех этапах, начиная от проектирования и производства и кончая испытаниями и эксплуатацией различных систем [1]. Построение множества современных сложных систем привело к необходимости разработки новых специфических математических методов оптимизации надежности таких систем.

В качестве примера рассмотрим процедуру задания требований по надежности. Количественное задание требований или предварительное определение норм надежности как для изделий вновь создаваемых, так и для изделий уже выпускаемых промышленностью составляет одну из важнейших частей при выработке технических требований [2]. Повышение надежности систем, как и улучшение прочих технических характеристик, связано с тем или иным образом с увеличением затрат

на производство этих систем. Таким образом, обоснованное задание требований по надежности подразумевает оптимальное распределение средств между компонентами.

С точки зрения обоснования требований по надежности технические системы можно разбить на два основных класса [3]. К первому классу относятся все системы, у которых и полезный эффект, и убытки из-за отказов могут быть непосредственно измерены в стоимостных единицах. Для таких систем более или менее строго обоснованное задание требований по надежности возможно.

Ко второму классу следует отнести системы, использование которых не приводит непосредственно или даже косвенно к получению материальных выигрышей (например, системы безопасности движения пассажирского транспорта, системы вооружения, медицинская аппаратура и пр.) или во всяком случае отказ которых приводит не к материальным убыткам, а ущербу иной природы. Для этих систем формального задания требований по надежности осуществить нельзя.

Рассмотрим упрощенную модель системы первого класса, которая характеризуется средним временем безотказной работы  $T$  и средним временем восстановления (ремонт, замена частей, наладка и пр.)  $\tau$ . Предположим, что за единицу полезного времени система принесит доход  $c_T$ , а единица времени простоя обходится в  $c_\tau$ . Пусть система функционирует в течение периода времени  $\theta$  (такое ограничение всегда существует в силу физического или морального старения техники). Тогда в течение времени использования системы  $\theta$  доход от ее функционирования составит величину:

$$C = \frac{\theta}{T + \tau} (c_T T - c_\tau \tau),$$

где  $\theta/(T + \tau)$  – среднее число циклов «работа-простой» в течении всего периода эксплуатации изделия, а выражение в скобках – средний доход от системы минус затраты на ремонт в течении одного цикла.

Предположим теперь, что нам известны функции  $T(c)$  и  $\tau(c)$ , показывающие, как увеличивается среднее время безотказной работы и как уменьшается среднее время простоя системы в зависимости от средств, вкладываемых на повышение надежности. Тогда для системы следует задать такие значения  $T$  и  $\tau$ , которые максимизировали бы результирующий доход от ее эксплуатации, т.е.

$$\max \left\{ \frac{\theta}{T(c_1) + \tau(c_2)} [c_T T(c_1) - c_\tau \tau(c_2)] - c_1 - c_2 \mid c_1 \geq 0, c_2 \geq 0 \right\},$$

где необходимо найти  $c_1$  – затраты на увеличение  $T$  и  $c_2$  – затраты на уменьшение  $\tau$ ,  $c_0$  – допустимые затраты, которые удовлетворяют условию  $c_1 + c_2 \leq c_0$ . Это одна из возможных упрощенных постановок задачи.

На практике имеют дело с множеством изделий, образующих техническую систему. Тогда задача сводится к нахождению условного оптимума вида

$$\max \sum_{i=1}^n \left\{ \frac{n_i \theta_i}{T_i(c_{1i}) + \tau_i(c_{2i})} [c_{Ti} T_i(c_{1i}) - c_{\tau i} \tau_i(c_{2i})] - c_{1i} - c_{2i} \right\} \quad (1)$$

при ограничении

$$\sum_{i=1}^n n_i (c_{1i} + c_{2i}) \leq c_0, \quad (2)$$

где  $n_i$  – количество изделий  $i$ -го типа;  $n$  – общее количество типов изделий,  $\theta_i$  – время функционирования изделия  $i$ -го типа.

Вычислительная сложность решения этой задачи обуславливается тем, что  $n$  обычно является большим. Целевая функция (1) является невыпуклой, а это порождает многоэкстремальность в задаче (1) – (2). Будем предполагать, что все функции  $T_i(c_{1i})$  и  $\tau_i(c_{2i})$  и определены. В частности, среднее время безотказной работы  $i$ -го изделия можно однозначно определить, вычислив его вероятность безотказной работы. Для этого необходимо решить последовательность задач

$$\max \{R_i(c_i) \mid c_i \leq c_{i1}\},$$

где  $R_i$  – вероятность безотказной работы,  $c_i$  – ресурс, затрачиваемый на обеспечение надежности  $i$ -го изделия. Эту задачу решаем при различных значениях  $c_{i1}$  и определяем зависимость  $R_i(c_{i1})$ , а затем и  $T_i(c_{1i})$ .

Для решения задачи используем метод точной квадратичной регуляризации, с помощью которого задача (1) – (2) преобразуется к виду [4]:

$$\max \left\{ \|c\|^2 \mid -\sum_{i=1}^n \left[ \frac{n_i \theta_i}{T_i(c_{1i}) + \tau_i(c_{2i})} (c_{Ti} T_i(c_{1i}) - c_{\tau i} \tau_i(c_{2i})) - c_{1i} - c_{2i} \right] + s + (r-1) \|c\|^2 \leq d, \right. \\ \left. \sum_{i=1}^n n_i (c_{1i} + c_{2i}) \leq c_0, c \geq 0 \right\}, \quad (3)$$

где  $s$  – фиксированный параметр, а значение  $r > 0$  выбирается таким, чтобы допустимая область задачи (3) была выпуклой. Компонентами вектора  $c$  являются затраты на увеличения времени безотказной работы каждого изделия системы и стоимости восстановления каждого изделия, а также вспомогательной переменной  $c = (c_{11}, \dots, c_{1n}, c_{21}, \dots, c_{2n}, c_{2 \cdot n+1}) = (\bar{c}, c_{2 \cdot n+1})$ . Оптимальные значения компонент этого вектора необходимо определить. В задаче (3) необходимо найти минимальное значение переменной  $d > 0$ , для которой выполняется условие

$$r \|c\|^2 = d, \quad (4)$$

где  $\|c\|$  – означает евклидовую норму вектора  $c$ . Значение  $d$  находим методом дихотомии. При каждом фиксированном значении  $d$ , задача (3) решалась прямо-двойственным методом внутренней точки [5]. При увеличении переменной  $d$  значение левой части равенства (4) растет. Поэтому на каждой итерации увеличиваем значение  $d = d + h$  и решаем задачу (3). Затем определяем разность  $r \|c\|^2 - d$ , если она меньше нуля, то снова увеличиваем  $d$ , если больше нуля, то уменьшаем значение  $d$ . Чем меньше эта разность, тем меньше шаг изменения  $h$  переменной  $d$ . Фиксированный параметр  $s$  должен удовлетворять условию

$$s \geq \| \bar{c}^* \|^2 - f(\bar{c}^*), \quad (5)$$

где  $f(\bar{c}^*)$  – целевая функция (1),  $c^* = (\bar{c}^*, c_{2 \cdot n+1}^*)$  – решение задачи (3). Параметр  $s$  корректируем на каждой итерации, если он не удовлетворяет условию (5).

Рассмотренная методика решения позволяет решать задачи вида (1) – (2) большой размерности, так как метод точной квадратичной регуляризации использует только локальный поиск и метод дихотомии.

Для решения задач (1) – (2) было разработано программное обеспечение метода точной квадратичной регуляризации и проведены многочисленные эксперименты, которые подтвердили эффективность используемого метода при решении данного класса задач.

## Литература

1. Ушаков И.А. Построение высоконадежных систем / И.А. Ушаков – М.: Знание, 1974. – 64 с.
2. Базовский И. Надежность. Теория и практика / И. Базовский – М.: Мир, 1965. – 373 с.
3. Козлов Б.А. Справочник по расчету надежности аппаратуры радиоэлектроники и автоматики / Б.А. Козлов, И.А. Ушаков – М.: Советское радио, 1975. – 472 с.
4. Косолап А.И. Глобальная оптимизация. Метод точной квадратичной регуляризации / А.И. Косолап. – Днепропетровск: ПГАСА, 2015 – 164 с.
5. Nocedal J. Numerical optimization / J. Nocedal, S.J. Wright. – Springer, 2006. – 685 p.

УДК 34.06

## ІНФОРМАЦІЙНА СИСТЕМА АВТОМАТИЗОВАНОГО РОЗПОДІЛУ СПРАВ В СУДІ

Коверзнев В.О., Комар М.А.

*Чернігівський національний технологічний університет, Чернігів, Україна*

Постановка проблеми у загальному вигляді. Правосуддя повинно бути доступним та гласним. Використання можливостей інформаційних технологій дасть змогу не тільки забезпечити доступ до правосуддя пересічних громадян але й впорядкувати процедуру розгляду справ у суді.

Курс на автоматизацію судів, взятий в 1998 р., успішно продовжується. Робота з того часу проведена чимала і вже можна оцінити її результати. Суди майже повністю перейшли на автоматизоване діловодство, при чому автоматизація дісталася майже до всіх процесів, починаючи оформленням судової повістки і закінчуючи судовим рішенням[1].

На сьогодні розподіл справ між судьями в суді проводиться в автоматизованому режимі, але наявні на даний час інформаційні системи, які використовуються, є закритими, комплексними, без можливості зміни алгоритму розподілу для впровадження нових кроків, та його модернізації. Крім того системи такого роду є закритими і не дають учасникам справи можливості переглянути хід її розгляду.

Відповідно виникає задача – побудувати модульну систему розподілу справ, з можливістю легкої зміни її внутрішнього алгоритму розподілу, та можливістю перегляду стану справи будь яким із її учасників.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. На даний момент в Україні та в країнах близького зарубіжжя є схожі автоматизовані си-

стеми, але вони лише частково виконують поставлені задач. Їхні проблеми, як уже було згадано вище, це закритість систем, та неможливість стеження за станом справи.

Виділення невіршених раніше частин загальної проблеми. На даний момент у в світі не існує відкритої автоматизованої системи розподілу справ, або її прототипу, які б надавали користувачам потрібну інформацію. Тому мета даного проекту полягає у створенні прототипу програми «Автоматизованого розподілу справ в суді» з використання інформації про існуючі системи.

Виклад основного матеріалу. Система розроблюється як клієнт-серверна система, яка буде мати серверну підсистему, яка відповідає за всі логічні операції, зберігає та передає данні користувачу, та веб-клієнта, який надає інтерфейс користувача..

Ядро системи написано на мові Java [2], за допомогою додаткового програмного забезпечення Ide Eclipse. База даних розроблена за допомогою мови SQL [3]. Веб-клієнт створено за допомогою мови розмітки HTML, CSS, та мови програмування Javascript. Архітектура системи зображена на рисунку 1.

При роботі з системою адміністратору будуть надані такі можливості:

- занесення нової справу в систему;
- проведення поправок в уже існуючій справі;
- занесення нового судді в систему;
- зміна інформацію про суддю;
- проведення розподілу справ між суддями, хід розподілу буде занесений в спеціальний журнал.

Звичайному користувачеві буде надана можливість переглянути стан справи знайшовши її в системі за унікальним кодом.

Інтерфейс системи – тримовний (українська, російська, англійська). Потрібну мову можна обрати на початку роботи програми, або в опціях під час використання.

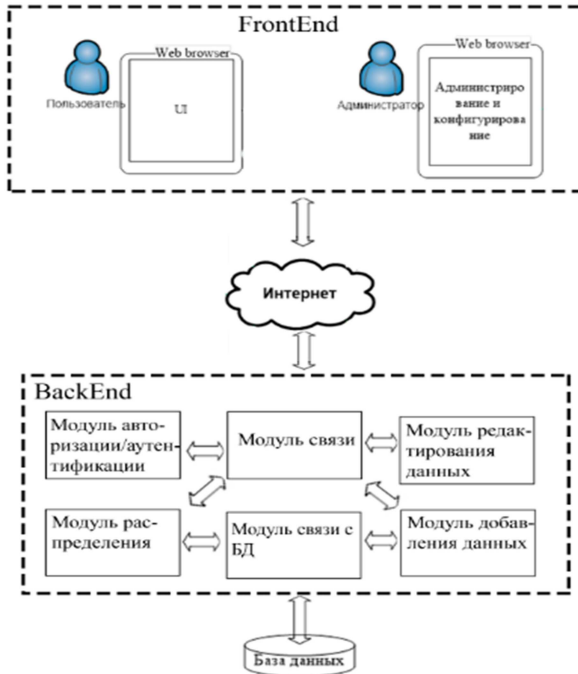


Рисунок 1 - Архитектура системи

**Висновки та перспективи подальших досліджень.** На даний момент створення прототипу системи «Автоматичний розподіл справ в суді» є дуже актуальним. Прототип досить легко адаптувати під любий тип суду. Автоматизація системи дозволить провести неупереджений розподіл справ між судьями, та забезпечить їх рівномірну зайнятість, а також дозволить звичайним користувачам переглянути стан розгляду їхньої справи.

### Література

1. «Судебно-юридическая газета», № 47 (265), 6 стр., 5 декабря 2014.
2. Шилдт Г. Java. Полное руководство СПб.: Издательский дом «Питер», 2012. - 796 с.
3. Коннолли Т. Базы данных: проектирование, реализация и сопровождение. Теория и практика - М.: Издательский дом "Вильямс", 2000. 1120 с.

## ОПТИМИЗАЦИЯ ПРОЦЕССА РАБОТЫ СИСТЕМ ПОДЗЕМНОГО КОНВЕЙЕРНОГО ТРАНСПОРТА ГЕНЕТИЧЕСКИМ АЛГОРИТМОМ

Ю.В. Бабенко, А.И. Михалёв

*Национальная металлургическая академия Украины*

В данной работе рассматривается древовидная структура системы подземного конвейерного транспорта (СПКТ) с аккумулярующими бункерами как сложный технологический процесс. На данный момент существует нехватка эффективных алгоритмов оптимизации их работы, которые бы возможно было применять для повышения рентабельности данных систем. Поэтому авторами предлагается использовать генетический алгоритм (ГА) как один из алгоритмов оптимизации сложных процессов, оптимизация которых является вычислительно-трудоемкой. Отметим, что в рассматриваемой СПКТ используются аккумулярующие бункера. Эффективность их применения была рассмотрена в работах [1, 2]. На основе разработанных ранее математических моделях функционирования СПКТ с бункерами было создано программное обеспечение, позволяющее проводить оптимизацию параметров СПКТ генетическим алгоритмом.

Задача оптимизации состоит в нахождении минимума глобального критерия эффективности СПКТ, представляющего собой комплексную величину, характеризующую энергоэффективность транспортирования горной массы, а также локальные критерии, которыми являются минимальные значения средних объемов груза в аккумулярующих бункерах системы подземного конвейерного транспорта. Критерий энергетической эффективности системы конвейерного транспорта угольных шахт имеет следующий вид:

$$K = c_1 m_c - c_2 w_c \rightarrow \min,$$

где  $m_c$  – средняя пропускная способность СПКТ, т/мин;  $w_c$  – средняя энергоемкость (средняя электроэнергия, потребляемая СПКТ на транспортирование горной массы), кВт;  $c_1, c_2$  – себестоимости одной тонны угля и одного кВт электроэнергии соответственно. При этом граничными объемами забойных бункеров выбирались значения в 5 т и 50 т соответственно, а стволовых – 10 т и 100 т. Далее в таблице 1 представлены результаты оптимизации параметров СПКТ ГА при разных значениях параметров генетического алгоритма: количества индивидумов, коэффициента мутации, количества итераций.



Таблица 1

Параметры генетического алгоритма			Параметры СПКТ		
Количество индивидуумов	Коэффициент мутации	Количество итераций	Оптимальные нижние границы объемов забойных бункеров	Оптимальные нижние границы объемов стволовых бункеров	Глобальный критерий эффективности
100	0,1	200	9,97	47,84	399424,57
200		200	8,51	37,13	280789,72
500		200	7,57	25,09	301233,96
100	0,3	200	5,44	39,51	306739,04
200		200	5,22	20,38	284755,44
500		200	5,01	12,17	264951,73
100	0,5	200	7,44	39,51	302939,04
200		200	5,79	30,38	294755,45
500		200	5,41	24,21	324981,64

Из приведенной таблицы видно, что применение ГА к задаче оптимизации параметров СПКТ при наличии аккумулирующих бункеров является эффективным. Отметим, что наилучшие результаты оптимизации параметров СПКТ были получены при применении коэффициента мутации 0,3. Данный результат согласуется с результатами, полученными при оптимизации многоэкстремальных функций ГА при его различных параметрах [3].

### Литература

1. Кирия Р.В. Определение критерия эффективности функционирования систем подземного конвейерного транспорта угольных шахт / Р.В. Кирия, Т. Ф. Мищенко, Ю. В. Бабенко // Системные технологии. Рег. межвуз. сб. научн. работ. – Выпуск 3 (90). – Днепропетровск, 2014. – С. 152-161.
2. Бабенко Ю.В. Моделирование работы систем конвейерного подземного транспорта с бункерами / Ю.В. Бабенко, А.И. Михалёв, Р. В. Кирия // Системные технологии. Региональный межвузовский сборник научных трудов. – 2015. – Выпуск 3 (98) Днепропетровск, 2015 г., с. 3 –9.
3. Михалёв А.И. Оценка работы генетического алгоритма с модифицированными операторами мутации и генерации начальной популяции / А.И. Михалёв, Ю.В. Бабенко // Системные технологии. Региональный межвузовский сборник научных трудов. – 2012. – Выпуск 2 (79) Днепропетровск, 2012 г., с. 124 – 129

## ARIMA МОДЕЛЬ КАК ИНСТРУМЕНТ ВЫЯВЛЕНИЯ РАЗЛАДОВ РИТМ-СИГНАЛОВ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ СИСТЕМ

А.И. Михалёв, Р.А. Сухомлин

*Национальная металлургическая академия Украины*

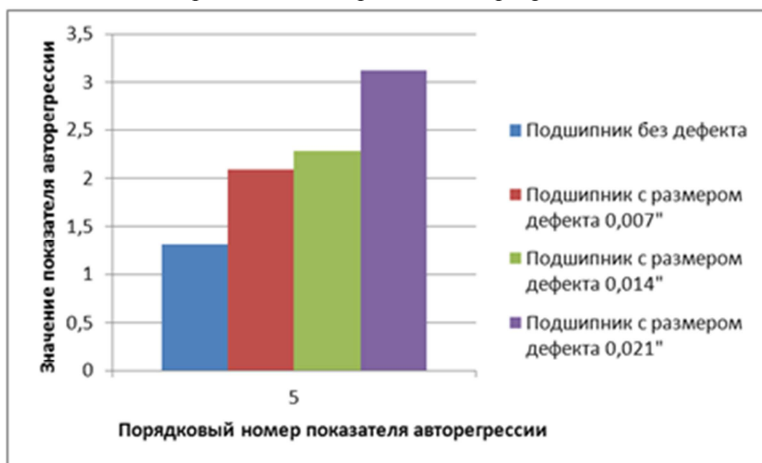
В качестве ритм-сигнала технологической системы был взят вибросигнал электродвигателя с дефектным подшипником качения. Дефекты на подшипник (на неподвижную внешнюю дорожку подшипника) нанесены электроэрозионным методом. Расширенный тест Дики-Фуллера показал нестационарность взятого ритм-сигнала.

По причине нестационарности ритм-сигнала была выбрана ARIMA модель [1]. В качестве порядка авторегрессии модели ARIMA принято граничное значение лага по теореме Хинчина. Теореме Хинчина можно описать следующей формулой:

$$R_{ss}(t, \tau) = R_{ss}(t + n, \tau)$$

где  $R_{ss}$  – автокорреляционная функция,  $t$  – время,  $\tau$  – временной лаг,  $n = 1, 2, 3, \dots$  – сдвиг по времени.

Для взятого ритм-сигнала оптимальной является модель ARIMA с разностью 1-го порядка и 5-м порядком авторегрессии.



Проанализировав коэффициенты пятого уровня авторегрессии полученной модели, можно достаточно точно определить разладку ритм-сигнала.

## Литература

1. Бокс Дж., Дженкинс Г. Анализ временных рядов. Т. 1, 2. — М.: 1974.

УДК 004.942: 631.15

## ПОБУДОВА ДЕРЕВ ПРИЙНЯТТЯ РІШЕНЬ В ЗАДАЧАХ ДИСПЕТЧЕРИЗАЦІЇ ПРОЦЕСУ ВИКОНАННЯ СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКИХ РОБІТ

Михайлюк І.В., Бальченко І.В.

*Чернігівський національний технологічний університет, Україна*

В роботі [1] авторами була запропонована концепція побудови автоматизованої системи управління (АСУ) сільськогосподарським (с./г.) підприємством, при цьому, загальна концепція побудови АСУ с./г. підприємством полягає в інтеграції системи планування та диспетчеризації за рахунок використання загального виконавчого плану проведення с./г. робіт. При побудові виконавчого плану проведення робіт [2] використовується експертна система нечіткого виводу типу Мамдані-Заде, де описані вхідні параметри, що впливають на прийняття рішення про включення (виключення) с./г. роботи в план.

В роботі [3] описані загальні аспекти побудови диспетчерської підсистеми і склад її завдань. Відзначено, що при алгоритмізації постановок завдань слід враховувати фактори неповноти і великий обсяг первинної інформації якісного характеру.

Однак, основою адекватного прийняття рішень з використанням нечітких дерев є функції приналежності до значень кожного атрибута. Для побудови функцій приналежностей запропоновано використовувати прямий метод побудови на основі відносних частот оцінки груп експертів. На рис. 1 приведено графік функцій приналежності стану роботи «Посів цукрових буряків» для вхідного параметру вологості ґрунту за трьома термам.

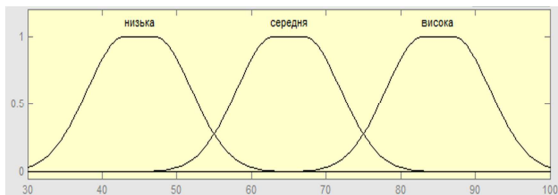


Рис. 1. Функція приналежності вхідного параметру вологості ґрунту

Після побудови нечіткого дерева прийняття рішень за алгоритмом С4.5 за допомогою функцій приналежності та навчальних прикладів виконується обрізання гілок, які ведуть до помилкових рішень, і тесту-

вання отриманого дерева на правильність прийняття рішень. Тестування проводиться по еталонній вибірці прикладів.

Алгоритми адаптації та динаміки структури нечіткого дерева прийняття рішень. Після кожного оцінювання виконання с./г. робіт вихідні дані, що формують дерево, доповнюються новою інформацією, на основі якої проводиться адаптація розрахункових значень параметрів моделі дерева (рис. 2).



Рис. 2. Алгоритм донавчання і перебудови нечіткого дерева прийняття рішень

У зв'язку зі зміною параметрів моделі дерево може змінити свою структуру. Після змін дерево проходить тест на адекватність. Отримане дерево краще адаптується до умов скоригованої технології вирощування с./г. культур. Динамічність структури дозволяє мати уявлення про реальну значимість кожного атрибута в процесі оцінки виконання с./г. роботи.

Для роботи «Посів цукрових буряків» прикладом можливої ієрархії адаптивного нечіткого дерева прийняття рішень з динамічною структурою може бути дерево з вузлами, атрибутами перевірки в яких будуть такі показники: вологість ґрунту, глибина посіву, рівномірність висіву насіння, прямолінійність рядків, ширина стикових міжрядь, прямолінійність агрегату, засів контрольних смуг і смуг розворотів, термін проведення робіт, швидкість руху агрегату.

Таким чином, у представленій роботі авторами показана необхідність організації зворотного зв'язку в АСУ с./г. підприємством, що дозволяє коригувати виконавчий план виконання с./г. в реальному часі; визначена структура і метод побудови адаптивного нечіткого дерева прийняття рішень з динамічною структурою, що враховує параметри агроєкосистеми і виконуваних робіт, а також керуючий вплив на процес вирощування с./г. культур.

## Література

1. Особливості побудови автоматизованої системи управління сільськогосподарським підприємством / Бальченко І.В., Литвинов В.В., Клименко В.П. // Математичні машини і системи. – 2013. – № 4. – С. 82-94.
2. The development of the model of the expert system on the basis of fuzzy sets for planning of agricultural work / Balchenko I.V., Lytvynov V.V., Lytvyn S.V. // Математичні машини і системи. – 2014. – № 4. – С. 118-128.

3. Functional features of dispatching control centre for automatic control system of agricultural enterprise / Lytvynov V.V., Mykhailiuk I.V., Posadska A.S. // Математичні машини і системи. – 2014. – № 3. – С. 67-77.

УДК 004.023

## **ФОРМАЛИЗАЦИЯ ЗАДАЧ СИСТЕМ СЕТЕВОГО ПЛАНИРОВАНИЯ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ АППАРАТА ТЕМПОРАЛЬНЫХ ЛОГИК**

А.С. Посадская

*Черниговский национальный технологический университет, Украина*

Интенсивное развитие информационных технологий положительно повлияло на многие сферы деятельности общества, в том числе и на развитие систем, связанных с сетевым планированием в режиме реального времени, когда требуется перепланирование в короткие сроки, но с учетом необходимых условий, которые задаются изначально [1].

Системы реального времени - это такие системы, корректное функционирование которых существенно зависит от временных ограничений (жестких, мягких или неопределенных).

Для нормального функционирования систем сетевого планирования в режиме реального времени (ССПРВ) необходимо учитывать такие особенности и характеристики:

- временные ограничения:
    - на время реакции на внешние события;
    - на параметры цикла управления;
    - временные ограничения, задаваемые расписанием или планом работы системы;
  - реализация функций управления при возникновении событий; повышенные требования к надежности;
  - время реакции на событие;
  - вероятность перегрузки системы при заданном входном потоке.
- Задачи, которые должна решать ССПРВ:
- привязка принимаемых решений к определенному моменту времени, заданному системой;
  - учет неопределенностей;
  - учет характеристик производственного процесса;
  - учет задействованных ресурсов.

Сложность разработки и дальнейшего функционирования таких систем, как вооружение и военная техника, объекты энергетики, промышленности и транспорта, логистического обеспечения в современ-

ных условиях требует календарной увязки большого числа взаимосвязанных работ.

Для корректировки исполнительного плана работ необходимо также отслеживать выполнение условий (ограничений) с учетом прогнозирования событий. Потому недостаточно использовать методы сетевого планирования. Необходимы новые подходы. Одним из инструментов является аппарат темпоральных логик [2].

Язык темпоральной логики наиболее пригоден для спецификации систем, обладающих сложным поведением, и их последующей верификации.

План выступает в качестве модели того, что должен реализовать управляющий алгоритм реального времени. При этом необходимо принять во внимание, что многие инициируемые алгоритмом действия осуществляются не мгновенно, а в течение определенного промежутка времени, определяемого физическим смыслом функционирования управляемого объекта. Тогда каждому действию  $f_i$  может быть сопоставлено (в общем случае несколько) моментов времени его начала в рамках выполнения алгоритма -  $t_i$ , а также длительность  $\tau_i$  [3].

Семантическая модель алгоритма – это расписание  $S = \{(f_i, t_i, \tau_i)\}, i = 1, N$ , где  $N$  – общее количество выполняемых управляющим алгоритмом действий.

При этом дополнительно необходимо учитывать, что, как правило, управляющий алгоритм должен обеспечить реализацию не единственного плана (расписания), а предусматривать целый ряд вариантов возможного развития событий (например, нормальное функционирование, нештатные ситуации, переключение на резервное оборудование, и т.д.).

В соответствии с этим семантика алгоритма может быть определена как реализация плана управления при всех учитываемых вариантах развития ситуации, на всем промежутке планирования. Можно сказать, что управляющий алгоритм должен обеспечить в соответствии с планом выдачу в требуемые моменты времени управляющих воздействий  $Y(t_i)$  с учетом предыстории и текущего состояния объекта управления и внешней среды, отражаемых набором признаков (логических условий).

Применяя аппарат темпоральных логик в качестве универсального подхода, можно формализовать требования к свойствам систем реального времени, проверять их выполнение, осуществить формальную верификацию, контролировать качество процессов.

## Література:

1. Ларионова И.А. Управление производством. Сетевое планирование: Учеб. пособие/ И.А. Ларионова, О.О. Скрыбин, Л.А. Фёдоров, Е.П. Караваев.- М.: Изд. Дом МИСиС, 2009
2. Pnueli A. The temporal logic of programs // In Proceedings of the 18th Annual Symposium on Foundations of Computer Science. – IEEE Computer Society Press, 1977. – P. 46–57.
3. Тюгашев А.А. Использование расписаний при моделировании семантики управляющих алгоритмов реального времени / А.А. Тюгашев, А.Ю. Богатов, А.В. Шульдин // Труды Международного симпозиума «Надежность и качество» - 2011. – Том 1. – С. 91-94.

УДК 004.942

## СИСТЕМНЕ МОДЕЛЮВАННЯ З ВИКОРИСТАННЯМ СППР NOOTRON

Г.Л. Євтушенко, О.І. Михальов, В.І. Кузнецов  
*Національна металургійна академія України*

Система підтримки прийняття рішень NooTron [1] на початковому етапі використовувалася для вирішення навчальних задач, наразі система вийшла на рівень задач вибору в умовах невизначеності [2] та системного моделювання [3, 4].

СППР NooTron розроблена на кафедрі інформаційних технологій і систем НМетАУ у вигляді веб-додатку і знаходиться у вільному доступі на постійно діючому сервері за адресою: <http://nootron.net.ua>. Основу системи складають методи багатокритеріального аналізу (БКА), у «Довідці» докладно викладений опис методів і наведені приклади розв'язання задач БКА.

Згідно розробленої концепції веб-додатку «СППР NooTron» бібліотека методів містить як класичні методи, так і інтегровані методи БКА. До теперішнього часу це: метод аналізу ієрархій (MAI); метод зважених сум (MBC); метод матриці рішень (MMP); метод аналізу мереж (MAC); інтегрований метод MAI + MMP; інтегрований метод МЗС + MAI; метод розпізнавання образів (MPO); методологія BOCR; MAI в абсолютних вимірюваннях; метод ранжируваних ваг критеріїв.

Оригінальні «інтегровані» методи БКА дозволяють оцінювати всі фактори проблеми, включаючи варіанти зовнішніх умов, що відносяться до невизначеного майбутнього. Інтегровані методи започаткували подальший розвиток композицій методів БКА.

СППР NooTron, побудована на базі сучасних інформаційних технологій, дозволяє забезпечити таку властивість системної моделі, як ін-

терактивність. СППР крім іншого дозволяє підвищити оперативність багатокритеріального аналізу.

Система підтримки прийняття рішень NooTron використовувалася в рамках НДР [5] під час проведення системного моделювання використання енергетичних ресурсів металургійного виробництва на етапі «Багатокритеріальна оптимізація технологій», таким чином забезпечена інтерактивна взаємодія системної моді з СППР. Структура системної моделі показана на рис.1. Схему системного моделювання відображено на рис. 2.

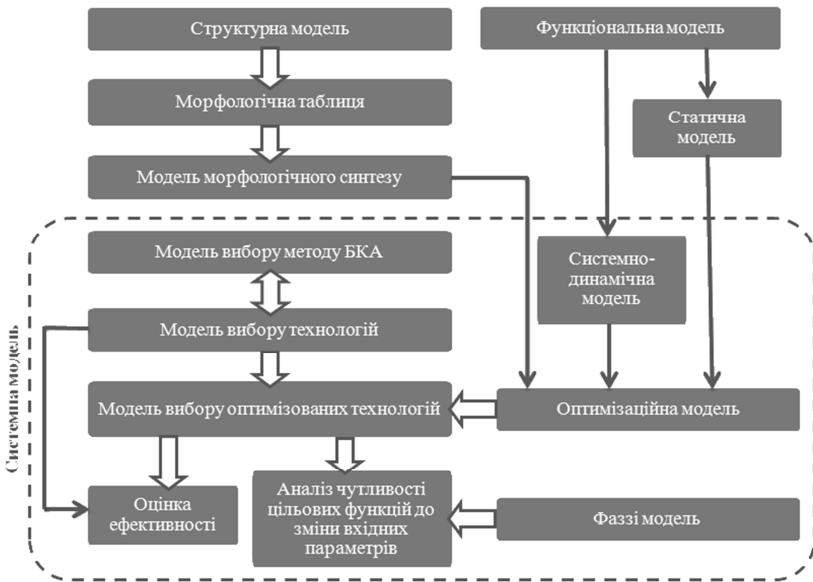
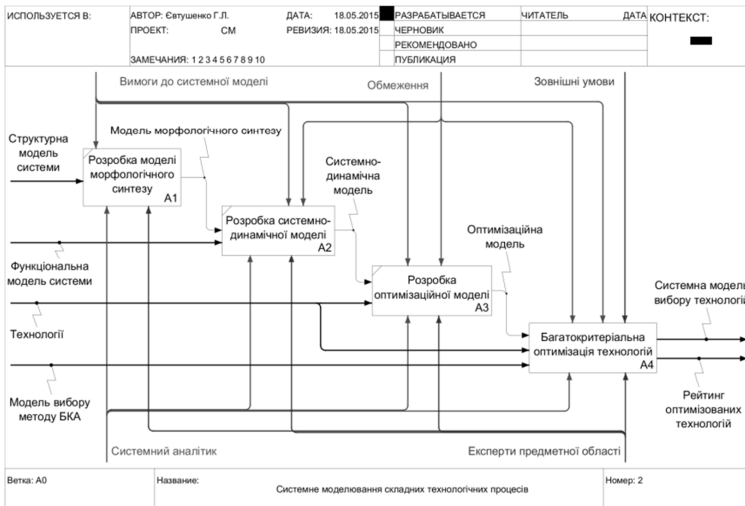


Рисунок 1 – Структура системної моделі

Для багатокритеріальної оптимізації розподілу енергетичних розроблено новий комбінаторний підхід до врахування можливих змін зовнішніх умов: аналіз великого числа субоптимальних варіантів для можливих поєднань варіантів зовнішніх умов спільно з аналізом змінюваної кількості кращих субоптимальних варіантів. При цьому для оцінки чутливості результатів використовується нечітке моделювання.

Розроблено програмне забезпечення для оптимізації розподілення горючих ВЕР, набула розвитку система підтримки прийняття рішень NooTron.





*Рисунок 2 – Діаграма IDEF0 «Системне моделювання складних технологічних процесів»*

Із застосуванням системної моделі вирішена задача оптимального розподілу зовнішніх і внутрішніх енергетичних ресурсів та проведено дослідження чутливості результатів. З використанням інтегрованого методу та СППР NooTron вирішена задача багатокритеріального порівняння технологій.

## Література

1. Система поддержки принятия решений NooTron [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://nootron.net.ua>.
2. Михалев А.И., Кузнецов В.И., Теплякова Г.Л. Оценка эффективности проектов объединенным методом багатокритеріального анализа // Системні технології. Регіональний міжвузівський збірник наукових праць. – Випуск 3(80). – Дніпропетровськ, 2012. – С.113-121.
3. Evtushenko G., Mikhalyov A., Kuznetsov V. The Strategies of System Model Synthesis: General Approach // Computer Science & Information Technologies (CSIT'2014), November 2014, Lviv, Ukraine. – P. 87-88.
4. Михальов О.І. Системна модель для багатокритеріального аналізу технологій використання енергетичних ресурсів металургійного виробництва / Михальов О.І., Кузнецов В.І., Євтушенко Г.Л. // Сучасні проблеми металургії. – №17. Дніпропетровськ. – 2014. – С. 50-65.
5. Вдосконалення технології утилізації в металургійній промисловості матеріальних і енергетичних відходів: звіт НДР (заключ.): Г007G10003 / НМетАУ; кер. М.В. Губинський; вик. О.І. Михальов, В.І. Кузнецов, Г.Л. Євтушенко [та ін.] – Дніпропетровськ, 2014. – 178 с. – №держ.реєстр. 0113U003266.



**СЕКЦІЯ 3**  
**СУЧАСНІ АСПЕКТИ МАТЕМАТИЧНОГО ТА**  
**ІМІТАЦІЙНОГО МОДЕЛЮВАННЯ СИСТЕМ**  
**В ІНФОРМАЦІЙНИХ ТЕХНОЛОГІЯХ**

## ОПРЕДЕЛЕНИЕ ЭЛЕМЕНТОВ АРХИТЕКТУРЫ РАСПРЕДЕЛЕННОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ HLA С ПОМОЩЬЮ ИЕРАРХИЧЕСКИХ E-СЕТЕЙ

А. А. Пархоменко

*Институт проблем математических машин и систем НАН Украины*

**Введение.** На сегодняшний день среди существующих подходов распределенного моделирования наиболее перспективной технологией является архитектура высокого уровня High Level Architecture (HLA) [1], которая активно используется для создания моделей внешнего окружения и представляет собой совокупность методик и стандартов построения имитационных моделей, включая обеспечение взаимодействия территориально распределенных участников моделирования. Несмотря на то, что HLA позволяет создавать модели высокой размерности, в данной технологии существует ряд ограничений, которые усложняют ее применение широким кругом исследователей. В первую очередь, остаются открытыми вопросы детальной проработки методов построения формализованных моделей. Кроме того, HLA ориентирована на непосредственное использование языков программирования, которые к тому же несовместимы в рамках существующих реализаций HLA, что усложняет верификацию полученных программных моделей. Таким образом, возникает необходимость усовершенствования теоретических и практических основ использования HLA специалистами предметной области, для которой создаются модели.

В докладе предложены иерархические E-сети как единый формальный аппарат описания разнородных элементов архитектуры HLA.

**Формальный аппарат иерархических E-сетей.** Иерархические E-сети (hierarchical E-net – IE-net) [2] – это расширение агрегативных E-сетей [3], которые наряду с неделимыми, атомарными компонентами содержат составные компоненты, сами представляющие собою E-сети.

Формально иерархические E-сети определим в виде:

$$IE = \{P, T, A, I, O, M_0, F, \mu, \nu\}, \quad (1)$$

$P = \{P_s, P_r\}$  – конечное непустое множество позиций, состоящее из непересекающихся подмножеств  $P_s$  – простых позиций и  $P_r$  – решающих позиций,  $P_s \cap P_r = \emptyset$ ;

$T = \{ "T_T", "T_F", "T_J", "T_X", "T_Y", "T_{QF}", "T_{QL}", "T_{PrQF}", "T_{PrQL}" \}$  – конечное

непустое множество переходов, включающее в себя переходы разных типов, различаемые алгоритмами их срабатывания,  $T \cap P = \emptyset$ ;

$A = \{ a_1, a_2, \dots, a_n \}$  – множество вложенных агрегатов. IE основаны на агрегативных E-сетях, поэтому агрегаты IE относятся к классу кусочно-линейных агрегатов.

$I : P \times T \rightarrow \{0,1\}$  – входная функция, задающая отображение позиций в переходы, т.е. определяющая для каждого перехода  $t \in T$  множество его входных позиций  $I(t)$ . Если существует дуга, ведущая из  $p \in P$  в  $t \in T$ , то  $I(p,t) = 1$ , в противном случае  $I(p,t) = 0$ ;

$O : P \times T \rightarrow \{0,1\}$  – выходная функция, задающая отображение переходов в позиции, т.е. определяющая для каждого перехода  $t \in T$ , множество его выходных позиций  $O(t)$ . Если существует дуга, ведущая из  $t \in T$  в  $p \in P$ , то  $O(p,t) = 1$ , в противном случае  $O(p,t) = 0$

$M_0 : P_s \rightarrow \{0,1\}$  – функция начальной маркировки сети;

$F \subset (P \times A) \cup (A \times P)$  – функция, задающая отношение вложенности для агрегатов. В иерархических E-сетях допускается соединение позиций E-сети с вложенными агрегатами. На отношение вложенности накладываются ограничения, задаваемые операциями слияния для входных и выходных позиций вложенного агрегата.

$\mu$  – операция слияния позиций E-сети с входными позициями вложенного агрегата. Одной позиции E-сети может соответствовать только одна входная позиция вложенного агрегата:

$$\forall p, p_{in} \left[ \left( \mu(p') = p_{in}' \right) \cap \left( \mu(p'') = p_{in}'' \right) \right] \rightarrow (p' = p''), \quad (2)$$

где  $p, p_{in}$  – позиции E-сети и входные позиции вложенного агрегата соответственно.

$\nu$  – операция слияния выходных позиций вложенного агрегата с позициями E-сети. Одной выходной позиции вложенного агрегата соответствует только одна позиция E-сети:

$$\forall p, p_{out} \left[ \left( \nu(p') = p_{out}' \right) \cap \left( \nu(p'') = p_{out}'' \right) \right] \rightarrow (p' = p''), \quad (3)$$

где  $p, p_{out}$  – позиции Е-сети и выходные позиции вложенного агрегата соответственно.

Агрегат в иерархических Е-сетях представляет собой Е-сеть с заданными входными и выходными позициями:

$$A = \left\{ P_{in}, P_{out}, E \right\}, \quad (4)$$

где:  $P_{in}$  – конечное множество входных позиций агрегата,  $P_{in} \subset P$ ;  $P_{out}$  – конечное множество выходных позиций агрегата,  $P_{out} \subset P$ .  $P_{in} \cap P_{out} = \emptyset$ ;  $E$  – Е-сеть, вложенная в агрегат и описывающая его работу.

В ИЕ агрегат может быть вложенным непосредственно в структуру Е-сети, что позволяет значительно ускорить процесс разработки моделей за счет повторного использования кода. Такой подход позволяет упростить структуру модели, выделив сложный процесс во вложенный агрегат. Каждый агрегат моделирует отдельный вложенный параллельный процесс. Функционирование модели в целом состоит из параллельных процессов работы отдельных агрегатов. В качестве вложенного агрегата может выступать разработанная ранее и протестированная Е-сетевая модель.

**Определение элементов архитектуры распределенного моделирования НЛА с помощью иерархических Е-сетей.** Определим основные элементы архитектуры высокого уровня НЛА (федерат – компонент имитационного моделирования; федерация – объединение федератов, взаимодействующих между собой в целях решения определенной задачи) на основе универсального аппарата иерархических Е-сетей. Представим федерацию НЛА как множество федератов:

$$Fed = \{ F_k \mid k = 1, n \}, F_k \in F, \quad (5)$$

где  $F_k$  –  $k$ -тый федерат из множества федератов.

В свою очередь, определим каждый федерат как множество вложенных иерархических кусочно-линейных агрегатов:

$$F_k = \{ A_j \mid j = 1, m \}, A_j \in A, \quad (6)$$

где  $A_j$  –  $j$ -тый агрегат из множества агрегатов, представленный Е-сетью.

Согласно стандартам, определяющим архитектуру НЛА, федераты имеют линейную структуру и взаимодействуют между собой с помо-

щью сервисов RTI. Недостатком такого подхода является то, что он не позволяет строить иерархические структуры федератов, учитывая соотношения подчиненности. Так как предложенный формальный аппарат иерархических E-сетей определяет каждый федерат агрегатом, который, в свою очередь, может содержать вложенные агрегаты, то данный формальный аппарат позволяет создавать вложенные иерархические федераты, взаимодействующие через RTI, и учитывать отношения подчиненности между федератами [4].

**Выводы.** В докладе предложен формальный аппарат иерархических E-сетей, который базируется на агрегативных E-сетях, отличается наличием вложенных агрегатов и позволяет моделировать разнородные дискретно-непрерывные процессы в распределенной среде с поддержкой архитектуры высокого уровня HLA, сокращая время разработки моделей за счет повторного использования их элементов. Иерархические E-сети позволяют реализовать иерархическую схему использования федератов и применить универсальный подход к построению разнородных моделей, упрощая процесс их разработки специалистами предметной области.

### **Литература**

1. Fujimoto R. M. Parallel and Distributed Simulation Systems / Richard M. Fujimoto. – John Wiley & Sons, Inc., 2000. – 300 p.
2. Казимир В.В. Розподілене моделювання в EMS на основі архітектури HLA / Володимир Вікторович Казимир, Ганна Андріївна Сіра // Математичні машини і системи. – 2011. – № 4. – С. 125-135. – ISSN 1028-9763.
3. Казимир В.В. Модельно-ориентированное управление интеллектуальными производственными системами: дис. доктора техн. наук: 05.13.06 / В.В. Казимир. – К., 2006. – 301 с. – Библиогр. : с.302-328.
4. Казимир В.В. Метод формалізованого опису федерації HLA на основі пірамідально зростаючих агрегатних моделей / Володимир Вікторович Казимир, Ганна Андріївна Сіра // Сьома наук.-практ. конф. з між нар. уч. «Математичне та імітаційне моделювання систем. МОДС'2012», (Чернігів-Жукін, 25–28 червня 2012 р.). – Чернігів-Жукін, 2012. – С. 400-403.

УДК 681.3

## **ВИКОРИСТАННЯ НОВАЦІЙ JAVA В ІМІТАЦІЙНОМУ МОДЕЛЮВАННІ**

П. Г. Бивойно, Т. П. Бивойно

*Чернігівський національний технологічний університет*

Ефективність розробки імітаційних моделей і процесу моделювання суттєво залежить від вибору засобів програмування для реалізації імітаційної моделі і зрозуміло, що вибрані засоби мають використовувати останні досягнення у розвитку мов програмування, які дозволя-

ють у повній мірі використовувати можливості сучасної обчислювальної техніки.

На кафедрі ІКС ЧНТУ вже багато років проводяться роботи по створенню та вдосконаленню програмного середовища для імітаційного моделювання на мовах програмування високого рівня [1, 2, 3, 4, 5]. Зараз у навчальному процесі на кафедрі використовується фреймворк SimulationJava, який було створено на основі перших версій Java. Багато років експлуатації фреймворку довели його ефективність для побудови імітаційних та агентних моделей. З іншого боку, прогресивні новації, що були впроваджені в мову Java за ці роки, у фреймворку не використовувалися, тому після появи Java8 було розроблено нову версію фреймворку. Нижче розглядаються основні особливості нової модифікації фреймворку та оцінюється ефективність нововведень.

### **Використання лямбда функцій**

Головне завдання програміста під час створення імітаційної моделі в рамках фреймворку полягає у створенні класів для активних компонент системи на основі абстрактного класу Actor. Кожен такий клас визначає поведінку (правила дії) своїх об'єктів у часі. Правила дії виконуються у окремих потоках і їх можна призупиняти або на деякий час, або до виконання умови, або до комбінації часу і умови. Для цього у класі Actor реалізовано відповідні методи.

Але реалізація умови, що передається до методу затримки як параметр, на мові Java версій нижче 8-ї досить громіздка. Наприклад, щоб реалізувати очікування, поки у черзі з'явиться транзакція, треба написати такий код, або його варіацію:

```
waitForCondition( new WaitCondition(){
    public boolean testCondition(){
        return q.size>0;
    }
    public toString{
        return “ у черзі мають бути заявки.”;
    }
}
```

У той же час Java8, дозволяє значно спростити написання подібних фрагментів коду завдяки можливості створювати і використовувати лямбда функції. Виходячи з цього клас Actor фреймворку було переписано. Тепер умови, виконання яких очікує актор, оголошуються з типом функціонального інтерфейсу `java.util.function.BooleanSupplier`, що дозволяє використовувати лямбда функцію для створення відпові-



дного об'єкту. Це дозволяє реалізовувати попередній приклад у вигляді одного рядка:

```
waitForCondition(()->q.size>0}, “ у черзі мають бути заявки.”);
```

Зважаючи на те, що правила дії активних об'єктів достатньо часто потребують реалізації зупинок до виконання деяких умов, можна сподіватися, що реалізація імітаційних моделей з використанням нової модифікації фреймворку спростить код правил дії об'єктів та зробить його зрозумілішим. Наведений приклад доводить, що код виклику методу чекання скорочується на 6 рядків.

### **Використання можливостей паралельної роботи на багатоядерних пристроях**

До нової модифікації фреймворку включено компонент класу ExperimentManager, який прийшов на заміну компоненту ExperimentControl. Новий компонент дозволяє використовувати можливості багатоядерних комп'ютерів для проведення серій однофакторних експериментів. Компонент створює пул потоків типу WorkStealingPool, у кількості, що відповідає можливостям комп'ютера, і передає цьому пулу завдання на проведення експериментів. Кожне завдання передбачає створення моделі за допомогою фабрики, налаштування значення фактору і проведення експерименту.

Результати кожного з експериментів компонент отримує від моделі у вигляді асоціативного масиву, де ключем є назва результату, а значенням - результат експерименту. Результати окремих експериментів заносяться до іншої колекції, що зберігає результати усіх експериментів, де у якості ключа використовується значення фактору.

Коли усі експерименти проведено, компонент формує із назв результатів експерименту модель для компоненту ComboBox і перша із отриманих залежностей виводиться на діаграму. Інші залежності можна переглянути, вибираючи відповідній рядок компоненту ComboBox.

Використання компоненту зменшує час експерименту у декілька разів, пропорційно кількості ядер обчислювального пристрою.

### **Нові візуальні компоненти фреймворку**

Для спрощення отримання налаштувань моделі з екрану було створено компонент класу ChooseData. Цей клас успадковує клас JTextField. Поряд із усіма можливостями стандартного текстового компоненту клас ChooseData звільняє користувача від необхідності перетворень типів при введенні та виведенні числових даних та масивів і дозволяє відображати текстову інформацію про призначення компонента.

Компонент класу `StatisticsManager` створено для керування проведенням експериментів по отриманню статистичної інформації про роботу моделі та відображення результатів цих експериментів. Необхідною умовою роботи компоненту є реалізація моделлю інтерфейсу `IStatisticsable` та наявність фабрики моделей, що реалізує інтерфейс `IModelFactory`. У процесі роботи компонент створює модель за допомогою фабрики, запускає її та чекає завершення процесу моделювання. Після цього отримує від моделі результати моделювання, що накопичуються у гістограмах типу `IHisto`, і відображає ці дані на екрані у вигляді діаграм та тексту.

Про компонент типу `ExperimentManager` вже було згадано вище. Але окрім організації паралельних експериментів з моделями компонент дозволяє проводити дисперсійний та регресійний аналіз отриманих результатів.

Компонент `TransProcessManager` використовується для дослідження перехідних процесів у чергах систем масового обслуговування. Так само, як і два попередні компоненти він потребує посилання на фабрику, що створює моделі, а моделі мають реалізовувати інтерфейс `ITransProcesable`. Під час роботи компонент створює і запускає задану кількість паралельно працюючих моделей і проводить усереднення довжини черг у часі і по реалізаціям. На відміну від попередньої модифікації компонент одночасно може фіксувати перехідні процеси для будь якої кількості черг моделі.

## Література

1. Бивойно П. Г., Казимир В. В., Соломаха В. В., Твердюков І. Б. Удосконалене середовище імітаційного моделювання. Вісник Чернігівського Державного Технологічного Університету, № 10, 2000.
2. Pavlo Byvoino, Volodymyr Pavlovsky, Pavlo Dudko. Simulation class library for IBM Visual Age Smalltalk. Матеріали 1-ї Міжнародної науково-технічної конференції „Сучасні комп'ютерні системи та мережі. ASCN-2003”. Львів, 2003.
3. Бивойно П. Г., Корнух В.О. Комплекс програмних засобів для агентного моделювання складних систем. Вісник Чернігівського Державного Технологічного Університету, № 34, 2008.
4. Бивойно П. Г., Бивойно Т. П. Навчально-методичний програмний комплекс з імітаційного моделювання. Математичне та імітаційне моделювання систем. МОДС' 2012: Сьома наук-практ. конф.: тези доп.—Чернігів: ЧДТУ, 2012.
5. Бивойно П. Г., Бивойно Т. П. Імітаційне моделювання на GROOVY. Математичне та імітаційне моделювання систем. МОДС' 2013: Восьма наук-практ. конф.: тези доп. – Чернігів, 2013.

## **АПРОКСИМАЦІЯ ФУНКЦІЙ ЗА МЕТОДОМ ДЖ. ЗОЙТЕНДЕЙКА**

О.М. Трофимчук, О.О. Кряжич,

*Інститут телекомунікацій і глобального інформаційного простору  
НАН України*

Задачі оптимізації є широко розповсюдженими у багатьох прикладних сферах, як то економіка, медицина, хімія. Але найчастіше такі задачі потребують вирішення у математичних та технічних напрямках. Огляд моделей лінійного програмування доводить, що ці моделі не завжди адекватні реальним ситуаціям. Так, при лінійному підході часто ігноруються такі явища, як адекватність моделі, раціональність та інші. Часто обмеження, що застосовуються при побудові моделі, призводять до нелінійного формулювання задачі, тобто, знаходження мінімального чи максимального значення функції при нелінійних обмеженнях.

Метою роботи є представлення варіанту опису апроксимації функції за методом Дж. Зойтендейка з метою подальшого створення алгоритму для опису пересіченої місцевості.

Слід зазначити, що питання апроксимації функцій поліномами свого часу широко були досліджені Василенко В.О. [1], Дзядиком В.К. [2], Поповим Б.О. [3], Люком Ю. [4] та іншими українськими і зарубіжними вченими. Проте метод Дж. Зойтендейка [5] розглядався дуже мало з причин важкості розрахунків за цим методом. У наш час, коли навіть персональні комп'ютери дозволяють вирішувати складні задачі, цей метод є цікавим для подальших досліджень та застосування в практичній роботі.

Аналізуючи ситуацію стосовно поставленої мети дослідження, при роботі з програмами, що дозволяють візуалізувати на картах зони ураження сильнодіючими отруйними речовинами (СДОР), інструменти моделювання дозволяють наносити ці зони на карти і схеми у вигляді кола, півкола або сектора, який має кутові розміри і радіус, рівний глибині зараження. Зона фактичного зараження, як правило, має форму еліпса включається у зону можливого зараження. Така візуалізація не дає картини, що є наближеною до реальності, адже є різні особливості місцевості і хмара СДОР не буде чітким еліпсом чи колом. Наприклад, якщо на шляху хмари буде річка, хмару СДОР частково потягне за течією. Високі будівлі і споруди на шляху СДОР також частково розірвуть контур. Якщо відбувся викид речовини, що тяжіє до низу,

заповненими будуть низини, що значно простягатимуться в боки від еліпсу чи кола зони на карті подій, визначеної як зона ураження. Тобто особа, що приймає рішення (ОПР) з ліквідації техногенної аварії, отримує не точну інформацію про її розповсюдження, а сама інформація у часі є не життєздатною, бо не відтворює реальної картини розвиту ситуації.

ОПР потребують інструментарій, який дозволив би вирішувати окремі випадки розповсюдження СДОР і окреслювати більш чіткі контури зони ураження. Проте застосування широко розповсюджених градієнтних методів може бути неефективним в задачах «яружної» цільової функції, тобто, коли лінії цільової функції сильно витягнуті (мають форму еліпсів) у межах оптимальної точки. Такі функції є складними і дослідники уникають їх використання – функцію можна уявити як дно яру, руслу річки з певною крутизною стінок, положистістю при зниженні дна яру уздовж твірної та шириною дна. Саме дно може бути прямим або звивистим і представляє собою підмножину точок, де поділ на існуючі і неіснуючі змінні зникає, тож з будь-якого напрямку функція змінюється повільно.

Якщо точка  $x_k$  знаходиться на межі припустимої області  $X$ , то будь-який малий крок  $\alpha_k > 0$  в напрямку антиградієнта за методами градієнтного спуску може призвести до неприпустимої точки ( $x_k \notin X$ ). Подолання такого випадку передбачено в методах можливих напрямків, до яких відносяться метод проєкції градієнту, метод умовного градієнту, опуклий симплексний метод Зангвілла і метод Дж. Зойтендейка. Загальна ідея підходу полягає у виборі мінімально можливого напрямку пошуку у граничній точці  $x_k$ , з врахуванням всіх обмежень та кута зі спрямуванням антиградієнту в цій точці.

Для прикладу розглянемо довільну задачу лінійного програмування:

$$\begin{cases} \max \sum_{j=1}^k d_j x_j \\ \sum_{j=1}^k a_{ij} x_j \leq b_i \\ x_j \geq 0, i = \overline{1, P}; j = \overline{1, k} \end{cases} \quad (1)$$

Як і всі методи лінійного програмування, градієнтний метод вимагає відшукування точки, яка задовольняє обмеження задачі лінійного програмування. Позначимо її  $X^0 = (x_1^0, \dots, x_k^0)$ . Тоді для  $X^0$  виконується:

$$\sum_{j=1}^k a_{ij} x_j^0 \leq b_i \quad (2)$$

$$x_j^0 \geq 0 \quad i = \overline{1, P}; \quad j = \overline{1, k}.$$

На відміну від симплексного і двоїстого методів [6] вирішення задачі лінійного програмування  $X^0$  може й не бути базисною точкою, що значно спрощує вирішення задачі. У цьому дослідженні припустимо, що така точка нам відома. Тоді ірраціональна процедура знаходження рішення задачі (1) зводиться до наступного:

а) з точки  $X^0$  обираємо напрямок  $S$ , за яким величина  $\sum_{j=1}^k d_j S_j$  має найбільше значення і вектор  $S = (S_1, \dots, S_k)$  задовольняє обмеження  $\sum_{j=1}^k P_{ij} S_j \leq 0, \quad i = \overline{1, P_1} \quad (P_1 \leq P + K)$ , де матриця  $P = (P_{ij})$  складена з умов матриці обмежень (3), які для точки  $X^0$  виконуються як рівняння, тобто, для матриці  $P$  маємо:

$$\sum_{j=1}^k P_{ij} x_j^0 = b_i \quad i = \overline{1, P_1},$$

Додаючи сюди і умову невід'ємного невідомого. Після обрання напрямку  $S$ , обираємо довжину кроку  $\lambda$  для переходу у наступну точку  $X^1$ , виходячи з умови, що  $X^1$  повинна задовольняти (4);

б) вибір величини  $\lambda$  здійснюємо з відношення:

$$\lambda = \left\{ \min \frac{b_i - \sum_{j=1}^k a_{ij} x_j^0}{\sum_{j=1}^k a_{ij} S_j} \mid \sum_{j=1}^k a_{ij} S_j > 0, \quad i = \overline{1, P} \right\};$$

в) будемо точку  $X^1 = X^0 + \lambda S$ , яка задовольняє умови (2). Величина, на яку збільшилася лінійна форма задачі (3). дорівнює

$$\lambda \sum_{j=1}^k d_j S_j;$$

г) повторюються пункти а) і б) відносно точки  $X^1$ , та отримується  $X^2$ . Це повторюється до того випадку, поки не буде існувати напрям, для якого величина  $\sum d_j S_j$  стає від'ємною. Цей факт доводить, що не існує точки, яка задовольняє (2), в якій лінійна форма набувала б значення попередньої форми. Тому точка, на якій зупинився процес, буде вирішенням задачі (1).

Для побудови алгоритму слід більш детально зупинитися на виборі напрямку  $S$ . Знаходження вектора  $S = (S_1, \dots, S_k)$  зводиться до знаходження рішення наступної задачі математичного програмування:

$$\sum_{j=1}^k d_j S_j \rightarrow \max$$

$$\sum_{j=1}^k P_{ij} S_j \leq 0 \quad (i = \overline{1, P_1}) \quad (3)$$

до якої, як правило, додають ще одне обмеження (нормалізацію) на вектор  $S = (S_1, \dots, S_k)$ . Для дослідження обираємо обмеження:

$$\sum_{j=1}^k S_j^2 \leq 1. \quad (4)$$

Але можливі і інші варіанти нормалізації: а)  $-1 \leq S_j \leq 1$ ; б)  $S_j \leq 1$ , коли  $d_j \geq 0$ ;  $S_j \geq -1$ , коли  $d_j < 0$ .

У підсумку можна зазначити, що будь-яка з нормалізацій має свої особливості. Так, (4) призводить до більшого обсягу робіт над кожною з ітерацій, проте кількість ітерацій менше у порівнянні з іншими типами ітерацій. Оскільки розміри задачі (2) – (4) відносно невеликі, то кількість ітерацій для її рішення відносно незначне, що доводить неоптимальність громіздких прийомів нормалізацій інших типів.

Наведений варіант кусочно-поліноміальної апроксимації з застосуванням методу можливих напрямків, є попереднім результатом роботи. Проте, враховуючи те, що задачі отримання рівномірних наближень сплайнами з мінімальною погрішністю розвивалися у багатьох роботах лише у теоретичному плані, практична розробка з метою програмної реалізації є актуальною та необхідною. Слід зазначити, що наведений підхід та первинний алгоритм може буде застосований у сфері підтримки прийняття рішень для вирішення багатьох задач, пов'язаних з описом складних об'єктів, розробки програм для пожежних роботів, що призначені входити у закриті приміщення для виконання своїх функцій і задач, працювати на територіях радіаційного забруднення та виконання інших завдань.

### Література

1. Василенко В.А. Сплайн-функции: теория, алгоритмы, программы. – Новосибирск: Наука, 1983. – 218 с.
2. Дзядик В.К. Введение в теорию равномерного приближения функций полиномами. – М.: Наука, 1977. – 512 с.

3. Попов Б.А. Равномерное приближение сплайнами. – К.: Наук. думка, 1989. – 272 с.
4. Люк Ю. Специальные математические функции и их аппроксимации. – М.: мир, 1980. – 608 с.
5. Зойтендейк Г. Методы возможных направлений. – М.: Издательство Иностранной литературы, 1963. – 178 с.
6. Довгий С.О., Бідюк П.І., Трофимчук О.М. Системи підтримки прийняття рішень на основі статистично-ймовірнісних методів. – К.: Логос, 2014. – 419 с.

УДК 004.82 (045)

## МЕТОД ПОРІВНЯЛЬНОГО АНАЛІЗУ ЕЛЕКТРОННИХ ДОКУМЕНТІВ ЗА ЗМІСТОМ

А.І.Вавіленкова

*Національний авіаційний університет, Україна*

Одним із підходів до порівняльного аналізу текстових електронних документів є підхід, заснований на формуванні змістовних моделей текстових документів на базі використання математичного апарату логіки предикатів. Використання даного підходу передбачає, що формальний апарат повинен містити: моделі представлення знань, що враховують змістовні зв'язки між структурними елементами тексту; алгоритми аналізу поверхневих структур та конструювання відносно простої та жорсткої семантичної конфігурації; моделі та алгоритми змістовного аналізу тотожних природномовних конструкцій; алгоритми відновлення окремих об'єктів тексту та їх взаємозв'язків; методи автоматичного синтаксичного, семантичного та лінгвістичного аналізу; алгоритми усунення лексичної багатозначності; алгоритми та методи змістовного автоматичного порівняння електронних документів. Саме на створення методу, який враховував би всі перелічені вище засоби для здійснення порівняльного аналізу електронних документів за змістом, спрямовані подальші матеріали доповіді.

Метод порівняльного аналізу текстових електронних документів складається з таких етапів.

**1. Побудова логіко-лінгвістичних моделей.** Для довільного електронного документу можна побудувати його логіко-лінгвістичну модель [1]:

$$t = \langle CQ, F, B, A \rangle, \quad (1)$$

$$t' = \bigwedge_{g=1}^{N(t)} L^S_g, \quad (2)$$

де  $t \in T$  – конкретний електронний текст із всієї множини текстів  $T$ ;

$CQ = \{cq_1, \dots, cq_i, \dots, cq_n\}$  – множина існуючих типів текстів,  $i = \overline{1, n}$ ,  $n$  – кількість типів;

$F = \{f_1, \dots, f_j, \dots, f_m\}$  – множина складних синтаксичних частин тексту,  $j = \overline{1, m}$ ,  $m$  – кількість складних синтаксичних частин;

$B$  – текстова база, що складається з набору ключових слів тексту та взаємопов'язаних пропозицій, і яку можна представити у вигляді трійки:  $B = \langle K, SJ, D \rangle$ ,  $K$  – множина ключових слів тексту;  $SJ$  – множина ключових словосполучень тексту;  $D$  – множина пропозицій;

$A = \{a_1, \dots, a_k, \dots, a_q\}$  – множина абзаців тексту,  $k = \overline{1, q}$ ,  $q$  – кількість абзаців. Кожен абзац у свою чергу описується трійкою:  $a_k = \langle H, Y, R \rangle$ ,  $H = \{1, 2\}$  – множина типів зв'язків між реченнями (ланцюговий чи паралельний);  $Y = \{1, 2, 3, 4, 5\}$  – множина типів тематичних прогресій [2], що вжиті у абзаці  $a_k \in A$ ;  $R = \{1, 2, 3, 4, 5, 6, 7\}$  – множина рематичних домінант [3] у абзаці  $a_k \in A$ .

$L^{S_g}$  – логіко-лінгвістична модель речення  $S_g$ ,  $g = \overline{1, N(t)}$  [4];

$N(t)$  – кількість речень у тексті  $t$ .

Для побудови моделей типу (1) – (2) використовується метод автоматичного формування логіко-лінгвістичних моделей речень природної мови, а також алгоритм побудови логіко-лінгвістичної моделі тексту. В результаті виконання цього етапу для двох електронних текстових документів  $t_1$  і  $t_2$  формуються логіко-лінгвістичні моделі:

$$t_1 = \langle CQ_1, F_1, B_1, A_1 \rangle, \quad (3)$$

$$t'_1 = \bigwedge_{g_1=1}^{N(t_1)} L^{S_{g_1}}, \quad (4)$$

$$t_2 = \langle CQ_2, F_2, B_2, A_2 \rangle, \quad (5)$$

$$t'_2 = \bigwedge_{g_2=1}^{N(t_2)} L^{S_{g_2}}. \quad (6)$$

**2. Порівняння семантико-синтаксичних складових.** На цьому етапі до лінгвістичних складових (4) та (6) двох електронних документів застосовується метод пошуку текстових збігів у реченнях природної мови довільної складності. За методом почергово порівнюються



логіко-лінгвістичні моделі  $L^{S_{g_1}}$  та  $L^{S_{g_2}}$ ,  $g_1 = \overline{1, N(t_1)}$ ,  $g_2 = \overline{1, N(t_2)}$ . Це дає можливість визначити ступінь схожості речень, що входять до текстів. Основою порівняльного аналізу є формування інваріантних логіко-лінгвістичних моделей  $Q^{S_{g_1}}$  та  $Q^{S_{g_2}}$ , які базуються на правилах та моделях побудови складних синонімічних конструкцій природної мови. Інваріантні форми логіко-лінгвістичних моделей безпосередньо впливають на розрахунок відсотку збігів у реченнях текстів. Після виконання даного етапу буде знайдено відсоток збігів  $\eta(S)$  для електронних текстових документів  $t_1$  і  $t_2$ .

**3. Порівняння лінгвістичних складових.** Аналізуються лінгвістичні складові логіко-лінгвістичних моделей (3) – (5).

3.1. Порівнюються перші параметри лінгвістичних складових  $CQ_1$  та  $CQ_2$ . На основі порівняння визначається відсоток збігу  $\eta(CQ)$ .

3.2. Порівнюються другі параметри лінгвістичних складових  $F_1$  та  $F_2$ . На основі порівняння визначається відсоток збігу  $\eta(F)$ .

3.3. При порівнянні третього параметру лінгвістичної складової оцінюється схожість ключових слів та словосполучень, а також множина продукцій, отримана на основі синтезу логіко-лінгвістичних моделей.

Після синтезу логіко-лінгвістичних моделей текстів  $t_1$  і  $t_2$  відповідно, формуються вектори характеристик. Кожен елемент такого вектора інтерпретує зв'язок простого предиката  $L_p^{S_{g_1}}(h)$  речення природної мови  $S_{g_1}$  та простого предиката  $L_p^{S_{e_1}}(h)$  речення природної мови  $S_{e_1}$ , де  $e_1 = \overline{1, N(t_1)}$ ,  $e_1 \neq g_1$  для першого тексту  $t_1$  та зв'язок простого предиката  $L_p^{S_{g_2}}(h)$  речення природної мови  $S_{g_2}$  та простого предиката  $L_p^{S_{e_2}}(h)$  речення природної мови  $S_{e_2}$ , де  $e_2 = \overline{1, N(t_2)}$ ,  $e_2 \neq g_2$  для другого тексту  $t_2$ . Тому для визначення відсотку збігу  $\eta(B)$  необхідно також порівняти продукції  $L_p^{S_{e_1}}(h) \rightarrow L_p^{S_{g_1}}(h)$  та  $L_p^{S_{e_2}}(h) \rightarrow L_p^{S_{g_2}}(h)$ .

3.4. Порівнюються четверті параметри лінгвістичних складових  $A_1$  та  $A_2$ . На основі порівняння визначається відсоток збігу  $\eta(A)$ .

Визначення відсотку збігів за різними компонентами логіко-лінгвістичної моделі електронного текстового документу дає можливість проаналізувати характер збігів, а також визначити засоби утворення текстових дублікатів.

### Література

1. Вавіленкова А.І. Застосування формальних алгоритмів у структурній лінгвістиці /А.І. Вавіленкова // Вісник Національного університету «Львівська політехніка». – 2014. – № 800. – С. 265–272.
2. Филиппов К.А. Лингвистика текста. Курс лекций. – Спб.: Издательство С.-Петербургского университета, 2008. – 336с.
3. Головкина С.Х. Лингвистический анализ текста //С.Х. Головкина, С.Н. Смольников. – Вологда: Издательский центр ВИРО, 2006. – 124с.
4. Вавіленкова А.І. Методологічні основи автоматичного аналізу логіко-лінгвістичних моделей текстових документів /А.І. Вавіленкова // Математичні машини та системи. – 2015. – № 1. – С. 65–71.

УДК 004.94

## **БАНК ТЕСТОВЫХ МОДЕЛЕЙ ДЛЯ ЯЗЫКА ИМИТАЦИОННОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ UML SP**

В.И.Гурьянов

*Филиал СПбГЭУ в г. Чебоксары, Россия*

В монографии [1] обсуждается язык объектно-ориентированного имитационного моделирования UML SP (UML Scientific Profile) и методология разработки объектных моделей Modeling SP, использующая этот язык. Профиль UML SP построен на базе метамодели языка UML 1.5. В настоящее время ведется разработка вариации UML SP на базе метамодели UML 2. Кардинальное отличие этого варианта – существенно более структурированная метамодель языка. Для проверки корректности языка потребовалось подготовить банк тестовых моделей и тестовых задач. В данном докладе представлен краткий обзор этой подборки.

Банк моделей состоит из двух групп. В первую группу входят типовые модели имитационного моделирования, среди которых мы укажем следующие: «Микроволновая печь», «Железнодорожная ветка с односторонним движением», «Производственная линия», «Нерегулируемый пешеходный переход». Вторую группу составляют модели научного назначения, среди которых можно назвать: «Коммуникативный акт с рефлекслирующими агентами», «Игры поиска», «Простейший

многоклеточный организм», «Модель Изинга». Имитационные модели реализованы в Borland C++ Builder. Для того, чтобы дать представление об этих моделях с содержательной стороны, рассмотрим одну из них - модель «Микроволновая печь».

Модель микроволновой печи подробно разобрана в книге [2]. Мы включили данную модель в банк моделей потому, что эта модель рассмотрена в книге [3], что позволяет сравнить наш подход с традиционным объектно-ориентированным моделированием. Кроме того, эта модель детально рассмотрена в литературе по темпоральной логике CTL\*. Имитационная модель включает «Research Use Case Model», «Research Analysis Model» и «Research Design Model». Модель прецедентов соответствует спецификации, компактно изложенной в [3]. Модель анализа содержит четыре диаграммы классов и две диаграммы взаимодействия. Проектная модель содержит две диаграммы деятельности, одна из которых определяет алгоритм поведения микроволновой печи.

Остановимся подробнее на «Research Analysis Model» (см. рис.1). В отличие от начальных фаз построения модели, мы придерживаемся формулы «Моделирование как программирование», т.е. имена классов и переменных должны отражать вычислительную семантику. С точки же зрения предметной семантики эта диаграмма, как и другие диаграммы UML SP, представляет собой семантическую сеть, концепты которой, определены фреймами.

Модель микроволновой печи является в некотором смысле базовой, т.к. в ней рассмотрен ряд типовых решений. В частности, модель демонстрирует два типовых решения - композицию паттернов *Composite* и *Bridge* и взаимодействие экспериментальной установки с объектом исследования, - которые требуют углубленного анализа.

Мы допустили, что поведение микроволновой печи зависит от того, в каком месте установлена печь (например, есть такие места, где подключение к электросети невозможно). Это позволило на простом примере продемонстрировать довольно сложный вопрос об определении конфигурационного пространства системы (т.е. контейнера для подсистем и атомарных объектов). Согласно методологии Modeling SP объектно-темпоральная декомпозиция имитационной модели описывается паттерном *Composite* [1]. Этот паттерн на рис.1 образуют классы *Component* (в роли *Component*), *Composite* (в роли *Composite*), его потомки (*Cooking*, *Kitchen*) и *Stove* (в роли *Leaf*). Паттерн позволяет единообразно вызывать операцию *Exist* как для узлов дерева, так и для листьев.

В самом простом случае пространство задается динамическим списком из экземпляров класса MarkedKnot с открытым полем Component \*thing. Такая модель описывает однородное конфигурационное пространство с некоторой топологией (единичная ячейка, динамический список или сеть). Можно продемонстрировать, как

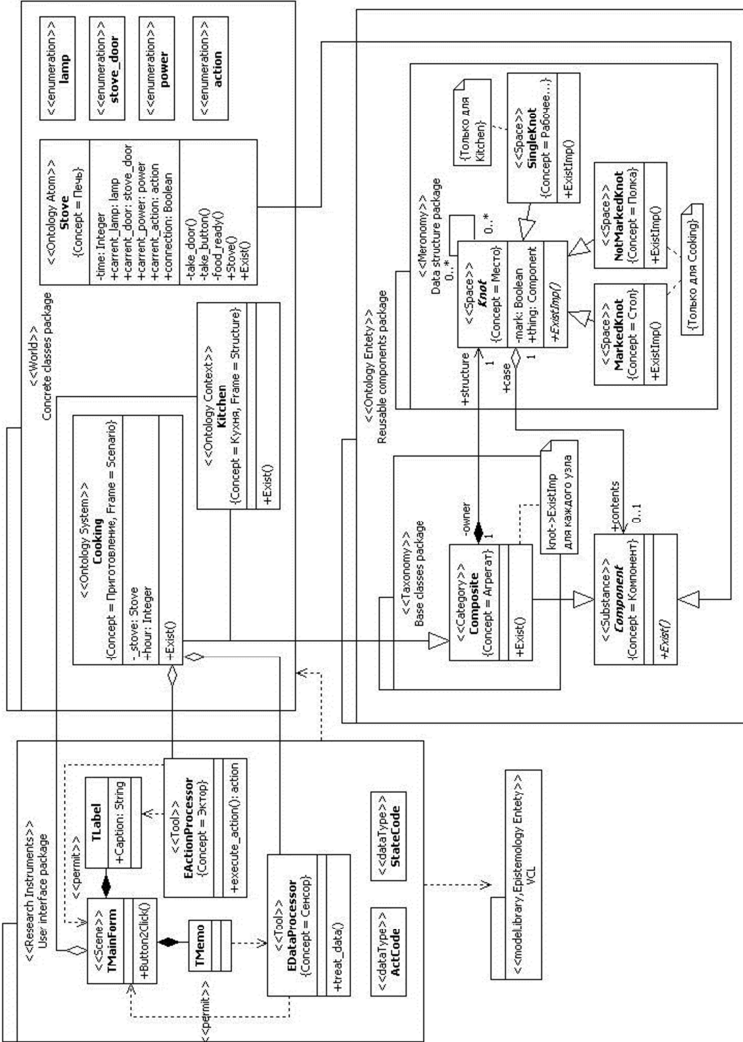


Рис. 1. Диаграмма классов анализа для модели «Микроволновая печь»

происходит вырождение конфигурационного пространства. В предельном случае класс Component становится контейнером для самого себя. Для моделирования более сложных пространств предложено использовать паттерн *Bridge* (см. [1]). Для того, чтобы образовать композицию паттернов *Composite* и *Bridge*, предлагается следующее. Материализуем отношение агрегации между классами Component и Composite посредством класса Knot, тогда класс Composite можно идентифицировать как *Abstraction*, класс Knot как *Implementor*, а отношение композиции определит зависимость «*Categorization*» пакета «*Taxonomy*» от пакета «*Meronomy*». Данное решение позволяет строить довольно сложные неоднородные пространства. Для этого достаточно создать подходящую иерархию наследования для потомков класса Knot. Именно это решение показано на рис.1. Этот пример демонстрирует и другие нетривиальные аспекты. Один из них – взаимосвязь дискретно-событийного времени с конфигурационным пространством. Метод ExistImpr классов-потомков Knot просто вызывает метод Exist потомков класса Component в данной модели. Предложенное решение позволяет создавать более гибкие конструкции; например, в классах-потомках Place можно задать иной темп дискретно-событийного времени, что существенно для моделирования больших и протяженных систем (эффекты неравномерного развития или десинхронизации бизнес-процессов).

Модель экспериментальной установки и обмен сообщениями между экспериментальной установкой и объектом исследования в рассматриваемой имитационной модели представлены в наиболее простом варианте, который, однако, часто оказывается достаточным. Экспериментальная установка состоит из интерфейса пользователя (VCL-класс TMainForm), сенсора EDataProcessor и эктора EActionProcessor. Заметим, что поле \_stove класса Cooking так же является частью экспериментальной установки (а не системы). Экспериментатор выбирает нужное действие, экземпляр EActionProcessor считывает из TLabel код действия, декодирует, и совершает над объектом класса Stove соответствующую манипуляцию; экземпляр EDataProcessor считывает состояние печи, кодирует и пересылает эти данные на сцену, которые затем добавляются в TMemo. Чтобы обеспечить пересылку данных, мы допускаем контролируемое нарушение инкапсуляции класса TMainForm. В C++ это достигается директивой #include "Unit1.h" (этот модуль содержит описание TMainForm). В ряде случаев приходится использовать более сложные объектные конструкции, основанные на паттернах Observer и Strategy. Эти решения демонстрируются на похожей, но

другой модели, известной в литературе как «Дом с привидениями» (по У.Р.Эшби).

В научных моделях основное внимание уделяется методологическим вопросам. Например, в «Модель Изинга» проводится четкая грань между численными и имитационными моделями в физике. В имитационных моделях нигде не должны использоваться числовые переменные; все числовые значения должны получаться только как результат измерений. Показательно, что в научных моделях измерительные процедуры и модели экспериментальных установок обычно сложнее самой изучаемой системы.

Предполагается опубликовать описанные выше модели в виде структурированной базы знаний. В состав этой базы будет входить: профиль UML SP в формате XML, краткое описание метамодели профиля, руководство пользователя по UML SP и перечисленные выше модели, которые теперь рассматриваются как демонстрационные. Каждая модель будет представлена: самой моделью в формате XML и XMI, текстовым описанием и документированным кодом на языке C++.

### **Литература**

1. Гурьянов В. И. Имитационное моделирование на UML SP: монография / В.И. Гурьянов.– Чебоксары : Филиал СПбГЭУ в г. Чебоксары, 2014. – 135 с. (см. <http://simulation.su/static/ru-books.html>)
2. Шлеер С., Меллор С. Объектно-ориентированный анализ: моделирование мира в состояниях: Пер. с англ. - Киев: Диалектика, 1993. – 240 с.
3. Труб И.И. Объектно-ориентированное моделирование на C++: Учебный курс – СПб.: Питер, 2006. – 411 с.

УДК 519.237.5

## **РЕГРЕССИОННЫЙ АНАЛИЗ. ПРОЦЕССНЫЙ ПОДХОД**

С.Н. Лапач

*Национальный технический университет Украины «КПИ», Киев, Украина*

Многие проблемы в использовании планирования эксперимента и регрессионного анализа (РА) связаны с тем, что они представляют собой набор отдельных теорий и методов, не имеющих единства [1,2]. Попытки представить их в виде некоторой технологии построения эмпирических моделей существуют, например [3, 4]. Но подтверждением ее служит только длительное практическое использование. Предлагается с целью разрешения указанного противоречия рассматривать построение регрессионных моделей как часть выборочного метода [2]. Тогда требования к матрице (выборке) и метода обработки получаются

естественным образом. К сожалению, это требует теоретического обоснования высокого уровня теоретиками.

Рассмотрим построение регрессионной модели как некоторый технологический процесс, используя процессный подход. За У.Е. Демингом функционирование любого подпроцесса системы должно оцениваться в терминах его вложения в цели всей системы, а не по индивидуальной эффективности [4]. Исходя из этого положения, локальные цели и критерии должны обеспечивать наилучший результат не данного этапа, а конечной цели. Такой подход позволяет выполнить объединение всех ранее разрозненных методов в единый процесс построения модели. Процессы построения регрессионной модели представлены в табл.1.

Таблица 1. Этапы построения регрессионной модели

Процессы	Подпроцессы			
<b>Предпланирование эксперимента</b>	Постановка задачи в предметной области			
	Формализация задачи			
<b>Формирования выборки</b>	Пассивный эксперимент	Сбор данных	Планирование эксперимента	Активный эксперимент
		Выделение обучающей подвыборки	Проведение эксперимента	
<b>Предварительный статистический анализ выборки</b>	Проверка гетероскедастичности			
	Проверка соотношения сигнал/шум			
	Проверка непрерывности факторного пространства			
	Работа с выделяющимися наблюдениями			
<b>Построение модели.</b>	Спецификация общая			
	Преобразования переменных специальные			
	Преобразования переменных стандартные			
	Преобразования специальные пространства			
	Спецификация частная			
	Выбор способа оценки коэффициентов модели			
	Идентификация модели			
<b>Анализ качества модели и принятие решений</b>	Анализ статистических характеристик модели			
	Проверка на контрольной последовательности			
	Исследование наличия нарушений и предпосылок РА			
	Анализ адекватности			
	Корректировка модели			
<b>Использование модели (вычислительный эксперимент)</b>	Графический анализ			
	Прогнозирование			
	Оптимизация			

В данном случае целью (удовлетворением потребности) является построение модели. Построить модель означает выполнить ее специ-

фикацию и идентификацию. В классическом РА структура полагается известной до планирования, но в реальности это не так. Во многих случаях целью построения модели как раз и является выяснение структуры взаимосвязей между независимыми и зависимой переменными. Установление этой структуры и есть одна из задач в регрессионном анализе [4]. Для определения частной структуры требуется: правильная общая спецификация; неразрывность пространства; независимость регрессоров; достаточное количество уровней; достаточное количество опытов; известная дисперсия воспроизводимости; эффективные алгоритмы определения частной структуры.

Для получения оценок коэффициентов регрессии и обеспечения требуемых их свойств необходимы: известная частная структура; независимость регрессоров; хорошая обусловленность матрицы регрессоров; детерминированность рабочей матрицы; гомоскедастичность дисперсий ошибок; независимость ошибок.

В процессном подходе для оценки качества результата используется понятие результативности – это уровень реализации цели и эффективность – соотношение между результатами и затраченными ресурсами. Здесь результативность: адекватность (статистическая, предметной области), информативность ( $R^2$ ,  $\gamma$  Бокса-Веца), устойчивость (вычислительная, структурная), прогностические свойства (интерполяция, экстраполяция).

Использование только одного показателя, как это часто делается, совершенно неправильно. Модель, имеющая один хороший показатель, может быть, тем не менее, совершенно непригодна для использования. Например, информативная и адекватная модель может вычислительно неустойчивой и её использование бессмысленно [10]. Адекватная модель может быть неинформативной, т.е. не нести никакой полезной информации [11]. Модель со всеми значимыми факторами может быть неадекватной и неинформативной. С другой стороны, адекватной и информативной может быть модель, состоящая из незначимых факторов [12].

От цели построения модели зависит относительная значимость конкретных показателей, что позволяет выполнять настройку соответствующих алгоритмов построения модели и влиять на конечный результат. При этом следует помнить, что достижение наилучшего результата по любой ветви может конфликтовать с другой (и возможно не одной) ветвью. Таким образом, для достижения цели построения регрессионной модели необходимо решать задачу многокритериальной оптимизации для удовлетворения противоречивых требований.



Эффективность определяется затраченными ресурсами по отношению к полученным результатам. Т.е. необходимо соотносить результативность и затраченные на её достижение ресурсы. Ресурсы при построении модели можно разделить на материальные, человеческие и вычислительные. Деятельность по построению модели – это решение задачи в условиях неопределенности. В этих случаях для принятия решения и оценки возможных потерь используется теория игр (см. табл. 2).

Таблица 1. Платежная матрица для выбора вида плана

Действия (выбранный вид плана)	Проблемная ситуация			
	Недостаточное количество опытов	Несоответствие части значений факторов плану эксперимента	Пропущенные эксперименты	Недостаточная степень полинома
План МФРП	Проведение всех экспериментальных исследований по новому плану	Или выполнение «испорченных» экспериментов наново или резкое снижение результативности	Резкое снижение результативности	Проведение всех экспериментальных исследований по новой матрице
План ЛП <sub>г</sub>	Проведение дополнительных экспериментов	Не требуется	Не требуется	Выполнение расчетов с уточненными степенями

### **Результаты и выводы**

Построение регрессионной модель является сложной деятельностью состоящей из множества взаимосвязанных процессов. В общем случае для её успешного выполнения необходимо задействовать не только знания математической статистики и предметной области, в которой строится модель, но других областей знаний: многокритериальной оптимизации, теории игр и пр. Применение процессного подхода позволяет осознанно рассматривать эту деятельность в единстве, независимо от области применимых в каждом процессе знаний. Следовательно, возможно обоснованное выдвижение требований на каждом этапе, позволяющее обеспечить достижение требуемой цели и обоснованное принятие решений. Также становится возможным обоснованная оценка качества полученного результата. Обеспечивается устранение недостатков планирования экспериментов и регрессионного анализа, препятствующих их эффективному использованию. Побочным эффектом становится облегчение обучению и использованию исследователям не статистикам: им гораздо проще воспринимать не

математические методы, а технологические процессы обработки данных.

### **Литература**

1. Налимов В.В., Голикова Т.И. 2-е изд., перераб. и доп. –М.: «Металлургия», 1980. –152с.
2. С.Н. Лапач, С.Г. Радченко Основные проблемы построения регрессионных моделей // Математичні машини і системи, 2012, № 4, –С. 125–133.
3. Лапач С.Н., Радченко С.Г., Бабич П.Н. Планирование, регрессия и анализ моделей PRIAM ( ПРИАМ) / Каталог программные продукты Украины. К.: 1993. –С. 24-27.
4. Лапач С.Н., Пасечник М.Ф., Чубенко А.В. Статистические методы в фармакологии и маркетинге фармацевтического рынка –К.: 1999, ЗАТ “Укрспецмонтаж” – 312с.
5. Галямина И.Г. Управление процессами –Спб. Питер, 2013. –304.
6. Беллман Р. Динамическое программирование –М.: Иностранная литература, 1960. –400с.
7. М.В.Лагутин Наглядная математическая статистика. –М.: Бином. Лаборатория знаний, 2007. –472с.
8. Калиткин Н.Н. Численные методы –М.: Наука, ГРФМЛ, 1978. –512с.
9. Лапач С.М. Лінійна регресія при прогнозуванні асимптотичних залежностей // Вестник Херсонского национального технического университета, №3(39), 2010г. –С.257–260.
10. Петрович М.Л. Регрессионный анализ и его математическое обеспечение на ЕС ЭВМ: Практическое руководство. М.: –Финансы и статистика, 1982, – 199с.
11. С.Н. Лапач Проблемы построения математических моделей экспериментально-статистическими методами // Прогресивна техніка і технологія машинобудування, приладобудування і зварювального виробництва. Праці НТУУ “КПІ”, –Т. 2, –К.: НТУУ “КПІ”, –1998. –С.25-29.
12. Pardoux C. Sur la selection de variables en regression multiple. // Cah. Bur. Univ. rech. oper. – 1982. – №39-40, – P.101–133.

УДК 004.021

## **ГЕОМЕТРИЧНІ ВЛАСТИВОСТІ ГРАФІВ ОДИНИЧНИХ КІЛ ПРИ МОДЕЛЮВАННІ МАРШРУТИЗАЦІЇ ГРАНЯМИ У БЕЗДРОТОВИХ ДИНАМІЧНИХ МЕРЕЖАХ**

Мацуєва Х.А.

*Національний авіаційний університет, Україна*

У теорії графів графом одиничних кіл називається граф перетину сімейства одиничних кіл на евклідовій площині. Тобто, утворюється вершина для кожного кола і дві вершини з'єднується ребром, якщо відповідні кола перетинаються.

Можливо кілька варіантів визначення графа одиничних кіл, еквівалентних з точністю до вибору коефіцієнта:

Граф перетину кіл або окружностей однакового радіусу.

- Граф, який сформований з набору кіл однакового радіусу, в якому два кола з'єднані ребром, якщо центр однієї окружності знаходиться всередині іншої.
- Граф, який утворений з набору точок на евклідовій площині, в якому дві точки з'єднані ребром, якщо відстань між цими точками менше деякого порогу.

Починаючи з роботи Хьюсона і Сена [1], графи одиничних кіл використовуються в інформатиці для моделювання топології бездротових динамічних мереж. У цьому випадку вершини з'єднані прямим бездротовим зв'язком без базової станції. Передбачається, що всі вершини однорідні і забезпечені всеспрямованими антенами. Розташування антени моделюється точками на евклідовій площині, а область, де сигнал може бути отриманий інший вершиною, моделюється колом. Якщо всі вершини мають передавачі однакової потужності, ці кола матимуть один і той же радіус. Випадкові геометричні графи, утворені як графи одиничних кіл з випадковими центрами, можна використовувати для моделювання фільтрації та деяких інших явищ [1].

Маршрутизація, що базується на місцезнаходженні, також відома як геометрична маршрутизація або географічна, була запропонована для вирішення проблеми масштабування. Замість використання топологічної інформації, протоколи даного виду маршрутизації використовують географічну інформацію про розташування вузлів для маршрутизації пакетів. Дані протоколи припускають, що вузли знають своє власне географічне положення (наприклад, від системи глобального позиціонування [2]) і вихідному вузлу відоме розташування вузла призначення.

Одним із видів географічної маршрутизації є маршрутизація гранями, яка гарантує доставку пакетів у статичних зв'язаних плоских графах [3, 4, 5]. Вона застосовується на плоскому графі, відповідно пакет передається по границях граней, які перетинаються відрізком, що з'єднує вихідний вузол і вузол призначення.

З метою визначення інформації, що необхідна на кожному вузлі під час доставки пакету, визначимо властивості графів одиничних кіл. Наступна лема визначає геометричну властивість будь-яких двох ребер, які перетинають одне одного у графах одиничних кіл.

Визначення 1. Для будь-якого ребра  $(u, v)$ , лінійнообразна область з хордою  $(u, v)$  є перетином двох кіл з одиничним радіусом, які містять  $(u, v)$  як хорду.

Затемнена область на рис. 1 є прикладом. Якщо вузол знаходиться у даній області з хордою  $(u,v)$ , то він є сусідом як  $u$ , так  $v$ .

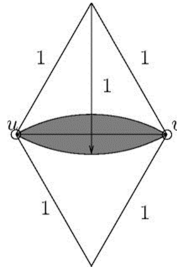


Рис. 1. Лінзобразна область з хордою  $(u,v)$ .

Лема 2. Якщо у графах одиничних кіл ребро  $(x, y)$  перетинає ребро  $(u,v)$ , і ні  $x$ , ні  $y$  не знаходяться у лінзобразній області з хордою  $(u,v)$ , то  $x$  і  $y$  є сусідами  $u$ , або обидва сусіди  $v$ .

Доказ. У графах одиничних кіл, кожне ребро має довжину трохи більше 1. Розглянемо рис. 2., на якому дві прямі лінії паралельні  $(u,v)$  і мають відстань 1 від  $(u,v)$ , і два кола з центром у точці  $u$  і  $v$ , відповідно, з радіусом 1. Таким чином, товста крива є набором з усіх точок, які знаходяться на відстані 1 від  $(u,v)$ . Припустимо, що  $(x,y)$  перетинає  $(u,v)$  у точці  $z$ . Тоді відстань від  $x$  до  $z$  і від  $x$  до  $(u,v)$  є не більше 1; і відстань від  $y$  до  $z$ , і відповідно до  $(u,v)$  є також не більше 1. Отже, обидва  $x$  і  $y$  розташовані всередині або на товстій кривій.

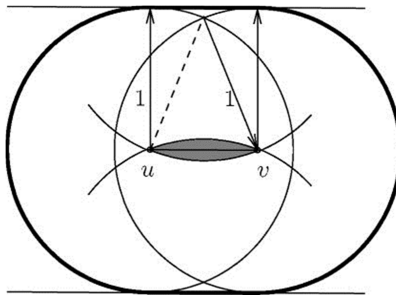


Рис. 2. Доведення лемми 2.

Далі, доведемо, що не дивлячись на припущення лемми,  $x$  є сусідом принаймні одного з  $u$  або  $v$ . Припустимо, що це не так. Тоді  $x$  знаходиться в одній з двох трикутних областей, які не охоплюються двома колами, наприклад, одна з них сформована відрізком між  $a$  і  $b$ , дугою між  $a$  і  $c$ , і дугою між  $b$  і  $c$  (рис. 3).

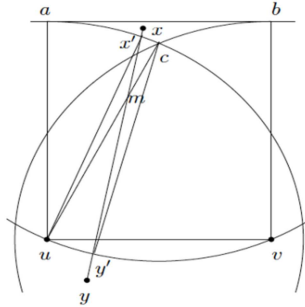


Рис. 3. Доведення лема 2.

Припустимо, що  $(x, y)$  перетинає  $(u, v)$  і  $y$  знаходиться не у лінзообразній області з хордою  $(u, v)$ . Тоді  $(x, y)$  повинне перетинати нижню дугу між  $u$  і  $v$ , припустимо у точці  $y'$ . Крім того,  $(x, y)$  повинне перетинати дугу між  $a$  і  $c$  або дугу між  $b$  і  $c$ . Припустимо,  $(x, y)$  перетинає дугу між  $a$  і  $c$  у точці  $x'$ , і  $(x, y)$  перетинає відрізок між  $c$  і  $u$  у точці  $m$  (рис. 3). З нерівності трикутника,  $|x'm| + |mu| \geq |ux'|$ , і  $|y'm| + |mc| \geq |cy'|$ . Відомо, що  $|ux'| = |cy'| = 1$ . Таким чином,  $|x'm| + |mu| + |y'm| + |mc| = |x'y'| + |uc| \geq 2$ . З  $|uc| = 1$ , випливає, що  $|x'y'| \geq 1$ . Оскільки  $x$  не є сусідом  $u$ ,  $|xu| > 1$ , то  $|xx'| > 0$ . Оскільки  $y$  не у лінзообразній області з хордою  $(u, v)$ ,  $|yy'| > 0$ . Отже,  $|xy| = |x'y'| + |xx'| + |y'y'| > |x'y'| \geq 1$ . Це суперечить тому, що кожне ребро в графі одиничних кіл має довжину не більше 1. Таким чином,  $x$  є сусідом приймні одного з  $u$  або  $v$ . Те ж саме дійсне і для  $y$ .

Нарешті, від протилежного, припустимо, що ні  $u$ , ні  $v$  не є сусідами  $x$  і  $y$ , тобто  $x$  є сусідом  $u$ , але не є сусідом  $v$ , і навпаки  $y$  є сусідом  $v$ , але не є сусідом  $u$ , (рис. 4).

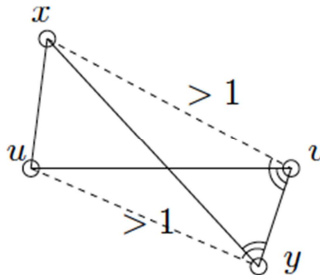


Рис. 4. Доведення лема 2.

Тоді отримуємо  $\angle yvu > \angle yuv$ , тому що  $|yu| > 1 \geq |yv|$ . Крім того, оскільки  $(x, y)$  перетинає  $(u, v)$ ,  $\angle xuv \leq \angle yuv$  і  $\angle yvx \geq \angle yvu$ . Таким чином,  $yvx > xuv$ , і з цього випливає, що  $|xy| > |xv| > 1$ . Це суперечить тому, що  $|xy| \leq 1$ . Тому або  $u$  або  $v$  має бути сусідом як  $x$ , так і  $y$ .  $\square$

Слідство 3. Якщо у графі одиничних кіл ребро  $(x, y)$  перетинає ребро  $(u, v)$ , обидва  $x$  і  $y$  знаходяться на відстані не більше двох переходів від  $u$  і  $v$ .

Доведення. Випадок 1:  $x$  і  $y$  не знаходяться у лінзообразній області з хордою  $(u, v)$ . З леми 2 слідує, що або  $u$  або  $v$  є сусідом обох  $x$  і  $y$ . Припустимо, що  $u$  - це сусід обох  $x$  і  $y$ . Тоді  $x$  і  $y$  знаходяться на відстані у один перехід від  $u$  та не більше двох переходів від  $v$ .

Випадок 2: Принаймні один з  $x$  і  $y$  знаходиться у лінзообразній області з хордою  $(u, v)$ . Припустимо, що  $x$  у даній області. Отже,  $x$  є сусідом обох  $u$  і  $v$ . Таким чином,  $y$  знаходиться на відстані не більше двох переходів від  $u$  і  $v$ .  $\square$

Слідство 3 означає, що якщо кожен вузол має інформацію про сусідні два переходи, то йому відомі всі ребра, які перетинають кожні його інцидентні ребра. Таким чином, алгоритм, який описано у [6] може бути застосований локально у кожному вузлі.

## Література:

1. Mark L. Huson, Arunabha Sen Military Communications Conference, IEEE MILCOM '95. — 1995. — Т. 2. — С. 647–651.
2. F. Kuhn, R. Wattenhofer, A. Zollinger. Asymptotically optimal geometric mobile ad-hoc routing // In DIALM '02: Proceedings of the 6th international workshop on Discrete algorithms and methods for mobile computing and communications. - New York, ACM Press, 2002. - pp. 24-33.
3. E. Kranakis, H. Singh, J. Urrutia. Compass routing on geometric networks // In Proc. 11th Canadian Conference on Computational Geometry. - Vancouver, August 1999. — pp. 51-54.
4. P. Bose, P. Morin, I. Stojmenovic, J. Urrutia. Routing with guaranteed delivery in ad hoc wireless networks // Wireless Networks, №7(6). — 2001. - pp .609-616.
5. B. Karp, H. T. Kung. GPSR: greedy perimeter stateless routing for wireless networks // In MobiCom '00: Proceedings of the 6th annual international conference on Mobile computing and networking. — 2000. — pp. 243-254.
6. Гамаюн В.П., Мацуєва Х.А. Моделивання маршрутизації гранями у бездротових динамічних мережах за допомогою віртуальних графів // Проблеми інформатизації та управління, №2(46). — К: Видавництво НАУ, 2014. - с. 14-19.

## **Т. М. ЭНЕЕВ И ЕГО ВКЛАД В ОСВОЕНИЕ КОСМОСА И ВЫЧИСЛИТЕЛЬНУЮ МАТЕМАТИКУ**

Г.Б. Ефимов, М.В. Ефимова

*ИПМ им. М.В. Келдыша, Государственный университет управления, Москва,  
Россия.*

efimov@keldysh.ru

История жизненного пути и творчества выдающегося ученого, академика Тимура Магометовича Энеева тесно связана с важнейшими достижениями в освоении космического пространства, с участием в значительных событиях и свершениях нашей науки. Успехи Т.М. Энеева в космонавтике неотделимы от использования ЭВМ (электронных вычислительных машин) с первых дней их создания и разработки вычислительных методов.

Отец его, Магомет Алиевич Энеев, родился в горах Балкарии, вблизи Эльбруса, был блестяще образован: владел европейскими и восточными языками, себя называл народным учителем. Вдохновясь идеями равенства, активно участвовал в революционном движении на Кавказе, был среди организаторов Горской республики народов Северного Кавказа, имел среди них большой авторитет. Но его позиция – равноправие и автономия больших и малых народов в составе Горской республики – не совпала с позицией их объединения в крупные административные единицы, подчинения одних другим, принятой руководством и наркомом по нацвопросам И.В. Сталиным. Летом 1928 года в Ростове-на-Дону, центре края, Магомет Энеев, попросившись с маленьким сыном, ушел из жизни. Его жена, Евгения Петровна, поехала в Москву обелить память мужа, обвиняемого в партийной борьбе. Ее случайно встретил А.И. Микоян, хорошо знавший Энеева по Кавказу, помог устроиться в Москве. Е.П. Энеева вырастила сына и дочь, передала им высокие нравственные идеалы и память об отце.

В школе Тимур Энеев увлекается астрономией, идеей полета в космос, это стало мечтой всей его жизни. Началась война, он рвется на фронт, но в эвакуации, на военном заводе, его правая рука попала в станок и ампутирована. “Так мне была сохранена жизнь”, – считал он позже: с его темпераментом на фронте не уцелеть.

Энеев поступает на мех-мат Московского университета, у профессора А.А. Космодемьянского изучает теорию движения ракет, создает кружок механики космического полета. Студенческая работа его публикуется в журнале (секретном), он принят в аспирантуру к М.В. Келдышу и одновременно в руководимый им отдел механики Математи-

ческого института Академии наук (МИАН). В 1953 г. Келдышем был создан институт – Отделение прикладной механики МИАН, позже ИПМ АН, и Энеев с тех пор работает в нем, в его 5-м Отделе.

Окончилась война, но перед страной встала проблема: создать новое страшное оружие – ядерное, и ракеты для его доставки. Насущность этого определялась резким обострением международных отношений, и они были созданы советскими ученым в короткий срок. Удивительное дело – страшное оружие уничтожения обеспечило “равновесие сил” противостоящих блоков, и дало миру, при отказе от горячей войны почти сорок лет мирного сосуществования. А для Энеева ракета – это способ полететь в космос, его мечта, и это его вдохновляет.

История запуска первого искусственного спутника Земли – начала космической эры, и обстоятельства этого события – интересны, а ряд подробностей их мало известны. В 1956 году баллистическая ракета “Р7” успешно прошла испытания, вдохновив Королева, Келдыша и его сотрудников отдела №5 ОПМ, энтузиастов освоения космоса, возможностью запустить искусственный спутник Земли (ИСЗ), и они начали его подготовку. Тем, от кого зависело дать ракету “для удовлетворения любопытства ученых”, объяснили, что спутник – демонстрация конца американской монополии на доставку бомбы. Все было засекречено, без рекламы. В это время Америка широко рекламировала запуск своего спутника. Был создан научно-популярный фильм о спутнике Земли и о полете человека в космос при консультации В. фон Брауна, создателя немецких ракет и главного конструктора ракет США. Фильм посмотрели 45 миллионов человек в мире (западном). Поэтому, когда советский спутник вышел на орбиту, – мир встретил его с огромным энтузиазмом. Всплеск энтузиазма был неожидан для многих, включая его героев – Королева и сотрудников ОПМ, “мальчиков Келдыша”, как их называли ракетчики. Было неожиданно это и для политиков – по обе стороны океана. Американский военный министр Вильсон заявил, отвечая на упреки: «Подумаешь, железка летает». И он, как специалист, был прав – так думали многие специалисты и у нас. Но реакция людей в мире заставила министра через две недели уйти в отставку.

Большое значение эти события имели и для нашей страны, для отношения к ней в мире. В 1956 году на XX съезде партии произошло разоблачение “культа личности Сталина”. Это было как бы покаяние – в имевшем место режиме террора, обращенного и к самой партии, намерение отказаться от политики всеобщего устрашения. Вслед за съездом произошли антисоветские восстания в Венгрии, в Польше и их подавление. Высокий престиж Союза в мире, основанный на победе над Гитлером и идеях защиты прав угнетенных – резко упал. Успех



советских ученых и инженеров – во многом восстановил его. Так признание партией исторической вины перед миром и своим народом, было вознаграждено, и престиж Союза восстановился и в мире, и в стране. Помогало и поддержке новых инициатив руководства страны – перейти от угрозы мировой войны, на грани которой стоял мир, к сосуществованию блоков. Военное равновесие обрело моральную поддержку в умах миллионов людей всего мира и нашего народа, которая помогла перестроить умы на “плохой мир”, – что лучше “доброй ссоры”.

В 1953 году Т.М. Энеев встретил в коридоре института М.К. Тихонравова, старейшего энтузиаста освоения космоса, и спросил о причине визита. Тот ответил: “Обсудить возможность спутника”. Это известие окрылило Энеева, и он, наряду с текущими делами, занялся исследованием баллистического спуска космонавта с орбиты ИСЗ на Землю. Вопрос был очень сложный: вход аппарата в атмосферу с большой скоростью (~ 8 км/сек) ведет к сильным перегрузкам, поток воздуха нагревает аппарат, и неясно, может ли человек это вынести. Данных об атмосфере на больших высотах, о разогреве аппарата при таких скоростях не было. Специалисты единодушно считали, что для спуска с орбиты нужен аппарат с крыльями, до которого было далеко. Энеев провел расчеты многих вариантов, советовался со специалистами и пришел к выводу, что перегрузки и нагрев лежат в допустимых границах, и баллистический спуск человека с орбиты возможен. М.В. Келдыш сомневался: “Риск очень велик, перегрузка и перегрев аппарата слишком большая, опасность для космонавта тоже велика”. После многократной перепроверки расчетов, в том числе смежниками, отчет Энеева был подписан (через 10 месяцев после нового доклада!). Он был встречен с энтузиазмом С.П. Королевым, и проект стал разрабатываться. Так был открыт путь человеку в космос, и он был совершен Юрием Гагариным 12 апреля 1961 года – всего через четыре года после запуска первого спутника. Открыт был путь в космос и для космонавтов других стран: раз возможность простого спуска человека с орбиты доказана, остальное для специалистов – дело техники.

После полета Гагарина Джон Кеннеди сказал своим сотрудникам: “Вы думаете, это успех советского ВПК? Нет, это русская школа”. Для ликвидации разрыва в США провели реформу высшего образования.

Запуск первого искусственного спутника Земли и последовавших за ним спутников и космических аппаратов (КА) к Луне и планетам – Венере и Марсу – поставил множество вопросов: о расчетах траекторий перелетов к ним, оптимальных по энергозатратам, о наблюдении КА, об определении траектории полета по наблюдениям и т.д. Мето-

ды, известные в астрономии, баллистике снарядов и других науках требовали важных дополнений или кардинальной переделки из-за больших отличий в условиях полета КА, методов наблюдений и т.п. Т.М. Энеев внес очень большой вклад в разработку этих методов, во многих случаях его вклад был решающим. За короткое время были созданы основы механики космического полета, роль отдела № 5 в ее создании была очень велика.

Расчеты траекторий полетов, определения их по данным наблюдений проводились на первых ЭВМ. ОПМ-ИПМ имел мощный вычислительный центр с машинами "Стрела", БЭСМ-4, М-20, БЭСМ-6, "Восток", из них некоторые имели заводской номер "1", а "Восток" был разработан и создан в ОПМ. Одновременно развивались методы вычислительной математики: численного решения дифференциальных уравнений, лучшие по скорости счета, точности и требуемой памяти, методы обработки наблюдения и определения по ним траекторий КА и др.

Для анализа движения спутника Луны при возможной аномалии ее поля тяготения Энеевым совместно с Н.Н. Козловым был разработан новый численный метод расчета динамики сложных систем. По просьбе астрофизиков метод был применен в задаче эволюции галактик при их взаимодействии. Облако из тысячи частиц, движущихся по почти круговым орбитам вокруг ядра галактики, при пролете второй галактики образует спиральные ветви с выходом их из исходной плоскости движения частиц, что невозможно при других способах образования ветвей. По расчетам был снят фильм с экрана дисплея (первого в стране), который имел большой успех и у астрофизиков, и у широкого зрителя: эпизод фильма долгие годы служил заставкой телепередачи "Очевидное - невероятное".

Развивая этот метод, Т.М. Энеев совместно с Н.Н. Козловым путем численного моделирования изучили модель формирования Солнечной системы, эволюцию протопланетного диска, процесс аккумуляции и образования планет. Аккумуляция планет из большого числа частиц, первоначально движущихся по почти круговым орбитам, объясняет ряд эффектов в образовании планет и систем их спутников: закон Тициуса-Бода (расстояния планет от Солнца образуют геометрическую прогрессию) и прямое собственное вращение планет (в ту же сторону, что и их движение по орбитам). Прямое вращение планет при слиянии протопланет не удавалось получить классикам астрономии, оно получено благодаря точному численному решению в нелинейной постановке. В мире эти работы Энеева хорошо известны. Для реальной Солнечной системы нужно в модели взять  $\sim 10^7$  тел (на БЭСМ-6 было взято только 25

10<sup>3</sup>), за 30 лет с тех пор появилось много новых мощных машин, – но эта задача не повторена.

Новый численный метод расчета динамики сложных дискретных систем характеризуется числом операций при вычислениях  $\approx N^{3/2}$ , а не  $N^3$ , как обычно в подобных методах ( $N$  – число частиц, в десятки и сотни тысяч). Его экономичность достигается отбором групп взаимодействующих частиц из общего числа частиц в каждой области взаимодействия на каждом его шаге. Одним из приложений метода были исследования процессов образования структуры биологических макромолекул путем математического моделирования и как отдельного явления, и как процесса зарождения структуры в целом. При расчете образования вторичной структуры (петель и стеблей) варианты структуры выбираются локальной оптимизацией свободной энергии макромолекулы. Предсказания структуры при этом оказываются на 20% лучше, чем при косвенных биохимических методах.

Т.М.Энеев не только выдающийся учёный, он и прекрасный гражданин нашего Отечества. Он активно откликается на актуальные проблемы истории науки, космонавтики, развития образования, волнующие общество. Трудно переоценить его вклад в борьбу против катастрофического проекта поворота северных рек на юг. При решающем обсуждении проекта в Кремле он выступал от лица критиков проекта. В конце заседания Н.И. Рыжков, тогда председатель Совета министров, сказал: “Вопрос ясен. Проект закрываем”. Один из друзей Энеева позже был в Великом Устюге, старинном городе на Сухоне, в местах, попадавших в зону затопления, и услышал от местных жителей: “У вас в Москве кто-то спас все это, нас спас – здесь всё было бы затоплено”.

Заслуги Т.М. Энеева перед наукой отмечены Ленинской (1957) и Демидовской (2006) премиями, золотой медалью М.В.Келдыша АН (2011), астероидом Енеев в главном поясе астероидов. Не менее важно – уважение и любовь к нему всех его знающих: космонавтов, которых он учил, коллег в ИПМ, в Академии и многих других.

## Литература

1. 23 сентября исполняется 90 лет Тимуру Магометовичу Энееву. <http://keldysh.ru/events/eneev/eneev.pdf>
2. Прикладная небесная механика и управление движением. Сборник статей, посвященный 90-летию Д.Е. Охотимского. – М.: ИПМ им. М.В. Келдыша. 2010. – 368 с. <http://keldysh.ru/memory/okhotsimsky> .
3. *Р. Кучмезова.* Тимур Энеев: в начале мироздания был только свет. – Нальчик. Эльбрус. 2011. 152 с.

**МОДЕЛИРОВАНИЕ ПОПУЛЯРНЫХ МОДЕЛЕЙ  
ЖИЗНЕННОГО ЦИКЛА СОЗДАНИЯ ИТ-ПРОДУКТА  
СЕТЯМИ ПЕТРИ**

М.В.Савельев

Институт проблем математических машин и систем НАНУ, Украина

Для ИТ-проектов определение сроков окончания работ является нетривиальной задачей, поскольку такие оценки крайне субъективны и зависят от квалификации исполнителей, особенно для незрелых организаций, которыми являются стартап / спинофф компании. Одним из способов оценки длительности такого проекта является имитационное моделирование графика работ, основанного на выбранной проектной командой модели жизненного цикла разработки продукта (услуги). В этом случае жизненный цикл создания продукта (услуги) определяет обобщенные фазы, в которых находится проект с его начала и до его окончания. Как правило, это фазы планирования, проектирования, разработки, тестирования и внедрения. Такие фазы не обязательно линейны, но могут повторяться и проходить одновременно. Каждая фаза характеризуется целями, которые необходимо достичь, как например, разработать комплект проектно-технической документации, выполнить цикл испытаний, внедрить решения на объекте заказчика и т.п. Фаза состоит из набора работ, которые связаны между собой отношениями очередности выполнения. Например, некоторая работа не может быть начата раньше окончания предыдущей и вместе они составляют сетевую модель, описываемую графом переходов от одной работы к другой. Фаза считается завершенной по факту успешного выполнения всех работ. Работа считается успешно завершенной в случае получения результата, соответствующего ранее заданным требованиям.

В работе [1] показано, что такие имитационные модели можно строить на базе аппарате сетей Петри и приведен пример такой сети для проекта, реализуемого по структурной эволюционной модели быстрого прототипирования изложенной в работе [2]. Для реализации самой имитационной модели и последующего моделирования можно успешно использовать среду агентного моделирования, например NetLogo [3].

В тоже время, для большинства малых ИТ компаний, коллективы которых формируются за счет молодых людей, зачастую с незаконченным образованием, характерно использование неформальных методов разработки, получивших общее название гибких методов разра-

ботки программного обеспечения (Agile). В таких случаях сложно говорить о следовании компанией какой-либо определенной модели жизненного цикла разработки ПО, кроме того, что такие модели по сути попадают в класс итеративных моделей, характеризующихся разработкой ПО в ходе нескольких итераций, где непрерывно и параллельно идут процессы анализа и корректировки результатов работы.

В последнее время, наиболее известным и популярным методом такой "быстрой" разработки является методология Scrum [4]. В отличие от основных моделей жизненного цикла разработки ПО, методология Scrum не предписывает определенную последовательность разработки продукта, а так же не определяет состав работ. Вместо этого данная методология жестко фиксирует время итерации ("спринта"), за которое должны быть получены конкретные результаты - так называемый "инкремент продукта". При этом состав требуемых компонентов и функциональности "инкремент продукта" определяется командой непосредственно перед началом "спринта". Представляется интересным построить на базе аппарата сетей Петри имитационную модель процесса выполнения ИТ-проекта по вышеназванной методологии, и поделиться результатами такой попытки.

Наиболее простой способ построить сеть Петри это описать все доступные состояния, в которых пребывает проект и соединить данные состояния переходами. Особенностью такой сети для методологии Scrum будет то, что состояние «Daily Scrum» может повторяться циклично, а так же то, что после обзора продукта может повториться цикл разработки – т.н. «спин», см.рис.1. Несмотря на кажущуюся тривиальность такой сети, впоследствии можно детализировать данную сеть, либо раскрывая отдельные состояния, либо отдельные переходы.

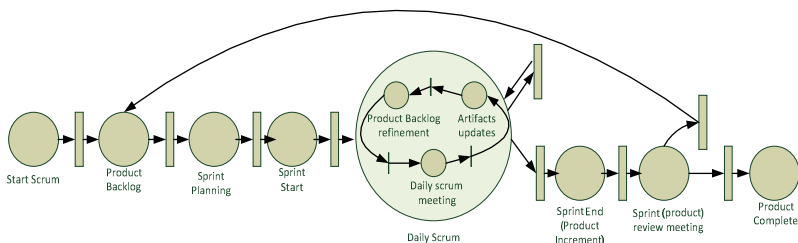


Рис.1. Обобщенная сеть Петри, моделирующее выполнение ИТ-проекта по методологии Scrum.

Однако у приведенной выше сети есть существенный недостаток – она не в состоянии моделировать проект, в зависимости от исходных данных, таких как объемы входных данных и доступных ресурсов,

вероятности успеха в выполнении отдельных заданий и т.п. Такое моделирование в сетях Петри можно выполнить как с помощью множества «фишек» в стартовых позициях сетей, так и множеством дуг см. [5]. Пример такой сети, моделирующей выполнение ИТ-проекта по методологии Scrum, представлен на рис.2.

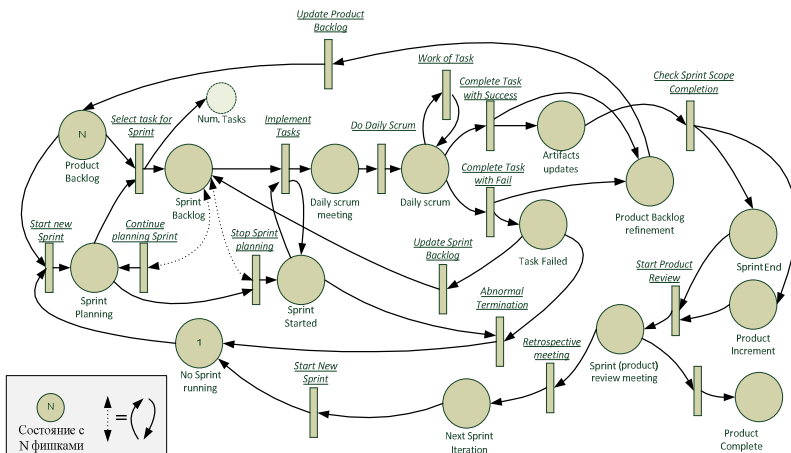


Рис.2. Сеть Петри, моделирующее выполнение ИТ-проекта по методологии Scrum.

Начальное состояние данной сети задается указанием количества «пользовательских историй» в состоянии «Product Backlog», а так же наличием фишки в состоянии «No Sprint running». Для состояний с множеством переходов задается вероятность выбора конкретного перехода.

### Литература

1. V.V. Litvinov, M.V. Saveliev, The simulation model of IT-product (service) development by a "start-up" company growing inside an academic institution. Mathematical Machines and Systems. – 2015 (in press).
2. Роберт Т. Фатрелл, Дональд Ф. Шафер, Линда И. Шафер, Управление программными проектами: достижение оптимального качества при минимуме затрат. : Пер.с англ. - М: Издательский дом "Вильямс", 2003. - 1136 стр., с ил. // Robert T. Futrell, Donald F. Shafer, Linda Isabell Shafer. Quality Software Project Management.
3. NetLogo itself: Wilensky, U. 1999. NetLogo. <http://ccl.northwestern.edu/netlogo/>. Center for Connected Learning and Computer-Based Modeling, Northwestern University, Evanston, IL.
4. <http://www.scrumguides.org/scrum-guide.html>
5. Башкин В.А. Некоторые методы ресурсного анализа сетей Петри. Ярославский государственный университет им. П. Г. Демидова, 2014. – 244 с.

## РЕАЛІЗАЦІЯ МЕТОДУ ХОЛЬТА-УІНТЕРСА НА ОСНОВІ ТЕХНОЛОГІЇ NVIDIA CUDA

Ю.О. Олійник<sup>1</sup>, А.І. Слюнько<sup>1</sup>, В.В. Задвернюк<sup>2</sup>

*Національний технічний університет України «КПІ», кафедра автоматизованих систем обробки інформації та управління<sup>1</sup>, Кафедра теплотехніки та енергозбереження<sup>2</sup> Україна*

**Вступ.** Задача прогнозування числових рядів є однією з основних задач інтелектуального аналізу даних. Виконання даної задачі часто вимагає застосування досить потужних технічних засобів. Аналіз методів, що ґрунтуються на генетичних алгоритмах, МГУА та інших, показує, що в процесі виконання розрахунку виникає велика кількість паралельних обчислювальних процесів. Реалізація адаптивного МГУА у розподіленій системі вже розглядалась у роботі [1]. У той же час застосування такого підходу є досить складним та вимагає додаткових організаційних процесів. У той же час звичайні користувачі мають можливість використовувати графічні процесори від AMD та NVIDIA, що мають високі показники продуктивності при обчисленні паралельних процесів.

**Цілі дослідження.** Підібрати метод прогнозування, властивого для реалізації в MPP архітектурі. Вибрати програмну технологію для реалізації. Дослідити особливості реалізації методу прогнозування на основі вибраної технології. Перевірити ефективність реалізації алгоритму.

Основна частина.

У якості методу прогнозування запропоновано використання методу Хольта-Уінтерса, що враховує тренд та сезонність, що властиво для фінансових числових рядів.

У якості програмної технології запропоновано використати NVIDIA CUDA [2], оскільки пристрої NVIDIA мають більшу розповсюдженість ніж AMD. Крім того CUDA активніше підтримується ніж AMD Compute Abstraction Layer.

Пропонується простий, але досить ефективний алгоритм знаходження придатних значень параметрів  $a$  в моделі Хольта-Уінтерса. Як параметр, що визначає якість моделі при фіксованому наборі значень  $a$ , виберемо функціонал, що часто застосовується в теорії нейронних мереж:

$$Err = \sum (\hat{y} - y)^2, \quad (1)$$

де  $\hat{y}$  і  $y$  - модельні та табличні значення результуючого фактора відповідно. Будемо називати даний функціонал функціоналом помилки.

Оскільки значення  $a_1, a_2, a_3$  належать інтервалу  $[0; 1]$ , розіб'ємо даний інтервал на  $N$  відрізків рівної величини  $1/N$ . В результаті отримуємо розбивання одиничного тривимірного куба в просторі  $(a_1, a_2, a_3)$ . Обчислимо значення функціоналу  $Err$  в кожній точці розбиття і виберемо безліч  $(a_1, a_2, a_3)$ , відповідне мінімуму значень функціоналу, яке і приймемо як рішення задачі.[3,4].

Опис алгоритму:

**КРОК 0.** Генерація комбінацій коефіцієнтів  $a_1, a_2, a_3$ . Перебираються всі можливі комбінації коефіцієнтів в інтервалі  $[0;1]$  з кроком  $1/N$ .

**КРОК 1.** Для кожної комбінації коефіцієнтів виконується розпаралелювання.

**КРОК 2.** При  $t < T$ , де  $t$  - поточний період та  $T$  – загальна кількість періодів навчання, перехід до кроку 2\_1. Якщо ні, то перехід до кроку 3.

**КРОК 2\_1.** Розраховуємо експоненціально-згладжений ряд на поточний період  $t$ .

$$a(t) = \frac{a_1 Y(t)}{F(t-L)} + (1-a_1)[a(t-1) + b(t-1)] \quad (2)$$

**КРОК 2\_2.** Визначаємо значення тренда на поточний період  $t$ .

$$b(t) = a_3[a(t) + a(t-1)] + (1-a_3)b(t-1) \quad (3)$$

**КРОК 2\_3.** Оцінюємо сезонність на поточний період  $t$ . Перехід до кроку 2.

$$F(t) = \frac{a_2 Y(t)}{a(t)} + (1-a_2)F(t-L) \quad (4)$$

**КРОК 3.** Виконаємо прогноз по методу Хольта-Уінтерса на тестовій вибірці.

$$Y_p(t+k) = [a(t) + kb(t)]F(t+k-L) \quad (5)$$

**КРОК 4.** Для кожної комбінації коефіцієнтів необхідно знайти величину похибки  $Err = \sum (\hat{y} - y)^2$  на тестовій вибірці.



**КРОК 5.** Візьмемо комбінацію коефіцієнтів з найменшою похибкою та зробимо прогноз по методу Хольта-Уінтерса (1.4) на  $P$  періодів вперед.

Особливості програмної реалізації:

1. Для генерації комбінації коефіцієнтів використовується CPU.
2. За допомогою методу `__syncthreads()` виконується синхронізація потоків, що виконують метод прогнозу `void forecast_p(float k, float b, float q, float *y, float *yp, float *l, float *t, float *s, float *err, float *err_t, int num, int p, int i)`, де

$k$  – коефіцієнт згладжування ряду;

$b$  – коефіцієнт згладжування сезонності;

$q$  – коефіцієнт згладжування тренда;

$y$  – масив значень ряду;

$yp$  – матриця прогнозних значень ряду на тестовій вибірці;

$l$  – матриця згладжених величин;

$t$  – матриця значень тренда;

$s$  – матриця коефіцієнтів сезонності;

$err$  – масив похибок прогнозу.

3. Відповідно мінімальній похибці обираються коефіцієнти  $k$ ,  $b$ ,  $q$  і виконується прогноз.

Генерація  $N$  моделей відбувається на CPU. Далі відбувається масове розпаралелювання процесів, що відбувається на GPU. Визначення найменшої похибки знову відбувається на CPU. Таким чином досягається максимальне використання GPU для розрахунку прогнозу.

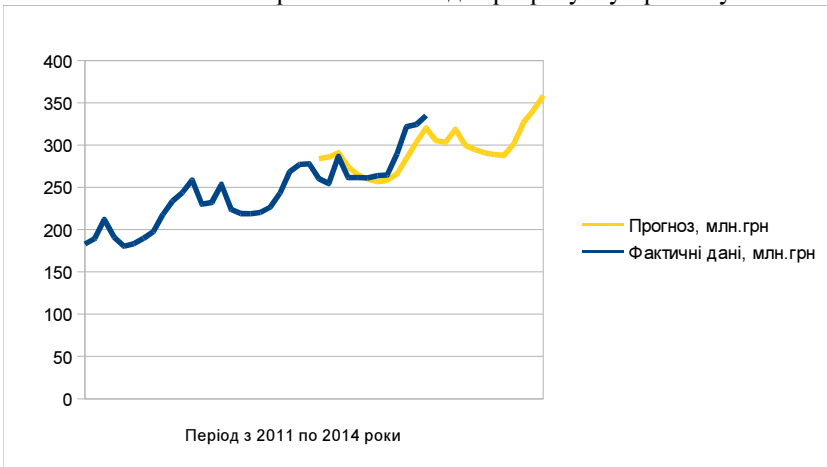


Рисунок 1 - Прогнозування закупівель медичних препаратів

Для виконання ефективності реалізованого алгоритму виконувався прогноз закупівель медичних препаратів. У якості тестових даних взято період з 2011 по 2013 роки за методом Хольта-Уінтерса (36 точок). Прогноз складено на 12 місяців. Похибка прогнозу склала 6.22%.

Для порівняння швидкості роботи прогноз виконувався як з використанням GPU так і лише на CPU.

Швидкість розрахунку прогнозу порівнювалась для CPU: Intel Core i3-2350M та GPU: NVIDIA GeForce 610M.

Швидкість виконання прогнозу на GPU для однакової кількості комбінацій коефіцієнтів в 45,68 раз вище.

**Висновки.**

1. Для реалізації методу прогнозування було обрано метод Хольта-Уінтерса, що враховує тренд та сезонність, що властиво для фінансових числових рядів.

2. У якості програмної реалізації обрано технологію NVIDIA CUDA. Було створено програмну реалізацію та проведено прогнозування показників закупівель медичних препаратів.

3. Аналіз швидкості розрахунку прогнозу виявив, що швидкість виконання прогнозу з використанням GPU збільшилась у десятки разів, що підтверджує ефективність використання графічних процесорів для задач прогнозування.

## **Література**

1. Олійник Ю.О., Виноградов О.М., Красовський К.М., Система розподілених обчислень прогнозних показників за методом адаптивного МГУА // Наукові вісті НТУУ “КПІ”. – 2007. – № 5 стор. 59 – 67.
2. Боресков А.В. Параллельные вычисления на GPU. Архитектура и программная модель CUDA: Учеб. пособие / Боресков А.В. и др. – М.: Издательство Московского университета, 2012. – 336 с.
3. Ханк Д.Э. Бизнес-прогнозирование. / Ханк Д.Э., Уичерн Д.У., Райтс А.Дж. – 7-е вид. / Пер. з англ. – М.: Издательский дом «Вильямс», 2003, с. 17-27.
4. Грешилов А. А. Математические методы построения прогнозов. / Грешилов А. А., Стакун В. А., Стакун А. А. / — М.: Радио и связь, 1997.- 112 с.

УДК 519.21:519.6

## **СТАТИСТИЧНЕ МОДЕЛЮВАННЯ ВІНЕРІВСЬКИХ ПРОЦЕСІВ В ПРИКЛАДНИХ ЗАДАЧАХ**

А.О. Пашко

*Київський національний університет імені Тараса Шевченка, Україна*

Статистичні моделі вінерівських випадкових процесів використовуються в багатьох прикладних задачах, наприклад, в задачах обчис-

лення інтегралів за вінерівськими процесами, при чисельному розв'язанні стохастичних диференціальних рівнянь, в задачах актуарної математики, системах масового обслуговування, підсистемах захисту інформації. В задачах статистичного моделювання для оцінювання точності моделювання використовуються оцінки швидкості збіжності моделі в нормах деяких функціональних просторів [1-2]. Це дозволяє будувати моделі із заданими точністю і надійністю.

Випадковий процес, що визначає кількість роботи, що надходить для обслуговування на деяку систему масового обслуговування за деякий проміжок часу, описується рівнянням  $D(t) = mt + bY(t)$ , де  $m$  - середній рівень кількості роботи,  $Y(t)$  - деякий вхідний процес, що являє собою центрований випадковий процес з одиничною дисперсією. В багатьох роботах, які досліджують властивості трафіка, що передається комп'ютерними мережами (наприклад, [3]) в якості вхідного процесу розглядається узагальнений вінерівський процес з індексом Хюрста  $\alpha \in \left(\frac{1}{2}, 1\right)$ .

$$\alpha \in \left(\frac{1}{2}, 1\right).$$

В роботі [4] портфель цінних паперів визначається рівнянням  $X(t) = \exp\{rt\}(\exp\{W_\alpha(t)\} - 1)^2$ , де  $W_\alpha(t)$  - узагальнений вінерівський процес з індексом Хюрста  $\alpha \in \left(\frac{1}{2}, 1\right)$ .

Кожен потоковий шифр можна розглядати як генератор псевдовипадкових послідовностей, від якості якого залежить стійкість алгоритму шифрування. В якості генератора для моделювання випадкової послідовності розглядається модель вінерівського процесу. Двійкова послідовність будується за формулою

$$b_i = \begin{cases} 1, & W((i+1)dt) - W(idt) \geq 0 \\ 0, & W((i+1)dt) - W(idt) < 0 \end{cases}, \text{ де } i = 0, 1, \dots, N, \text{ } dt = \frac{T}{N}.$$

Так як прирости вінерівського процесу є незалежними гауссовими випадковими величинами, то в замість реалізації вінерівського процесу можна використати послідовність незалежних стандартних гауссівських величин.

Для моделювання використовується представлення випадкового процесу  $\xi(t) = \sum_{k=1}^{\infty} f_k(t)X_k$  у вигляді стохастичного ряду. Модель

будується у вигляді  $S_M(t) = \sum_{k=1}^M f_k(t)X_k$ . Нехай  $T$  - деяка параметрична множина, всі  $S_M(t)$  та  $\xi(t)$  належать деякому функціональному простору  $A(T)$ .

*Означення 1.* Модель  $S_M(t)$  наближає процес  $\xi(t)$  з заданими точністю  $\delta > 0$  і надійністю  $0 < \varepsilon < 1$  в нормі функціонального простору  $A(T)$ , якщо  $P\{\|\xi(t) - S_M(t)\|_A > \delta\} \leq 1 - \varepsilon$ .

*Означення 2.* Узагальненим вінерівським процесом (дробовим броунівським рухом) з індексом Хюрста  $\alpha \in (0, 1)$  називається гауссівський процес  $W_\alpha(t), t \in [0, 1]$  такий що  $W_\alpha(0) = 0$ ,  $EW_\alpha(t) = 0$  та кореляційною функцією  $R_\alpha(t, s) = \frac{1}{2}(|t|^{2\alpha} + |s|^{2\alpha} - |t-s|^{2\alpha})$ .

При  $\alpha = \frac{1}{2}$  маємо стандартний вінерівський процес.

Стандартний вінерівський процес можна представити у вигляді випадкового ряду, так, розклад за власними функціями кореляційного оператора броунівського мосту має вигляд

$$\xi_1(t) = t\eta_0 + \sqrt{2} \sum_{i=1}^{\infty} \frac{\sin(i\pi t)}{i\pi} \eta_i, \text{ де } \{\eta_0, \eta_1, \eta_2, \dots\} - \text{незалежні стандартні}$$

гауссові випадкові величини,  $\lambda_i = i\pi$  - власні числа кореляційного оператора. Розклад у ряд Фур'є на  $t \in [0, 1]$  має вигляд [5]

$$\xi_2(t) = t\eta_0 + \sqrt{2} \sum_{i=1}^{\infty} \left( \eta_{1i} \frac{\sin(2\pi i t)}{2\pi i} + \eta_{2i} \frac{1 - \cos(2\pi i t)}{2\pi i} \right), \text{ де } \{\eta_{1i}, \eta_{2i}\} - \text{не}$$

залежні стандартні гауссові випадкові величини.

Узагальнений вінерівський процес з довільним індексом Хюрста можна представити у вигляді ряду [6]

$$W_\alpha(t) = \sum_{k=1}^{\infty} (a_k \sin(x_k t) X_k + b_k (1 - \cos(y_k t)) Y_k), \text{ де } \{X_k, Y_k\} - \text{неза}$$

лежні стандартні гауссівські випадкові величини,  $\{x_k\}$  - дійсні нулі

функції Бесселя  $J_{-\alpha}(x)$ ,  $\{y_k\}$ - дійсні нулі функції Бесселя  $J_{1-\alpha}(x)$ ,

$$a_k = \frac{\pi^\alpha \sqrt{2C}}{x_k^{\alpha+1} J_{1-\alpha}(x_k)}, \quad b_k = \frac{\pi^\alpha \sqrt{2C}}{y_k^{\alpha+1} J_{-\alpha}(y_k)}, \quad C = \frac{\Gamma(2\alpha+1) \sin(\pi\alpha)}{\pi^{2\alpha+1}}.$$

Тоді модель процесу має вигляд

$$\tilde{S}_\alpha(t, M) = \sum_{k=1}^M (\tilde{a}_k \sin(\tilde{x}_k t) X_k + \tilde{b}_k (1 - \cos(\tilde{y}_k t)) Y_k), \quad \text{де } \{X_k, Y_k\} - \text{не-}$$

залежні строго субгауссові випадкові величини, а наближені значення

$$a_k, b_k, x_k, y_k \quad \text{знаходимо із заданою точністю: } |a_k - \tilde{a}_k| \leq h_k^a, \\ |b_k - \tilde{b}_k| \leq h_k^b, \quad |x_k - \tilde{x}_k| \leq h_k^x, \quad |y_k - \tilde{y}_k| \leq h_k^y.$$

Для моделювання узагальненого вінерівського процесу можна використовувати його представлення через стандартний вінерівський процес, а саме

$$W_\alpha(t) = \int_0^t \frac{(t-s)^{\alpha-\frac{1}{2}}}{\Gamma\left(\alpha + \frac{1}{2}\right)} dW(s), \quad \text{де } \Gamma(x) - \text{гамма функція, } \alpha = \left(\frac{1}{2}, 1\right).$$

В роботах [7-9] знайдені оцінки для моделювання вінерівських процесів з заданими точністю і надійністю в різних функціональних просторах, а саме, просторах  $L_2(T)$ , просторах Орліча, просторі неперервних функцій.

В роботі досліджуються прикладні аспекти побудови реалізацій вінерівських процесів. При побудові реалізацій випадкових процесів використовувались паралельні алгоритми.

## Література

1. Козаченко Ю.В., Пашко А.О. Точність моделювання випадкових процесів в нормах просторів Орліча. I // Теорія ймовірностей та математична статистика. – 1998, 58. - С.75-90.
2. Козаченко Ю.В., Пашко А.О. Точність моделювання випадкових процесів в нормах просторів Орліча. II // Теорія ймовірностей та математична статистика. – 1998, 59. - С.45-60.
3. Matache M., Matache V. Queuing systems for multiple fbm-based traffic models. - ANZIAM J. 2005. V.46. No.3. P.361-377.
4. Mishura Yu.S. Stochastic Calculus for Fractional Brownian Motion and Related Processes. -Springer, 2008. - 410 p.
5. Гихман И.И., Скороход А.В. Введение в теорию случайных процессов. – Москва: Наука, 1977. – 570 с.

6. Dzhaparidze K.O., Zanten J.H. A series expansion of fractional Brownian motion // *CWI. Probability, Networks and Algorithms*, R0216.
7. Пашко А.О. Оцінка точності моделювання узагальненого вінерівського процесу // *Науковий вісник Ужгородського університету. Серія:математика і інформатика*. - 2014. - Вип. 25, № 1. - С. 106-113.
8. Пашко А.О. Статистичне моделювання узагальненого вінерівського процесу // *Науковий вісник Київського університету. Серія:фізико-математичні науки*. - 2014. - Вип. 2. - С. 180 - 183.
9. Пашко А.О. Моделювання субгауссових випадкових процесів в інформаційних системах // *Науковий вісник Чернівецького університету. Серія: Комп'ютерні системи та компоненти*. - 2014. - Т. 5, Вип. 1. --- С. 48 --54.

УДК 004.932

## **МОДИФІКАЦІЯ МЕТОДУ РОЗБИТТЯ ЗОБРАЖЕННЯ НА СЕГМЕНТИ ЗА ДОПОМОГОЮ ГРАФІВ**

Грабовський В. В

*Інститут проблем математичних машин та систем НАНУ, м.Київ*

Сегментація – це розділення зображення на регіони через об'єднання пікселів, що вирізняються за певними ознаками «спільності» чи «зв'язності». Сегментація є важливою задачею комп'ютерного зору [1]. Застосовується вона для виділення об'єктів чи сцен. Припускається, що області (регіони), отримані в процесі сегментації, відповідають реальним об'єктам на зображенні чи їх частинам, а межі цих регіонів відповідають межах об'єктів. Практичним результатом сегментації є знаходження об'єкта на зображенні, положення цього об'єкта і, як результат, пікселі, які належать об'єкту. Кінцевою метою може бути класифікація об'єкта, але варто зазначити, що класифікація – це окрема нетривіальна задача. Застосовується сегментація в аерокосмічній галузі, спорті, слідкуванні за трафіком в відеопотоці тощо.

Швидкодія алгоритмів сегментації відносно невелика, тому є доцільним застосовувати оптимізацію чи модифікацію існуючих алгоритмів або розробку нових. Одними із найшвидших алгоритмів сегментації є алгоритми сегментації на графах. Наприклад, практично встановлено, що час виконання алгоритму «Ефективної сегментації зображень на графах» (Efficient Graph-Based Image Segmentation) для зображення з роздільною здатністю 1024 на 768 пікселів становить 0.4-0.5 секунд.

Метод «Efficient Graph-Based Image Segmentation» [2] використовує алгоритм Краскала [3] для побудови мінімального кістякового дерева для зв'язного неорієнтованого графа. В даному випадку, кожен піксель

представлений як вершина графа, а вага ребра для кольорового зображення представлена як різниця кольору (використовується колірний простір RGB) пікселів за допомогою формули Евклідової відстані. Також варто зазначити, що крім інформації про вершини графа і вагу ребер автори методу «Efficient Graph-Based Image Segmentation» ввели величину, що залежить від розміру побудованого сегменту:

$$T(C) = \frac{k}{|C|}$$

де  $C$  – потужність сегмента (поточна кількість пікселів, що належить сегменту), а  $k$  – це константа, що задається вручну і використовується як порогова величина для поглинання малих сегментів [2].

Хоч метод «Efficient Graph-Based Image Segmentation» швидкий і відносно якісний, але використовувати колірний простір RGB для знаходження різниці між кольорами є не надто ефективним. Тому пропонується обраховувати різницю між кольорами за формулою Евклідовою відстані в колірному просторі CIE LAB [4], що значно краще відповідає тій різниці кольорів, яку сприймає людина. Такий підхід, як результат, вплине на якість роботи методу. Також потрібно звернути увагу на те, що занадто барвистий об'єкт на зображенні може бути розбитий методом на кілька сегментів. Для усунення цієї ситуації пропонується використати фільтр Гауса [5] для попереднього розмиття зображення.

Для кращої адаптації метода під конкретну задачу також пропонується замість функції  $T(C)$  використовувати іншу функцію, яка враховує специфіку (передбачувану форму сегмента, положення сегмента) зображення, що сегментується.

Впровадження висунутих пропозицій дозволить отримати модифікацію методу «Efficient Graph-Based Image Segmentation», що призведе до покращення якості сегментації зображень.

## Література

1. Szeliski R. Computer Vision: Algorithms and Applications / Richard Szeliski. – Springer-Verlag London Limited, 2011. – 957 p.
2. F. Felzenszwalb P. F. Efficient Graph-Based Image Segmentation [Електронний документ] / Pedro F. Felzenszwalb, Daniel P. Huttenlocher. – Режим доступу: <http://cs.brown.edu/~pff/papers/seg-ijcv.pdf>
3. Т. Н. Cormen. Introduction to Algorithms / Т. Н. Cormen, С. Е. Leiserson, R. L. Rivest, С. Stein. – The MIT Press; 3rd edition, 2009. – 1312 p.
4. Introduction to Colour Spaces [Електронний документ]. – Режим доступу: [http://www.colourphil.co.uk/lab\\_lch\\_colour\\_space.shtml/](http://www.colourphil.co.uk/lab_lch_colour_space.shtml/)
5. Shapiro L. G. Computer Vision / Shapiro L. G. Stockman G. C. – Prentence Hall, 2001. – 608 p.

## ПРИЗНАКИ НАРУШЕНИЯ СТАТИСТИЧЕСКОЙ УСТОЙЧИВОСТИ

И.И. Горбань

*Институт проблем математических машин и систем, Украина*

Одним из удивительных физических феноменов является статистическая устойчивость массовых явлений, проявляющаяся в стабильности статистик.

Современная теория вероятностей (включая в широком понимании и математическую статистику) описывает массовые явления с помощью случайных (вероятностно-случайных или, иначе, стохастических) математических моделей, характеризуемых вероятностной мерой. В основе построения таких моделей лежит физическая гипотеза идеальной статистической устойчивости, предполагающая наличие сходимости частоты реальных событий и средних значений физических величин.

Многие годы гипотеза идеальной статистической устойчивости не вызывала сомнений. Однако, последние экспериментальные исследования различных физических величин и процессов на больших интервалах наблюдения показали, что она не находит экспериментального подтверждения.

На относительно небольших временных, пространственных или пространственно-временных интервалах наблюдения увеличение объема данных приводит к уменьшению уровня флуктуаций статистик. Однако при больших объемах эта тенденция не прослеживается: достигнув определенного значения, уровень флуктуаций практически не меняется или возрастает. Это указывает на отсутствие сходимости реальных статистик (их несостоятельность).

Статистическая устойчивость – свойство, характеризующее *более статистику, нежели сам процесс*. Под статистической устойчивостью обычно подразумевают статистическую устойчивость определенной статистики или определенного класса статистик. В теории под *статистической устойчивостью процесса в узком смысле* понимается сходимость *эмпирической функции распределения*, а под *статистической устойчивостью процесса в широком смысле* – сходимость *выборочно-го среднего и выборочного среднеквадратического отклонения (СКО)*.

Обратим внимание, что на основании неравенства Йенсена математическое ожидание не превосходит СКО. Поэтому *при нарушении статистической устойчивости по отношению к среднему* имеет ме-



сто нарушение статистической устойчивости и по отношению к СКО. Обратное утверждение неверно.

При решении практических задач обычно не важна специфика поведения процесса на бесконечно большом интервале наблюдения, хотя именно она заложена в основу формального определения статистически устойчивого процесса. Более существенны особенности поведения процесса на рассматриваемых интервалах наблюдения: отсутствие или наличие на этих интервалах тенденции к стабилизации параметров, характеризующих нарушение статистической устойчивости. Если на интервале наблюдения прослеживается тенденция к стабилизации этих параметров, процесс, считается статистически устойчивым, в противном же случае – статистически неустойчивым.

Разные статистики, как правило, имеют разные интервалы статистической устойчивости.

Если интервалы наблюдения не превышают интервал статистической устойчивости, возможно корректное использование классических вероятностно-статистических методов обработки; если же интервалы наблюдения превышают интервал статистической устойчивости, приходится использовать другие методы, в частности методы новой *физико-математической теории гиперслучайных явлений* [1–3], специально разработанной в интересах учета нарушений статистической устойчивости.

Расчет параметров статистической неустойчивости – достаточно трудоемкая процедура, реализовать которую оперативно не всегда оказывается просто. Для экспресс-анализа могут быть полезны различные признаки, указывающие на нарушения или на возможность нарушения статистической устойчивости.

*Целью настоящего доклада* является изучение этих признаков.

Нарушения статистической устойчивости вызываются различными причинами. Поэтому связать их с определенными особенностями процессов непросто.

В современном понимании феномен статистической устойчивости формально не связан с наличием вероятностной меры. Поэтому не только случайные процессы, характеризуемые вероятностной мерой, могут быть статистически неустойчивыми. Исследования показали, что некоторые *детерминированные процессы* – статистически неустойчивые. Среди нестационарных процессов встречаются как *статистически устойчивые*, так и *статистически неустойчивые процессы*. *Статистически неустойчивые случайные процессы не обязательно нестационарные*. Существуют *стационарные статистически неустойчивые случайные процессы*.

Анализируя статистическую устойчивость различных процессов, удалось выявить ряд характерных признаков нарушения устойчивости (см. табл.). Кратко прокомментируем эту таблицу. Ранее было установлено, что случайные процессы, спектральная плотность мощности (СПМ) которых быстро растет с уменьшением частоты  $f$  (быстрее, чем  $1/f$ ) – *статистически неустойчивые по отношению к выборочному среднему*. К таким относятся неравновесный фликкер-шум, розовый, коричневый и черный шумы. Случайные же процессы с более-менее равномерным спектром (в том числе белый шум) и процессы, спектральная плотность мощности которых растет с увеличением частоты (в частности, синий и фиолетовый шумы) – *статистически устойчивые*.

Таблица

№ п/п	Признаки нарушения статистической устойчивости	Нарушение статистической устойчивости по отношению к	
		среднему	СКО
1	<i>спектральные:</i> – быстрый рост СПМ процесса с понижением частоты $f$ [3], – низкочастотный узкополосный процесс [4], – высокочастотный узкополосный процесс [4];	+ + –	+ + +
2	<i>корреляционные:</i> – высокая корреляция между отсчетами низкочастотного процесса [3, 4]; – высокая корреляция между отсчетами высокочастотного процесса [4];	+ –	+ +
3	<i>моментов:</i> – <i>статистически непредсказуемые</i> флуктуации м.о. процесса [3], – <i>статистически непредсказуемые</i> флуктуации дисперсии процесса [3], – отсутствие у распределения м.о. [3], – отсутствие у распределения дисперсии (м.о. существует) [3];	+ – + –	+ + + +
4	<i>плотности распределения (ПР) и функции распределения (ФР):</i> – явная нестабильность местоположения выборочных ПР (или ФР) [3], – явная нестабильность формы выборочных ПР (или ФР) при стабильности их местоположения [3], – наличие «тяжелых хвостов»;	+ – +	+ + +

№ п/п	Признаки нарушения статистической устойчивости	Нарушение статистической устойчивости по отношению к	
		среднему	СКО
5	<i>системообразующие:</i> – формирование процесса с применением низкочастотной фильтрации [3] – формирование процесса с использованием нелинейного преобразования [3]	+ ±	+ ±

Интервал корреляции  $\tau_c$  процесса связан с его шириной полосы частот  $\Delta f$  обратно пропорциональной зависимостью ( $\tau_c = 1/\Delta f$ ). Поскольку сужение полосы приводит к повышению статистической неустойчивости, к такому же эффекту приводит и возрастание корреляции.

Очевидными причины нарушения статистической устойчивости процесса являются *статистически непредсказуемые флуктуации* математического ожидания, дисперсии или обоих этих моментов. К числу очевидных причин можно отнести и *отсутствие у распределения дисперсии и математического ожидания*. Заметим, что известно множество распределений, у которых либо вообще нет моментов или отсутствуют моменты выше первого. К ним относятся, в частности, распределение Коши (распределение Стьюдента первого порядка), а также при определенном соотношении параметров – распределения Парето, Фишера-Снедекора ( $F$  распределение), Фреше и др. Очевидными проявлениями статистической неустойчивости является неустойчивость местоположения и формы выборочных плотностей распределения (и функций распределения).

При отсутствии *математического ожидания* или *дисперсии*, как правило, *плотность распределения и функция распределения* имеют «тяжелые хвосты» (*heavy (fat) tails*). Поэтому признак «тяжелых хвостов» внесен в таблицу.

*Широкополосный статистически устойчивый шум даже в результате линейной низкочастотной фильтрации может оказаться статистически неустойчивым.* Предпосылкой тому является то, что при интегрировании процесса  $X(t)$  получается процесс  $Y(t)$ , СПМ  $S_y(f)$  которого связана со СПМ  $S_x(f)$  исходного процесса соотношением  $S_y(f) = S_x(f)/(4\pi^2 f^2)$ . В результате *стационарные статистически устойчивые шумы*, соответствующие диапазону от белого включительно до розового, после интегрирования становятся *нестационарными статистически неустойчивыми шумами и располагаются в коричнево-черной области*.

## Литература

1. Горбань И.И. Теория гиперслучайных явлений [Электронный ресурс] / Горбань И.И. – К.: ИПММС НАН Украины, 2007. – 184 с. – Режим доступа: [http://www.immsp.kiev.ua/perspapes/gorban\\_i\\_i/index.html](http://www.immsp.kiev.ua/perspapes/gorban_i_i/index.html)
2. Горбань И.И. Теория гиперслучайных явлений: физические и математические основы [Электронный ресурс] / Горбань И.И. – К.: Наукова думка, 2011. – 318 с. – Режим доступа: [http://www.immsp.kiev.ua/perspapes/gorban\\_i\\_i/index.html](http://www.immsp.kiev.ua/perspapes/gorban_i_i/index.html)
3. Горбань И.И. Феномен статистической устойчивости [Электронный ресурс] / Горбань И.И. – К.: Наукова думка, 2014. – 444 с. – Режим доступа: [http://www.immsp.kiev.ua/perspapes/gorban\\_i\\_i/index.html](http://www.immsp.kiev.ua/perspapes/gorban_i_i/index.html)
4. Горбань И.И. Статистическая устойчивость низкочастотных и полосовых шумов // Математические машины и системы. 2015. – № 2.

УДК 004.9:004.75

## МЕТОД ВЫБОРА ОПТИМАЛЬНОЙ АЛЬТЕРНАТИВЫ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ АНСАМБЛЯ «СОВЕТУЮЩИХ» МОДЕЛЕЙ

Ю.М. Лисецкий

*Институт проблем математических машин и систем НАН Украины*

Моделируя системы, мы тем самым осуществляем прогнозирование за счет решения задач идентификации неизвестных зависимостей и их оптимизации. При этом целевыми функциями в большинстве задач исследования являются критерии эффективности. Так, например, предположим, что исходные данные об альтернативах содержатся в таблице «объект-свойство» (табл. 1), а критерий эффективности является неизвестной функцией от показателей эффективности, то есть

$$E = E(f_1, f_2, \dots, f_k) \quad (1)$$

Таблица 1. Показатели эффективности альтернатив

	$f_1$	$f_2$	–	$f_k$	$E$
$S_1$	$Z_{11}$	$Z_{12}$	–	$Z_{1k}$	$E_1$
$S_2$	$Z_{21}$	$Z_{22}$	–	$Z_{2k}$	$E_2$
–	–	–	–	–	–
$S_n$	$Z_{n1}$	$Z_{n2}$	–	$Z_{nk}$	$E_n$

Табличные значения критерия эффективности получены в результате экспертных оценок для аналогичных альтернатив или являются ретроспективными данными.

Для идентификации модели, во-первых, необходимо определить класс моделей, к которому принадлежит искомая модель. Наиболее часто используются модели множественной линейной регрессии [1], множественной нелинейной регрессии [2], модель в виде полинома Колмогорова-Габора [3]. Нейронные сети также являются универсальными аппроксиматорами [4] и каждая из нейросетей является самостоятельной моделью. Еще один тип моделей, которые могут быть хорошими аппроксиматорами, – нечеткие продукционные правила [5].

Для решения практических задач перечисленных моделей вполне достаточно. Все они могут быть использованы для определения оптимальной альтернативы. Для этого необходимо выяснить, являются ли эти альтернативы однотипными, подобными (с экспертной точки зрения). Если это не так, то альтернативы классифицируют, используя известные методы и табл. 1 разбивается на отдельные таблицы, соответствующие классам альтернатив. Во-вторых, таблицу необходимо разделить на две части: обучающую и контрольную выборки. Сделать это можно одним из способов, предложенных в [3].

На следующем шаге, используя строки обучающей выборки, осуществляем идентификацию зависимости (1) для каждой модели  $M_i$  из ансамбля моделей  $M$ ,  $i = \overline{1, p}$ . Таким образом,

$$M_i = E_i(f_1, f_2, \dots, f_k), \quad i = \overline{1, p}. \quad (2)$$

Обозначим  $C = (C_{ij})_{i,j=1}^{q,k}$  – матрицу, соответствующую контрольной выборке и полученную в табл. 1. Подставляя в модели (2) данные матрицы  $C$ , получим табл. 2.

Таблица 2. Результаты моделирования

	$f_1$	$f_2$	...	$f_k$	$\mu_1$	$\mu_2$	...	$\mu_p$
$s_1$	$C_{11}$	$C_{12}$	...	$C_{1k}$	$m_{11}$	$m_{12}$	...	$m_{1p}$
$s_2$	$C_{21}$	$C_{22}$	...	$C_{2k}$	$m_{21}$	$m_{22}$	...	$m_{2p}$
...	...	...	...	...	...	...	...	...
$s_q$	$C_{q1}$	$C_{q2}$	...	$C_{qk}$	$m_{q1}$	$m_{q2}$	...	$m_{qp}$

Значения  $m_{ij}$ ,  $i = \overline{1, q}$ ,  $j = \overline{1, p}$  являются значениями критерия эффективности для  $i$ -ой альтернативы, полученными с использованием  $j$ -ой модели.

Далее для каждой из моделей найдем показатель отклонения табличных значений критерия эффективности от значений, полученных с использованием моделей,

$$\delta_1 = \frac{1}{q} \sum_{i=1}^q \left( \frac{m_{i1} - E_1}{E_1} \right)^2, \quad 1 = \overline{1, p}. \quad (3)$$

Значения  $\delta_l$  свидетельствуют о точности аппроксимации искомой зависимости. У нас появляются основания для определения важности каждой из моделей ансамбля.

Выполним инвертирование и нормирование показателей отклонения и будем считать, что  $\delta_l \in [0; 1]$ ,  $\prod_{l=1}^p \delta_l = 1$ . Для любой новой альтернативы  $S^*$  достаточно определить значения показателей эффективности  $z_i^*$ ,  $i = \overline{1, k}$ . Подставив их в модели (2), получим значения  $M_j^*$ ,  $j = \overline{1, p}$ . Для определения значения интегрального критерия эффективности альтернативы  $S^*$  используем формулу

$$E^* = E(S^*) = \prod_{i=1}^p \delta_i M_i^*. \quad (4)$$

Рассчитав значения критерия эффективности для всех альтернатив, определяем наилучшую из них. Если необходимо выполнить сравнительный анализ альтернатив, то полученные значения критерия эффективности необходимо нормировать. Для экспериментальной верификации разработанного метода проведены вычислительные эксперименты. В первом из них данные были сгенерированы по сложной многофакторной функциональной зависимости. Во втором случае исследовались статистические данные.

Для первого эксперимента получены такие коэффициенты важности моделей:  $\delta$  (линейная регрессия) = 0,02;  $\delta$  (нелинейная регрессия) = 0,14;  $\delta$  (полином) = 0,34;  $\delta$  (перцептрон) = 0,11;  $\delta$  (RBF-сеть) = 0,12;  $\delta$  (сеть встречного распространения) = 0,01;  $\delta$  (нечеткие продукционные правила) = 0,26. Средняя относительная ошибка на

проверочных данных составила 2,3%, что более, чем в два раза меньше ошибки, полученной по методу группового учета аргументов.

Особенностью второго эксперимента являлись зашумленные данные и неочевидность зависимости результирующей характеристики от входных данных. Коэффициенты важности в этом случае имеют такие значения:  $\delta$  (линейная регрессия)=0,04;  $\delta$  (нелинейная регрессия)=0,12;  $\delta$  (полином)=0,28;  $\delta$  (перцептрон)=0,10;  $\delta$  (RBF-сеть)=0,11;  $\delta$  (сеть встречного распространения)=0,05;  $\delta$  (нечеткие продукционные правила)=0,30. Средняя относительная ошибка проверочных данных составила 6,8%, что указывает на преимущество интегрального критерия по сравнению с наилучшей моделью – нечеткими продукционными правилами, для которых ошибка составила 9,7 %.

Таким образом, предложенный метод выбора оптимальной альтернативы может быть применен с небольшими модификациями в любых задачах, связанных с необходимостью определения оптимальной альтернативы (объекта, подсистемы, способа решения проблемы и т.п.). Рассмотренная в статье технология базируется на использовании ансамбля так называемых «советующих» моделей. Определение весовых коэффициентов, указывающих на их значимость, позволяет построить критерий эффективности, являющийся интегральным показателем качества альтернатив, значения которого вычисляются без вмешательства человека. Расширение мощности ансамбля моделей является той задачей, решение которой позволит получить усовершенствованный спектр характеристик альтернатив и уточненные показатели их качества.

### Литература

1. Грубер И. Эконометрия. Введение в эконометрию / Грубер И. – К.: Астарт, 1996. – Т. 1. – 434 с.
2. Снитюк Прогнозирования. Модели, методы, алгоритмы / Снитюк В.С. – К.: Маклаут, 2008. – 364 с.
3. Ивахненко А.Г. Моделирование сложных систем по экспериментальным данным / А.Г. Ивахненко, Ю.П. Юрачковский. – М.: Радио и связь, 1987. – 120 с.
4. Хайкин С. Нейронные сети: полный курс / Хайкин С. – М.: Вильямс, 2006. – 1104 с.
5. Kosko B. Fuzzy Systems as Universal Approximators / B. Kosko // IEEE transactions on computers. – 1994. – Vol. 43, N 11. – P. 1329 – 1333.

## **СУЧАСНІ ТЕНДЕНЦІЇ ПОБУДОВИ КЛАСИФІКАЦІЙ МОДЕЛЕЙ ОЦІНКИ НАДІЙНОСТІ ПРОГРАМНИХ ЗАСОБІВ**

<sup>1</sup>О.А. Руденко, <sup>2</sup>З.М. Руденко

<sup>1</sup>*Полтавський національний технічний університет імені Юрія Кондратюка*

<sup>2</sup>*Полтавський нафтовий геологорозвідувальний технікум Полтавського національного технічного університету імені Юрія Кондратюка*

На даний момент часу існує багато моделей оцінки надійності програмних засобів і їх модифікацій. Кожна з цих моделей визначає параметри, отримані на етапах розробки, тестування та супроводу програмних засобів, а також дані, зібрані під час їх функціонування. Основними даними є відмови і час виявлення дефектів. Інші параметри пов'язані з типом програмного засобу, умовами середовища тощо[1].

Внаслідок великої різноманітності моделей надійності програмних засобів, існує ряд підходів до їх класифікації. Ці підходи в цілому ґрунтуються на історії помилок у досліджуваному програмному засобі на різних етапах життєвого циклу.

Перші класифікації моделей оцінки надійності програмних засобів створені в 1985 р (Гоэла) [2] і 1992 р (Полонникова-Нікандрова) [3]. Якщо порівнювати їх з подальшими – Фатуєва (1998 р) [4], Хетча (2002 р) [5], Благодатських (2005 р) [6], то можна помітити, що в трьох останніх з'явилося 7 нових моделей з 28 розглянутих, тобто можна говорити про удосконалення перших двох класифікацій (деякі моделі в наступні класифікації не ввійшли), а не про концептуальні відмінності.

Подібні тенденції існують і в наш час. Створюються нові моделі, що можна віднести до тієї чи іншої класифікаційної ознаки, однак актуальними є і моделі, створені 30-40 років тому або їх модифікації.

Сучасні класифікації будуються не на розподілі моделей за класифікаційними групами, а відповідно до наступних принципів:

- аналіз матриць припущень моделей [7];
- аналіз підмножин програмних показників, що найкращим чином передбачають складність програмного модуля [8, 9];
- формування суперечливих критеріїв з різними вагами порівняння для оцінки показників надійності програмного забезпечення (кількість дефектів, що залишилися у програмному засобі; час до відмови тощо) [10].

Метою побудови сучасних класифікацій є вибір оптимальної моделі оцінки надійності для розв'язання конкретної задачі.

Незважаючи на широкий спектр досліджень, спрямованих на оцінку надійності програмних засобів, характер кожного проекту усклад-



нює побудову моделей, що можна узагальнити. Виходячи з цього, задачу можна звести до виділення основних параметрів (характеристик).

### Література

1. Лаврищева Е. М. Методы и средства инженерии программного обеспечения / Е. М. Лаврищева, В. А. Петрухин – Учебник Московский физико-технический институт (государственный университет), 2006 – 304 с.
2. Goel A. L. Software reliability models: Assumptions, Limitations and Applicability / A. L. Goel // IEEE Transactions on Software Engineering, Vol. SE-11, № 12. – 1985. – P. 1411-1423.
3. Полонников Р. И. Методы оценки показателей надежности программного обеспечения / Р. И. Полонников, А. В. Никандров. – СПб.: Политехника – 1992. – 78 с.
4. Фатуев В. П. Надежность автоматизированных информационных систем: Учебное пособие // В. П. Фатуев, В. И. Высоцкий, В. И. Бушинский – Т.: ТГУ, 1998. – 104 с.
5. Haag S. Quality Function Deployment. Usage in Software Development / S. Haag, H.K. Raja, L.L. Sekade // Comm. of ACM.– 2002. –39. –N1.
6. Стандартизация разработки программных средств: Учеб. пособие / В. А. Благодатских, В. А. Волнин, К. Ф. Посакалов; Под ред. О. С. Разумова. – М.: Финансы и статистика, 2005. – 288 с.
7. Kharchenko V. S. The Method of Software Reliability Growth Models Choice Using Assumptions Matrix / V. S. Kharchenko, O. M. Tarasyuk, V.V. Sklyar et al. // Proc. of 26th Annual Int. Computer Software and Applications Conference (COMPSAC). – Oxford, England, 2002. – P. 541-546.
8. Pizzi N. J. Effective Classification Using Feature Selection and Fuzzy Integration / N. J. Pizzi, W. Pedrycz // Fuzzy Sets and Systems. – 2008. – № 21 – P. 2859-2872.
9. Pizzi N. J. Mapping Software Metrics to Module Complexity: A Pattern Classification Approach / N. J. Pizzi // Journal of Software Engineering and Applications. – 2011. – № 4 – P. 426-432.
10. Garg R. P. Performance Analysis of Software Reliability Models using Matrix Method / R. P. Garg, K. Sharma, R. Kumar, R. K. Garg // International Journal of Computer, Information, Systems and Control Engineering. – 2010. – № 11 – P. 31-38.

УДК 004

## ІНСТРУМЕНТАЛЬНІ ЗАСОБИ ІМІТАЦІЙНОГО МОДЕЛЮВАННЯ

Н.О. Рудь

*Національний Технічний Університет України «Київський Політехнічний Інститут», Україна*

Економічні системи - це складні системи з великою кількістю зворотних зв'язків. Побудова імітаційних моделей таких систем, як правило, є непростим завданням, оскільки кількість змінних дуже велика,

а зв'язки між ними неочевидні. Для побудови моделей складних систем з численними зворотними зв'язками Дж. Форестер запропонував метод системної динаміки [4].

Основа побудови імітаційної моделі відповідно до цього підходу - визначення всіх петель позитивного і негативного зворотного зв'язку, опис їх взаємодій, побудова потокових діаграм за допомогою інструментальних засобів імітаційного моделювання. Детальніше розглянемо специфіку інструментальних засобів імітаційного моделювання.

Існує два напрями їх розвитку[3]. Перше з них представляють мови імітаційного моделювання. Ці мови в порівнянні з універсальними мовами програмування знижують трудомісткість написання моделюють програм, включають спеціалізовані процедури, які можуть застосовуватися в будь-якій імітаційній моделі, і відрізняються точністю вираження понять, які характеризують імітовані процеси, і автоматичним формуванням певних типів даних, необхідних у процесі імітаційного моделювання.

Алгоритмічні мови при моделюванні систем служать допоміжним апаратом розробки, машинної реалізації та аналізу характеристик моделей. Обравши для вирішення задачі моделювання процесу функціонування системи конкретну мову, дослідник отримує в розпорядження ретельно розроблену систему абстракцій, що надають йому основу для формалізації процесу функціонування досліджуваної системи.

Високий рівень проблемної орієнтації мови моделювання значно спрощує програмування моделей, а спеціально передбачені в ньому можливості збору, обробки і виведення результатів моделювання дозволяють швидко і детально аналізувати можливі результати імітаційного експерименту з моделлю ІМ.

Якість мов імітаційного моделювання характеризується:

- зручністю опису процесу функціонування системи S;
- зручністю введення вихідних даних моделювання та варіювання структури, алгоритмів і параметрів моделі;
- ефективністю аналізу та виведення результатів моделювання;
- простотою налагодження і контролю роботи програми, що моделює;
- доступністю сприйняття і використання мови.

Мова програмування являє собою набір символів, розпізнаваних ЕОМ і позначають операції, які можна реалізувати на ЕОМ. Машинно-орієнтовані мови (машинні коди, асемблер) завжди відображають специфіку конкретної ЕОМ і, отже, мають сенс тільки в тій ЕОМ, для якої вони призначені, описують елементарні дії ЕОМ, що не володіють проблемної орієнтацією.

Процедурно-орієнтовані мови не пов'язані ні з якою ЕОМ і призначені для певного класу задач, включають в себе інструкції, зручні для формулювання способи вирішення типових задач цього класу.

Мова моделювання являє собою процедурно-орієнтовану мову, що володіє специфічними рисами.

Перевагами мов імітаційного моделювання (МІМ) порівняно з універсальними мовами загального призначення (МЗП) наступні:

1) мова моделювання містить абстрактні конструкції, що безпосередньо відбивають поняття, в яких представлена формалізована модель, і близькі концептуальному рівню опису модельованої системи. Це спрощує програмування імітатора, дозволяє автоматизувати виявлення багатьох помилок в програмах;

2) мови моделювання мають ефективний вбудований механізм просування модельного часу (календар подій, методи інтегрування та ін.), засоби дозволу тимчасових вузлів.

3) мови моделювання, як правило, містять вбудовані датчики випадкових чисел, генератори інших типових впливів;

4) у мовах моделювання автоматизований збір стандартної статистики та інших результатів моделювання, являють собою засоби автоматизації видачі цих результатів у табличній або графічній формі;

5) мови моделювання мають засоби, що спрощують програмування імітаційних експериментів, зокрема, автоматизують установку початкового стану і перезапуск моделі.

Недоліки мов імітаційного моделювання:

1) використовуються тільки стандартні форми виводу результатів моделювання;

2) недостатня поширеність мов моделювання, які, як правило, не входять до штатного програмного забезпечення операційних систем;

3) необхідність додаткового навчання мовам моделювання і, як наслідок, брак програмістів, які добре володіють мовами моделювання;

4) відсутність гнучкості і широких можливостей, властивих універсальним мовам програмування.

Другим напрямком розвитку інструментальних засобів імітаційного моделювання є вузькоспеціалізовані програмні комплекси моделювання. Перевагами таких комплексів є швидка реалізація моделі, використання термінології, зрозумілої досліднику, дозволяють швидко відповісти на питання типу «а що, якщо ...».

Інструментальна підтримка реалізована у ряді середовищ візуального моделювання: Vensim, Powersim, Ithink, AnyLogic. Всі перераховані системи надають можливість для візуальної побудови моделей і проведення імітаційного експерименту. Наявність інтегрованого сере-

довища з інтуїтивно зрозумілим інтерфейсом у згаданих системах дозволяє зосередитися безпосередньо на побудові моделі, не відволікаючись на деталі реалізації імітаційного експерименту та візуалізації його результатів.

Оскільки економічні системи, що вивчаються з позицій системної динаміки, - це динамічні системи, то математичні моделі таких систем - це системи диференціальних рівнянь. Природно, для побудови й аналізу моделей таких систем можна використовувати MATLAB / Simulink, MathCAD або інші універсальні системи. Такий підхід часто пропонується фахівцями, які отримали математичну або технічну освіту. Але, як показує практика, економістам ці системи здаються складними.

Використання систем Vensim, Powersim, Ithink, AnyLogic є кращим. Ці програми спочатку орієнтовані на моделювання економічних і соціальних систем, в них підтримується нотація взаємодіючих фондових потоків.

Системна динаміка - лише один з підходів, що використовуються в імітаційному моделюванні. Системна динаміка використовує високий рівень агрегування і абстракції, велику увагу в рамках даного підходу приділяється виділенню причинно-наслідкових зв'язків і їх наочному уявленню.

Не випадково в провідних бізнес-школах США слухачам пропонуються курси системної динаміки. Моделі системної динаміки успішно застосовуються в сучасній економічній теорії і практиці: в стратегічному менеджменті та оптимізації бізнес-процесів, в дослідженні причин виникнення бізнес-циклів, для аналізу макроекономічних процесів[2].

На інструментальні засоби автоматизованого проектування покладаються різноманітні функції дослідження гнучких алгоритмів програмування рухів маніпулятора і адаптивних законів керування приводами імітаційне моделювання перехідних процесів аналіз якості управління, тощо.

Програмне забезпечення багатоцільових інструментальних комплексів складається з двох компонент універсальної та спеціалізованої. Універсальна компонента, що включає операційну систему реального часу, надає розробнику різні засоби автоматизованого проектування. До них відносяться інтерпретатори, редактори, завантажувачі, тощо.

Спеціалізована компонента будується на базі універсальної і є проблемно-орієнтованою. Вона містить програмні засоби для імітаційного моделювання систем управління.

Найбільш ефективними є діалогові людино-машинні системи автоматизованого проектування, що включають банки моделей, банки даних, пакети програм оптимізації та засоби діалогу і спрямованого імітаційного моделювання. Такі системи дозволяють отримувати прийнятну точність рішення за порівняно невелике число ітерацій в результаті вдалого управління параметрами моделі і алгоритмів в процесі обчислень.

Інструментальні системи математичного моделювання повинні бути такими, щоб задовольнялися основні вимоги до розроблюваних з їх допомогою математичних моделей адекватності, точності, універсальності і ефективності.

Підвищення точності та адекватності можливо лише при одночасному зниженні ефективності та зменшенні універсальності. Саме тому функціональні об'єктно-орієнтовані і проблемно-орієнтовані інструментальні засоби імітаційного моделювання, що підтримують одну і ту ж систему дискретних імітаційних моделей, представлені двома різними реалізаціями.

Таким чином, до переваг методів імітаційного моделювання слід віднести їх об'єктивність, наявність внутрішніх засобів для контролю точності (адекватності) моделей, можливість всебічного дослідження проблем ефективності АСУ як в статичних, так і динамічних умовах.

Розробка інформаційної структури системи управління АСУ і розподіл інформаційних потоків у часі також можуть бути вирішені за допомогою імітаційного моделювання на основі уточненої структури зв'язків між різними рівнями і окремими елементами АСУ і стандартизованих протоколів обміну інформацією між ними з урахуванням змінного потоку оброблюваних заготовок на вході в систему.

## **Література**

1. Борщев А.В. Практическое агентное моделирование и его место в арсенале аналитика // Exponenta Pro, N 3-4, 2014.
2. Bouchaud J. Economics needs a scientific revolution // Nature. 2008. V. 455. P. 1181.
3. Sterman J. Business Dynamics: Systems Thinking and Modeling for a Complex World. McGraw Hill. 2010.
4. Forrester J. Industrial Dynamics. Cambridge, MA: MIT Press. 1961.

## **МОДЕЛЬНО-ОРІЄНТОВАНЕ ПРОЕКТУВАННЯ: ОСОБЛИВОСТІ ТА ПЕРЕВАГИ**

В.В. Храпов

*Національний Технічний Університет України «Київський Політехнічний Інститут», Україна*

Все більше організацій, які розробляють вбудовані системи, бажають перейти на модельно-орієнтоване проектування, щоб збільшити можливості за рішенням комплексних завдань, зменшити час виходу на ринок, знизити витрати і підвищити якість. Багато підприємств зробили перший крок, побудувавши моделі для аналізу початкової стадії проектування або швидкого прототипування алгоритмів керування. Наступне завдання для цих організацій - визначити, як ефективно включити модельно-орієнтоване проектування в процеси розробки продукції. Ефективний план переходу вимагає врахування впливу модельно-орієнтованого проектування на підприємство, процеси, інструменти, тестування і проектування.

Натуральні прототипи і експерименти на етапі проектування незручні, складні і дорогі; на етапі реалізації при ручній розробці застосування програмних засобів і людські помилки роблять процес ненадійним, а на етапі перевірки традиційне тестування призводить до виявлення помилок лише на кінцевій стадії розробки програмного забезпечення.

Для вирішення зазначених складнощів використовується інноваційна технологія «модельно-орієнтоване проектування» (МОП). Суть даної технології полягає в тому, що спочатку створюється імітаційна модель об'єкта управління в спеціалізованому програмному пакеті.

Модельно-орієнтований підхід використовується для побудови програмних продуктів, проектування баз даних та систем загалом. Він є перспективним для подолання проблем третього покоління мов програмування пов'язаних із послабленням складності платформ та ефективним відображенням концепцій предметної області. Але ефективність застосування цього підходу багато в чому залежить від ефективності наявних інструментів для роботи з моделями. Особливо важливим інструментом є інструмент для трансформації моделей.[1]

Отже, модельно-орієнтоване проектування (МОП) – це ефективний і економічно вигідний спосіб розробки систем управління, систем обробки сигналів, побудови систем зв'язку, розробок в галузі робототехніки та створення вбудованих (embedded) систем.

Принципи МОП істотно відрізняються від традиційної методології проектування. Замість створення складних програмних кодів розробники можуть застосовувати МОП для поліпшення характеристик моделі, використовуючи стандартні функціональні блоки з безперервним і дискретним часом. Побудовані таким чином моделі разом з використанням інструментів для моделювання, можуть призвести до створення прототипу системи управління, тестування та верифікації програмного забезпечення.

Модельно-орієнтоване проектування (МОП) дозволяє на ранній стадії розробки почати перевірку та тестування з моделями цих компонентів, заощаджуючи час, зменшуючи витрати і покращуючи якість системи в цілому і точність роботи.[2]

У деяких випадках МОП може бути використано як інструмент проектування для більш швидкого та ефективного тестування динамічних впливів на систему, на відміну від традиційного методу проектування.

Переваги МОП перед традиційним підходом проектування.

- МОП надає загальне середовище розробки, що сприяє взаємодії групи розробників у процесі аналізу даних і перевірки системи.

- Інженери можуть знайти і виправити помилки на ранніх стадіях проектування системи, коли витрати часу і фінансові наслідки зміни системи зводяться до мінімуму.

- МОП сприяє повторному використанню моделей для поліпшення системи і створення похідних систем з розширеними можливостями.

Застосування цього підходу в компаніях ABB, Boeing, Bell Helicopter, Toyota, Tesla, General Motors, Ford, Hitachi, Hyundai, Realtek, Yokogawa та інших дозволило збільшити якість продукції та зменшити час розробки більш ніж в 2 рази.

Наприклад в компанії Hyundai щоб побудувати двигун, що оптимізує всі необхідні критерії, інженери Hyundai використовували такі інструменти, як MathWorks та SimuQuest. Ці інструменти дозволили їм не марнувати час на написання коду, а проектувати, розробляти, реалізовувати та тестувати блок управління двигуном (ECU). З їх допомогою інженери впроваджують нові функції управління на виробництві ECU та мають змогу в найкоротші строки перевірити їх на реальному двигуні. За допомогою SimuQuest Enginuity в Hyundai була вперше створена модель двигуна з чотирма циліндрами. Головний інженер концерну Hyundai так прокоментував цей підхід: “Через використання Simulink блоків замість ручного програмування, весь код може бути згенерований та завантажений на апаратний пристрій на протязі кіль-

кох хвилин. Автоматична генерація коду грає ключову роль в скороченні часу розробки та затрат.”

При застосуванні модельно-орієнтованого проектування, коли суворі специфікації представлені у вигляді моделі на додаток до текстових вимогам, використовується один і той же набір моделей для всього процесу, а також повна модель всієї системи і зовнішніх умов; використання функціональних діаграм забезпечує раннє виявлення помилок розробки тестів та моделей. Автоматична генерація коду забезпечує відсутність помилок ручного кодування, генерацію коду для конкретних платформ, широкі можливості для циклічного тестування, зв'язок між фізичною моделлю, апаратним та програмним забезпеченням.[3]

Найчастіше таке моделювання проводять в середовищі Matlab Simulink компанії Mathworks. У разі досягнення алгоритмом поставленого завдання управління проводиться експорт алгоритму управління в програмний код цільової платформи.

Таким чином, замість фізичних прототипів і текстових специфікацій в модельно-орієнтованому проектуванні застосовується імітаційна модель. Ця модель використовується у всіх етапах розробки. При такому підході можна розробляти і проводити імітаційне моделювання як всієї системи цілком, так і її компонентів.

Система численних інженерних розрахунків Matlab є de facto стандартом в області інженерного чисельного моделювання, а Simulink - стандартом в області швидкого прототипування технічних систем, оскільки підтримує в зручній формі (у вигляді графічної мови) створення систем будь-якої складності шляхом їх розбиття на підсистеми (декомпозицію).

Simulink - середовище для моделювання, імітації та аналізу динамічних систем, включаючи дискретні, безперервні і гібридні, нелінійні і розривні системи. Вона надає можливість будувати графічні блок-діаграми, імітувати динамічні системи, досліджувати працездатність систем. Дане середовище моделювання повністю інтегровано з Matlab, що забезпечує швидкий доступ до широкого спектру інструментів аналізу та проектування. Simulink інтегрується з пакетом Stateflow. [4]

Stateflow - це середовище для моделювання та симуляції комбінаційної та послідовної логіки прийняття рішень, заснованих на машинах станів і блок-схемах.

Ключовою особливістю середовища Matlab є автоматична генерація стерпного C-коду для розроблених моделей, у тому числі і під широкий діапазон обчислювальних платформ, контролерів і цифрових сигнальних процесорів. Генерований системою код підпорядковується стандартам ANSI C99, які підтримують більшість сучасних компілято-



рів. Генерація коду можлива практично під всі поширені архітектури мікроконтролерів і мікропроцесорів, що робить проєкт, що розробляється незалежним від обраної архітектури і дозволяє легко переносити код на інші платформи.[5]

Можлива генерація коду на мові C, мовою ПЛК (програмованого логічного контролера), або мовою опису апаратури HDL (Hardware Description Language) для створення ПЛІС (програмованої логічної інтегральної схеми). Отриманий код впроваджується в цільовий контролер. У разі адекватності проведеного моделювання кардинально скорочується етап доведення системи автоматичного управління.

Парадигма модельно-орієнтованого проєктування особливо ефективна в разі автоматизації складних динамічних об'єктів, що містять електричні, електронні, гідравлічні і механічні елементи.

Створення складних автоматизованих систем часто ускладнюється наступними факторами:

- зростаючою складністю проєктів і необхідністю автоматизації нетипових для організації-розробника об'єктів;

- спільна робота різних груп проєктувальників і інженерів, різноманітні інструменти та середовища розробки, зростаюча складність програмного забезпечення та електроніки викликають складності в управлінні і взаємодії розробників.

Зазначена ситуація вимагає загального підходу до створення засобів автоматизації та освоєнню нових інструментальних засобів, що прискорюють і спрощують процес розробки.

Перехід на модельно-орієнтоване проєктування часто привносить нові завдання, які раніше вирішувалися на фізичних прототипах або не вимірювалися зовсім.

Після переходу на модельно-орієнтоване проєктування для вирішення аналогічних завдань виробники проводять моделювання поведінки об'єктів. Також моделювання застосовують для виконання тестів, які неможливо провести на реальному об'єкті через різні обмеження, у тому числі пов'язаних з безпекою.

Щоб отримати всі переваги ранньої верифікації в модельно-орієнтованому проєктуванні, організація-розробник повинна вирішувати нові інженерні завдання, такі як створення моделі об'єкта. У деяких випадках це може означати необхідність додавання в організацію нових підрозділів.

Отримані моделі можуть бути спрямовані безпосередньо на розробку систем управління, що веде до швидкого моделювання і відповідному рівню деталізації в областях, важливих для розробки систем управління або діагностики.

Таким чином, модельно-орієнтоване проектування дозволяє створювати кінцеві продукти в стислі терміни. В умовах висококонкурентного середовища часто немає можливості проведення повного класичного циклу створення виробу - конкуренти можуть мати готові рішення, які, в свою чергу, швидко розвиваються. Повільна розробка може викликати моральне і технічне старіння продукту ще до виходу його на ринок.

Пакети MATLAB і Simulink забезпечують системний підхід до моделювання, реалізують компоненти різної фізичної природи, графічну середу, інтерактивність, ієрархію моделей, розробку алгоритмів, аналіз та обробку даних, імітаційне моделювання, а також модель як «виконувану специфікацію». Пакет Stateflow застосовується для проектування та імітації кінцевих автоматів і керуючої логіки, моделювання складних логічних виразів Simulink моделей в тісній інтеграції з MATLAB і Simulink, забезпечуючи єдиний простір для проектування систем.[5][6]

Отже, МОП дозволяє істотно скоротити трудовитрати і час розробки систем управління для складних динамічних об'єктів, а також значно автоматизувати рутинну працю інженерів, програмістів і проєктувальників.

## Література

1. Мухин К.О., Костров А.В. Описание моделей базовых элементов объектно-ориентированной модели производственных процессов для нахождения оптимального управления // Научное издание «Технологии». 2013. Т. 14. № 4. С. 062–067.
2. Рамбо, Дж. UML 2.0. Объектно-ориентированное моделирование и разработка / Дж. Рамбо. СПб. : Питер, 2014. 544 с.
3. Тимофеев А.А., Грачев И.В. Управление процессом внедрения модельно-ориентированного подхода // Информационно-измерительные и управляющие системы. 2012. Т. 10. № 7. С. 22–29.
4. [http://is.ifmo.ru/miscellaneous/\\_matlab\\_simulink.pdf](http://is.ifmo.ru/miscellaneous/_matlab_simulink.pdf)
5. <http://matlab.ru/products/matlab-coder/>
6. <http://matlab.ru/products/simulink-coder/>

УДК 517

## ІМІТАЦІЙНІ МОДЕЛІ В МОДЕЛЮВАННІ СИСТЕМ

Є.Г. Саковець

*Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут»*

Моделі використовуються аби краще зрозуміти природу речей, що моделюються. Будь-яка модель є набагато простішою, ніж процес або

система, яку вона описує. Ти не менш, математичне моделювання та симуляція - основні методи аналізу складних систем. Зазвичай моделювання застосовують тоді, коли провести досліди на реальній системі дорого, небезпечно, а часто навіть неможливо. Імітаційне моделювання є універсальним методом, що добре підходить для детального вивчення саме складних систем. Імітаційне моделювання імітує поведінку реальних процесів або систем протягом певного періоду часу. Моделювання використовується для опису та аналізу поведінки системи, коли нас цікавлять питання "а що якщо?".

Отже, імітаційне моделювання може бути дуже корисним, коли:

- Доступна велика кількість даних
  - Невелика невизначеність функціонування системи
  - Занадто високі ризики для проведення реальних експериментів
- Імітаційне моделювання зазвичай включає в себе:
- Визначення області застосування та налаштування моделі
  - Збір даних
  - Тестування моделі
  - Аналіз
- Звичайно ж моделювання має як плюси так і мінуси.

Розглянемо і їх.

До плюсів можна віднести:

- Здійснення експериментів за короткий, часто обмежений час
- Занижені аналітичні вимоги
- Легкість в демонстрації моделі

До переваг імітаційного моделювання також можна віднести те, що за допомогою імітаційних моделей можна побудувати моделі, що не викривлятимуть досліджуваних явищ, так як немає необхідності пристосуватися до якогось конкретного аналітичного методу. Зазвичай семантика моделей є передбачуваною та поширеною. Проте виконання моделі зазвичай відрізняється від розробки моделі. Так як для моделей одного типу застосовуються різні методи. Крім того, при недостатній інформації про поведінку системи, тобто за наявності неповних експериментальних даних, значення деяких змінних чи законів їх розподілу можна замінити правдоподібними гіпотезами про імовірнісний розподіл цих змінних.

До мінусів же віднесемо:

- Моделювання не може дати точні результати, якщо вхідні дані не є актуальними
  - Моделювання не може забезпечити легкі відповіді на комплексні питання
  - Моделювання ніколи не вирішить саму проблему
- Для побудови систем імітаційного моделювання в даний час використовуються

такі підходи: системна динаміка, дискретно-подієве моделювання, динамічні системи, агентне моделювання та об'єднаний підхід. Практично всі програмні інструменти імітаційного моделювання розроблені для підтримки одного певного підходу.

Що ж стосується інструментів, то одним з найбільш поширених досі є GPSS. Не зважаючи на відсутність графічного інтерпретатора та складності обробки даних на рівні алгоритмів, він досі дуже широко використовується. Кращим же себе зарекомендував інструментарій AnyLogic компанії XJ Technologies, що довів свою міць і зручність за рахунок застосування об'єктно-орієнтованого підходу, візуального проектування, дружнього графічного інтерфейсу, кросплатформеності мови Java та технології гібридних систем. Крім того, він реалізує об'єднаний підхід за рахунок надання можливості створення гібридних моделей на основі моделей системної динаміки, дискретно-подієвих моделей і агентного підходу.

Таким чином, найбільшою мірою пристосовані для моделювання соціальних і економічних систем при вирішенні значного кола конкретних завдань є продукти GPSS і AnyLogic.

## **Література**

1. Simulation modelling and analysis is the process of creating and experimenting with a computerised mathematical model. [Елек-тронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: [http://forlearn.jrc.ec.europa.eu/guide/4\\_methodology/meth\\_modelling.htm](http://forlearn.jrc.ec.europa.eu/guide/4_methodology/meth_modelling.htm).
2. ОПТИМИЗАЦИОННО-ИМИТАЦИОННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ДЛЯ РЕШЕНИЯ ПРОБЛЕМ ОПТИМИЗАЦИИ И СОВРЕМЕННЫХ СЛОЖНЫХ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ СИСТЕМ [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: <http://cyberleninka.ru/article/n/optimizatsionno-imitatsionnoe-modelirovanie-dlya-resheniya-problem-optimizatsiii-sovremennyh-slozhnyh-proizvodstvennyh-sistem>.
3. Перспективи розвитку імітаційної моделі в моделюванні складних систем [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: [http://www.rusnauka.com/11\\_NPE\\_2013/Informatica/1\\_134103.doc.htm](http://www.rusnauka.com/11_NPE_2013/Informatica/1_134103.doc.htm).
4. Modeling and simulation techniques [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: <http://www.eolss.net/sample-chapters/c15/e1-26-05-04.pdf>.

## ОПТИМІЗАЦІЯ ДРОБОВО-ЛІНІЙНОЇ ФУНКЦІЇ НА КОНФІГУРАЦІЇ РОЗМІЩЕНЬ

А.М. Нагірна

*Київський національний університет імені Тараса Шевченка, Україна, Київ*

Математичні моделі з дробово-лінійними функціями цілі зустрічаються в різних областях господарської діяльності людини. Дробово-лінійна функція представлена відношенням двох лінійних форм, тому її можна застосовувати в прикладних задачах оптимізації деяких відносних показників в якості таких, як рентабельність, трудомісткість, собівартість, продуктивність і т.д. [1-3].

При розгляді певного класу оптимізаційних задач з дробово-лінійними функціями цілі досить часто виникає область допустимих розв'язків, яка має властивість комбінаторної конфігурації розміщень, тому необхідно розглянути нові підходи до розв'язання такого класу задач з урахуванням структурних властивостей комбінаторної множини, які забезпечують представлення відповідної комбінаторної структури у вигляді графа чи сітки. Дана властивість забезпечує за лічені кроки знайти розв'язки задачі без повного перебору елементів відповідної комбінаторної конфігурації [4-6].

Розглянемо задачу комбінаторної оптимізації у якої цільова функція  $F(x)$  – дробово-лінійна, чисельник  $f(x)$  і знаменник  $g(x)$  – лінійні функції, в яких коефіцієнти визначаються за правилом арифметичної прогресії:

$$\begin{aligned} c_i &= c_1 + \Delta(i-1), \\ d_i &= d_1 + \delta(i-1), \end{aligned} \quad (1)$$

допустима комбінаторна множина  $X = \{x\}$ , та додаткові лінійні обмеження, які утворюють опуклу многогранну множину  $D \subset R^n$  наступного вигляду:  $D = \{x \in R^n \mid Gx \leq d\}$ , де  $G \in R^{m \times n}$ ,  $d \in R^m$ .

Запишемо лінійні обмеження у вигляді нерівностей:

$$Gx = \sum_{j=1}^n g_{ij} x_j \geq d_i, \quad i \in N_m, \quad j \in N_n. \quad (2)$$

Необхідно знайти оптимальний розв'язок,  $x^0 \in X$ , при якому цільова функція приймає екстремальне значення  $f(x^0) = \underset{x \in X}{extr} f(x)$ ,  $extr \in \{\min, \max\}$ .

Як відомо з [4] для конфігурації перестановок можна побудувати гамільтонів шлях усередині кожної шестірки елементів перестановки і прослідкувати зміни значень цільової функції у вершинах графа на кожному з підграфів, так як і для лінійної функції.

Теорема 1 [4]. Граф перестановок  $\tilde{G}(P_n)$  для дробово-лінійної функції  $F(x)$ , коефіцієнти якої визначені згідно (1), співпадає з графом перестановок для лінійної функції  $G(P_n)$  з точністю до орієнтації.

Теорема 2 [5]. Граф  $G(A(n, m))$  конфігурації розміщень  $A(n, m)$  при  $n > m$  і довільному векторі  $\vec{A} = \{a_1, a_2, \dots, a_n\}$  еквівалентний графу  $G(P_n)$  комбінаторної конфігурації перестановок  $P_n$ .

Алгоритм розв'язування комбінаторної задачі з дробово-лінійними функціями цілі та лінійними додатковими обмеженнями на комбінаторній конфігурації розміщень полягає в наступному. На початковому етапі визначаються коефіцієнти дробово-лінійної цільової функції за формулою (1), відповідно для чисельника і знаменника.

Тоді число конфігурацій графа конфігурації розміщень  $A(n, m)$ ,  $m \leq n$ , утвореного із елементів  $\{1, 2, \dots, n\}$  розраховується за формулою:  $A_n^m = n! / (n - m)!$ . З урахуванням формули (1) дробово-лінійна функція нормалізована, тому слід визначити нормалізацію за допомогою вихідної перестановки  $u$  для кожної  $i$ -ої обмежуючої функції  $g_i$  [6]:

$$u_i = \begin{pmatrix} 1 & 2 & \dots & m \\ 2 & 1 & \dots & \varphi_m \end{pmatrix}, \quad (3)$$

Початкова множина розміщень замінюється на базову за допомогою вихідної перестановки  $u$ , отримується індивідуальна множина розміщень  $A_i$ , відповідно для кожної функції обмеження граф розміщень  $G(A(n, m))$  має стандартний вигляд.

Розв'язуючи задачу локалізації  $g_i$ ,  $i \in N_m$ , отримуємо допустиму множину розміщень для додаткового лінійного обмеження  $g_i$ . За до-

помогою оберненої перестановки до (3) визначаємо ту ж множину в базовій множині розміщень  $G(A(n, m))$ .

Знаходимо переріз множин розміщень обмежуючих функцій та визначаємо множину розв'язків в базовій множині. Шляхом підстановки відповідних вершин графа в дробово-лінійну цільову функцію отримуємо необхідний екстремум функції.

Подальші дослідження будуть полягати у побудові нових математичних моделей задач з дробово-лінійними функціями на комбінаторних множинах та програмній реалізації алгоритмів на графах при збільшенні потужності відповідних комбінаторних конфігурацій.

### **Литература**

1. Шор Н. З., Соломон Д.И. Декомпозиционные методы в дробно-линейном программировании. – Кишенев : Штиинца, 1989. – 204 с.
2. Семенова Н. В. Розв'язування задач векторної оптимізації з дробово-лінійними функціями критеріїв на комбінаторній множині поліроз-міщень / Н. В. Семенова, Л. Н. Колечкина, А. Н. Нагорная // Наукові вісті Національного технічного університету України «Київський політехнічний інститут». – 2009. – № 2. – С. 53–60.
3. Семенова Н. В. Об одном подходе к решению векторных задач с дробно-линейными функциями критериев на комбинаторном множестве размещений / Н. В. Семенова, Л. Н. Колечкина, А. Н. Нагорная // Проблемы управления и информатики. – 2010. – № 1. – С. 131–144.
4. Донец Г. А. Колечкина Л.Н. Об одной задаче оптимизации дробно-линейной функции цели на перестановках // Проблемы управления и информатики. – 2010. – № 2. – С. 12–16.
5. Емеличев В.А., Ковалев М.М., Кравцов М.К. Многогранники, графы, оптимизация. – М.: Наука, 1981. – 344 с.
6. Донец Г. А. Колечкина Л.Н. Об одном подходе к решению комбинаторной задачи оптимизации на графах / Управляющие системы и машины. – 2009. – № 4. – С. 36–42.

УДК 519.8/1/2

## **БАГАТОКРИТЕРІАЛЬНА ОПТИМІЗАЦІЯ РОЗКЛАДІВ З ВИКОРИСТАННЯМ ІМІТАЦІЙНОГО МОДЕЛЮВАННЯ**

О. О. Храмов

*Національний Технічний Університет України «Київський Політехнічний Інститут», Україна*

Проблема побудови розкладів є одним з напрямків дослідження операцій. Необхідність складання розкладів присутня в багатьох галузях людської діяльності: в управлінні проектами, в галузі транспорту та логістики, на виробництві, в навчанні та особистому житті. Іноді,

побудова навіть простого розкладу, що задовольняє вимогам, є складною задачею. А оптимізація розкладу за певними критеріями може стати дуже складною обчислювальною задачею.

Наука дослідження операцій має значну кількість методів для розв'язування задач оптимізації. Наприклад задачу побудови розкладу можна представити у вигляді задачі лінійного програмування чи задачі пошуку у графі. Але при використанні загальних методів обчислювальна складність задачі значно зростає, тому необхідно розробити власний метод оптимізації.

Розглянемо наступну задачу побудови розкладів. Нехай маємо  $n$  робіт чи задач та  $m$  однакових машин, на яких можуть виконуватись ці роботи. Кожна робота має власний час виконання  $t_i$  та кінцевий термін виконання  $d_i$   $i \in 1, n$ . Необхідно визначити в якому порядку, на якому приладі буде виконуватись кожна робота для того, щоб мінімізувати сумарне випередження та максимізувати час початку виконання всіх робіт.

$$f_e = \sum_{i=1}^n d_i - T_i \quad (1)$$

$$f_{st} = \max\{A_{1i}\} - > \min \quad (2)$$

де  $T_i$  – час завершення виконання роботи з індексом  $i$ ,  $A_{1i}$  – перша в черзі робота на машині  $i \in 1, m$ .

Роботи не можуть перериватись і мають виконуватись послідовно, без простоїв.

Оптимізація має бути виконана за двома критеріями одночасно. Найпростішим способом буде виконати лінійну згортку двох функцій з певними ваговими коефіцієнтами.

$$f^* = wf_e + (1 - w)f_{st} \quad (3)$$

Така функція може бути використана у лінійному способі розв'язання задачі, який описаний нижче. Але якщо ми захочемо змінити ваговий коефіцієнт  $w$  то доведеться знову проводити всі обчислення.

Кращим варіантом буде визначити всю множину Парето-оптимальних розв'язків і дозволити або користувачу або іншому методу вибрати найкращий розв'язок. Для визначення Парето-оптимальних розв'язків необхідно одночасно оптимізувати за обома критеріями.

Першим етапом буде побудова допустимого базисного розкладу. Алгоритм побудови початкового розкладу наступний. Спочатку необхідно впорядкувати роботи за зростанням їх кінцевих термінів. Потім обрати послідовність, яка має найраніший час запуску робіт і додати



до неї першу роботу з впорядкованого списку. Якщо в послідовності немає робіт, то час завершення виконання роботи встановлюється рівним її кінцевому терміну. Якщо в послідовності є роботи, то час початку роботи обирається як мінімум серед часу початку виконання попередньої роботи і власним кінцевим терміном.

$$T_i = \min\{d_i, T_{i-1} + t_i\} \quad (4)$$

У другому випадку може виникнути необхідність зсунути час початку виконання попередніх робіт на більш ранній час.

Якщо в розкладі є пропуски, то роботи, що йдуть після них, зсуваються до більш раннього часу запуску, що відповідає часу завершення виконання попередньої роботи.

Наступним етапом після побудови початкового розв'язку є його оптимізація. Кожен з критеріїв, за яким відбувається оптимізація, є NP-складним. Зазвичай такі задачі розв'язуються методом впорядкованого перебору, наприклад використовуючи метод гілок та меж. Ми ж розглянемо як можна створити метод, схожий за характеристиками на впорядкований перебір, але використовуючи моделювання.

Визначимо функцію перестановки, яка отримує на вхід поточний розклад і дві позиції робіт, кожна з яких складається з номера послідовності та номеру роботи в черзі. Функція повертає новий розклад, що має дві роботи змінені місцями.

$$f(s, a, b) \rightarrow s' \quad (5)$$

де  $s$  – початковий розклад,  $a$  та  $b$  – роботи, які будуть змінені місцями,  $s'$  – новий розклад.

У випадку коли час виконання робіт не однаковий, після перестановки допустимість розкладу може не виконуватись. В такому випадку необхідно виправити отриманий розклад для досягнення допустимості та базовості. Зазвичай час завершення робіт відповідно їх позицій залишиться незмінним, тому для досягнення допустимості і базовості буде досить зсунути послідовну множину робіт. Необхідно просто або перенести початок запуску робіт, що стоять в послідовності перед роботою, яка була замінена, на більш ранній час, якщо час виконання заміненої роботи більший ніж початкової, або перенести роботи, що йдуть після роботи, яка була замінена, включно з нею.

Вдосконалення розкладу відбувається шляхом виконання операцій перестановки. Необхідно визначити найкращу перестановку що оптимізує один з критеріїв. Оскільки в задачі присутні два критерії оптимізації нам необхідно визначити два способи для вибору найкращої перестановки.

Перший критерій – максимізація загального початку часу виконання всіх робіт. Найкраща теоретично можлива перестановка полягає в заміні найдовшої за часом виконання роботи в послідовності, що має найраніший час запуску, на найкоротшу роботу, або навіть вставка роботи в послідовність без заміни, в послідовність, що має максимальний час запуску робіт. Але задача має певні обмеження на кінцеві терміни виконання та неперервність робіт, що в загальному випадку не дає можливості виконати таку перестановку. Тому необхідний спосіб визначити найкращу перестановку, яка зможе призвести до максимального збільшення часу запуску усіх робіт і буде допустимою.

Нехай  $q_a$  – можливий виграш в критерії максимізації початку часу виконання всіх робіт. Виграш складе мінімальне значення різниці між кінцевим терміном роботи та її завершенням серед всіх робіт що передують роботі  $a$ . Позначимо  $\Delta q_a$  як допустиму різницю між часом виконання робіт, при якій зберігається виграш.

$$q_a = \min\{d_i - T_i \mid i < a\} \quad (6)$$

$$\Delta q_a = t_a - q_a \quad (7)$$

Позначимо  $p_b$  як можливий час виконання роботи, яку можна вставити в послідовність, чи замінити іншу роботу без зменшення поточного значення критерію.

$$p_b = t_b + r_e - r_c \quad (8)$$

де  $t_b$  – час виконання роботи, який дорівнює нулю у випадку вставки роботи,  $r_e$  – час початку запуску найранішої послідовності,  $r_c$  – час початку запуску послідовності, що містить роботу  $b$ .

Роботу з послідовності з найранішим часом запуску можна замінити на одну з робіт в інших послідовностях. Бажано отримати максимальний виграш, але також варто обрати таку перестановку, щоб  $t_b$  наближалось до  $\Delta q_a$ . Це дозволить більш послідовно оптимізувати розклад залишаючи більше варіантів для подальших перестановок.

Другий критерій – мінімізація сумарного випередження. Найкращою перестановкою буде така заміна двох робіт при якій хоча б в одній з робіт буде зменшення випередження, а в інших випередження не збільшиться. Така перестановка можлива не завжди, тож може бути необхідність збільшити випередження однієї чи кількох робіт для мінімізації сумарного випередження.

Нехай  $E$  – впорядкована за зростанням множина залишкового часу для кожної з робіт в розкладі.

$$E = \{d_{[1]} - T_{[1]}, d_{[2]} - T_{[2]}, \dots, d_{[n]} - T_{[n]}\} \quad (9)$$

Нехай  $a$  – робота що має найбільший залишковий час. Зменшити сумарне випередження можна виконавши заміну роботи  $a$  на роботу  $b$ ,

таку що  $t_b > t_a$ , номер роботи  $b$  в послідовності більше ніж в роботи  $a$ , а також

$$d_i - T_i > t_b - t_a \quad i = a, b \quad (10)$$

Отримавши перестановку, що максимально збільшить значення одного з критеріїв, ми можемо виконати її і отримати новий розклад. Потім ми можемо знайти наступну найкращу перестановку і таким чином виконуючи ітерації знайти деяке рішення, що є кращим за початкове і яке можна порівняти з теоретичним оптимальним рішенням. Це є лінійний спосіб розв'язку задачі. Проблема полягає в тому, що обираючи найкращу перестановку на кожному кроці, ми не гарантуємо отримання оптимального результату в кінці роботи алгоритму.

Використовуючи імітаційне моделювання можна отримати переваги лінійного способу і впорядкованого перебору. Кожен імітаційний експеримент буде полягати в побудові розкладу лінійним способом, де вибір перестановки серед впорядкованої за виграшем множини буде відбуватись з урахуванням як значення виграшу так і статистики зібраної під час проведення експериментів. Статистика буде включати в себе як і відносну зміну значення критеріїв так і вплив виконаної перестановки на зміни отримані в наступних перестановках. Перевагами імітаційного моделювання в даному випадку будуть швидкість кожної з ітерацій, множина отриманих розв'язків, можливість отримання кращих розв'язків залежно від часу роботи алгоритму, можливість отримати оптимальні розв'язки.

Використання імітаційного моделювання для розв'язання подібних задач може бути альтернативою для методів локального пошуку чи впорядкованого перебору і бути дуже корисним. Алгоритми на основі імітаційного моделювання мають перевагу в простоті індивідуальних обчислень, що полегшує реалізацію паралельних обчислень та дозволяють швидко отримати множину розв'язків для подальших досліджень. З розвитком потужностей обчислювальної техніки і програмних засобів імітаційного моделювання, розв'язок задач за допомогою моделювання стає все більш привабливим варіантом.

## Література

1. Павлов О.А., Халус О.А. Складання допустимого розкладу виконання робіт на одному приладі з метою мінімізації сумарного випередження робіт // Вісник КПІ. – 2014. – №61. – С. 28–35.
2. Павлов О.А., Жданова О.Г., Сперкач М.О. Завдання складання допустимого розкладу з максимально пізнім моментом запуску виконання ідентичними паралельними приладами робіт із загальним директивним терміном // Вісник КПІ. 2014. №61. – С. 94–103.

**СТРУКТУРНО-ОНТОЛОГИЧЕСКИЙ ПОДХОД К СОЗДАНИЮ  
ВЕБ-ГЛОССАРИЯ ДЛЯ МОДЕЛИРОВАНИЯ ПРОЦЕССОВ В  
ПРОБЛЕМНОЙ ОБЛАСТИ УПРАВЛЯЮЩИХ  
ГАРАНТОСПОСОБНЫХ КОМПЬЮТЕРНЫХ СИСТЕМ**

Т.З. Фидаров

*Институт проблем математических машин и систем НАН Украины, г. Киев*

Одним из главных и традиционных подходов к программному имитационному моделированию сложных систем достаточно долгое время является структурно-функциональный. При этом подходе поведение системы моделируется, как правило, в такой последовательности: 1) в строящейся модели описывается структура объектов исследуемой (имитируемой) системы на специализированном языке имитационного моделирования; 2) на структурное представление системы в модели «наизывается» описание её важнейших функций; 3) динамика процессов функционирования имитируемой системы описывается средствами генерации (по выявленным или заданным вероятностным и/или детерминированным законам) объектов-событий (процессов), причём с помощью средств генерации этих объектов, - имитируется передача в нужные блоки модели необходимых (вычисленных) значений параметров (данных) каждого процесса, а также реализуется имитация происходящих в реальной системе как последовательных, так и последовательно-параллельных процессов. При этом сама временная последовательность имитации процессов в системе разворачивается в соответствии с выбранной единицей модельного времени, поскольку динамика имитации выполнения требуемых логических и поведенческих функций (действий) в имитируемой системе реализуется именно путём вычисления по соответствующей функции (вероятностной или смешанной вероятностно-детерминированной природы) «модельной длительности» протекания каждого из имитируемых процессов [1 - 3].

Однако, при всех достоинствах указанного подхода к построению моделей, последующая проверка адекватности моделируемых и реальных процессов в исследуемой системе, - требуют отнюдь не меньших усилий, чем построение самих моделей. При этом опасения относительно неадекватности построенных на основе структурно-функционального подхода моделей отнюдь не случайны, ибо эти опасения, так или иначе, связаны с субъективными представлениями исследователя, реализуемыми в процессе построения модели. Такие представления могут иметь место как в отношении выбора наиболее актуальных для выбранной предметной области (ПрО) задач, которые

ему предстоит решать с помощью моделей, так и относительно построения схемы описания динамики наиболее важных с точки зрения исследования (имитации) процессов в системе в рамках выбранной единицы так называемого модельного времени. Опасения относительно неадекватности моделей также вполне оправданы потому, что к их построению обычно приступают без предварительного, но достаточно трудоёмкого и тщательного онтологического моделирования если не всей, то хотя бы определённой и существенной части ПрО.

С целью уменьшения влияния отмеченных опасений на адекватность строящихся имитационных моделей, в данной работе предложен структурно-онтологический подход, позволяющий снизить влияние выявленной субъективности, - путём предварительного проведения онтологического моделирования с учётом существенных для проведения того или иного исследования результатов, полученных в специализированной ПрО. Следует сказать, что целью онтологического моделирования является не только выявление важнейших терминологических (таксономических) единиц ПрО, но и нахождение наиболее важных взаимосвязей процессуального (смыслового или процедурного, в смысле описания моделируемых (имитируемых) в системе процессов) характера влияния этих единиц, а также установление структурной и, чаще всего, иерархической взаимосвязи таких единиц.

В настоящее время онтологическое моделирование является быстро развивающимся научно-техническим направлением, ведь его результаты активно используются во многих областях информатики [4]. Как показал анализ литературных источников в области онтологического моделирования, научно-техническими предпосылками этого направления стали исследования и разработки в областях искусственного интеллекта, информационных технологий и, в последнее время, в Semantic Technologies и Semantic Web.

Предлагаемый подход реализуется по методике, предложенной в [4], а в качестве реального примера его реализации выбраны наиболее важные в научно-практическом плане результаты решения проблем в одной из актуальнейших для исследований и практических применений на протяжении более 50 лет проблемной области, - создания и эксплуатации гарантоспособных систем [5]. Такие системы обычно включают в себя не только гарантоспособные компьютерные системы (ГКС), но и, кроме того, распределённую инфраструктуру измерительных, исполнительных и управляющих узлов (подсистем), работающих в сферах критического применения (энергетика, транспорт, опасные технологии в промышленности, системы экологического обеспечения жизнедеятельности человека, космические исследования и т.п.).

Развитие исследований в области таких гарантоспособных систем, названных автором управляющими ГКС (УпрГКС), - требует проведения дальнейшей онтологической систематизации и соответствующего этим результатам адекватного и оперативного структурного упорядочения терминологии (по отдельным группам терминов и весомым научно-практическим результатам, опубликованным на текущий период).

Ранее, указанная терминология была проанализирована и структурирована ведущими специалистами в области УпрГКС и представлена ими в виде таксономического дерева [5], построенного на основе результатов, полученных до 2004 г. в научно-практических исследованиях по этой ПрО. В работе [5], в виде системной таксономии УпрГКС, приведено порядка 190 терминов на английском языке. Однако, в последующий период опубликовано значительное количество новых важных работ в зарубежных и отечественных изданиях, и эти результаты также необходимо включить в таксономию УпрГКС. В связи с этим, в данной работе предпринята попытка развить вначале результаты таксономического, а в дальнейшем, - получить результаты и полного онтологического анализа этой предметной области по методике [4] за период, включающий результаты периода 2005 - 2014 гг.

Одним из результатов проведённого таксономического анализа современного состояния результатов в указанной ПрО, станет создание управляемого (on-line) трёхязычного (английский, украинский, русский) веб-словаря (гlossария), включающего в совокупности более 370 терминов. Практическое on-line использование этого веб-гlossария во многом ускорит выход реальных практических исследований в этой области на новые инструментально-технологический и практический уровни.

Кроме того, в качестве основы для выявления новых актуальных проблем в исследованиях по УпрГКС и в плане дальнейшего развития структуры и организации построения модели ПрО УпрГКС, включая её онтологическую модель, автором использованы результаты работы [6].

Развитие модели ПрО УпрГКС и реализация предлагаемого онтологического инструментария, позволят исследователям строить существенно более адекватные реальным УпрГКС (разрабатываемым и/или функционирующим) аналитические, имитационные и аналитико-имитационные модели [7] для решения наиболее актуальных задач в этой области.

## Литература

1. Бусленко Н.П. Моделирование сложных систем. // М.: Наука, 1968. – 366 с.
2. Нейлор Т. Машинные имитационные эксперименты с моделями экономических систем. / Под ред. Нейлора Т. М. // М.: Мир, 1975, - 502 с.
3. Шеннон Р. Дж. Имитационное моделирование систем - искусство и наука. // М.: Мир, 1978 г. - 418 с.
4. Андон Ф.И., Резниченко В.А. Управляемые словари, таксономии, тезаурусы и онтологии в семантическом вебе. // Киев: ж. «Инженерия программного обеспечения». – № 1 (13), 2013. – С. 40-48.
5. A. Avizienis, Fellow IEEE, Jean-Claude Laprie, Brian Randell, and Carl Landwehr, Senior Member IEEE “Basic Concepts and Taxonomy of Dependable and Secure Computing” // IEEE TRANSACTIONS ON DEPENDABLE AND SECURE COMPUTING, VOL. 1, NO. 1, JANUARY-MARCH 2004, pp. 11-33.
6. Харченко В.С. Гарантоспособность и гарантоспособные системы: элементы методологии. // Харьков: ж. Радіоелектронні і комп'ютерні системи, № 5 (17), 2006. – С. 7 – 19.
7. Винницкий В.П., Кирилук Н.И., Фидаров Т.З. Аналитико-имитационное моделирование вычислительных комплексов. / В кн.: «Математическое обеспечение моделирования сложных систем». Тезисы докладов Всесоюзной конференции // Киев: РДНТП УССР, 1977. С. 87 – 90.

УДК 004.415.2.043

## РОЗГОРТАННЯ СТРУКТУРИ КРИПКЕ В АВТОМАТНУ МОДЕЛЬ

В.І.Салапатов

*Черкаський національний університет ім. Богдана Хмельницького*

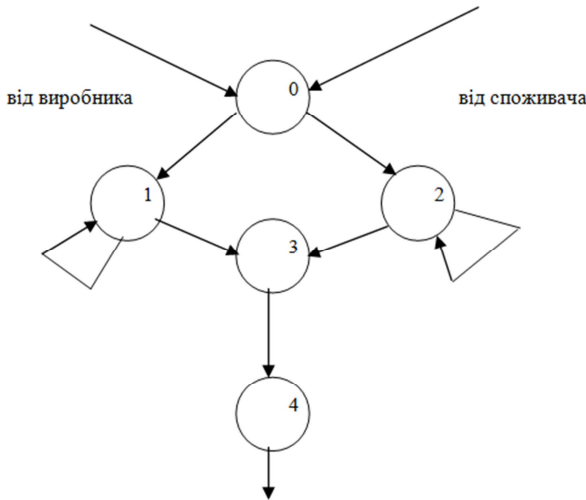
Подання моделі програми у вигляді недетермінованого кінцевого автомату для побудови різних систем, зокрема програмних систем, набуло широкого застосування при створенні складних програм, особливо розподілених та паралельних програм. Для формального опису вимог до майбутньої системи використовується апарат темпоральної логіки. А теоретичним підґрунтям побудови автоматної моделі програми є структура Крипке, яка являє собою п'ятірку  $M = (S, S_0, R, AP, L)$ , де

$S$  – Множина станів;  $S_0$  – множина початкових станів,  $R$  – множина переходів (тотальне відношення на  $S$ ),  $AP$  – множина атомарних предикатів;  $L$  – кожному стану  $S$  відображення  $L$  співставляє множину предикатів.  $L: S \rightarrow 2^{AP}$ , оскільки використовується бінарна логіка [1].

Для побудови моделі необхідно спочатку визначити можливі стани, у тому числі і початкові стани. Наступним кроком буде визначення предикатів, які використовуються у цих станах та можливі їхні комбінації. В подальшому необхідно виявити хибні комбінації предикатів та

передбачити їх обробку як помилкових з можливим додаванням нових додаткових станів. Для допустимих сполучень необхідно визначити переходи до інших станів. У кожному наступному стані необхідно повторити зазначені кроки. В результаті такого покрокового аналізу вимальовується автоматна модель системи. Предикати окрім логічної побудови системи передбачають виконання певних дій, з яких поступово складається змістовно-логічна структура системи. Деякі стани можуть являти складні структури, які на наступному кроці деталізації розгортаються через структуру Крипке. Яскравим прикладом такого підходу побудови моделі є система на кшталт виробник-споживач, де процеси виробника та споживача намагаються дістатись до спільного ресурсу у вигляді деякого буферу. Спочатку доступ до спільного ресурсу помічається одним станом. В подальшому при ускладненні структури буфера, наприклад використання колового буфера зх кількох записів цей стан може бути деталізований за допомогою структури Крипке. Крім того, для синхронізації доступу до спільного буферу доречним буде застосування монітору. Отже стан, який забезпечує доступ до колового буфера, буде являти собою монітор. Нижче за допомогою темпоральної логіки описані умови монітору та показана автоматна модель монітору

- $G \neg (p \wedge q)$  одразу два процеси не зможуть увійти в монітор
- $GF p$  постійно у майбутньому працюватиме виробник
- $GF q$  постійно у майбутньому працюватиме споживач



*Монітор обслуговування колового буферу (3)*



$i$  – індекс початку буферу  
 $j$  – індекс кінця буферу  
 $N$  – розмір буферу

Стан 0 – захоплення буферу одним з процесів  
Стан 1 - поповнення буферу виробником  
Стан 2 - читання з буферу споживачем  
Стан 3 - звільнення колового буферу  
Стан 4 – перехід монітору у стан очікування

$j = (j + 1) \bmod N$                                   $i = (i + 1) \bmod N$   
 $n = n + 1$     $n = n - 1$

Нижче наведені дії, які виконуються при запису та читанні інформації у буфері.

стан 1: if $n \geq N$ then wait	стан 2: if $n = 0$ then wait
else begin	else begin
$j = (j + 1) \bmod N$ ;	$i = (i - 1) \bmod N$ ;
$n = n + 1$ ;	$n = n - 1$ ;
WRITE;	READ;
end;	end;

На цьому простому прикладі наведена послідовність побудови автоматної моделі монітору колового буферу. На моделі у процесі її побудови перевіряється обмеження, які описуються засобами темпоральної логіки, тобто одночасно здійснюється її верифікація. Подальші кроки пов'язані з програмною реалізацією системи, валідацією та тестуванням. Такий підхід добре себе зарекомендував при розробці різних програм і дозволяє виявляти досить тонкі помилки, які проявляються дуже рідко.

### Література

1. Ю.Г. Карпов. MODEL CHECKING. Верификация параллельных и распределенных программных систем. СПб.: БХВ-Петербург. 2010. 560 с.
2. Салапатов В.І., Лукаш В.І. Застосування не детермінованих кінцевих автоматів для реалізації алгоритмів обробки потокової інформації / В.І. Салапатов, В.І. Лукаш – Чернівці.: Шоста міжнародна науково-практична конференція з міжнародною участю “Математичне та імітаційне моделювання систем МОДС 2011”.Тези доповідей. с. 366-368.

## РОЗВ'ЯЗУВАННЯ ЗАДАЧ ЛІНІЙНОГО ПРОГРАМУВАННЯ ЗА ДОПОМОГОЮ ПСЕВДООБЕРЕННИХ МАТРИЦЬ

Букатарь Н.О., Руснак М.А.  
*ЧНУ ім. Ю. Федьковича, ІФТКН*

В даний час лінійне програмування є одним з найбільш популярних апаратів математичної теорії оптимального управління рішень. Для вирішення завдань лінійного програмування розроблено складне програмне забезпечення, що дає можливість ефективно і надійно вирішувати практичні завдання великих об'ємів. Ці програми і системи забезпечені розвиненими системами підготовки початкових даних, засобами їх аналізу і представленням отриманих результатів.

Мета дослідження даної роботи - розробка і демонстрація можливого розв'язання задач лінійного програмування за допомогою псевдоінверсії.

Завдання роботи: показати, як можливо реалізувати розв'язування ЗЛП за допомогою псевдообернених матриць та розробити програму, яка реалізовує розв'язання ЗЛП.

Практичним результатом роботи є програмне забезпечення, яке реалізує пошук найкращого наближення до розв'язку заданої ЗЛП.

Задача лінійного програмування – задача оптимізації з лінійною цільовою функцією та допустимою множиною обмеженою лінійними рівностями або нерівностями.

Тобто, необхідно мінімізувати:

$$\sum_{j=1}^n c_j x_j \rightarrow \min \quad (1)$$

при обмеженнях:

$$\sum_{j=1}^n a_{ij} x_j \leq b_i, \quad i=1, \dots, m_1 \quad (2)$$

$$\sum_{j=1}^n a_{ij} x_j = b_i, \quad i= m_1+1, \dots, m \quad (3)$$

$$x_j \geq 0, \quad j = 1, \dots, n_1 \quad (4)$$

де  $c_j$  ( $j = 1, \dots, n$ ),  $a_{ij}$  ( $i = 1, \dots, m$ ) — задані числа.

Кожній задачі лінійного програмування можна поставити у відповідність іншу задачу лінійного програмування. Вирішуючи одну з них, автоматично вирішується й інша задача. Такі задачі називають двоїстими.

Двоїста задача має вигляд:

$$W(u) = b^T u \rightarrow \max \quad (5)$$

$$u^T A \leq c^T \quad (6)$$

З першої теореми двоїстості маємо: якщо одна із задач двоїстої пари має розв'язок, то інша задача теж має розв'язок, причому значення цільових функцій на цих розв'язках збігаються.

$$\begin{aligned}L(x^*) &= W(u^*) \\ c^T x^* &= u^{*T} b\end{aligned}$$

Одним з етапів даної роботи – це зведення виразу (6) до системи лінійних алгебраїчних рівнянь. Вже безпосередньо до цієї системи застосовується метод псевдоінверсії.

Однією з форм запису систем лінійних рівнянь (СЛР) є так звана матрична форма, тобто запис СЛР у вигляді  $Ax=b$ , де  $A$  - матриця коефіцієнтів,  $x$  - стовпчик змінних,  $b$  - стовпчик вільних членів. Якщо матриця  $A$  не вироджена (або неособлива, тобто  $\det(A) \neq 0$ ), то рівняння  $Ax=b$  має єдиний розв'язок  $x=A^{-1}b$ , де  $A^{-1}$  - матриця, обернена до  $A$ .

Псевдообернена матриця — узагальнення оберненої матриці в математиці, зокрема, в лінійній алгебрі. Псевдообернена матриця застосовується для знаходження найкращого наближення (методом найменших квадратів) розв'язку систем лінійних алгебраїчних рівнянь.

Якщо  $A$  – деяка квадратна і не вироджена матриця, то існує обернена матриця  $A^{-1}$ . Якщо ж матриця  $A$  – не квадратна, а прямокутна  $m \times n$ -матриця ( $m \neq n$ ) або ж квадратна, але не вироджена, тоді матриця  $A$  не має обернену і позначення  $A^{-1}$  не має сенсу. Але для будь-якої прямокутної матриці існує «псевдообернена» матриця  $A^+$ , яка володіє деякими властивостями оберненої матриці і має місце при розв'язуванні систем лінійних рівнянь.

Якщо ж  $A$  - довільна  $m \times n$  - матриця, то можна відшукати таку матрицю  $A^+$ , для якої виконується аналогічна рівність, тобто  $AA^+A = A$  (зокрема, коли  $\det(A) \neq 0$ , то  $A^+ = A^{-1}$ ).

Матриця  $A^+$  розмірності  $n \times m$  називається псевдооберненою до матриці  $A$  розмірності  $m \times n$ , якщо виконуються рівності:

а)  $AA^+A = A$  ;

б)  $A^+ = UA^* = A^*V$ , де  $U, V$  - деякі матриці.

Одна з проблем, які розглядалися в даній роботі, це точність обчислення. Комп'ютерне обчислення в числах з плаваючою крапкою не підходить через значну похибку. Тому для вирішення цього питання був створений клас Drobv, який виконує всі обчислення в дробах. Швидкодія програми значно погіршилася після використання цього класу.

У програмі використовується ітераційний метод Гревілья для пошуку псевдооберненої матриці. Цей метод є найзручнішим для програмної реалізації.

## Література

1. Гантмахер Ф.Р. Теория матриц / Ф. Р. Гантмахер - М. : Наука, 1966. - 576 с.
2. Псевдообернена матриця [Електронний ресурс]./ – Режим доступу: [http://uk.wikipedia.org/wiki/Псевдообернена\\_матриця](http://uk.wikipedia.org/wiki/Псевдообернена_матриця)
3. Стренг Г. Линейная алгебра и ее применения / Г. Стренг. - М. : Мир, 1980. - 454 с.

УДК 004.94(075.8)

## АНАЛІЗ ВИХІДНИХ ДАНИХ ІМІТАЦІЙНОГО МОДЕЛЮВАННЯ

В.М. Томашевський

*Національний технічний університет України «КПІ»*

Імітаційне моделювання традиційно використовується у тих випадках, коли застосування аналітичних методів неможливе. Розвиток потужних і недорогих комп'ютерів, а також досягнення у розробці програмного забезпечення сприяє збільшенню популярності імітаційного моделювання. Різні пакети імітаційного моделювання з дружнім до користувача інтерфейсом пропонують візуальні інтерактивні можливості, що спрощують процес створення імітаційних моделей. Незалежно від того, як розвиваються методології програмування для реалізації імітаційного моделювання, події, що моделюються, в більшості випадків керуються випадковими числами. Це призводить до того, що отримані результати – не що інше як статистичні вибіркові послідовності – часові ряди.

Процес побудови, валідації, перевірки та використання імітаційної моделі для прийняття рішення може бути важким. Витрачається багато часу і зусиль для декількох відокремлених задач: обговорення моделі з особами, що приймають рішення, які є кінцевими користувачами результатів моделювання; визначення необхідних даних і їх збирання для отримання прийняттого розподілу для різноманітних компонентів моделі; кодування та перевірка імітаційної моделі; валідація моделі та оцінка її функціонування.

Після того як приділено стільки уваги на ранніх кроках процесу моделювання, необхідно вірно проаналізувати вихідні дані. Якщо це не зробити, то зводиться нанівець уся проведена робота. На щастя, етап аналізу вихідних даних звичайно є набагато менш трудомісткий ніж раніше згадані етапи моделювання та кодування. Ситуація покращується ще й тим, що розробники програм імітаційного моделювання збільшують можливості аналізу в своїх програмних продуктах. Аналіз

вихідних даних дозволяє кінцевому користувачеві краще впливати на ефективність моделі, і таким чином приймати кращі рішення.

Існує декілька причин того, що аналіз вихідних даних не завжди виконується належним чином. По-перше, у користувачів нерідко створюється хибне враження, що імітаційне моделювання – всього лише вправа в комп'ютерному програмуванні, нехай і досить складна. В результаті чого часто вивчення систем за допомогою імітаційного моделювання починається з розробки концептуальної моделі з подальшим „програмуванням” і закінчується єдиним прогоном для видачі „відповідей”. Тоді як імітаційне моделювання – це експеримент зі статистичними вибірками з використанням обчислювальної машини. Щоб результати імітаційного моделювання мали яке-небудь значення, потрібно використовувати статистичні методи для розробки і аналізу моделюючих експериментів. По-друге, вихідні процеси практично всіх прогонів імітаційних моделей є нестационарними і корельованими. Таким чином, для їх аналізу класичні статистичні методи, що основані на незалежних і однаково розподілених спостереженнях, не можуть застосовуватись безпосередньо. На сьогодні є декілька проблем, що пов'язані з аналізом вихідних даних, для яких не існує повністю прийняттого рішення; при цьому доступні методи виявляються дуже складними в застосуванні.

Статистичний висновок є абсолютно необхідним у будь-якій ситуації, коли одна й та ж сама (правильна) програма створює різні (але правильні) вихідні дані від кожного прогону. Будь-яка послідовність  $x_1, x_2, \dots, x_n$  таких вихідних даних просто складається з реалізації випадкових величин  $X_1, X_2, \dots, X_n$ .

Найпростіша мета застосування імітаційного моделювання – оцінка середнього  $\mu_x$ , проаналізованого випадкового процесу  $x_1, x_2, \dots, x_n$ , що можна зробити обчислюючи середнє число послідовності зібраних спостережень як

$$\bar{X}(n) = \sum_{i=1}^n \frac{x_i}{n} \quad . \quad (1)$$

Таке середнє число приймає випадкове значення, що залежить від послідовності спостережень. Точність з якою  $\bar{X}(n)$  оцінює невідомий параметр  $\mu_x$  може бути оцінена ймовірністю

$$P(|\bar{X}(n) - \mu_x| < \Delta_x) = 1 - \alpha \quad (2)$$

або

$$P(\bar{X}(n) - \Delta_x < \mu_x < \bar{X}(n) + \Delta_x) = 1 - \alpha, \quad (3)$$

де  $\Delta_x$  – напівширина довірчого інтервалу для оцінюваного значення;  $(1 - \alpha)$  – довірчий рівень,  $0 < \alpha < 1$ .

Таким чином, якщо ширина  $2\Delta_x$  довірчого інтервалу знайдена для прийнятого довірчого рівня  $1 - \alpha$ , та імітаційне моделювання було повторене декілька разів, то інтервал  $(\bar{X}(n) - \Delta_x, \bar{X}(n) + \Delta_x)$  буде містити невідоме середнє число  $\mu_x$  у  $100(1 - \alpha)\%$  випадках і не буде містити його в  $100\alpha\%$  випадках. Відомо що, якщо спостереження  $x_1, x_2, \dots, x_n$  розглядаються як реалізація незалежних і нормально розподілених випадкових величин  $X_1, X_2, \dots, X_n$ , то

$$\Delta_x = t_{n-1, 1-\alpha/2} \hat{\sigma}[\bar{X}(n)], \quad (4)$$

де

$$\hat{\sigma}^2[\bar{X}(n)] = \sum_{i=1}^n \frac{(x_i - \bar{X}(n))^2}{n(n-1)} \quad (5)$$

є незміщеною оцінкою дисперсії  $\bar{X}(n)$ , і  $t_{n-1, 1-\alpha/2}$  є верхньою ( $1 - \alpha/2$ ) критичною межею  $t$ -розподілу Стьюдента з  $(n - 1)$  ступенями вільності. Інакше кажучи, для даної величини  $(1 - \alpha/2)$  приймається  $t$ -розподіл для випадкової змінної

$$T_{n-1} = \frac{\bar{X}(n) - \mu_x}{\hat{\sigma}^2[\bar{X}(n)]}, \quad (6)$$

і виходить, що

$$P(T_{n-1} \leq t) = 1 - \alpha/2 \quad (7)$$

для  $t = t_{n-1, 1-\alpha/2}$ .

Із цієї причини  $t_{n-1, 1-\alpha/2}$  називається  $(1 - \alpha/2)$  квантіллю. Для значення  $n > 30$ ,  $t$ -розподіл може бути замінений нормальним розподілом.

Рівняння (4) може також бути застосоване, якщо спостереження  $x_1, x_2, \dots, x_n$  представляють собою випадкові величини, що мають розподіл відмінний від нормального. Тобто якщо ці спостереження – реалізація незалежних і однаково розподілених випадкових величин  $X_1, X_2, \dots, X_n$ , тоді відповідно до центральної граничної теореми, розподіл змінної  $\bar{X}(n)$  наближається до нормального розподілу зі збільшенням кількості спостережень  $n$ . На практиці рівняння (4) дає хороше наближення для  $n > 100$ . Результати, отримані з рівнянь (1) і (4) називаються точковими та інтервальними оцінками відповідно. Обидві ці характеристики є важливі: перша характеризує проаналізовану систему, а друга показує точність отриманих характеристик.

Якщо спостереження  $x_1, x_2, \dots, x_n$  не можуть бути розцінені як реалізація незалежних і нормально розподілених випадкових величин, повинні розглядатися деякі модифікації для вищезгаданих оцінок. Це піднімає проблему якості оцінок. Є три загальних міри ефективності оціночної функції:

Зміщення, що вимірює систематичне відхилення оціночної функції від справжнього значення параметра, що оцінюється; наприклад, у випадку  $\bar{X}(n)$

$$\text{Bias}[\bar{X}(n)] = E[\bar{X}(n) - \mu_x] \quad (8)$$

Дисперсія, що вимірює середнє відхилення оціночної функції від його середнього значення

$$\sigma^2[\bar{X}(n)] = E[(\bar{X}(n) - E[\bar{X}(n)])^2] \quad (9)$$

Середня квадратична помилка (MSE) оціночної функції

$$\text{MSE}[\bar{X}(n)] = E\{[\bar{X}(n) - \mu_x]^2\} \quad (10)$$

Потрібно зауважити, що із цих визначень випливає наступне:

$$\text{MSE}[\bar{X}(n)] = \{\text{Bias}[\bar{X}(n)]\}^2 + \sigma^2[\bar{X}(n)] \quad (11)$$

Основна аналітична проблема, як виникає при аналізі результатів стохастичного імітаційного моделювання полягає в тому, що отримані результати моделювання корельовані та не задовольняють передумові статистичної незалежності. Якщо спостереження  $x_1, x_2, \dots, x_n$  представляють собою автокорельовану і стаціонарну послідовність випад-

кових величин  $X_1, X_2, \dots, X_n$ , тоді дисперсія  $\bar{X}(n)$  задається формулою

$$\sigma^2[\bar{X}(n)] = \frac{[R(0) + 2 \sum_{k=1}^{n-1} (1 - \frac{k}{n}) R(k)]}{n}, \quad (12)$$

де

$$R(k) = E[(X_i - \mu_x)(X_{i-k} - \mu_x)], \quad 0 \leq k \leq n-1 \quad (13)$$

є автоковаріацією порядку  $k$  (лаг  $k$  функції автокореляції  $R(k)$ ). Автоковаріації, визначені в рівнянні (13) не залежать від індексу  $i$  завдяки стаціонарності процесу, що аналізується. Потрібно звернути увагу, що

дисперсія  $\sigma^2[\bar{X}(n)]$  може бути зменшена до  $\frac{R(0)}{n}$ , і отже може бу-

ти оцінена рівнянням (5), тоді і тільки тоді, коли спостереження є не корельованими. Нехтування існуючою статистичною кореляцією еквівалентно видаленню всіх компонентів, окрім  $R(0)$  з рівняння (12). Таке наближення часто не є припустимим на практиці. Наприклад, у статті [1] для системи масового обслуговування М/М/1 з 90 % коефіцієнтом використання показано, що дисперсія середнього довжини черги, розрахованої відповідно до рівняння (12), в 367 разів більше ніж, якщо розрахувати її за рівнянням (5). Будь-який аналіз дисперсії з ігноруванням кореляції між спостереженнями веде або до надмірно оптимістичного довірчого інтервалу для  $\mu_x$ , у випадку позитивно корельованих спостережень, або до надмірно песимістичного довірчого інтервалу для  $\mu_x$ , у випадку негативно корельованих спостережень (див. рівняння (4)). Позитивна кореляція між спостереженнями типова в простих системах масового обслуговування без зворотного зв'язку, і вона тим більш сильна, чим більший коефіцієнт використання пристрою в системі. Результати дослідження СМО за допомогою регенеративного методу, реалізованого в GPSS, надані у книзі [2].

Взагалі, дисперсійний аналіз корельованих процесів та аналіз їхніх функцій автокореляції зокрема є складною статистичною проблемою й тому створює великі труднощі в статистичному аналізі вихідних даних імітаційного моделювання. При скінченному імітаційному моделюванні, коли відбувається «природна» подія, яка дає змогу визначити тривалість прогону моделі, вищезгадана проблема може бути вирішена шляхом багатократного запуску незалежних повторень експерименту з різними послідовностями випадкових чисел. У цьому випадку середні



індивідуальних спостережень, зібраних протягом різних прогонів імітаційного моделювання, можуть бути розцінені як послідовність незалежних вихідних даних (у силу незалежності випадкових чисел), і може бути застосовано рівняння (5).

Розглянемо імітаційне моделювання в стаціонарному режимі на прикладі функціонування систем масового обслуговування (СМО) за тривалий період часу. Після запуску моделювання система масового обслуговування перебуває у нестационарному, перехідному режимі, а потім спостерігається перехід до сталого режиму (режиму статистичної рівноваги). Тривалість перехідного режиму залежить від параметрів СМО. Оскільки спостереження, зібрані протягом початкових перехідних періодів не характеризують стаціонарний стан, головна ідея полягає у відмові від усіх таких спостережень перед подальшим аналізом. Це вимагає оцінки ефективної довжини початкового перехідного періоду. Ігнорування існування цього періоду може призвести до істотного зсуву кінцевих результатів. З іншого боку, видалення будь-яких спостережень збільшує дисперсію оцінок, які у свою чергу можуть збільшити значення середньої-квадратичної помилки. Таким чином, рішення, видаляти або не видаляти початкові спостереження залежить від прийнятого критерію якості оцінок.

Існують кілька методів збирання даних й аналізу для вирішення теоретичних проблем, пов'язаних з кореляцією спостережень для сталого режиму імітаційного моделювання, описаних у книзі [3], які відрізняються оцінюванням дисперсії аналізованих процесів. Ці оцінки є необхідними для визначення ширини довірчого інтервалу. Найбільш використовуваними є наступні методи: повторних експериментів (реплікацій); спільних середніх, що не перетинаються; спільних середніх, що перетинаються; отримання некорельованої вибірки; регенеративних циклів; метод, що базується на спектральному аналізі; метод, що базується на авторегресивному поданні даних; використання стаціонарних часових рядів.

Будь-який метод аналізу повинен бути застосований для статистично значущої кількості повторних експериментів імітаційного моделювання (зазвичай 200 або більше реплікацій), щоб визначити частину експериментів з довірчими інтервалами, які покривають справжнє середнє значення оцінюємого параметра. Помилка охоплення та її основні джерела були теоретично проаналізовані в роботах, посилання на які містяться в статті [4]. Взагалі, даний метод збирання даних й аналізу можна розглянути як створення дійсних  $(1 - \alpha)100\%$  довірчих інтервалів, якщо верхня межа покриття довірчих інтервалів

не менша ніж  $(1 - \alpha)$ . У всіх інших випадках, довірчі інтервали для параметра, що оцінюється, повинні бути розцінені як неправильні а метод як неточний.

Створення автоматизованої процедури, яка могла б використовуватися для стохастичного імітаційного моделювання широкого класу систем – проблема для майбутніх досліджень.

### **Література**

1. Blomqvist N.. The covariance function of the M/G/1 queueing system. //Skandinavisk Aktuarietidskrift, p. 157-174, 1967.
2. Томашевский В.Н., Жданова Е.Г. Имитационное моделирование в бреде GPSS. – М.: Бестселлер, 2003.
3. Аверилл М. Лоу, Келтон В.Д. Имитационное моделирование. 3-е изд. – СПб.: Питер; Киев: Издательская группа BHV, 2004.
4. Susan M. Sanches “ABC’s of output analysis” // Proc. 1999 Winter Simulation Conf., p.24-30, IEEE, 1999.

УДК 004.42; 004.588

## **ОСОБЕННОСТИ СИСТЕМ ДИСТАНЦИОННОГО ОБУЧЕНИЯ**

Е.В. Рындиц

*Черниговский национальный технологический университет*

Постоянное развитие современных информационных технологий привело к тому, что такая сфера жизнедеятельности, как образование, требует проведения модернизации, создания и внедрения новых средств и инструментов в обучение для поддержания требуемого уровня. Наиболее перспективной является концепция дистанционного образования, поскольку именно данное направление предполагает использование практически всех доступных достижений современных информационных технологий. Она охватывает широкие слои общества и становится важнейшим фактором его развития.

Дистанционное образование – это система образования, которая предусматривает активное общение студента с преподавателем при помощи современных информационных технологий и дает свободу выбора места, времени и темпа обучения [1].

На данный момент существует уже не одна система дистанционного обучения, существуют инструменты и технологии, которые позволяют упростить процесс создания систем такого класса. Кроме стандартных CMS(Content Management System) стоит выделить более узкоспециализированные системы LMS(Learning Management System) и LCMS (Learning Content Management System).

Основным отличием LMS от CMS является возможность поддержания процесса обучения, а не только предоставления механизма наполнения контентом. Использование LMS позволяет полностью изменить окружение процесса обучения, а также применить новые механизмы как предоставления материалов, так и контроля знаний. Основными критериями к вновь разрабатываемым LMS являются[3]:

1. открытость;
2. гибкость по отношению к обучаемому;
3. социальность;
4. гибкость в методах и подходах обучения;
5. постоянный анализ работы системы дистанционного обучения и использование полученных данных для дальнейшей модификации системы;
6. мобильность.

Открытость направлена как во внутрь, так и наружу. Открытость внешним ресурсам и информации обеспечивается в первую очередь дружественными интерфейсами приложений(API). При этом контроль доступа к данным должен быть гибким и настраивается их владельцем. Такой подход позволяет обеспечить пожизненную поддержку обучения учащихся даже после завершения курса. Открытость во внутрь позволяет использовать в LMS внешние ресурсы и интегрировать их с внутренними курсами. Все в большем количестве систем появляется возможность создавать курсы, комбинируя данные с внешних ресурсов.

Гибкость по отношению к обучаемому позволяет использовать полученный им опыт для улучшения управления курсами, процессом оценивания, контролировать активность пользователей, а также использовать результаты обучаемым в собственных целях.

Социальная составляющая является важным фактором мотивационной составляющей дистанционного обучения. Этот аспект достаточно хорошо исследован в очных, групповых системах обучения[4].

Поскольку данный класс систем еще развивается и находится на стадии активного развития, то наличие обратной связи этапа использования и улучшения является очень важным.

На данный момент LMS является подспорьем в традиционной системе обучения и выполняет в основном роль дополнительного инструмента. Однако, как и технологии, так и система образования вынуждена меняться под действием различных факторов. Это активное изменение системы образования выдвигает новые требования и заставляет изменяться LMS. Наиболее важными факторами являются сетевые технологии, мобильность, социальная ориентированность гло-

бальных сетей и информационных ресурсов. От будущих систем LMS ожидают превращения из дополнительного инструмента в портал обучения, который удовлетворит потребности различных уровней обучаемых, включит в себя разные уровни обучения и полный набор функций с акцентом на личностные, социальные и групповые аспекты получения знаний.

### **Литература**

1. Проблемы дистанционного обучения в Украине. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: URL: <http://oldconf.neasmo.org.ua/node/3220>
2. eLearning - Обучение с приставкой "е". [Электронный ресурс]. – Режим доступа: URL: [http://edu.kvazar-micro.com/press/press\\_articles/press\\_articles\\_11.php](http://edu.kvazar-micro.com/press/press_articles/press_articles_11.php)
3. Learning Management Systems in a Changing Environment. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: URL: [http://www.researchgate.net/publication/267625754\\_Learning\\_Management\\_Systems\\_in\\_a\\_Changing\\_Environment](http://www.researchgate.net/publication/267625754_Learning_Management_Systems_in_a_Changing_Environment)
4. Роль ученического коллектива на уроке. ". [Электронный ресурс]. – Режим доступа: URL: <https://didaktica.ru/urok-osnovnaya-forma-organizacii-processa/50-rol-uchenicheskogo-kollektiva-na-uroke.html>

UDC 681.3:378.146

## **TECHNOLOGICAL ASPECTS OF THE PRACTICAL TASKS DEVELOPMENT AND ORGANIZATION OF THE KNOWLEDGE CONTROL SUBSYSTEM IN COMPUTER TUTORING PROGRAMS**

E.N. Gaytan,

*Poltava National Technical Yuri Kondratyuk University, Ukraine*

The rapid development of automation, computer and information technology, joining the majority of Ukrainian universities to the Bologna Process leads to significant changes in the educational sector. There is an increasing number of problems associated with the unsuitability of traditional learning technologies to the modern requirements to the educational process quality in high school due to the significant reduction of the number of classroom teaching and students' transition to the active independent work.

That's why the general scientific, methodological and technological issues related to the creation, maintenance and effective use of computer-aided learning become more actual.

Computer tutoring system is an informational system, which includes software and hardware with the methodical, educational and organizational support of the learning process using information technology. The general scheme of the tutoring system includes a training unit and knowledge con-

control unit. Knowledge control unit, in turn, includes the control task preparation and actually testing.

Training unit is usually represented as the theoretical material in hyper-text form or set of practical tasks on a particular topic.

Modification of the software by adding of the new models or other domain requires the involvement of qualified programmers and has high labor expenditures. In addition, computer tutoring system should support a flexible user interface modification for adaptation to the psycho-physiological and emotional characteristics of specific students.

To achieve the objectives we propose to use a compiled-interpreted program model. This approach is addition of an interpreted code to a compiled program. Thus, part of the software functions is brought out the compiled program and may be changed without the involvement of the developer. The interpreted code provides necessary flexibility to the training models and the user interface by using external server scenarios.

Preparation of the software scenario for a lesson as interpreted part of the system should be made by a teacher, not a professional programmer. The environment for the development of such practical unit must have a mathematical tools and must be equipped with macro language, semantics and pragmatics of which correspond to the natural training language. These properties are intrinsic, for example, for "ANALYTIC" language.

ANALYTIC has 'named procedure' to resolve semantically completed tasks fragments. This tool allows you to combine naturally several procedures into a group with a unique name. Generally such combination corresponds to the definition of the macro.

Generalization of ANALYTIC syntactic forms enables to describe the scenario in terms of the macro language, giving to the terms the necessary nickname. This property will ensure the implementation of the inheritance principle requirements.

The restrictions of this language on GUI developing are compensated by compiled part of a system made in other development environment.

Features of the automated control of student knowledge in a computer tutoring system represent an important characteristic of such a system. Knowledge control provides feedback to students and is designed primarily to determine the student knowledge level in order to organize an adaptive learning management, as well as for self or intermediate / examination knowledge control.

The educational system uses two main approaches to the organization of the knowledge control:

1. Evaluation of student's actions used in expert-training system, i.e. educational system based on knowledge. Domain knowledge and assessment

of the students' actions allow the system to determine the knowledge level by dialogue. The training course domain is modeled on the base of the knowledge representation models. Test generation subsystem forms the set of tests on the base of these models. The method allows simulating the interaction of the teacher with the student at a high level.

2. Standardized knowledge control is offering to a student of a sample of the beforehand prepared tasks. It is necessary to carry out periodic inspections by this method. Standardized methods of control knowledge have the following positive characteristics that determine the feasibility of their application:

- shortness of inspection;
- standardization of testing and results analysis;
- possibility of submission of test results in numeric form and their mathematical processing.

Task base can be created in the following modes:

1. Interactive. Test items are prepared beforehand and subsequently entered into the database by using the built-in text editor. This input method allows you to perform arbitrary formatting tasks and use multimedia content.

The tasks should be grouped by topics with the possibility of automatic selection of a certain number of questions for each topic during testing. This separation allows you to check the level of knowledge on separate themes. In addition, the question grouping on topics is more convenient for perception.

2. Import of tests recorded with the appropriate syntax from a text file. This method allows preparing tasks with answers outside the test system, for example, using a simple text editor, "Notepad".

Test tasks are generated randomly by sample of some questions for each topic and mixing of questions and answers in the test. This generation mechanism eliminates the transfer of information from one student to another one about the list of tests and positions of correct answers and thus the student cannot take advantage of previous knowledge of the test, with known sequence of questions and answers.

3. The use of templates. A test author creates templates of a question and possible answer on which the testing program will automatically generate a predetermined number of tasks with a given number of answers. This template is entered using a text editor. The system can generate unlimited number of tasks for one template.

Possible types of templates are:

a) text template – allows you to create automatically generated tasks by performing the text manipulation. This type of template is oriented on the humanities.

b) formula template – allows you to create automatically generated tasks using operations on numbers. This type of template is oriented on the mathematical disciplines.

4. Intellectual generation of test tasks based on knowledge representation models.

Discussed approaches for tutoring systems' construction can be used at the development of your own tutoring system on a particular subject, as well as allow you to effectively analyze the existing computer tutoring systems and objectively determine the best types of tutoring systems.

### Literature

1. Гайтан О.М. Элементы технології реалізації автоматизованого адаптивного контролю знань студентів в комп'ютерних системах навчання / О.М. Гайтан // Радіоелектронні і комп'ютерні системи. – 2014. – № 4 (68). – С. 97 – 105.

2. Захаров С.А. О возможности разработки обучающих программ в среде СКА АНАЛИТИК нового поколения / С.А. Захаров // Тези 62-ої наукової конференції професорів, викладачів, наукових працівників, аспірантів та студентів університету. Том 2. – Полтава: ПолтНТУ, 2010. – С. 80 – 81.

УДК 004.02:517.583:003.26

## ЦЕПИ МАРКОВА И ИХ ПРИМЕНЕНИЕ В МОДЕЛИРОВАНИИ

В.В. Соломаха

*Черниговский национальный технологический университет*

Цепью Маркова называют последовательность испытаний, в каждом из которых появляется одно и только одно из  $k$  несовместных событий  $A_1, A_2, \dots, A_k$  полной группы, причем условная вероятность  $p_j(s)$  того, что в  $s$ -м испытании наступит событие  $A_j$  ( $j=1, 2, \dots, k$ ), при условии, что в  $(s-1)$ -м испытании наступило событие,  $A_i$  ( $i=1, 2, \dots, k$ ) не зависит от результатов предшествующих испытаний.

Например, если последовательность испытаний образует цепь Маркова, и полная группа состоит из четырех несовместных событий  $A_1, A_2, A_3, A_4$ , причем известно, что в шестом испытании появилось событие  $A_2$ , то условная вероятность того, что в седьмом испытании наступит событие  $A_4$ , не зависит от того, какие события появились в первом, втором, ..., пятом испытаниях.

При этом независимые испытания являются частным случаем цепи Маркова. Действительно, если испытания независимы, то появление некоторого определенного события в любом испытании не зависит от

результатов ранее произведенных испытаний. Отсюда следует, что понятие цепи Маркова является обобщением понятия независимых испытаний.

Однородной называют цепь Маркова, если условная вероятность  $P_{ij}(s)$  (переход из состояния  $i$  в состояние  $j$ ) не зависит от номера испытания. Поэтому вместо  $P_{ij}(s)$  пишут просто  $P_{ij}$ .

Пример. Случайное блуждание. Пусть на прямой  $Ox$  в точке с целочисленной координатой находится материальная частица. В определенные моменты времени частица испытывает толчки. Под действием толчка частица с вероятностью  $p$  смещается на единицу вправо и с вероятностью  $1-p$  – на единицу влево. Ясно, что положение (координата) частицы после толчка зависит от того, где находилась частица после непосредственно предшествующего толчка, и не зависит от того, как она двигалась под действием остальных предшествующих толчков.

Таким образом, случайное блуждание – пример однородной цепи Маркова с дискретным временем.

Матрицей перехода системы называют матрицу, которая содержит все переходные вероятности этой системы:

$$\pi_1 = \begin{pmatrix} p_{11} & p_{12} \dots & p_{1k} \\ p_{21} & p_{22} \dots & p_{2k} \\ \dots & \dots & \dots \\ p_{k1} & p_{k2} & p_{kk} \end{pmatrix}$$

Так как в каждой строке матрицы помещены вероятности событий (перехода из одного и того же состояния  $i$  в любое возможное состояние  $j$ ), которые образуют полную группу, то сумма вероятностей этих событий равна единице. Другими словами, сумма переходных вероятностей каждой строки матрицы перехода равна единице:

$$\sum_{i,j=1}^k p_{ij} = 1$$

Марковские процессы (процессы без последствия) играют огромную роль в моделировании систем массового обслуживания (СМО), а также в моделировании и выборе стратегии управления социально-экономическими процессами, происходящими в обществе.

Также цепь Маркова можно использовать для генерации текстов. На вход подается несколько текстов, затем строится цепь Маркова с вероятностями следования одних слов за другими и на основе данной цепи создается результирующий текст.

### Литература

1. Чистяков В.П. Курс теории вероятностей. 6-е изд., испр. – СПб.: Издательство «Лань», 2003. – 272 с. – (Учебник для вузов. Специальная литература).



2. Гнеденко Б.В. Курс теории вероятностей.
3. Гмурман В.Е. Теория вероятностей и математическая статистика.
4. Вентцель Е.С. Теория вероятностей и ее инженерные приложения.
5. Колмогоров А.Н., Журбенко И.Г., Прохоров А.В. Введение в теорию вероятностей. – Москва-Ижевск: Институт компьютерных исследований, 2003, 188 стр.
6. Кац М. Вероятность и смежные вопросы в физике.

UDC 004.383.4:378.147

## **SIMULATION OF MONITORING OF ON-LINE DISTANCE LEARNING USING NS-3 NETWORK SIMULATOR**

Mariya Verovko

*Chernihiv National University of Technology, Chernihiv, Ukraine*

According to the definition given by A.N. Mayorov, *monitoring of education* is a system for collecting, processing, storage and dissemination of information about educational system or its separate elements focused on information support for management of the system that allows assessing its condition at any moment of time and provides an opportunity to predict its development [1].

Considering the fact that online distance learning is a dynamic process, such traditional monitoring methods as generation of reports, questionnaires, etc. are not applicable for monitoring of current type of learning since not reflect the peculiarities of the educational process. To implement the task of monitoring of online distance learning the method of network traffic analyzing that provides the most comprehensive information about the educational process is proposed.

Existing methods for network traffic monitoring that typically collect information by adding JavaScript-code to web-pages of monitoring systems or from web-logs, provide quantitative characteristics of usage of any of web-systems, including e-learning systems. However presented methods can't illustrate the behavior of a particular user that is necessary to be considered to evaluate learning process.

To implement the task of network traffic monitoring the usage of "Active networking" techniques viz. adding software components to network nodes for data processing during its transferring is proposed. Active network node that implements functions of network traffic monitoring and analysis have been developed based on current techniques. Functionality of network node has been expanded by software that intercepts incoming traffic, filters packages, selects required packets for e-learning system, creates their copies and returns the original packets back to the network [2].

The main advantage of the proposed method is its universality; current method can be used for any e-learning system, does not require intervention in the code of the system and does not use its resources. However, the usage of "Active networking" techniques introduces modifications in the process of transferring data over the network. Additional data processing steps may increase delays created by network node and affect the speed of data transmission over the network, and as a result, can impact on the work of all its components, including e-learning system.

To analyze the impact of the proposed monitoring method based on "Active networking" techniques the simulation of monitoring of online distance learning is required. Experimental investigation in the laboratory network using real network devices has been conducted to determine delays created by expanded software of network node. The results that correspond to the work of one user who consistently sends 1000 packets have been obtained during the conducted research [3]. The network used in investigation is presented in figure 1.

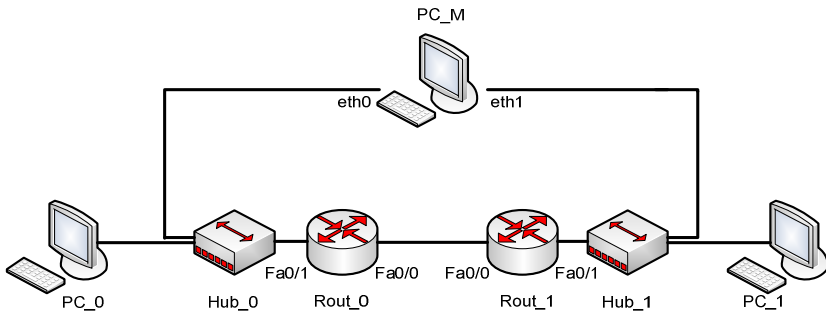


Figure 1. Laboratory network used for investigation

However, it should be mentioned that with the increasing number of users the load on the network and active monitoring node as its part will also increase, that can significantly impact the network performance. Consequently the delays of data transmission for bigger users' number have to be determined. The execution of required investigation in the laboratory network is a difficult task because it requires the usage of a significant number of network equipment. The decision to use network simulator to perform current study was made.

In the previous research the features of using of existing network simulators e.g. Opnet, Ns-3, Matlab have been investigated [4]. Considering previously obtained results network simulator Ns-3 has been selected for simulation of monitoring of online distance learning due its advantages such as [5]:

- open source code that allows extension of network devices functionality by adding C ++ code;
- presence of GUI;
- integration with Wireshark.

Semi natural simulation model of monitoring of online distance learning using active network node was implemented using network simulator Ns-3. Via expansion of standard network devices functionality using C ++ code of real developed active node the active node device for Ns-3 has been implemented. The network created using Ns-3 is presented in Figure 2.

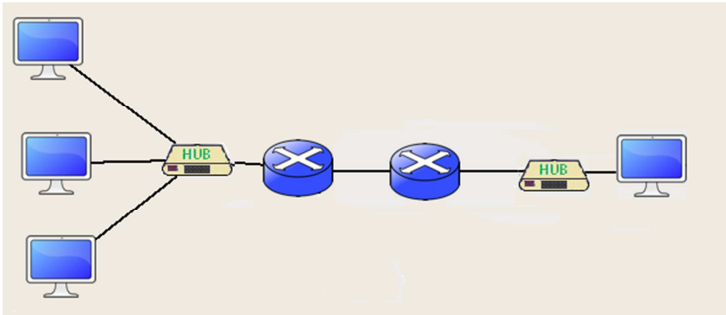


Figure 2. Basic network used in model

The comparison of the results obtained in laboratory conditions and using model in NS-3 has been performed. The difference between experimental delay and delays in model for native networks and for networks with active node is few microseconds. The conclusion can be made that the results obtained using simulation are applicable and can be used to make conclusion about work of active node. Values of delays in microseconds are presented in Table 1.

Table 1 – Comparison of network delays obtained in laboratory conditions and using simulation

	<b>Average</b>	<b>Standard deviation</b>	<b>Created delay</b>	<b>QoS class</b>
IPv4 network (lab.)	256	33	0	Class 0
IPv4 network with active node (lab.)	382	34	+126	Class 0
IPv4 network (sim.)	261	36	0	Class 0
IPv4 network with active node (sim.)	379	38	+118	Class 0

Dependence of the average value of the delay of data transmission of number of users of e-learning system was also determined. Figure 3 illus-

trates the values of delays of data transfer in microseconds according to number of users.

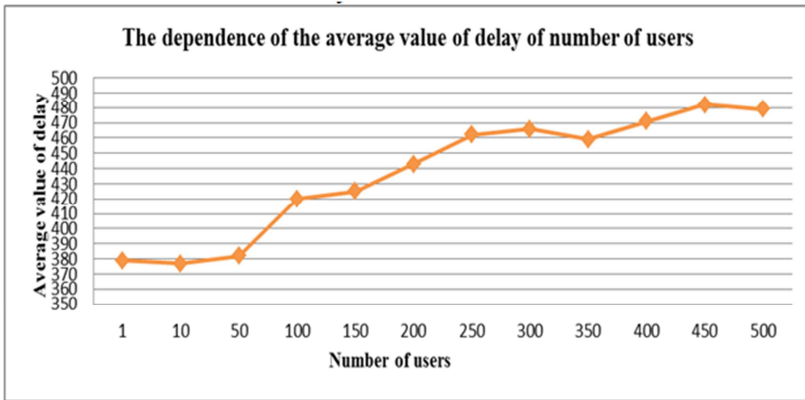


Figure 3. Dependence of the average value of the delay of data transmission of number of users

It can be considered that with increasing of users' number the average value of delay is also increased. However the values of the delays comply with the requirements of QoS networks class used to ensure the quality of performance of e-learning system [6].

The usage of semi natural simulation model of monitoring of online distance learning created in Ns-3 network simulator allows obtaining results about network performance that are applicable to real network and provide information about the behavior of active node during the learning process in online mode using e-learning system.

## References

1. Майоров А. Н. Теория и практика создания тестов для системы образования. Издатель: Интеллект-центр Год издания: 2002 Страниц: 296.
2. M. Tevkun, O. Verovko, J.N. Davies, V. Kazymyr and N. Rvachova . "Network traffic monitoring system using active network techniques". Proceedings of the Fifth International Conference on Internet Technologies and Applications (ITA 13). – Wrexham: Glyndwr University, – 2013. – С. 161-168.
3. V. Kazymyr, M. Tevkun, J. N. Davies, P. Comerford . "Comparison of the performance of IPv4 & IPv6". Вісник Чернігівського державно-го технологічного університету: зб. наук. праць. – Чернігів: ЧДТУ, – 2012.– №. 61. – С. 191-196. – (Серія «Технічні науки»).
4. J.N. Davies, P. Comerford, V. Grout, M.V. Verovko, S.S. Stasiuk. "Comparison of network simulators in IP networks". Математичні машини і системи. – 2014. – № 4. – С. 3-11.

5. Ns-3 Documentation-Introduction, For Ns-2 Users  
<http://www.nsnam.org/docs/tutorial/html/introduction.html#for-ns-2-users> (2010)  
accessed 15th August 2011

6. "Definitions of terms related to quality of service". ITU-T Recommendation. September 2008.

УДК 004.772

## МЕТОДИ МОДЕЛЮВАННЯ КОМП'ЮТЕРНИХ МЕРЕЖ

М.Я. Дудич

Кандидат технічних наук, доцент Т.В. Ковалюк

*Національний технічний університет України „Київський політехнічний інститут”, УКРАЇНА*

**Анотація:** Розглядаються методи моделювання комп'ютерних обчислювальних мереж, з метою їх подальшої оптимізації та реорганізації.

**Вступ.** Як правило, комп'ютерна мережа підприємства складається з певного набору пристроїв, які можна розподілити на групи, а саме персональні комп'ютери, сервери, активне мережеве обладнання тощо. Кожен з пристроїв має свій певний обчислювальний ресурс (процесорна потужність, обсяг оперативної пам'яті і т.д.). Для того, щоб оптимізувати комп'ютерну мережу можна промоделювати її роботу та визначити при яких умовах вони досягають піку своїх навантажень.

**Мета роботи.** Для подальшої оптимізації та реорганізації комп'ютерної мережі, розглянути основні методи моделювання її. На основі отриманих даних зробити аналіз пікових навантажень ресурсів мережі, з метою подальшого перерозподілу інформаційних ресурсів.

**Основна частина роботи.** В процесі моделювання комп'ютерної мережі можна виділити вирішення наступних задач:

- задача аналізу роботи серверів в різних режимах, результатом розв'язання якої буде час відгуку основних серверів в різних режимах;
- задача розподілу та перерозподілу інформаційних потоків по вузлах КМ, в результаті розв'язання якої отримаємо вплив установки нових серверів на перерозподіл інформаційних потоків;
- задача оптимізації топології при виникненні вузьких місць в мережі, в результаті розв'язання якої отримаємо розміщення серверів, зовнішніх шлюзів, організація опорних каналів і інше;
- задача вибору внутрішнього протоколу маршрутизації, в результаті вирішення якої отримаємо основні його параметри, такі як метрика, число вузлів і тому подібне:

- задача оцінки впливу мультимедійного трафіку на роботу локальної мережі, в результаті розв'язання якої отримуємо основні параметри протоколу IGMP;

Для здійснення функцій контролю та управління інтенсивністю трафіку, а також забезпечення якості обслуговування (QoS) існують спеціальні алгоритми. Як правило, вони засновані, на так званому, принципі "корзини маркерів" (Token Bucket) або його модифікаціях. Розглядаються два режими функціонування такого алгоритму - полісінг (traffic-policing), при якому відбувається скидання неконформного навантаження, а також шейпінг (traffic-shaping), неконформного пакету, що буферизується.

Для відшукування оптимальних або близьких до оптимальних розподілів задач запропоновано евристичний алгоритм. Також використовується модифікований генетичний алгоритм.

Запропоновано евристичний алгоритм пошуку оптимальних або близьких до оптимальних розподілів задач чи файлів серед вузлів комп'ютерних мереж. Алгоритм складається з двох етапів. На першому етапі знаходимо початковий розподіл, який завжди буде оптимальним.

Другий етап складається із ряду кроків, причому на кожному кроці здійснюється перерозподіл одного файлу із переповненого вузла таким чином, щоб досягти мінімального збільшення значення цільової функції.

У запропонованій модифікації генетичного алгоритму розподіл ресурсів зображується двійковою послідовністю (кодується), за рахунок цього скорочується довжина представлення розподілу і враховуються умови, накладені на ці розподіли.

Розподіл ресурсів за визначенням є двійковим, який, крім мінімізації цільової функції, повинен ще задовольняти додаткові умови (на кількість копій файлу, які можуть використовуватись у комп'ютерній мережі; на обсяг пам'яті, відведеної для зберігання файлів у кожному вузлі; кількість задач різного типу; на час використання кожного комп'ютера).

**Висновки.** У статті розглянуто основні задачі, які розв'язуються при моделювання комп'ютерних мереж. Також розглядаються три моделі: модель оптимізації топології комп'ютерної мережі, модель оптимізації трафіку в комп'ютерній мережі та модель оптимізації інформаційних ресурсів в комп'ютерній мережі.

## Література

1. Электронный журнал «Вычислительные сети. Теория и практика. 2001 -2006 гг. <http://network-iournal.mpei.ac.ru>
2. Захаров Г.П. Методы исследования сетей передачи данных. М. : Радио и связь, 1982. 208 с
3. Internetworking Technology Overview Электронный ресурс. Режим доступа: [www.mark-it.ru/CISCO/ИТО/](http://www.mark-it.ru/CISCO/ИТО/) Загл. с экр.
4. Демидович О.В., Цегелик Г.Г. Використання генетичних алгоритмів для управління оптимальним розподілом інформаційних ресурсів в обчислювальних мережах // Праці 5-ї Укр. конф. з автоматичного управління "Автоматика-98". – Ч.4. – Київ, 1998. – С.59-66.

УДК 004.9

## УДОСКОНАЛЕННЯ МЕТОДУ КАЛІБРУВАННЯ МОДЕЛЕЙ В ІНФОРМАЦІЙНІЙ ТЕХНОЛОГІЇ БАГАТОРІВНЕВОГО ПЕРЕТВОРЕННЯ ДАНИХ

Голуб С.В., Дяченко А.Ю.

*Черкаський національний університет імені Богдана Хмельницького*

При моделюванні складних систем досить часто спостерігається недостатній рівень адекватності синтезованих моделей. Особливу актуальність це набуває при синтезі моделей-ключів для симетричного шифрування інформації на основі багаторівневих моделей (БМ) [1]. Одним із методів вирішення даної задачі є калібрування моделей [2], тобто удосконалення властивостей цих моделей після їх синтезу за завершенням алгоритмом. Традиційні методи калібрування БМ використовують деяку додаткову функцію для уточнення значення функції, отриманої з моделі, наприклад функцію вигляду (1) [2]:

$$F_{\text{калібрування}} = a_0 + \sum_{i=1}^n a_i \cdot F_{\text{моделі}} \quad (1)$$

де  $F_{\text{калібрування}}$  – багаторівнева модель, яка більш адекватно описує поведінку системи;  $F_{\text{моделі}}$  – модель попереднього рівня;  $a_i$  – калібруючі коефіцієнти;  $n$  – кількість складових багаторівневої моделі, які використовують модель попереднього рівня.

Зазвичай калібруючі коефіцієнти отримують методом перебору, що потребує суттєвих затрат обчислювальних ресурсів. Саме тому актуальною є розробка нових методів знаходження коефіцієнтів функції калібрування.

Предметом дослідження є методи та засоби формування структури багаторівневих моделей в інформаційно-аналітичній системі із багаторівневим перетворенням даних. Метою роботи є розробка нового методу калібрування багаторівневих моделей, що дозволяє вдосконалити

структуру моделі та досягти достатнього рівня адекватності за скінчену кількість кроків. Була сформульована гіпотеза про те, що для пошуку калібруючих коефіцієнтів можна використати генетичні алгоритми (ГА) [3].

В запропонованому методі калібрування генами особин є калібруючі коефіцієнти. На кожному кроці селекції значення коефіцієнтів поступово уточнюються. Селекція здійснюється до досягнення достатнього рівня адекватності моделей. Адекватність перевіряється на даних первинного опису (ПО) об'єкта моделювання. Параметри ГА для калібрування підбираються в залежності від специфіки конкретної задачі моделювання.

В таблиці 1 наведені результати моделювання різноманітних об'єктів [4] з використанням калібрування.

*Таблиця 1 - Відносна похибка моделі з калібруванням та без калібрування при моделювання за методом МГУА*

Моделований показник	Без калібрування, (%)	Калібрування відомим методом (%)	Калібрування з використанням ГА (%)	Гradient похибки, (%)
1. Валовий національний продукт США	12,593	7,876	2,785	- 64,63
2. Показник забрудненості атмосфери	8,216	6,924	3,862	- 44,22
3. Рівень захворюваності на рак	16,872	11,472	6,748	- 41,17
4. Проголосувало «так» в опитуванні	9,113	5,328	3,031	- 43,11
5. Температура (глобальне потепління)	7,842	4,359	2,486	- 42,96

В результаті проведених досліджень видно, що застосування генетичних алгоритмів для калібрування багаторівневих моделей є ефективним. Точність досліджених моделей збільшилась на 47,21%. Зокрема це дозволяє значно покращити захищеність інформації при передачі зашифрованої інформації в корпоративних мережах. Важливою перевагою даного методу є суттєве зменшення часу знаходження калібруючих коефіцієнтів.

Слід виділити наступні перспективи розробки:

1. Виявлення додаткових складових формули калібрування для збільшення точності моделювання. Наприклад: квадратичні, кубічні, тригонометричні, логарифмічні та інші складові.



2. Знаходження параметрів ГА для покращення адекватності моделі.
3. Оптимізація затрат обчислювальних ресурсів.
4. Використання описаного алгоритму в якості складових частин інших методів БМ.

### **Література**

1. Дяченко А.Ю. Симетричне шифрування інформації на основі багатопараметричних моделей // Вісник Інженерної академії України. – Київ: Видавництво НАУ, 2015 (Том. 1) – с. 116–119.
2. Голуб С.В. Методологія створення автоматизованих систем багаторівневого соціоекологічного моделювання // Автореферат дисертації на здобуття ступеня доктора техн. наук. – Черкаси: Видавництво ЧНУ, 2008. - 36 с.
3. Єремєєв А.В. Розробка й аналіз генетичних і гібридних алгоритмів для рішення задач дискретної оптимізації // Дис. канд.фіз.-мат.наук. - Омськ, 2000. – 179 с.
4. Data Mining, Analytics, Big Data, and Data Science [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://www.kdnuggets.com/datasets/index.html>.

УДК 681.3

## **STATISTICAL AND NEURAL NETWORK METHODS OF RISK MANAGEMENT**

Mostova M.A.

*Chernihiv National University of Technology, Ukraine*

In practice, risk analysis frequently encounters problems associated with the observation of random variables. For these tasks, you can not build a deterministic model because of fundamentally different probabilistic approaches.

The parameters of probabilistic models - a distribution of random variables, their mean values, variance, et cetera, are initially unknown; and to evaluate them, statistical methods applied to samples of observed values must be used.

In the statistical prediction of the outcome of the assignment of the time series, function is defined at a finite number of points on the time axis. The main problem to solve, in this case, is the interpolation and extrapolation. In the simplest case, the method of least squares is applied; and also the method of least modules and other extrapolation methods. To assess the accuracy of the forecast, parametric and non-parametric (based on the central theorem of probability theory) estimates and confidence limits were used.

Multivariate regression is currently the main instrument of econometric forecasting, but the problem of reducing a number of model factors still remains.

Methods of statistical non-numerical data is used in the prediction based on the information of a non-numerical nature. Particular cases of regression analysis in the framework of statistical non-numeric data is an analysis of variance and discriminant analysis.

The application of neural network technology is appropriate in cases where the decision to formalize the process is difficult or impossible. They are a very powerful modeling tool, and are non-linear in nature. Linear modeling has long been a staple in most areas, since it has a large number of optimization techniques. However, the problems of risk analysis methods of linear modeling in most cases do not apply. Furthermore, to neural networks, there is no dimensionality problem, which does not allow for modeling linear dependency on the large number of variables.

A neural network is used primarily when the exact form of the relationship between input and output are unknown. Functional dependence between input and output data must be determined. This relationship will be displayed in the process of training the neural network. Functional diagram of the formal neuron by McCulloch and Pitts is shown in the picture below.

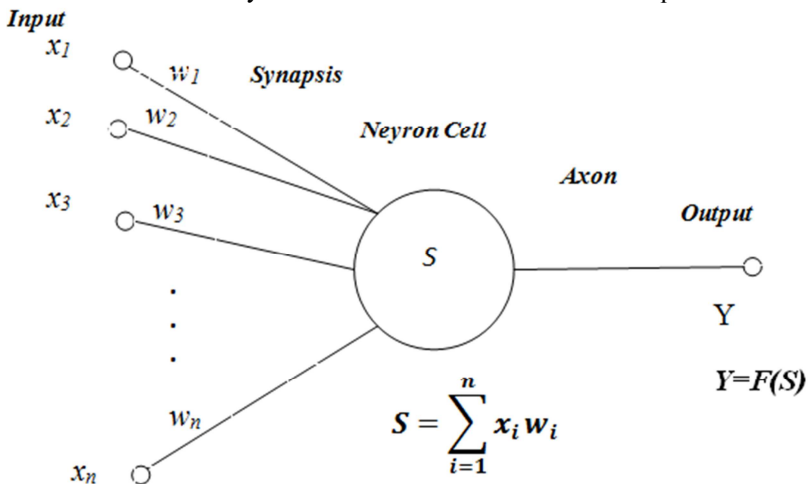


Figure. Functional diagram of the formal neuron by McCulloch and Pitts

In comparison with conventional technologies neural networks have the following advantages:

- ✓ Versatility. Neural networks are independent from the properties of the input data, for them there is no requirement for a specific type of distribution of initial data or the linearity requirements of the target functions;
- ✓ Simplicity. Using neural networks do not require special training for practical application there is no need to delve deeply into the inner workings of the network, as opposed to statistical methods that require basic knowledge of probability theory and mathematical statistics;
- ✓ Privation of the dimensionality problem. They are able to simulate the function in the case of a large number of variables;
- ✓ Accelerates the process of finding the dependence due to the simultaneous processing of all neurons.

At the same time, neural networks have a number of serious shortcomings. Key among them are the following:

- ✓ The complexity of building a network architecture for a specific task. For the vast majority of real-world problems do not develop standard schemes, resulting in each case having to start the construction of "from scratch".
- ✓ The complexity of interpreting the results of learning. Features of the construction of the neural network will be discussed further. In the meantime, it may be noted that the values of the network elements is almost always impossible to explain in terms of the problem, as a result of neural networks being a "black box", not only for users, but for developers.

Despite the fact that the neural networks are able to solve almost any problem in many cases, their use still is not advisable. In order to solve many problems, it is more effective to use other mathematical models. At the same time, the neural network's technology demonstrated the proficiency for solving the classification, prediction coding, and decoding of information.

Neural networks also are attractive from an intuitive perspective, because they are based on the primitive biological model of neural systems. Neural networks are a novel and perspective processing technology which gives a new approach to the study of dynamic problems in the financial area. Initially, neural networks have opened up new possibilities in the field of pattern recognition; and then we add random and based on the methods of artificial intelligence decision-support tools and solve problems in finance. The ability to model nonlinear processes dealing with noisy data and adaptability, makes it possible to use neural networks for solving a wide range of financial problems. In recent years, on the basis of neural networks, soft-

ware systems have been developed for use in areas such as the evaluation of bank failure probability, commodity market operations, credit ratings, investments monitoring, placing loans, et cetera.

To manage the risk the we propose the use of neural networks in the following areas:

- ✓ operational risks evaluation;
- ✓ forecasting an adequate supply of raw materials;
- ✓ optimal production planning;
- ✓ evaluation of investment risks.
- ✓ organizational and economic sustainability of enterprises and bankruptcy prediction;
- ✓ evaluation of currency risk;
- ✓ assessment of credit risk;
- ✓ predictions for efficiency lending;
- ✓ evaluations of commercial risks;
- ✓ research for the demand side;
- ✓ forecasting and analysis of prices;
- ✓ sales forecasting.

This report considered various methods of analysis and risk assessment. Particular attention was given to the advantages and disadvantages of neural network techniques. Neural networks are not a panacea; and traditional methods of statistics are still more appropriate in many cases. Despite this, in many areas of risk management, neural networks have is more rational basis for decision; and this fact warrants the necessity for further research in this area.

## References

1. Amendment to the Capital Accord to incorporate market risks // Basel Committee on Banking Supervision, Bank for international settlements, January, 1996.
2. HERTZ A., KROGH R.G., PALMER L. Introduction to the Theory of Neural Computation. Addison-Wesley Reading, Mass., 1991.
3. HAYKIN S. Neural Networks: A Comprehensive Foundation. MacMillan College Publishing Co., New York, 1994.
4. HOPFIELD J. Neural Networks and Physical Systems with Emergent Collective Computational Abilities. Proc. National Academy of Sciences, USA 79, 1982, P. 254-258.
5. MACCULLOCH W., PITTS W. A logical Calculus of Ideas Immanent in Nervous Activity. Bull. Mathematical Biophysics, Vol. 5, 1943, P. 115-133.
6. MINSKY M., PAPER T S. Perceptrons: An Introduction to Computational Geometry. MIT Press, Cambridge, Mass., 1969.
7. Risk Management – A Practical Guide // J.P. Morgan Reuters Risk Metrics, LLC, 1998.

8. ROSENBLATT R. Principles of Neurodynamics. Spartan Books, New York, 1962.
9. The New Basel Capital Accord // Basel Committee on Banking Supervision at the Bank for International Settlements, – January, 2001.
10. WIDROW B., RUMELHART D, LEHR M. Neural networks:Application in industry, business and science, Communications of the ACM, 1994, P. 93-105.

UDC 004.07

## ENHANCING RC4 STREAM CIPHER FORWI-FI SECURITY

Hlamazda M., Trunov O.

*College of transport and computer technologies  
Chernihiv National University of Technology, Ukraine*

The principle of RC4 algorithm consists of two components: key-scheduling algorithm (KSA) and pseudo random number generation algorithm (PRGA). The key function of KSA is to complete initialization of RC4 Key, while the key function of PRGA is to produce pseudorandom number [2].

Stream ciphers and block ciphers are two classes of encryption algorithms. Stream ciphers encrypt a one-bit plaintext at a time, using a time-dependent encryption transformation. Block ciphers encrypt groups of plaintext characters using a fixed encryption transformation. Stream ciphers and block ciphers have their respective characteristics, but stream ciphers are almost always faster and use far less code than block ciphers do.

RC4 is a variable key-size stream cipher based on a 256-byte secret internal state and two one-byte indexes. The data is encrypted by XORing data with the key stream which is generated by RC4 from a base key. For a given base key, KSA generates an initial permutation state denoted by  $S_0$ .

PRGA is a repeated loop procedure and each loop generates a one-byte pseudo-random output as the stream key. At each loop, a one-byte stream key is generated and it is XORed with one-byte of the plaintext, in the meantime a new 256-byte permutation state  $S$  as well as two one-byte indices  $i$  and  $j$  are updated. Which defined by  $(S_{k+1}, i_{k+1}, j_{k+1}) = \text{PRGA}(S_k, i_k, j_k)$  where  $i_{k+1}$  and  $j_{k+1}$  are the indices and  $S_{k+1}$  is the state updated from  $i_k, j_k$ , and  $S_k$  by applying one loop of PRGA.

RC4 is a stream cipher designed by Ron Rivest in 1987 and it is widely used in many applications today and in wireless networks such as IEEE 802.11 WEP and CDPD. With a unique key, a stream of pseudo-random numbers is generated, and then the encryption of data XORs the pseudo-random numbers from the stream with the data. RC4 is known to be fast and efficient, for it can be written using only a few lines

of codes and requires only 256 bytes of random access memory (RAM). Hence, it is one of the best encryption schemes during the past decade [1].

RC4 is standardized to provide security services in WLAN using the WEP protocol. However, Fluhrer and many researchers have discovered several vulnerabilities in the RC4 algorithm. The weaknesses in RC4 and loopholes in the WEP protocol have resulted in a new standard for security in WLAN (IEEE 802.11i) proposing a new protocol based on the advanced encryption standard (AES) [3].

AES is a block cipher designed by Joan Daemen and Vincent Rijmen that has a variable key length of 128, 192, or 256 bits to encrypt data blocks of 128, 192, or 256 bits long. Both block and key length are extensible to multiples of 32 bits. AES encryption is fast and flexible, and it can be implemented on various platforms especially in small devices and smart cards. In addition, AES has been rigorously tested for security loopholes for a few years before it was standardized by NIST [4].

The RC4 algorithm encryption improved data processing is shown in Figure 1.

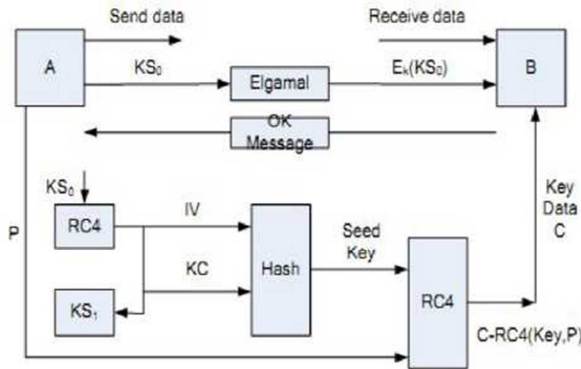


Fig 1. Data Processing of Improved RC4

The RC4 encryption process is divided into three stages: session key negotiation stage, seed key generation stage and data processing stage. First of all, RC4 uses the original session key 16 byte random number  $KS_0$  generated by A, and then it's encrypted by Elgamal. When B receives the encrypted information, decrypts with its own private key, B will get the shared key, and then return A an OK message. Secondly, A uses the RC4 algorithm and  $KS_0$  to get a pseudo-random output stream, after moving the first 48 bytes away from the output stream, select the interception between 49 bytes and 52 bytes as IV, select interception

between 53 bytes and 80 bytes as the user shared key KC. And select the interception between 81 bytes and 96 bytes as the next key KS1. Thirdly, A uses a certain combination of Hash functions to get the seed key, and then we finish the seed key generation stage.

Finally, we get a new pseudo-random data stream with the seed key generated by RC4 algorithm, discard the first 48 bytes of the data stream, and then encrypt the P.A. Send the encrypted result cipher text  $C(\text{RC4}(\text{key}, P))$  to B. B decrypts the received data in the same way and gets the message data P. In the entire process, after obtaining the key, B uses the same algorithm to generate seed key in order to obtain the cipher text C for decrypting later data. During each connection, the seed key used in the following communication is generated by using the initialize vector IV in step 2, plus 1, and then calculated by Hash function with KC. At the same time there is a limited time T0 to use the KC. During each communication, if the time that using KC is over T0, we use the KS1 in Step 2 of the last connection as the new key, and then repeat the Step 2 to regenerate a new IV and KC. Now, we discuss the improved algorithm's security. We no longer need to transfer plaintext and IV to the other by using the RC4 algorithm to generate the IV and KC. So the attackers cannot simply use the weak IV keys to cryptanalysis and attack, at the same time it's more useful to avoid the reuse of the keys, avoid getting the known plaintext from some of the other clear plaintext. The IV initialization is no longer binding with the network card, but with part of random RC4 stream, so the IV administration is also safe. As the key generated by both  $\text{IV} \parallel \text{RC}$  and  $\text{RC} \parallel \text{IV}$  can be analyzed by IV linear changes. In the improved method, we use the Hash Function to deal the IV and KC, so if the changes produced by the linear changed, IV will not be linear that avoids analyzing the key by the linear changes of IV. Assault for different lengths IV has different analysis lengths. If the IV length is 4 byte, the probability that each IV can be used for the first byte correlation analysis is only  $4,32 \times 10^{-5}$ , and the number of weak IV that needs to analyze a byte KC in the key is  $1,33 \times 10^6$ . In order to improve the RC4 security, we use a 256-bit key.

In the analysis of 8-byte RC4 pseudo-random streams, we get the result that the first output bit has 36% probability to equal with the approximate; the second bit has 35,9% probability, and so on. The 48th bit has 0,4% probability. Therefore, in order to ensure the difficulty of cryptanalysis, in the improved RC4 method, we do not use the first 48-bit pseudo-random stream to avoid the attack by using the bias of the first few bits in output stream. In the 11Mbps network, the transmission of 1500-byte data packets

will come up with the situation that different packets use the same IV in about 5 hours:

$$11(\text{Mbps}) / (1500\text{Byte}/\text{packet} * 8\text{bit}/\text{Byte}) = 917 \text{ packet/s}$$

$$224 = 16772161677216/917 = 5,1\text{h}$$

Using the improved RC4 in the 11 Mb/s networks, the time that different packets use the same time IV in the transmission of 1500 Byte data packets is about 54 days.

$$232 = 4294967296$$

$$4294967296/917 = 1301\text{h} = 54\text{d.}$$

It consists of Encryption and Decryption architectures and its description. It gives the detailed architecture for WiFi Encryption. Architecture is divided into two parts. They are Key Generation and Plain Text data and controller. Plain Text Data is stored in FIFO. Its Data Length is 8. Key Data is stored in RAM. Its Data Length is 8. DataLenCnt is used to count the number of bytes. After XORing plain text and key data we will get cipher text. It gives the detailed architecture for Wi-Fi Decryption. Architecture is divided into two parts. They are Key Generation and Cipher Text and controller. Cipher Text is stored in FIFO. Its Data Length is 8. Key Data is stored in RAM. Its Data Length is 8. DataLenCnt is used to count the number of bytes. After XORing cipher text and key data, we will get plain text.

WLAN has some security weakness due to RC4 weakness, linear weakness and IV weakness. The improved RC4 can raise the security level of RC4, so does the WLAN, and it can be used as temporary method as it's easy to update. The new block encryption algorithm, such as RC5, will be used as the security solution for its high encryption level in future. Enhancing RC4 algorithm consists of Elgamal, KSA, PRGA and Hash Function. Architecture for Enhancing RC4 is designed.

## References

1. Пролетарский, А.В. Беспроводные сети Wi-Fi [Текст] / А.В. Пролетарский, И.В. Баскаков, Д.Н. Чирков. – БИНОМ. Лаборатория знаний, 2007. – 178 с.
2. Шнайер Б. Прикладная криптография. Протоколы, алгоритмы, исходные тексты на языке Си = Applied Cryptography. Protocols, Algorithms and Source Code in C. – М.: Триумф, 2002. — 816 с.
3. Yukiyasu Tsunoo, Teruo Saito, Hiroyasu Kubo, and Tomoyasu Suzaki, A Distinguishing Attack on a Fast Software-Implemented RC4-Like Stream Cipher pp.3250-3255, 2007.
4. Sammy H. M. Kwok and Edmund Y. Lam, Effective Uses of FPGAs for Brute-Force Attack on RC4 Ciphers. pp. 1096-1100, 2008.



## **КОГНІТИВНА МОДЕЛЬ КОМПЕТЕНЦІЇ ІТ-ФАХІВЦЯ**

Гребенник А.Г., Трунова О.В.

*Чернігівський національний технологічний університет, Україна*

Модель компетенцій ІТ-фахівця – це опис у встановленій формі індикаторів, що характеризують необхідний рівень їх розвитку. При прийомі на роботу нових співробітників, модель компетенцій дозволяє підібрати саме тих співробітників, які необхідні для організації на даному етапі її життєвого циклу.

Поняття компетенції визначається, як здатність застосовувати знання, вміння та особистісні якості для успішної діяльності в певній галузі.

Компетенції ґрунтуються на комплексі знань, умінь і навичок, досвіду, але не є їх сукупністю, тому передбачають здатність людини, що одержує освіту, до самонавчання, креативного мислення, орієнтації в нестандартних і проблемних питаннях, зміни виду своєї діяльності відповідно до потреб ринку праці.

Для визначення реального рівня знань, умінь, навичок, який необхідний для фахівців ІТ-галузі використовують профілі компетенцій (Competency Profile) [3,5,6]. Вони можуть ефективно використовуватися не тільки для перевірки поточного рівня компетенцій, а й для формування плану професійного розвитку фахівця та моніторингу процесу навчання. Профіль компетенцій – список компетенцій, що відносяться до конкретної спеціалізації. Він визначає не тільки те, що очікується від майбутніх співробітників, але і те, як їм слід діяти. Розробка профілів - ефективний спосіб для тестування і можливого корегування моделі компетенцій, а також для отримання зворотного зв'язку підприємство – університет.

Розробка когнітивної моделі компетенції ІТ-фахівця в процесі навчання дозволяє оптимізувати процес формування компетенцій на основі побудови когнітивної карти, що представляє зв'язки які виникають між дисциплінами в процесі їх опанування.

Когнітивна карта (cognitive map) - це вид математичної моделі, що дозволяє формалізувати опис складного об'єкта, проблеми або функціонування системи і виявити структуру причинно-наслідкових зв'язків між елементами системи складного об'єкта, складовими проблемами і оцінками наслідків в результаті впливу на ці елементи або зміни характеру зв'язків [2].

Когнітивну карту компетенцій представимо у вигляді орієнтованого зваженого графа:

$$G = \langle X, R \rangle,$$

де  $X = \langle C, S, s \rangle$  – множина вершин графа:

$C$  – компетенція;

$S$  – дисципліни, що безпосередньо впливають на компетенцію;

$s$  – дисципліни, що побічно впливають на компетенцію;

$R$  – множина ребер, що з'єднують дисципліни з компетенцією та дисципліни між собою [4].

Збір та опрацювання експертних даних, складається з 4 етапів:

Етап 1. Опитування експертів для формування матриці  $W$ , яка визначає залежності компетенції  $C$  від різних дисциплін  $S$ , що безпосередньо її формують:

$$W = \begin{pmatrix} w_{S_1C_1} & w_{S_1C_2} & \dots & w_{S_1C_j} & \dots & w_{S_1C_m} \\ w_{S_2C_1} & w_{S_2C_2} & \dots & w_{S_2C_j} & \dots & w_{S_2C_m} \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ w_{S_iC_1} & w_{S_iC_2} & \dots & w_{S_iC_j} & \dots & w_{S_iC_m} \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ w_{S_nC_1} & w_{S_nC_2} & \dots & w_{S_nC_j} & \dots & w_{S_nC_m} \end{pmatrix},$$

де  $i = \overline{1, n}$ ,  $j = \overline{1, m}$ ,  $n$  – число досліджуваних дисциплін  $S$ ,  $m$  – кількість формованих компетенцій, а  $w_{S_iC_j}$  визначається таким чином:

$$w_{S_iC_j} = \begin{cases} 1, & \text{якщо } S_i \text{ формує } C_j \\ 0, & \text{у протилежному випадку} \end{cases}.$$

Також експертами формується матриця  $V$ , яка визначає залежності дисциплін  $S$  від дисциплін  $s$ , що побічно формують  $C$ :

$$V = \begin{pmatrix} v_{s_1 S_1} & v_{s_1 S_2} & \dots & v_{s_1 S_d} & \dots & v_{s_1 S_t} \\ v_{s_2 S_1} & v_{s_2 S_2} & \dots & v_{s_2 S_d} & \dots & v_{s_2 S_t} \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ v_{s_k S_1} & v_{s_k S_2} & \dots & v_{s_k S_d} & \dots & v_{s_k S_t} \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ v_{s_l S_1} & v_{s_l S_2} & \dots & v_{s_l S_d} & \dots & v_{s_l S_t} \end{pmatrix},$$

де  $k = \overline{1, l}$ ,  $d = \overline{1, t}$ ,  $l$  – число досліджуваних дисциплін  $s$ , що впливають на дисципліну  $S_d$ ,  $t$  – кількість дисциплін які прямо впливають на компетенції, а  $v_{s_k S_d}$  визначається таким чином:

$$v_{s_k S_d} = \begin{cases} 1, & \text{якщо } s_k \text{ форміє } S_d \\ 0, & \text{у протилежному випадку} \end{cases}.$$

Етап 2. Три групи експертів (досвідчені викладачі дисциплін різних циклів, потенційні фахівці-роботодавці з провідних підприємств і організацій які потребують кваліфікованих фахівців даного напрямку підготовки, випускники які працюють за фахом) оцінюють ранги дисциплін за ступенем важливості їх впливу на компетенцію (дисципліну).

Етап 3. Перевіряється узгодженість думок експертів (розрахунок коефіцієнта конкордації).

Етап 4. Застосовується правило Фішберна для розрахунку ваг впливу складових компетенції на її формування.

У результаті обробки отриманих даних, матриці  $W$  і  $V$  перетворюються в матриці  $R$  і  $Q$ , що містять ваги впливу дисциплін на компетенцію і дисциплін на дисципліну:

$$R = \|r_{S_i C_j}\|,$$

де  $r_{S_i C_j}$  - вага впливу дисципліни  $S_i$  на компетенцію  $C_j$ , до того ж

$$\sum_{i=1}^n r_{S_i C_j} = 1,$$

$$Q = \|q_{s_k S_d}\|,$$

де  $s_k S_d$  - вага впливу дисципліни  $d_s$  на дисципліну  $D_s$ , до того ж

$$\sum_{k=1}^l s_k S_d = 1.$$

Введення вагових коефіцієнтів дозволяє доповнити побудовану модель компетенції для представлення у вигляді орієнтованого зваженого графа. Застосування методів теорії графів (обхід графа в ширину, обхід графа в глибину) дозволяє сформувавши послідовність вивчення дисциплін, що є необхідним при складанні навчальних планів.

Компетенції рекомендується об'єднати в групи і проводити аналіз у кожній з них. Для напряму підготовки «Програмна інженерія» такими групами є: загальнокультурні і загальнопрофесійні компетенції, компетенції експлуатаційної діяльності, проектно-технологічної діяльності, організаційно-управлінської діяльності та експериментально-дослідної діяльності, позначені в ОКХ [1]. Розроблена модель є основою для складання профілю компетенції та розробки процедури її оцінки.

### Література

1. Галузевий стандарт вищої освіти України. Освітньо-кваліфікаційна характеристика бакалавр. Галузь знань 0403 Системні науки та кібернетика. Напрямок підготовки 040302 Інформатика. Міністерство освіти і науки України. - К., 2010. - 32 с.
2. Компетентнісний підхід у сучасній освіті: світовий досвід та українські перспективи: Бібліотека з освітньої політики / Під заг. ред. О.В. Овчарук. – К.: «К.І.С.», 2004. –112 с.
3. Литвинов, В.В. Опыт взаимодействия университетов и промышленности в сфере трансфера ИТ-технологий в Западной Европе / В.В. Литвинов, В.С. Харченко // Математические машины и системы. – 2015. - №1. – С.111 – 123.
4. Литвинов, В.В. Модель компетенції як інструмент для оцінки стану ІТ-компанії у бізнес-центрі університету / В.В. Литвинов, М.В. Савельєв, І.С. Скідер, Е.В. Трунова // Математичні машини і системи. – 2015. - №2. – С. 49 – 60.
5. Харченко, В.С. Концепція і моделі взаємодії університетської науки і ІТ-індустрії: S2B–B2S [Текст] / В.С. Харченко, В.В. Складар // КАРТБЛАНШ. – Вып. 8–9. –2012. - С.45-52.
6. Харченко, В.С. Кооперація університетів і індустрії: S2B–B2S [Текст] / В.С. Харченко, В. В. Складар // КАРТБЛАНШ. – Вып. 3-4. –2014. - С.43-49

## СОЗДАНИЕ ИНЖЕНЕРИИ КОРПОРАТИВНЫХ РЕШЕНИЙ КАК КОНЦЕПЦИИ КОМПЛЕКСНОГО УПРАВЛЕНИЯ ОРГАНИЗАЦИЕЙ

И.П. Синицын, Е.П. Ильина, О.А. Слабоспицкая  
*Институт программных систем НАНУ, Украина*

В условиях кризиса мировой экономики и стремительной информатизации общества особенностями систем организационного управления (СОУ) становятся: поддержка создания ценностей при ограниченных ресурсах, динамичность вызовов, угроз и приоритетов, партиципативность, противоречивость ценностей и интересов деловых групп, неполнота информации при возрастающей сложности и объемах данных. В связи с этим повышение оперативности, результативности и экономической эффективности СОУ может быть достигнуто за счет ее представления системой взаимосвязанных *корпоративных решений* (КР) в организации [1, 2]. Отличия КР от традиционно понимаемого решения (выбора из а priori известного множества) отражает определение Г. Саймона: “КР – изобретение способа действий, преобразующего текущую ситуацию организации в желательную” [2].

Однако представление СОУ как целостной системы КР делает актуальным создание специальной концепции комплексной автоматизированной поддержки такой системы (для всех КР, этапов их принятия и аспектов поддержки). В качестве этой концепции может служить *Инженерия КР* (ИКР), развивающая подход Decision engineering [1, 3]. Целями  $G = \{g_1, g_2, g_3\}$  развития являются:

$g_1$  – предсказуемость уровня соответствия результатов КР ожиданиям заинтересованных лиц (стейкхолдеров) при заданных ресурсах и времени его принятия и выполнения;

$g_2$  – постоянное обеспечение результативности и экономической эффективности процесса принятия КР, приемлемой для всех стейкхолдеров организации;

$g_3$  – ведение единой информационной среды управления ценностно-ориентированными качественными КР, включая весь спектр действий от проактивного выявления актуальных ценностей до интеллектуальной координации ресурсов для КР по их реализации.

Создание ИКР на основе Decision engineering требует:

1) конструктивной для набора целей  $G$  формализации базовых понятий ИКР (КР, его жизненный цикл и качество, процесс принятия взаимосвязанных КР в СОУ и качество этого процесса);

2) выделения дисциплин ИКР, аналогичных дисциплинам программной инженерии [4]:

$D_1$  – научной, объединяющей перспективные модели, методы и алгоритмы анализа решений [1];

$D_2$  – инженерной [1, 3], включающей модели жизненного цикла КР и шаблоны технологического процесса его выполнения;

$D_3$  – дисциплины управления (лучшие практики управления проектами, программами и портфелями, включая мягкие подходы к управлению персоналом, стейкхолдерами, знаниями, коммуникациями);

$D_4$  – экономической (модели и методы оценивания трудоемкости и сроков принятия/выполнения КР);

$D_5$  – инструментальной (собственно автоматизированные средства поддержки принятия КР);

$D_6$  – учебной [1] (учебные программы, курсы и тренинги, охватывающие элементы дисциплин  $D_1$ – $D_5$ );

3) введения в состав дисциплин ИКР релевантных моделей/методов анализа решений [1] ( $s_1$ ) и лучших практик успешных инженерий – знаний ( $s_2$ ), системной ( $s_3$ ), социальной ( $s_4$ ) и программной ( $s_5$ ) [4]. Вводимые элементы должны быть развиты для КР и интегрированы согласно принципам: абстракции/уточнения ( $p_1$ ), модульности/интеграции ( $p_2$ ), повторного использования ( $p_3$ ).

Для достижения целей  $G$  в составе предлагаемых определений базовых понятий ИКР явно фиксируются:

– позиция КР относительно корпоративной архитектуры организации и поля решений (множества выполненных, выполняемых и подготавливаемых в ней КР) [2, 5];

– взаимосвязи жизненных циклов КР в составе единого процесса их принятия в СОУ.

Определение 1. КР является экземпляром *od* концепта категории Решение специальной онтологии Решений [5], заданного системой фреймов  $FD$ :

$$od = \langle FD_i, i = 1, \dots, 6 \rangle, \quad (1)$$

где  $FD_1$  – паспорт КР,  $FD_2$  – описание проблемной ситуации,  $FD_3$  – постановка проблемы,  $FD_4$  – пакет альтернативных управленческих воздействий (далее – альтернатив),  $FD_5$  – результат выбора воздействия,  $FD_6$  – характеристика результатов выполнения.

Определение 2. Жизненный цикл КР [2] представляет собой пару проектов выработки и выполнения управленческого воздействия, названных решающим и выполняющим:

$$ld = \langle dp; ip \rangle; dp = \langle \langle de, i = 1, \dots, 8 \rangle; \langle da, i = 1, \dots, 6 \rangle; R \rangle; ip = \langle (de, da), i = 9, 10 \rangle, \quad (2)$$

где  $de_i$  – этап проекта (структурирование КР, оценка состояния организации, генерация альтернатив, создание моделей их оценивания, выявление факторов ценности, оценивание ценности и риска, анализ ценности новой информации, выбор воздействия, его планирование и выполнение);  $da_i$  – типовой артефакт этапа, фиксирующий знания его участников о КР (постановка проблемы, альтернативы, их информационный контекст, оценки и последствия, само воздействие, план и индикаторы его выполнения);  $R$  – связи этапов и артефактов.

Определение 3. Модель качества КР – структурированный кортеж

$$q = \langle q_0; \langle \langle aq_i, F_i, E_i \rangle, i = 1, \dots, 6 \rangle \rangle; q_0 = \min_{i=1, \dots, 6} aq_i, \quad (3)$$

где  $aq_i$  – оценка качества  $i$ -го артефакта решающего проекта по шкале [2], описывающая количество его остаточных дефектов;  $F_i$  – типы этих дефектов;  $E_i$  – свойства артефакта, способствующие выполнению КР.

Единый процесс принятия КР в СОУ рассматривается как последовательность метациклов инновационных изменений в организации по созданию ценностей для ее стейкхолдеров. Метацикл выполняется в онтологически базированной информационной среде  $DE$  участниками с множеством ролей  $RL$  [1, 2] и длится, пока среда адекватна их знаниям и потребностям. Метацикл объединяет:

а) последовательные целевые циклы создания ценностей, где выявляются, для последующего использования, знания участников о предметной области и значения параметров жизненного цикла КР (2), способствующие его выполнению с удовлетворительным качеством (3);

б) акты экспертно-аналитического оценивания объектов целевых циклов в среде  $DE$ , динамически реализующие обратные связи решающих и выполняющих проектов из (2) с реализуемыми ценностями и друг с другом средствами взаимодополнительных онтологически базированных моделей ( $ME$ ): когнитивных карт, дерева ценности, байесовской сети, аналитической иерархии;

в) операции инициализации/актуализации среды  $DE$  и регламентов начала/окончания целевых циклов.

Определение 4. Модель целевого цикла принятия КР в смысле (1)-(3) – структурированный кортеж

$$TM = \langle \langle vn; pr; (DP(v); IP(v), v \in V); ECM \rangle \rangle; DE = \langle O; R; ME; (FQ, PQ) \rangle, \quad (4)$$

где  $vn$  и  $pr$  – решающие проекты по определению реализуемых в цикле ценностей ( $V$ ) и их приоритетов;  $DP(v)$  и  $IP(v)$  – мета-портфели решающих и выполняющих проектов для ценности  $v$ ;  $ECM$  – подмодель координации операций оценивания;  $O$  – онтология предметной области деятельности организации, включающая подонтологию Решений с концептами вида (1) [5];  $R$  – структурированная согласно  $O$  ретроспектива процесса принятия КР;  $FQ$  и  $PQ$  – профили фактических результатов аудита и прогнозных оценок его качества по модели (5).

Определение 5 [2]. Динамическая модель качества процесса принятия КР – структурированный кортеж

$$Q(t) = \langle MP(t); CP(t); IP(t) \rangle; MP(t) = \langle \langle TP_r(t_r), r = 1, \dots, n-1, t_{n-1} \leq t \rangle; TP_n(t) \rangle, \quad (5)$$

где  $CP(t)$  – набор профилей качества метациклов, оконченных в момент  $t$ ;  $MP(t)$  и  $TP_n(t)$  – профили качества текущего метацикла и его  $n$ -го целевого цикла; элементы  $TP_n(t)$  – результаты операций ( $m$ ) взятия минимума, медианы, максимума для множеств значений основных показателей качества КР стратегического, тактического и оперативного уровней в  $n$ -м целевом цикле процесса принятия КР (обобщенных интегральных оценок качества КР ( $q_0$ ) и  $i$ -го артефакта решающего проекта ( $aq_i$ ) в (3); различий (в %) между фактическим и ожидаемым значениями индикатора достижения цели КР; частот появления в  $i$ -м артефакте КР дефектов присущих ему типов  $u \in F_i, i=1, \dots, 6$ ; уровней зрелости и классов компетентности организации в управлении проектами);  $IP(t)$  – интегрированный профиль, объединяющий результаты “покоординатного” применения операций  $m$  к элементам  $TP_n(t)$  для завершенных метациклов и текущего метацикла на момент  $t$ .

С учетом выражений (1)-(5) адекватную структуру ИКР удобно предствить кортежем

$$DE = \langle G; S; ((D_j, R_j), j=1, \dots, 6); P \rangle, S = \{s_i, i=1, \dots, 5\}; P = \{p_i, i=1, 2, 3\}, \quad (6)$$

где  $R_i$  – элементы  $D_j, j \neq i$ , совместимые с элементами  $D_i$  в инструментальных средствах в составе дисциплины  $D_5$ .

Предложенные модели базовых конструкторов (1)-(5) и структуры ИКР (6) образуют формальный базис для реализации целевых преимуществ ее использования в организации: принятия КР, ориентированного на будущее; проактивного предоставления рекомендаций относительно управленческих воздействий; обоснованного принятия КР, соответствующих ожиданиям стейкхолдеров; проактивного мони-



торинга их реакций на результаты КР; сохранения и использования полезного опыта принятия КР.

В роли базового элемента дисциплины  $D_5$ , реализующего данные преимущества, может использоваться специализированная Интеллектуальная информационная технология [5]. Она осуществляет консультативную поддержку действий всех участников процесса принятия КР с ролями  $RL$ , используя онтологическую модель  $O$  из (4) с подонтологией Решений и интегрируя релевантные подмножества дисциплин  $D_1$ - $D_3$ . В ее функции входит ведение и анализ поля решений организации, за счет чего поддерживается комплексное управление системой КР. К основным интеллектуальным механизмам, используемым для этого, относятся [5]: 1) сопоставление онтологических взглядов разных бизнес-групп; 2) поиск аналогов КР (по объекту, цели, проблемной ситуации, последствиям); 3) анализ когерентности поля решений; 4) аргументированное оценивание альтернатив; 5) формирование компромиссных версий элементов КР; 6) верификация гипотез о влияниях параметров КР, процессов их принятия и факторов внешней среды организации на показатели качества КР и этих процессов.

### Литература

1. Matheson J.E. Decision Analysis = Decision Engineering. – INFORMS Tutorials in Operations Research, 2005. – P. 195-212. – Режим доступа: <http://pubsonline.informs.org/doi/pdf/10.1287/educ.1053.0015>.
2. Слабоспицкая О.А. Портфельная модель процесса принятия решений по управлению изменениями в организации // Проблемы програмування. – 2015. – № 1. – С. 72-80.
3. Pratt L., Zangari M. Overcoming the Decision Complexity Ceiling through Design. – Quantellia white paper, 2008. – 25 P. – Режим доступа: <http://www.telecomasia.net/content/new-science-decision-engineering-0>.
4. Лаврищева К.М. Програмна інженерія. – К., Академперіодика, 2008. – 319 с.
5. Ильина Е.П., Сеницын И.П., Яблокова Т.Л. Принципы построения интеллектуальной информационной технологии поддержки решений в организации // Проблемы програмування. – 2015. – № 1. – С. 63-75.

**SECURITY INFORMED SAFETY APPROACH:  
CHALLENGES AND SOLUTIONS FOR CRITICAL SYSTEMS  
MODELING AND ASSESSMENT**

V.S. Kharchenko

*National Aerospace University KhAI, Centre for Safety Infrastructure-Oriented  
Research and Analysis, Ukraine*

## 1. Introduction

Computer-based systems for safety critical applications such as Nuclear Power Plants (NPP), aerospace, automotive, railway etc. have to meet rigorous requirements of national and international standards and go through the complex certification process. Security, first of all, integrity, confidentiality, accessibility, become more and more important attributes for safety critical computer (software, FPGA)-based systems (SaCS). That is caused by vulnerabilities of the COTS (commercial-of-the-shelf) components and EED (earlier existed or developed own) components and system configurations, increasing of insiders intrusion risks and so on.

The application of complex electronic components (CEC) such as systems-on-chips (including systems-on-programmable-chips using FPGAs) in industrial instrumentation and control systems (I&Cs) improves reliability and safety, on the one side, and create a new deficits of the safety, on the other side, because CECs can have specific vulnerabilities which should be taken into account.

That is one of the reasons causing increasing of complexity of SaCS, modeling and safety assessment because in general three types of failures should be considered: physical faults (PF) for hardware, design faults (DF) for software and interaction faults (IF) for systems as a whole (caused by physical and information intrusions into system).

Goal of the paper is to analyse safety and security critical domains and to discuss SIS (security informed safety) approach. We develop SIS in context of simulation, assessment and assurance techniques for SaCSs in industry and education contexts.

## 2. SIS-oriented assessment

Safety critical systems (similar NPP I&C, reactor trip systems) are complex solutions which include both software and hardware components. Information security (system's ability to protect the information and data from unauthorized access and modification) is a subordinate property with respect to safety. Such hierarchy may be taken into account by implementation of security informed safety approach. The described SIS-oriented method of SaCSs assessment includes the following models and techniques:

- Joint safety and security lifecycle model (SSLM) of I&Cs. The SSLM based on system safety and security needs, general safety life cycle model (standard IEC 61508) and security life cycle model (based on standards IEC 15408, IEC 62645, etc);
- GAP-analysis technique (GAT). Main principle in the security assessment is the use of process-product approach consisting in determination of the possible discrepancies in the final product and development process. The concept of GAP is determined as a set of discrepancies of any single process within the lifecycle;
- Intrusion modes and effect (criticality) analysis (IMECA) technique (IMEAT). The IMEAT is actually the refinement of FMECA-analysis applied to security (analysis of modes and effects of intrusion to the system). Each identified GAP could be represented by a single local IMECA table and each discrepancy inside the GAP can be represented by a single row in that local IMECA table taking into consideration process-product features of the components and I&Cs;
- Criticality matrix-based technique (CMT). Each row of the general IMECA/FMECA tables is represented by the cell of criticality matrix according with its probability and severity in context of I&C safety;
- Markov's models (MM). MM-based technique are applied to assess safety and security indicators considering three types of faults/vulnerabilities (physical, design and interaction). A set of MMs for different scenarios of maintenance is analyzed.

These models and techniques are integrated into SIS toolset. Industry cases are discussed for safety critical systems.

### 3. Challenges of SIS approach

There are two main challenges in point of view SaCS simulation and assessment by MM. First of them is a complexity of models caused by the number of:

- components (HW, FPGA, SW), C;
- faults PF, DF, IF and corresponding failures of the components  $F_{PF}$ ,  $F_{DF}$ ,  $F_{IF}$ ;
- recovery activities for different failures  $R_{PF}$ ,  $R_{DF}$ ,  $R_{IF}$ .

In general the number of system states will be proportionality to

$$N1 \sim C(F_{PF} R_{PF} + F_{DF} R_{DF} + F_{IF} R_{IF}), \quad (1)$$

if we consider only one group (share) of events.

Besides, changing the number of faults DF and IF after recovering (eliminating DF and patching IF) should be taken into account. In this case

$$N2 \sim N1 F_{DF} F_{IF} \quad (2)$$

Other challenge is caused by risks of inaccurate safety (availability) assessment results on:

- arbitrary choice of universal – commercial-of-the-shelf (Mathematica, MATLAB, Maple, MathCad), specialized ( $\lambda$ Predict, ITEM, SHARP, Möbius) or own developed (MARCA, MSMC, ExpMeth) tools;
- arbitrary application of tools (selecting technique of Kolmogorov-Chapman’s differential equations system solving and transformation of marked Markov’s graphs).

In this case there are  $M$  options

$$M \sim (T_U + T_S + T_O) E G, \quad (3)$$

where  $T_U, T_S, T_O$  – the number of universal, specialized and own developed tools correspondingly;

$E$  – the number of techniques of Kolmogorov-Chapman’s differential equations system solving (DESS);

$G$  – the number of techniques of Markov’s graphs development and transformation (MGDT).

#### 4. Solutions in SIS context

A few techniques can be applied to minimize risks of SIS approach application and inaccurate calculation of safety indicators using Markov’s and semi-Markov’s models:

- principle of multi-fragmentness to regularize development of MM;
- ASNA-based technique to formalize development Markov’s graph;
- metric-interval method to select tool for DESS and technique for MGDT;
- technique of vulnerability analysis and calculation of FI rate.

#### 5. Education cases

A lot of methods and techniques including SIS-approach is part of education objectives and development in frameworks of the TEMPUS project SEREIN (Modernization of Postgraduate Studies on SEcurity and RESilience for Human and INDustry Related Domains, 543968-TEMPUS-1-2013-1-EE-TEMPUS-JPCR). In particular, the following topics are important:

- Safety and security-cases for ITs and industrial systems assessment and certification (security informed safety approach, formal notations, techniques and tools);
- Security of FPGA-based decisions (vulnerability analysis, fault and vulnerability injection, security case and countermeasures for NPP I&C...);
- Adaptive WiFi and mobile systems: security issues for green computing and communication;
- Smart grid cybersecurity (assessment, cyber diversity);
- Cloud-, web- and IoT-based systems: benchmarking, dependability and security (vulnerability analysis, intrusion-tolerance, modeling, tools)
- Intellectual transport systems (ITS) and drone fleet safety and security, cooperative HMI for ITSS;

- Cybersecurity of open source code/systems: services for vulnerability analysis and security assessment;

- Physical and cybersecurity of smart buildings: vulnerability analysis and cost-effective techniques for assurance, etc.

Other example of education cases and university-industry cooperation is start-up and spin-off activities in area of safety and security systems development, verification and certification.

## **6. Conclusion**

Safety systems operate in an open environment and they need to be secure in order to be safe. Both security and safety are sophisticated engineering cultures that emphasize the need for good process, the importance of risk analysis and the need for assurance and justification. Gap-F(I)MEA-based technique jointly with CMT can be applied to implement SiS approach. MM-based approach can be applied to obtain quantitative indicators of safety and availability. However, in this case risks of model complexity and tool selection must be taken into consideration. These risks can be decreased by using of described solutions.

Education activities to implement SIS are based on MSc- and PhD-courses have been developed in project TEMPUS-SEREIN.

УДК 004.315.2

## **ВИКОРИСТАННЯ БАГАТОРОЗРЯДНИХ ОПЕРАЦІЙНИХ ПРИБОРІВ ЗА ЗМІННИМ МОДУЛЕМ ДЛЯ ШИФРУВАННЯ ДАНИХ**

А.І. РОГОВЕНКО

*Чернігівський національний технологічний університет*

Дуже поширений зараз алгоритм шифрування RSA є прикладом застосування операції зведення в ступінь по модулю. Операція застосовується для шифрування відкритим ключем порції вихідного тексту, рівної розміру ключа. За мірками порівняння з іншими алгоритмами шифрування, RSA володіє високою криптостійкістю, але низькою продуктивністю [1], через це його застосування обмежене шифруванням тестових даних, web-сторінок і цифрових підписів. Для шифрування аудіо/відео потоків його продуктивності недостатньо, в результаті чого для шифрування таких даних зазвичай використовують сеансовий ключ RSA в сукупності з менш криптостійкими алгоритмами. Найповільнішою операцією алгоритму є програмно реалізована операція модульного зведення в ступінь через те, що на процесорі вона виконується послідовно для порцій ключа, рівних розміру машинного слова.

Розроблений операційний пристрій має виконувати операцію обчислення залишку від ділення суми операндів  $A$  і  $B$  на модуль  $P$ :

$$R = (A + B) \bmod P, \quad A, B, P, R \in \mathbb{N}^{2^n} \quad (1)$$

Ця операція називається складанням за модулем, або просто модульним складанням. При цьому операнди, модуль і результат є натуральними числами розрядності  $n$ .

На основі даної операції можна також виконати ще дві операції: множення за модулем і зведення в ступінь за модулем:

$$R = (A * B) \bmod P, \quad R = (A^B) \bmod P \quad (2)$$

Приклад реалізації операції множення за модулем на основі ККМ суматорів наведений на рисунку 1.

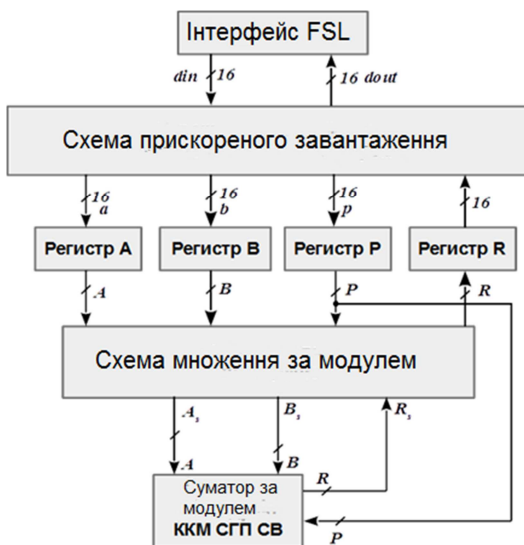


Рисунок 1 – Структура блоку множення на основі ККМ суматорів

Модульні операції здебільшого необхідні в програмах на алгоритмічній мові, що виконуються на процесорі. Тому доцільною буде реалізація операційного пристрою в якості співпроцесора. Перший спосіб реалізації співпроцесора – це реалізація його у вигляді окремої мікросхеми, яка є зовнішньою до цього процесору[2]. Недоліком такого підходу є відсутність сумісності між процесорами, знижена надійність системи, а також підвищена трудомісткість розробки, пов'я-

зана зі складністю розробки друкованої плати та налагодження системи.

Другий спосіб, обраний автором, полягає в реалізації співпроцесора на одному кристалі з процесором в рамках програмованої логічної інтегральної схеми. В якості платформи для реалізації було обрано ПЛІС Xilinx сімейства Spartan6 та процесорне софт-ядро Microblaze. Для підключення співпроцесора до софт-ядра передбачено спеціальний односпрямований інтерфейс FSL (прискорений симплексний лінк), призначений для миттєвого обміну даними з співпроцесором. Загальна периферійна шина (така як PLB або AXI) не підходить для підключення модульного співпроцесора: вона може бути зайнята іншими периферійними пристроями, що призведе до недопустимої затримки для даних співпроцесора.

Реалізація операційного пристрою була виконана двома методами: з використанням стандартного оператора `mod` мови `vhdl` і з використанням каскаду констрuktивних модулів[3].

Для оцінки кількості ресурсів був виконаний синтез операційного пристрою для десяти значень розрядностей з кроком в 16 біт. У наслідку над результатом була виконана однофакторна парна регресія (рис 1, зліва). Перша розглянута характеристика - кількість LUT. LUT являє собою 4-и бітну таблицю, у відповідність кожному рядку якої ставиться один біт вихідної функції (для сімейства Spartan 6 оцінка виконується в би-бітних LUT, які складаються з 4-и бітних). Для оцінки кінцевого обсягу ресурсів вимірюється число слайсів, регресійні моделі якого наведені на рис. 1 справа. Слайс складається з декількох LUT-ів і тригерів та мультиплексорів, виходячи з графіка видно, що процент використання останніх двох видів ресурсів в даному не суттєво впливає на загальний об'єм ПЛІС, тобто основний об'єм займає комбінаційна логіка.

Для операції `mod` на VHDL була отримана нелінійна ступенева залежність, а для операції, виконуваної на ККМ – лінійна залежність. Коефіцієнт детермінації обраних моделей близький до одиниці, що свідчить про правильність обраних регресійних моделей. Помилка апроксимації складає менше 7%, що свідчить про можливість застосування даних моделей для оцінки ресурсів, що буде займати операційні пристрої різних розрядностей.

Ще однією важливою характеристикою для операційного пристрою є продуктивність. Оскільки продуктивність є кількістю правильно виконаних операцій за одиницю часу, для її визначення можна вимірювати час виконання однієї операції і знаходити величину зворотну до нього. Затримка обчислення викликана часом перемикання

логічних елементів в ПЛІС, яка для випадкових вхідних операндів є випадковою величиною. Для оцінки продуктивності була згенерована тестова вибірка, причому значення операндів розбиті на три класи, по три варіанти в кожному класі. Класи відповідають різним співвідношенням суми та модуля (менше, більше та рівні), в кожному класі обирається випадкове значення, просте число, та число, що на одиницю менше ступеня двійки. Вимірювання часу виконання операції проводилося при моделюванні з урахуванням тимчасових затримок. На кожній точці виконувався автоматизований контроль правильності результату. У результаті вимірювання дев'яти значень тимчасової затримки було взято максимальне. Його залежність від розрядності відображено на рисунку 2.

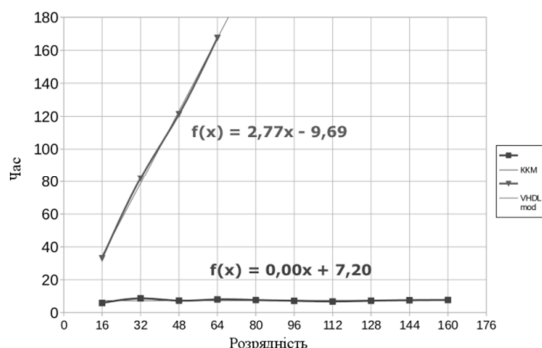


Рисунок 2 – Залежність часу (в нс) виконання операції від розрядності

Коефіцієнти детермінації і помилок в даному випадку не розглядалися, тому що затримка має великий розкид, викликаний тим, що дані були обрані випадковим чином. Як видно з графіка, функція тимчасової затримки для ККМ є константою і не залежить від розрядності.

Таким чином, застосування ККМ значно скорочує апаратні витрати на реалізацію модульного операційного пристрою (для 256 біт кількість слайсів зменшується в 17 разів). Продуктивність операційного пристрою, побудованого на базі ККМ, не залежить від розрядності і складає біля 140 MIPS. При цьому для 256-розрядного пристрою вона на два порядки перевищує продуктивність операції mod мови VHDL, яка складає біля 1.4 MIPS. Слід зазначити, що наведені значення швидкодії справедливі лише для безпосереднього операційного пристрою, при урахуванні часу завантаження операндів та вивантаження



результату через інтерфейс співпроцесора сумарна швидкодія буде менша.

### **Література**

1. B. Padmavathi, S. Ranjitha Kumari – A Survey on Performance Analysis of DES, AES and RSA Algorithm along with LSB Substitution Technique – IJSR, Volume 2 Issue 4, April 2013. – p. 170-174.
2. Nicolas Guillermin – A coprocessor for secure and high speed modular arithmetic – DGA Information Superiority, Bruz, France, IRMAR, Universite Rennes 1, France – 2011.
3. Тарасенко В.П., Тесленко О.К., Роговенко А.І. Створення параметричних ядер (softcores) для виконання операцій в скінчених полях. // Радіоелектронні і компютерні системи. – 2008. №6, С.261-264

УДК 004.04: 004.4'275

## **WEBGL ДЛЯ ВІЗУАЛІЗАЦІЇ РЕЗУЛЬТАТІВ ХМАРНИХ ОБЧИСЛЕНЬ**

Скрипський М.І., Мельничук С.В., Воробець Г.І.

*Чернівецький національний університет імені Юрія Федьковича*

На даний час у глобальній мережі доступно небагато програмних продуктів для розрахунку поширення забруднюючих речовин в атмосфері. Більшість існуючих рішень представляють собою програмні комплекси, створені під конкретну операційну систему, які вимагають великих програмних ресурсів і цим накладають обмеження для користувача. Тому для моделювання процесів в атмосфері доцільно використовувати “хмарні” технології [1-3]. Застосування паралельних обчислень, при використанні достатніх ресурсів, здатне дозволити виконати моделювання поширення домішок в середовищі за менший час та не накладає обмежень на персональний комп'ютер користувача. При цьому на перший план постає проблема візуалізації – відображення результатів моделювання [4, 5] за допомогою ресурсів самого браузера, без використання додаткового програмного забезпечення. Вирішити цю проблему у певній мірі можна за допомогою програмної бібліотеки WebGL (Web-based Graphics Library) для мови програмування JavaScript, яка дозволяє створювати на JavaScript інтерактивну 3D-графіку, і функціонує у широкому спектрі сумісних з нею веб-браузерів. За рахунок використання низькорівневих засобів підтримки OpenGL, частина коду на WebGL може виконуватися безпосередньо на відкритих ресурсах. За технологічною суттю WebGL – це контекст елемента canvas HTML, який забезпечує API 3D графіки без використання плагінів [6]. Технологія WebGL в основному використовується

у відеоіграх і її потенціал для вирішення задач в області візуалізації наукових результатів є нерозкритим.

У “хмарній” системі моделювання перед візуалізацією стоять наступні вимоги:

- 1) кроссплатформенність програмного забезпечення;
- 2) інтеграція в екосистему “хмари”;
- 3) відображення рельєфу модельованого простору;
- 4) масштабування візуалізації;
- 5) відображення значення концентрації модельованої речовини для

кожної точки модельованого підпростору у кожен момент часу.

Можливості WebGL здатні задовольнити вище перелічені вимоги, тому його доцільно використовувати в програмних комплексах для моделювання поширення забруднюючих речовин в атмосфері [4, 5].

Програма візуалізації результату моделювання виконана у вигляді веб-додатку з використанням технології WebGL. Користувач може передати для відображення файл-результат з серверної частини, після завершення виконання моделювання, чи завантажити файл-результат, що був отриманий раніше. Використання технології WebGL дозволяє візуалізувати отримані дані у веб-браузері без необхідності використання додаткового програмного забезпечення та перекомпіляції графічного представлення для різних задач. Технологія WebGL використовує ресурси відеокарти комп'ютера користувача, що зменшує навантаження на «хмару» при перегляді результатів. Можливості програми відображення результату включають перегляд поширення забруднюючих речовин на кожному кроці моделювання, перегляд розрахованих значень концентрації речовини в кожній точці простору (в межах роздільної здатності), зміну кольору маркеру контрольованої речовини.

Пропонована система візуалізації використовує JavaScript 3-d фреймворк Three.js.

Вхідні дані представляють собою набір \*.json файлів, де кожен файл містить дані про окремий крок моделювання. Вміст \*.json файлу – це трьохвимірний масив значень концентрації модельованої речовини.

Відображення великої кількості об'єктів (більше 3000) на канві є ресурсоємкою задачею, навіть для сучасних відеокарт. Тому алгоритм відображення, при якому кожен модельований підпростір відображається з допомогою окремого об'єкта є неприпустимим. Вирішенням проблеми є зменшення кількості об'єктів на канві.

Значення концентрації речовини в сусідніх точках може незначно відрізнитися. Якщо різниця концентрацій в сусідніх точках не переви-

щусе заданої величин  $E$ , то їх можна згрупувати, вважаючи новим значенням концентрації середнє арифметичнє їх значень.

Нехай функція

$$U: D \rightarrow [0, +\infty],$$

де  $D \subseteq IR^3$  – зв'язна область, описує концентрацію речовини у просторі. Позначимо

$$R_f = \{u(x, y, z): (x, y, z) \in D\}, \quad (1)$$

- множина значень функції  $U_j$ . Припустимо, що для довільного  $c \in R_f \cap (0, +\infty)$  множина точок, яка є розв'язком рівняння  $U(x, y, z) = c$  описується скінченною кількістю неперервних зв'язних площин.

Нехай  $\Pi = \{(x_j, y_j, z_j), j = 1, 2, \dots, n\}$  – деяке розбиття множини  $D$ . Припустимо що у точках розбиття  $\Pi$  дані значення концентрації  $U_j$ . Відмітимо що даним розбиттям  $\Pi$  можуть бути точки деякої решітки. Оскільки, далі будуть розглядатися точки разом із “сусідніми”, нам зручно розглядати множину  $\Pi$ , як деякий граф з множиною ребер  $V$ , і інтерпретувати, що  $l, \bar{l}$  – сусідні, якщо існує ребро із  $V$ , що з'єднує  $l, \bar{l}$ . Групуючи точки  $U_j$  за близькістю значень, ми отримуємо сукупність підграфів

$$\{(P_i, V_i)\}_{i=1,2,\dots,m}, \quad (2)$$

графа  $(\Pi, V)$ . Далі кожен підграф  $(P_i, V_i)$  розіб'ємо на зв'язні підграфи  $\{(P_{ik}, V_{ik})\}_{k=1,2,\dots,l_k}$ .

Враховуючи припущення зроблені вище, множини  $P_{ik}$  повинні бути “схожими” на поверхні у  $IR^3$ .

Далі, усереднюючи  $P_{ik}$  ми отримаємо дискретне наближення деякої поверхні. З'єднавши трійки сусідніх точок за допомогою поверхонь трикутної форми отримаємо візуальний вигляд поверхні на якій точки мають практично однакові значення.

По згрупованих точках можна побудувати площину, яка складатиметься з підплощин трикутної форми. Тоді рівняння площини буде мати вигляд:

$$t = \lambda_1 \cdot x^1 + \lambda_2 \cdot x^2 + (1 - \lambda_1 - \lambda_2) \cdot x^3, \quad (3)$$

$$\lambda_1, \lambda_2 \geq 0, \lambda_1, \lambda_2 \leq 1$$

Пропонована система візуалізації працює за наступним алгоритмом:

1) Зчитування інформації про модельоване середовище: розмір середовища, крок моделювання, кількість модельованих речовин, карти рельєфу та ін.

2) Створення “скелету” рельєфу модельованого простору.

3) Замальовка заднього фону. Розділення мапи на частини та замальовка рельєфу.

4) Вивід посилань на візуалізацію кожного кроку моделювання.

5) Визначення мінімального значення концентрації модельованої речовини. Створення легенди.

6) Заповнення модельованих підпросторів. Якщо поряд знаходяться декілька підпросторів з повним заповненням – то вони робляться прозорими, а замальовуються тільки їх стінки.

Оскільки моделювання динамічних процесів перерозподілу домішок в атмосфері потребує послідовного перерахунку значень концентрації в сусідніх шарах, то реалізація серверної частини в системі розподілених обчислень потребує більшого часу моделювання, але дозволяє зменшити інтервал дискретизації в часі та збільшити розміри просторового моделювання. Реалізація серверної частини на основі кластерної системи забезпечує швидший процес моделювання ніж в системі розподілених обчислень, але є дорожчою в реалізації. Систему розподілених обчислень доцільніше використовувати у випадку незначної кількості взаємозв'язків між частинами задачі моделювання.

Таким чином, розроблена система візуалізації задовольняє поставлені вимоги. Використання технології WebGL дозволяє візуалізувати отримані дані у веб-браузері без необхідності використання додаткового програмного забезпечення та перекомпіляції графічного представлення для різних задач. Технологія WebGL використовує ресурси відеокарти комп'ютера користувача, що зменшує навантаження на «хмару» при перегляді результатів. Запропонований метод групування близьких значень і побудова по них площин зменшує навантаження на відеокарту користувача.

## **Література**

1. Jia Sun, Community Ecology For Innovation Concept: The Case Of Cloud Computing [Текст] / Jia Sun, Ping Wang // Thirty Third International Conference on Information Systems. – Orlando, 2012.
2. Тарнавский, Г. А. Современное состояние компьютерного моделирования в интернете: краткий обзор сайтов [Текст] / Г. А. Тарнавский, С. С. Чесноков, С. Б. Жибинов // Проблемы информатики. – Новосибирск, 2009. – №2. – С. 52-58.
3. Бондаренко, М. Г. Вибір методу та засобу моделювання для оцінки забруднення ґрунту атмосферними викидами теплової електростанції [Текст] / Збір-

ник наукових праць Інституту геохімії навколишнього середовища. – Київ, 2009. – Вип. 17. – С. 67-73.

4. Скрипський, М. Метод розсіювання Гауса і хмарні обчислення для 3D аналізу стану атмосфери [Текст] / Микола Скрипський, Георгій Воробець // Східно-Європейський журнал передових технологій. – 2013. – Т. 6, № 12(66). – С. 18-21. – [Електронний ресурс] : Режим доступу : URL : <http://journals.uran.ua/eejet/article/view/19701>.

5. Визуальное исследование результатов моделирования лесных экосистем [Электронный ресурс] // Г. Андриенко, Н. Андриенко - Режим доступу: <http://geoanalytics.net/and/papers/silvics07.pdf>.

6. WebGL - OpenGL ES 2.0 for the Web [Електронний ресурс] : [Веб-сайт]. – Електронні дані. – Режим доступу: <https://www.khronos.org/webgl/> (дата звернення 17.05.2015) – Назва з екрана.

УДК 004.274:004.384

## **АНАЛІЗ МЕТОДІВ І МОДЕЛЕЙ БАГАТОРІВНЕВОГО КОДУВАННЯ КАНАЛІВ ПЕРЕДАЧІ ДАНИХ В ТЕЛЕМЕТРИЧНИХ РЕКОНФІГУРОВНИХ СИСТЕМАХ ОБРОБКИ І ПЕРЕДАЧІ ІНФОРМАЦІЇ**

Воробець Г.І., Гордіца В.Е., Костенюк Н.Г.

*Чернівецький національний університет імені Юрія Федьковича*

Збільшення технічних засобів з дистанційним доступом, зокрема телеметрії, розвиток сучасних проектів типу “Інтернет речей” і “Розумний будинок”, застосування локальних мережевих технологій для управління побутовими пристроями, реалізації багатоканальних систем захисту і спостереження із трансляцією відеотрафіку та інші новітні мережеві технології потребують створення каналів передачі даних з підвищеною пропускнуою здатністю і високим рівнем захисту від завад [1, 2]. Одним з методів збільшення трафіку в таких системах є застосування методів частотного чи часового ущільнення каналів зв'язку, або використання каналів з багаторівневим, так званим Марнім, кодуванням інформації [3 - 5].

Основною проблемою, що при цьому має місце, є забезпечення достовірності передачі інформації при задано мі співвідношенні сигнал/шум. Проведені раніше дослідження імітаційних моделей показують, що для локальних мереж з радіоканалом зв'язку досить ефективним за даним параметром може бути застосування багато частотного кодування інформаційних рівнів сигналу. Однак, така система потребує значних апаратних витрат в першу чергу для реалізації багатоланкових фільтрів, а також коректного вибору базису (алфавіту) частот сигналів із врахування комбінаційних гармонік при різних їх

співвідношеннях. Тому метою даного дослідження було провести порівняльний аналіз можливих методів і моделей багаторівневого представлення інформаційних сигналів для кодування і передачі даних в телеметричних системах.

Особливістю М-арного кодування є обґрунтування вибору методики представлення інформаційних рівнів елементів коду з точки зору забезпечення мінімізації апаратних витрат і спрощення алгоритмів кодування/декодування. З іншого боку, при значному рівні завад і можливій втраті інформації, необхідно забезпечити достатню кодову відстань кодових послідовностей для детектування і виправлення помилок. Ще однією з вимог є можливість реалізації спеціалізованих процесорів кодерів/декодерів, які б забезпечували прискорену обробку даних, та потребували б мінімальних апаратних витрат при високій швидкодії.

Останнім вимогам задовольняють сигнально-кодові конструкції (СКК) на основі кодів Боуза-Чоудхорі-Хоквінгема (БЧХ) та Ріда-Соломона (РС). Наявність циклічності в кодових послідовностях і можливість їх представлення у стандартному матричному вигляді лінійного систематичного блокового коду, а також застосування полів Галуа для числової обробки кодів дозволяє побудувати на їх основі реконфігуровні процесорні модулі кодерів/декодерів. Прискорення обробки цифрових потоків тут реалізується природнім шляхом за рахунок апаратного паралелізму програмовного середовища та використуваних алгоритмів. Теоретичною основою для синтезу таких структур також можуть бути підходи та моделі адаптивних логічних мереж описані в [6].

Для синтезу М-арних СКК ефективними для використання є також часово-імпульсні (ЧсМ) та фазо-імпульсні (ФМ) методи імпульсно-кової модуляції (ІКМ). Для підвищення достовірності кодування/декодування запропоновано методику синхронно-паралельної обробки прямих та інвертованих СКК з ЧсМ чи ФМ ІКМ, що також ефективно реалізується у вигляді окремих модулів на основі програмовних середовищ.

### **Література**

1. Rajkumar R., Insup Lee, Lui Sha, Stankovic J. Cyber-Physical Systems: The Next Computing Revolution. / Proc. Design Automation Conference (DAC), 2010 47th ACM/IEEE, Anaheim, USA. 13-18 June 2010. – P. 731 – 736.
2. E. A. Lee and S. A. Seshia, Introduction to Embedded Systems, A Cyber-Physical Systems Approach, <http://LeeSeshia.org>, ISBN 978-0-557-70857-4, 2011. [Електронний ресурс] : Режим доступу – <http://cyberphysicalsystems.org/>

3. Басов В.С. Эффективность сумісного використання багатопозиційних сигналів та згорткових кодів : автореф. дис... канд. техн. наук: 05.12.02 - телекомунікаційні системи та мережі. – Одеса, 2006. – 22 с.
4. Золотарев В.В., Назиров Р.Р., Овечкин Г.В., Овечкин П.В. Оптимизационная теория многопорогового декодирования для современных систем ДЗЗ // Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса. – 2001. – Т.8, №3. – С.47-54.
5. Золотарев В.В., Овечкин Г.В. Эффективные алгоритмы помехустойчивого кодирования для цифровых систем связи. // Электросвязь. – 2003. – №9. – С.34-37.
6. Палагин А.В., Реконфигурируемые вычислительные системы: Основы и приложения. / А.В. Палагин, В.Н. Опанасенко. – К.: Про-світа, 2006. – 280 с. УДК 004.413.2

## **МОДЕЛЬНО-ОРІЄНТОВАНИЙ ПІДХІД ДО ПРОЕКТУВАННЯ КОРПОРАТИВНОЇ ІНФОРМАЦІЙНОЇ СИСТЕМИ УПРАВЛІННЯ КАФЕДРОЮ УНІВЕРСИТЕТУ**

Т.В. Ковалюк

*Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут», Україна*

Н.М. Кобець

*Університет економіки та права «КРОК», Україна*

У статті розглядається питання створення корпоративної інформаційної системи управління кафедрою ВНЗ для підвищення ефективності управління навчальним процесом і науково-дослідними роботами, забезпечення комунікацій між викладачами та студентами, моніторингу поточної успішності студентів тощо.

**Ключові слова:** модельно-орієнтоване проектування, навчальний процес, корпоративна система.

**Вступ.** Застосування інформаційних систем і технологій в управлінні навчальним та організаційними процесами на кафедрах ВНЗ здійснюється переважно без використання сучасних інформаційних систем і технологій. Відсутність в багатьох ВНЗ електронних відомостей успішності, електронних журналів потокового оцінювання якості знань, електронного обліку відвідування зайняти, застосування паперових технологій або в кращому випадку програмного продукту Microsoft Office для моніторингу, наприклад, поточної успішності студентів робить цей процес достатньо неефективним. Комплексна реалізація цих заходів може бути пов'язана з формуванням корпоративного інформаційного середовища, що забезпечить інтеграцію інформаційних ресурсів і дозволить створити інформаційну інфраструктуру відповідно до діючої організаційної структури і прийнятих бізнес-правил.

**Мета роботи.** Метою даної роботи є обґрунтування концепції та моделі корпоративного порталу кафедри ВНЗ, визначення способу його реалізації через модельно-орієнтоване проектування (MDA) та розробку програмного забезпечення, що підтримує бізнес-процеси функціонування кафедри.

**Основна частина роботи.** Концепція модельно-орієнтованого проектування та розробка програмного забезпечення передбачає визначення моделей на різних рівнях абстракції та трансформацій, які упорядковують і контролюють взаємини між цими моделями і різними технологіями впровадження. Виділяють такі рівні моделювання MDA:

– модель, незалежна від обчислень (CIM), - враховує середовище і вимоги системи, але не враховує структуру і порядок роботи цієї системи;

– модель, незалежна від платформи (PIM), - враховує порядок роботи системи, але залишає без уваги деталі, пов'язані з конкретною платформою;

– модель, залежна від конкретної платформи (PSM), - до властивостей моделі PIM додаються детальні дані про особливості конкретної платформи;

– модель платформи (PM) - визначає, при використанні з моделлю PIM, технічні принципи, складові частини, види елементів і сервісів, що становлять конкретну платформу;

– модель перетворення (TM) - визначає і детально характеризує перетворення, необхідне для переходу від конкретної моделі PIM до конкретної моделі PSM.

Основні елементи модельно-орієнтованого проектування корпоративного порталу кафедри ВНЗ реалізуються такими моделями (рис. 1).





Рис. 1. Конфігурація ІС на основі модельно-орієнтованої технології

Модель репозиторія містить опис бізнес-функцій, бізнес-процесів, бізнес-об'єктів, організаційної структури, які використовуються в програмних модулях ІС.

Модель предметної області будується шляхом прив'язки типової моделі відповідно до специфічних особливостей об'єкта. Побудована модель предметної області у вигляді метаопису зберігається в репозиторії і може бути відкоригована.

Модель функцій є ієрархічною декомпозицією функціональної діяльності об'єкта. На першому рівні ієрархії вказуються основні види функціональних підсистем: документообігу, облік матеріально-технічної бази, адміністрування дисциплін, моніторингу студентів тощо. На наступному рівні ієрархії для кожної функціональної підсистеми визначаються функціональні модулі, наприклад: планування потреби в обладнанні, закупівлі, управління навчальним процесом, аналіз успішності студентів тощо. Для функціональних модулів задаються набори бізнес-функцій, для кожної з яких визначаються бізнес-процеси. Наприклад, для функціонального модуля «аналіз успішності студентів» визначаються бізнес-функції: ведення журналів успішності груп, формування списків студентів на відрахування, атестаційних і залікових відомостей тощо.

Модель процесів відбиває послідовність виконання робіт для функцій моделі бізнес-функцій, яка дозволяє провести конфігурацію програмних модулів порталу відповідно до характерних особливостей предметної області.

Моделі об'єктів (даних) є доменно-орієнтованими, що дозволяє враховувати семантичні особливості конкретної предметної області. У модельно-орієнтованій технології проектування системи інтеграція різних бізнес-процесів здійснюватиметься на основі бізнес-об'єктів. Самі об'єкти є компонентами рівня предметної області, які використовуються в різних застосуваннях в довільних комбінаціях і не залежать від них.

Модель організаційної структури визначає розподіл функцій, що автоматизуються, по працівниках підрозділів і повноважень доступу до корпоративного порталу.

Моделі бізнес -правил є спеціалізованим видом логіки, що описує обмеження на образ дій, які система або люди повинні враховувати у своїй поведінці. Виділяють три типи бізнес -правил: виведення, обмеження та інваріантні правила. Модельна архітектура MDA використовує мову OCL для породження програмної логіки. Ця логіка перетворюється з мови OCL PIM-моделі на мову високого рівня PSM-моделі. Модель PSM, залежна від платформи, реалізована мовою Ruby.

Функціональну структуру системи можна подати традиційним переліком функціональних підсистем.

Підсистема «Документообіг» управляє сховищем документів та файлів, обмін документами та файлами між користувачами, а також пошук даних в них.

Підсистема «Облік матеріально-технічної бази» дозволяє вести облік наявного на кафедрі обладнання, його технічного стану, формувати відповідні звіти.

Підсистема «Адміністрування дисциплін» дозволяє адміністратору порталу створювати дисципліни, назначати їм викладачів та групи студентів.

Підсистема «Роботи з дисципліною» надає можливість викладачу наповнювати предмет матеріалами (лекції, підручники), створювати завдання(лабораторні роботи, домашні контрольні роботи) та тести, перевіряти завдання, виставляти оцінки за лабораторні та контрольні у журнал предмету, виставляти атестації, виставляти бали за екзамен. Студент в цій підсистемі має можливість переглядати матеріали, завантажувати завдання, проходити тести.

Підсистема «Моніторингу студентів» формує журнали успішності груп, списки студентів на відрахування, атестаційні та залікові відомо-

сті, списки студентів-відмінників, звіти з можливістю експорту в Excel, листи батькам згідно шаблону.

Підсистема «Навчальної роботи» дозволяє керувати розкладом занять та іспитів, керувати групами та назначати в них старосту, профорга, куратора.

Підсистема «Моніторинг завдань працівників кафедри» дає можливість створювати, призначати іншим користувачам завдання та контролювати їх виконання.

Підсистема «Обміну повідомленнями» дозволяє користувачам створювати розмови з іншими користувачами та обмінюватись повідомленнями і файлами.

Підсистема «Робота з обліковим записом» дозволяє адміністратору порталу реєструвати, видаляти користувачів, вказувати їх посади та рівні доступу до даних системи. Зареєстрованим користувачам надає можливість заходити в систему, використовуючи логін і пароль, що надається адміністратором.

**Висновок.** У статті розглянуто основні концепції застосування модельно-орієнтованого підходу до проектування корпоративного порталу кафедри ВНЗ. У рамках запропонованого підходу розглянуті моделі, що складають основні елементи модельно-орієнтованого проектування корпоративного порталу. Описана бізнес-логіка у вигляді функціональної моделі системи.

## **Література**

1. Смирнова Г.Н., Сорокин А.А., Тельнов Ю.Ф. Проектирование экономических информационных систем. – М.: Финансы и статистика, 2003, - 512 с.
2. Катаєва С. Ю. Модельно-орієнтований підхід до розробки програмного забезпечення / С. Ю. Катаєва, Г. О. Заспа, Р. В. Форостянов // Управління розвитком складних систем. - 2013. - Вип. 14. - С. 137-143.

УДК 004.415.24

## **ТЕСТУВАННЯ РОЗШИРЕНОГО МЕТОДУ СТЕГОАНАЛІЗУ З ВИКОРИСТАННЯМ ХІ-КВАДРАТ КРИТЕРІЮ ПРИ НОРМІ ВКРАПЛЕННЯ МЕНШЕ ОДИНИЦІ**

Круглий М.О.

*Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут»*

В даний час інформація становить величезну цінність. З появою глобальних комп'ютерних мереж доступ до інформації значно спростився, що призвело до підвищення загрози порушення безпеки даних

при відсутності заходів їх захисту, а саме загрози несанкціонованого доступу до інформації.

Розробки методів і заходів із захисту інформації ведуться з найдавніших часів. Серед них виділяється два основних напрямки - криптографія та стеганографія. Метою криптографії є приховування вмісту повідомлень за рахунок їх шифрування. Метою стеганографії є приховування самого факту існування секретних даних при їх передачі, зберіганні або обробці. Широке застосування методів прихованої передачі даних за допомогою стеганографії призвело до розвитку методів стегоаналізу.

Головною задачею стегоаналізу є виявлення прихованої інформації. Часто повідомлення в вигляді додаткової інформації вкраплюються в цифрові сигнали використовуючи зображення в якості контейнерів. Одним з популярних методів є LSB (Least Significant Bit), де вкраплення повідомлення відбувається в найменший значущий біт (НЗБ) [1].

Для виявлення інформації, вбудованої таким чином, успішно використовується метод аналізу гістограми зображення на основі  $\chi^2$  - критерію, що обчислюється за наступною формулою:

$$\chi^2 = \sum_{i=1}^{v+1} \frac{(y_i - y_i^*)^2}{y_i^*},$$

де  $v$  – кількість ступенів свободи, на 1 менша за кількість різноманітних значень в гістограмі зображення, а  $y_i$  –  $i$ -те значення гістограми зображення,  $y_i^*$  - очікуваний розподіл гістограми гіпотетичного зображення з вкрапленням повідомленням.

$$y_{2i}^* = y_{2i+1}^* = \frac{n_{2i} + n_{2i+1}}{2},$$

Даний метод, запропонований Andreas Westfeld і Andreas Pfitzmann, дозволяє виявити чи вбудоване зображення у тому випадку, якщо інформація вкраплювалась послідовно, піксель за пікселем. В такому випадку зображення аналізується починаючи з першого пікселя. Дані пікселів зображення додаються до вибірки елементів для побудови гістограми на кожному кроці. На кожній ітерації підраховується значення  $\chi^2$ . Як тільки у вибірку стануть попадати пікселі без вкраплення інформації значення  $\chi^2$  почне зростати, що і вкаже на кінець вкрапленого повідомлення.

В новій стеганосистемі OutGuess 0.1 створеній Niels Provos [2] дані в зображення вбудовуються не підряд, а випадковим чином (наступний 396

піксель для вкраплення обирається з допомогою псевдогенератора випадкових чисел). Також норма вкраплення (кількість змінених пікселів до кількості пікселів придатних для вкраплення) при вбудуванні обирається менше 1. Дані зміни унеможливають застосування звичайного методу на основі  $\chi^2$  – критерію для аналізу зображення.

В зв'язку з чим з'явився розширений метод на основі  $\chi^2$  – критерію запропонований Niels Provos и Peter Honeyman. Даний метод відрізняється методом побудови вибірки – для  $\chi^2$  – критерію береться вибірка елементів для побудови гістограми фіксованої довжини, потім зсувається на 1% і розраховується знову.

Хоча в даному методі застосовується  $\chi^2$  – критерій, тут присутній невідомий параметр - норма вбудовування  $\delta_6$ , який необхідно враховувати для права застосовувати  $\chi^2$  – критерій. Що відповідно вносить зміни до розрахунку гістограми гіпотетичного зображення з вкрапленням повідомлення [3].

$$y_{2i}^* = n_{2i}(1 - \delta_6) + \delta_6 \cdot \frac{n_{2i} + n_{2i+1}}{2},$$
$$y_{2i+1}^* = n_{2i+1}(1 - \delta_6) + \delta_6 \cdot \frac{n_{2i} + n_{2i+1}}{2}$$

У даній роботі протестовано розширений метод  $\chi^2$  критерію описаний в науковій роботі [3], який можна застосовувати при нормах вбудування менше одиниці. А саме, отримано значення оцінок гістограми і значення функції  $\chi^2$  від норми вбудування і гістограми порожнього контейнера.

### Література

1. Грибунин, В. Г. Цифровая стеганография / В. Г. Грибунин. – М. : СОЛОН-Пресс, 2002. – 272 с.
2. Provos Niels, Honeyman Peter, Hide and Seek: Introduction to Steganography, IEEE security and Privacy, Volume 1, Issue 3 (May 2003), Pages: 32 – 44.
3. Применение расширенного метода хи-квадрат для обнаружения встроенной информации / Л.Л. Никитенко // Проблемы управления и информатики. – 2015. – №2. С. 138–143.

## **ПРОЕКТ «АІС РЕЙТИНГ»: СТАН Й ПЕРСПЕКТИВА**

А.В. Бондар, О.Л. Ляхов, С.В. Вірьовкін, С.О. Захаров, Н.А. Фурсова

*Державна інспекція навчальних закладів України*

*Полтавський національний технічний університет імені Юрія Кондратюка,  
Україна*

### **Початковий етап**

Високоякісна сучасна освіта і освічений фахівець виступають основою конкурентоспроможності, економічної та національної безпеки держави. Саме тому Україна визначила нову стратегію реформування освіти, що спрямована на забезпечення державних гарантій рівного доступу до якісної освіти на різних етапах навчання та організацію наукового аналітичного супроводу всіх управлінських рішень [1].

Дана стратегія вимагає забезпечення адекватними сучасними механізмами вимірювання досягнутої якості освіти, виявлення факторів впливу, оцінювання ефективності та результативності освітніх реформ і державних освітніх програм.

Критерії оцінювання якості навчального процесу для здійснення моніторингу ефективності діяльності навчальних закладів та визначення їх рейтингу розробляється на виконання [2]

Враховуючи кількість загальноосвітніх навчальних закладів (ЗНЗ) в Україні (більше ніж 20000), на результати діяльності яких впливає численна кількість факторів, розв'язати поставлену задачу можна лише за умови автоматизації процесу збору інформації та моніторингових досліджень. Державною інспекцією навчальних закладів України була розроблена рейтингова модель моніторингу діяльності ЗНЗ і запропоновано кафедри комп'ютерних та інформаційних технологій і систем Полтавського національного технічного університету імені Юрія Кондратюка здійснити програмну реалізацію відповідної автоматизованої інформаційної системи. Розробці була надана названа "АІС Рейтинг", проектні роботи розпочалися у 2009 році.

Основні вимоги замовника до системи: обчислення критеріїв оцінювання якості навчального процесу, інтегровані показники діяльності ЗНЗ, складати рейтингову таблицю ЗНЗ України; визначення інтегрального рейтингу, а також рейтингів у різноманітних номінаціях та за окремими критеріями; інтерфейс системи повинен бути зручним, а прийоми роботи зручними та простими для пересічних користувачів; передбачити можливість збереження та накопичення даних про навчальні заклади; подання результатів у табличному та графічному вигляді; захист даних від несанкціонованого доступу до бази даних та

програмного коду; результати роботи автоматизованої системи повинні бути подані на електронних сайтах (у мережі Інтернет); адміністрування системою здійснюється ДІНЗ України (головний адміністратор) та районними відділами освіти (контроль введення даних); решта зацікавлених установ та осіб, що мають права користувачів (рис. 1).



Рис. 1. Головна сторінка першої версії АІС «Рейтинг»

Розроблення та випробування "АІС Рейтинг" проводилися на протязі 2010-2011 років у межах "Всеукраїнського експерименту щодо здійснення моніторингу ефективності діяльності загальноосвітніх навчальних закладів із застосуванням Автоматизованої інформаційної системи "Рейтинг"[3]. Учасниками експерименту були: МОН України та ДІНЗ України (координація та управління); Інститут педагогіки Академії педагогічних наук України, Національний педагогічний університет імені М.П. Драгоманова, Державний вищий навчальний заклад "Переслав-Хмельницький державний педагогічний університет імені Григорія Сковороди" (науковий супровід); Полтавського національного технічного університету імені Юрія Кондратюка (програмне та методичне забезпечення, функції Головного адміністратора, делеговані ДІНЗ України, навчання персоналу); органи управління освітою та ЗНЗ Вінницької, Донецької, Житомирської, Запорізької, Київської, Луганської, Львівської, Полтавської, Рівненської, Тернопільської, Харківської, Херсонської, Хмельницької, Черкаської, Чернігівської областей. Хід та результати проведення експерименту висвітлювалися на веб-сайті Міністерства освіти і науки України. Враховуючи конструк-

тивність отриманих результатів експерименту був продовжений на 2011 рік.

### **Сучасний етап**

Загалом аналіз результатів експерименту показали, що АІС «Рейтинг»: суттєво зменшує фінансові витрати на збір, оброблення і поширення інформації про результати діяльності ЗРЗ; забезпечує органи управління освітою інформацією про стан і динаміку розвитку загальної середньої освіти для прийняття обґрунтованих управлінських рішень; сприяє формуванню системи державно-громадського контролю та управління якістю загальної середньої освіти; надає об'єктивну основу оцінювання діяльності навчальних закладів під час проведення їх атестації; забезпечує доступність громадськості, різних соціальних груп, суспільних організацій до результатів оцінювання діяльності навчальних закладів.

На підставі експерименту було прийнято рішення у межах «Національного плану дій щодо впровадження Програми економічних реформ на 2010-2014 роки «Заможне суспільство, конкурентоспроможна економіка, ефективна держава» [5] створити Національну систему рейтингового оцінювання загальноосвітніх навчальних закладів України і, враховуючи, що система фактично є прототипом більш складної автоматизованої системи оцінки якості й управління загальноосвітніми навчальними закладами України, продовжити роботи над цим проектом [6].

Ці роботи були розпочаті у 2013 році. Виходячи із комплексу нових вимог замовника, зокрема, інтеграція із Єдиною державною електронною базою даних з питань освіти України (ЄДЕБО), був проведений глибокий реінженірінг програмної частини системи на основі кросплатформеного ресурсу «Ruby on rails». Система була перенесена на сервери ДП «Інфоресурс», яке підтримує діяльність ЄДЕБО. Також були розроблені й інтегровані із ядром системи нові модулі «Громадська думка», «Генератор звітів», «Формування друкованих звітів», «Розсилка поточної інформації», «Оперативне оповіщення», «Нагорода навчального закладу», «Регіональний компонент» та рекомендації до їх використання, підготовлено технічну документацію та методичний посібник користувача. У кінці 2013 року МОН України було прийнято рішення [7] про дослідну експлуатацію АІС «Рейтинг» на базі ЄДЕБО, яке було проведено на протязі 2014-го року.

*Результати виконання проекту:* розроблена й підготовлена до впровадження у роботу ДІНЗ України або Національної агенції із забезпечення якості освіти, що утворюватиметься, АІС Рейтингу моніторингу діяльності загальноосвітніх навчальних закладів, яка не має ана-



логів у вітчизняній практиці управління системою загальноосвітніх навчальних закладів України, а за цілим рядом якостей перевищує закордонні аналоги. В даний час система знаходиться у робочому стані і досяжна за адресою <http://94.45.137.104:18700/>.

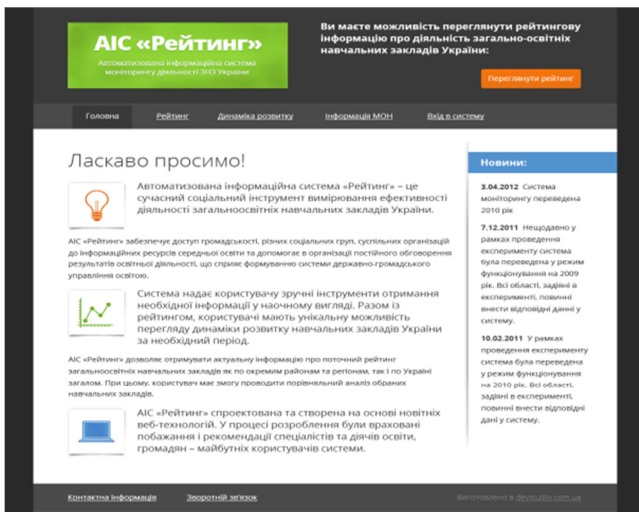


Рис. 2. Головна сторінка нової версії АІС «Рейтинг»

## Перспектива проекту

На підставі аналізу результатів попередніх досліджень та дослідної експлуатації для усунення суб'єктивізму в оцінюванні і прогнозуванні діяльності навчальних закладів у межах проекту розроблено удосконалено нову інформаційну модель моніторингу внутрішньої діяльності ЗНЗ України.

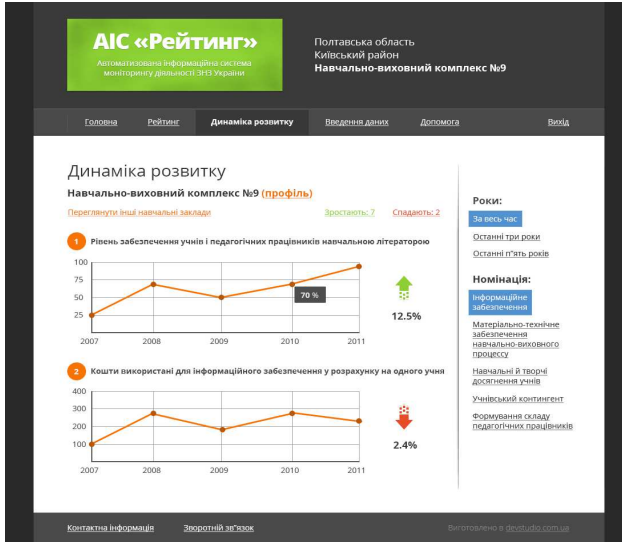


Рис.3. Фрагмент роботи AIC «Рейтинг»

Удосконалена модель відрізняється схемою системоутворюючих відношень, уточненою методами імітаційного моделювання, й методикою визначення вагових коефіцієнтів індикаторів та показників діяльності навчальних закладів, розробленою на основі методів експертної оцінки, парних порівнянь й аналізу ієрархій. Модель реалізована у вигляді програмного модулю, апробованого й підготовленого до інтеграції із ядром AIC «Рейтинг», що є підставою для випуску наступної нової версії цієї системи.

Нова інформаційна модель розроблена на основі нейромережових технологій і втілена у методику автоматизованого динамічного визначення системоутворюючих зв'язків та вагових коефіцієнтів показників діяльності навчальних закладів на підставі поточних даних з урахуванням історії попередніх досліджень. Модель реалізована у вигляді комплексу алгоритмів, апробованих у середовищі стандартного пакету Statistica. Комплекс заходів із програмної реалізації моделі й інтеграції із ядром AIC «Рейтинг» є передумовою випуску новітньої версії цієї системи.

На основі інформаційної моделі, архітектури і принципів програмної реалізації AIC «Рейтинг» розроблено прототип AIC «Лідер», призначеної для моніторингу внутрішньої діяльності ВНЗ III-IV рівнів акредитації [8].

## Література

1. Указ Президента України від 04.07.05 № 1013/2005 "Про невідкладні заходи щодо забезпечення функціонування та розвитку освіти в Україні".
2. Накази Міністерства освіти і науки України від 29.07.05 №454 та 12.08.05 №473.
3. <http://shkola.ostriv.in.ua/publication/code-2F312F19C33D0/list-d4a04af326> (експеримент)
4. Наказ МОН від 01.08.2013 за № 1059 "Про затвердження Положення про національну систему рейтингового оцінювання загальноосвітніх навчальних закладів"
5. Указ Президента України від 27.04.2011 року за № 504.
6. Накази МОН України за № 1343 від 22.11.2011 та від 01.08.2013 за № 1059.
7. Наказ МОН України від 4.01.2014 р. за № 33 "Про дослідну експлуатацію автоматизованої інформаційної системи моніторингу діяльності загальноосвітніх навчальних закладів України «Рейтинг» та підготовку до запровадження рейтингового оцінювання за результатами внутрішнього моніторингу діяльності загальноосвітніх навчальних закладів"
8. Свідцтво про реєстрацію авторського права на твір №46306 Комп'ютерна програма «Автоматизована інформаційна система моніторингу діяльності факультетів, кафедр та науково-педагогічних працівників ВНЗ III-IV рівня акредитації» (АІС «Лідер»). Автори Ляхов О.Л., Віршовкін С.В., Захаров С.О., Фурсова Н.А.

УДК 519.853.32

## РАЗМЕЩЕНИЕ ПРЯМОУГОЛЬНИКОВ В ОБЛАСТИ, ИМЕЮЩЕЙ ЗОНЫ ЗАПРЕТА

И.В.Лимаренко

Харьковский национальный университет радиоэлектроники, Украина

Задачи размещения разного рода геометрических объектов очень актуальны и широко представлены. Это и задачи раскрой-упаковки, которые очень востребованы на производстве. Важность решения данного класса задач сложно переоценить, когда речь идет об экономии сырья. И задачи покрытия. Спектр применения которых очень широк. Например, системы воздушного и космического наблюдения, системы безопасности, агротехнические системы, системы проектирования. При всем этом многообразии задач геометрического проектирования осталась одна наименее изученная область. Это задачи компоновки геометрических объектов. К такому классу задач относятся те, которые требуют разместить определенный (наперед заданный) набор геометрических объектов в некоторую область. Причем, разместить каким-то определенным образом.

Главная цель данной работы – построение математической модели задачи размещения.

Необходимо расположить набор прямоугольников в области так, чтобы центр тяжести самой области был смещен минимально. В качестве области размещения в данной работе выступает круг. Задача осложняется тем, что область размещения имеет зоны запрета, пересечение прямоугольников с которыми недопустимо. Прямоугольники не должны пересекаться друг с другом и должны находиться строго в области размещения.

Прямоугольники имеют фиксированные метрические характеристики. Углы поворотов размещаемых объектов могут быть как постоянными, так и переменными величинами, в зависимости от постановки задачи.

Для формализации отношений между геометрическими объектами используется метод Ф-функций [1].

Сложность решения описанной задачи обусловлена ее принадлежностью к классу NP-трудных задач [2], сложность которых очень быстро возрастает с увеличением размерности.

Решение данной задачи может быть использовано в ракетостроении, строительстве, при грузоперевозках и в других видах хозяйственной деятельности.

На основе построенной математической модели разработан программный модуль. Представлены результаты его работы.

## **Литература**

1. Stoyan Yu.G. Ф-function and its properties // Доп. НАН України. tration, 2001. - № 8 - С. 112 - 117.
2. Пападимитриу Х. Комбинаторная оптимизация. Алгоритмы и сложность. – Москва: Мир, 1985. – С. 512.

УДК 681.32

## **ЕВОЛЮЦІЙНИЙ РОЗВИТОК ЗАКОНІВ КЕРУВАННЯ: ВІД ПРЯМИХ ДО АДАПТИВНИХ**

А.А. Тимченко

*Черкаський державний технологічний університет*

Як відомо [1], закони управління відображають структуру інформаційних потоків, які використовуються для керування: розімкнені, замкнені (зворотній зв'язок), комбіновані та ін. Технологія управління формується на уявленнях компромісу (по проф. Г.В.Щипанову, 1939р.) між необхідністю точного (адекватного) відпрацювання завдання (плану – у) та компенсації стороннього впливу (збурень –  $\lambda$ ) на процес

підтримки якісної реалізації плану. Як свідчить практика управління бажана (адекватна) реалізація відношення

«план» → «факт»,

може бути записано у вигляді умови

$$e = y - x \Rightarrow 0, \quad (1)$$

де  $x$  – регульована величина (факт), а  $y$  – завдання (план),  $e$  – похибка.

Для динамічних систем рівняння вхід-вихід замкненої системи відносно похибки  $e$  при наявності збурень  $\lambda$  має вигляд

$$E(D, t) e = C(D, t) \lambda, \quad (2)$$

де  $E(D, t)$ ,  $C(D, t)$  – деякі оператори від  $D \equiv d / dt$ ,  $\lambda$  – збурення,  $\lambda = \lambda_1, \lambda_2, \dots, \lambda_i, \dots, \lambda_n$ .

Як відомо [2], ідея керування зводиться до створення деякого додаткового пристрою до об'єкта керування у вигляді засобів керування, які описуються деяким законом в загальному вигляді

$$u = F(y, x, u, \lambda_i, t), \quad (3),$$

де  $\lambda_i$  – вимірюване збурення, яке вводиться до зменшення впливу перешкод, можливі інші змінні, які доступні в процесі керування ( $\lambda_1, \lambda_2, \dots, \lambda_l$ ).

Використовуючи метод структурного синтезу [3], отримуємо просту залежність комбінованого керування

$$\tilde{B}(D, t)u = \tilde{A}(D, t)y - \tilde{C}(D, t)\lambda, \quad (4),$$

Де  $\tilde{A}(D, t)$ ,  $\tilde{B}(D, t)$  – оператори технічної реалізації перетворення об'єкту управління. Звідки витікають зв'язки прямого регулювання (по завданню  $y$  та збуренню  $\lambda$  для компенсації його впливу на регульовану величину).

Маємо нетрадиційну систему прямого управління, яка описується поелементно - рівняння об'єкту керування та засобів керування.

$$\begin{cases} A(D, t) x = B(D, t) y + C(D, t) \lambda, \\ \tilde{B}(D, t)u = \tilde{A}(D, t)y - \tilde{C}(D, t)\lambda, \end{cases} \quad (5),$$

якщо технічна реалізація засобів керування дозволяє досягти співвідношень:

$$\tilde{A}(D, t) \equiv A(D, t), \tilde{B}(D, t) \equiv B(D, t), \tilde{C}(D, t) \equiv C(D, t), \quad (6)$$

то може бути виконана умова (1) і принцип проф. Г.В. Щипанова принципово може бути реалізований.

Перевірка практикою свідчить, що неможливо виміряти всі збурення  $\lambda_i$  і тим паче використати їх для компенсації впливу на результат, що приводить до появи похибки

$$e = y - (A^{-1}(D, t) B(D, t) \tilde{B}^{-1}(D, t) \tilde{A}(D, t) y + C(D, t) \lambda) = -C(D, t) \lambda. \quad (7)$$

Якщо використати рівняння об'єкту для можливого визначення збурень  $\lambda_i$

$$C(D, t) = A(D, t) x - B(D, t) u \quad (8)$$

і вести їх в закон керування (4), то отримуємо

$$\tilde{B}(D, t) u = \tilde{A}(D, t) y - \tilde{A}(D, t) x + \tilde{B}(D, t) u. \quad (9)$$

Закон керування за зворотними зв'язками по  $x$  і  $u$  – від'ємним по регульованій величині  $x$  та додатнім по керуючому впливі  $u$ , тобто в системі повинна бути реалізована максимально-достатня інформованість та максимально-важлива швидкодія. А поєднуючи закони керування (5) та (9), отримуємо традиційний некомбінований закон прямого управління.

Перейдемо до принципу «система з моделлю». Якщо використати вираз (7) для знаходження збурень  $\lambda_i$ , то можливо створити додатковий канал по визначенню  $\lambda$  з відповідним операторним перетворенням  $A(D, t)$  та зміною знаку подання його в систему

$$C(D, t) \lambda = -A(D, t) e. \quad (10)$$

В доповіді наводяться приклади окремих систем автоматичного управління та їх моделювання.

## Література

1. Ивахненко А.Г. Индуктивный метод самоорганизации моделей сложных систем. К. – «Наук. Думка», 1982. – 296с.
2. Тимченко А.А. Структурный синтез систем автоматического управления движением тела в пространстве. – К.: ИК АН УССР. – Автоматика, №6. – 1967, С. 93-96.
3. Тимченко А.А. Системный подход до синтезу нових законів керування. // Автоматика/Automatics – 2013. Матеріали XX Міжнародної конференції з автоматичного управління, 25 – 27 вересня 2013р. – Миколаїв: НУК, 2013. – с. 284.

## **АНАЛІЗ РОЗВИТКУ ЕЛЕКТРОННОЇ КОМЕРЦІЇ В УКРАЇНІ В 2014Р.**

Злобін С.В., Злобіна О.В.

*Чернігівський національний технологічний університет, Україна*

Останні кілька років у світі спостерігається справжній бум розвитку електронної комерції. Це один з ринків економіки, що найбільш динамічно розвивається. У 2014 році зростання ринку електронної комерції збільшилося на 12-15% порівняно з 2013 роком. Однак ця статистика покращилася не завдяки Україні, оскільки в країні важка економічна ситуація, військові дії на сході і глибока девальвація гривні.

В Україні близько 50% населення користуються інтернетом. За даними аналітичної компанії GfK, кількість активних інтернет-користувачів досягла 19,3 млн чоловік. З них майже 2,8 млн - це онлайн-покупці (дані представлені по всій Україні, користувачі 16+) [1].

Електроніка та одяг - групи товарів, які найактивніше купують в мережі українські користувачі. У 2013-му більше купували косметику, парфумерію, прикраси, аксесуари та подарунки, говориться у звіті ЕУ по ринку української онлайн-комерції [2].

Найбільша частка продажів у світі, яка припадає на онлайн, спостерігається в секторах медіа, спортивних товарів (близько 33%), електроніки (близько 24%), меблів (близько 15%). Дещо рідше в мережі купують одяг, засоби особистого догляду, їжу і напої. У довгостроковій перспективі за всіма категоріями роздробу Business Insider прогнозує неминуче збільшення частки онлайн-продажів [3]. Що стосується України, то тут електронна комерція знаходиться на етапі становлення, тому учасникам варто використовувати можливості для розвитку, особливо з урахуванням все більшої зацікавленості споживачів в онлайн-покупках, вважають експерти.

У топ-5 українських операторів електронної комерції входять найбільші інтернет-магазини і торгові центри, лідером цього ринку є Rozetka.ua. Крім цієї компанії, серед найбільших гравців - Tickets.ua, modnaKasta, LeBoutique, Slando, Prom.ua, Aukro, Sokol, FotoMag, Allo та інші. За даними компанії AVentures, ринок онлайн-торгівлі характеризується високою консолідацією, і в більшості сегментів топ-5 гравців контролюють 60-90% [4].

Ринок електронної комерції в Україні демонстрував зростання і в попередньому році, незважаючи на слабе проникнення інтернету (42-51% проти 80-90% у США і Європі), низький рівень доходів населення і втручання регулюючих органів в роботу інтернет-магазинів.

Aukrotop100 оцінює зростання електронної комерції в 2013-2014 роках в країні на рівні 49%, при цьому обсяг у грошовому вираженні складає близько \$ 2 млрд [5].

На рівень розвитку ринку онлайн-комерції вплинув і той факт, що великі оператори мають намір розвивати канали онлайн-продажів, в першу чергу в сегменті побутової техніки та електроніки («Фокстрот», «Comfy» і «Алло»). Також помітно розширюється асортимент покупок онлайн, а магазини пропонують все більш широкий асортимент товарів.

У порівнянні з минулим роком українці стали рідше купувати товари та послуги через інтернет. У 2014 році в Україні кількість нових проєктів в сегменті e-commerce істотно зменшилася. Великі інвестори, які торік активно цікавилися ринком, зараз поставили реалізацію своїх проєктів «на паузу». Хоча зовсім недавно на ринок України зайшов британський інтернет-магазин одягу та взуття і це може говорити про те, що український ринок все ще цікавий західним компаніям [6].

«Причини всім зрозумілі: хто вкладатиме в бізнес країни, в якій йде війна? З іншого боку, українці продовжують купувати товари та послуги через інтернет, що дозволило зміцнити свої позиції на ринку вже існуючим гравцям. Це хороший сигнал для бізнесу. Ми прогнозуємо: як тільки ситуація в країні стабілізується, на український ринок e-commerce почнуть виходити великі закордонні гравці з великими інвестиціями», - впевнений Павло Левчук [6].

Якщо говорити про спрямованість новостворених у 2014 році інтернет-магазинів, то серед них більшість - проєкти з продажу продуктів харчування, одягу та взуття, товарів для мам і малюків, а також книг, подарунків і сувенірів, в тому числі hand-made.

## Література

1. Как украинские интернет-пользователи выбирают и покупают товары: [Электрон. ресурс]. – Режим доступа: <http://e-commerce.com.ua/2014/04/как-украинские-интернет-пользователь/>.
2. Дармоустук Е. Украинский рынок онлайн-коммерции за пять лет вырастет на 400%: [Электрон. ресурс]. – Режим доступа: <http://www.companion.ua/articles/content?id=292508>.
3. Рынок электронной коммерции в Украине растёт несмотря на упадок экономики: [Электрон. ресурс]. – Режим доступа: [http://banker.ua/bank\\_news/world/2014/11/25/1180471949/rynok-elektronnoj-kommercii-v-ukraine-rastet-nesmotrja-na-upadok-ekonomiki/](http://banker.ua/bank_news/world/2014/11/25/1180471949/rynok-elektronnoj-kommercii-v-ukraine-rastet-nesmotrja-na-upadok-ekonomiki/).
4. Костюхина И. Рынок розничной торговли Украины: кому нынче жить, а кому выживать?: [Электрон. ресурс]. – Режим доступа: <http://ubr.ua/finances/macroeconomics-ukraine/rynok-rozничnoi-torgovli-ukrainy-komu-nynche-jit-a-komu-vyjivat-315160>.



5. Рынок электронной коммерции в Украине растет не-смотря на упадок экономики: [Электрон. ресурс]. – Режим доступа: [http://banker.ua/bank\\_news/world/2014/11/25/1180471949/rynok-elektronnoj-kommercii-v-ukraine-rastet-nesmotrja-na-upadok-ekonomiki/](http://banker.ua/bank_news/world/2014/11/25/1180471949/rynok-elektronnoj-kommercii-v-ukraine-rastet-nesmotrja-na-upadok-ekonomiki/).

6. Гаенко А. У интернет-магазинов наблюдается спад продаж: [Электрон. ресурс]. – Режим доступа: <http://kp.ua/economics/479688-u-ynternet-mahazynov-nabluidactsia-spad-prodazh>.

УДК 681.3:51

## **ДЕКОМПОЗИЦИОННЫЕ СХЕМЫ ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНОГО АНАЛИЗА ВАРИАНТОВ В ЗАДАЧАХ ИССЛЕДОВАНИЯ И ПРОЕКТИРОВАНИЯ СЛОЖНЫХ СИСТЕМ**

А.Ф. Волошин

*Киевский национальный университет имени Тараса Шевченко, Украина*

Последовательный анализ вариантов (ПАВ) является одним из наиболее общих подходов к решению оптимизационных задач различных классов. Его эффективность подтверждена многочисленными теоретическими исследованиями и практическими применениями. Методология ПАВ была разработана в Институте кибернетики НАНУ в начале 60-х годов прошлого столетия В.С. Михалевичем и Н.З. Шором (впервые изложена в докладе на «IV Всесоюзном математическом съезде» в 1961г.; первые публикации в 1962-1964гг.; базовая публикация [1]; алгоритм ПАВ решения «многовариантной задачи с монотонно рекурсивным функционалом» впоследствии получил название «Киевский веник»). В основу методологии ПАВ положена идея представления процесса поиска решения многовариантной задачи в виде многоступенчатой структуры, напоминающей структуру сложного опыта. Каждая ступень связана с проверкой наличия тех или иных свойств у подмножества вариантов (или отдельных вариантов) и ведет либо к непосредственному сокращению множества вариантов, либо подготавливает такую возможность сокращения в будущем. С точки зрения формальной логики схема последовательного анализа вариантов, являющаяся развитием последовательного анализа А.Вальда [2], сводится к повторению следующей последовательности действий :

- разбиение множества вариантов решений задачи на семейство подмножеств, каждое из которых обладает дополнительными специфическими свойствами;

- использование этих специфических свойств для поиска логических противоречий в описании отдельных подмножеств;

- исключение из дальнейшего рассмотрения тех подмножеств вариантов, в описании которых имеются логические противоречия.

При этом методика последовательного анализа, конструирования и отсеивания вариантов заключается в таком построении вариантов и выборе операторов их анализа, которые позволяют отсеивать бесперспективные части вариантов без их полного построения - по мере того, как эту бесперспективность удастся обнаружить. Поскольку при отсеивании бесперспективных частей вариантов отсеивается тем самым все множество его продолжений, то происходит значительная экономия в вычислительной процедуре, которая является тем более существенной, чем больше специфических свойств задачи использовано для построения операторов анализа и отсева. Вначале основным правилом отсева бесперспективных вариантов был принцип монотонной рекурсивности, родственной критерию оптимальности динамического программирования [3]. На основе этого принципа были построены алгоритмы пошагового конструирования вариантов для решения различных классов многовариантных задач [4].

Наряду с известными достоинствами алгоритмы пошагового конструирования решений обладают и определенными недостатками. Так, они, как правило, предъявляют чрезмерные требования к оперативной памяти ЭВМ и обуславливают с ростом ограничений задачи резкое увеличение объема вычислительной работы для поиска оптимального решения. Вместе с тем, сама методология последовательного анализа вариантов позволяет строить общие схемы решения оптимизационных задач, отличные от динамических (т.е. основанных на пошаговом конструировании решений). Отказ от идеи пошагового конструирования решений при решении задач методом ПАВ приводит к необходимости организовать процедуры анализа отрезков (подвариантов) фиксированной длины. Тем самым исчезает необходимость в выборе "начала" развития частичных решений и устраняется "несимметричность" в анализе компонент решения. Устраняется также необходимость запоминания на каждом шаге множества "недоминируемых" частичных решений, подлежащих развитию на следующем шаге.

Формализованная схема последовательного анализа вариантов такого типа впервые была изложена в докладе Волковича В.Л. и Волошина А.Ф. на «VI Всесоюзной конференции по экстремальным задачам» в 1973г. и опубликована в работах Волошина А.Ф. в 1974-1977гг. (в частности, был предложен алгоритм решения общей задачи дискретного сепарабельного программирования, известный как «алгоритм W»). Вначале были предложены схемы последовательного анализа для задач дискретного программирования [5], позднее для непрерывных [6]

и смешанных задач [7]. С единых позиций предлагаемые схемы последовательной оптимизации были рассмотрены в работах Волковича В.Л. и Волошина А.Ф. [8,9], они явились основой для разработки алгоритмов и соответствующего программного обеспечения для решения широких классов задач математического программирования с последующим их применением для решения прикладных задач. Разработке и исследованию алгоритмов ПАВ для задач дискретной оптимизации посвящена кандидатская диссертация автора («Последовательный анализ вариантов в задачах дискретной оптимизации», физико-математические науки, специальность «Математическая кибернетика», 1978г.), разработке и исследованию общих декомпозиционных схем ПАВ и их применению для решения задач исследования и проектирования сложных систем различного назначения – докторская диссертация автора («Схемы последовательного анализа вариантов в задачах исследования и проектирования сложных систем», техн. науки, специальность «Применение вычислительной техники, математического моделирования и математических методов в научных исследованиях», 1990г.).

За прошедшие 25 лет предложенные алгоритмические схемы использовались автором, его учениками (докторская диссертация Кудина В.И., более десяти кандидатских диссертаций) и другими исследователями для расширения классов решаемых математических и прикладных задач, они положены в основу программного обеспечения в виде систем поддержки принятия решений в различных областях человеческой деятельности, систем автоматизированного проектирования, систем электронного обучения («e-Learning») [10-21].

Доклад, тезисы которого представлены данной публикацией, носит «рекламный» характер и являет собой обзор основного содержания монографии - А.Ф.Волошин, В.И.Кудин. «Последовательный анализ вариантов в задачах исследования и проектирования сложных систем» (Под общей редакцией И.В.Сергиенко, рецензенты – проф. Зайченко Ю.П., проф. Литвинов В.В. . – К.: Наукова думка. – 400с.), издание которой планируется в 2015г. и которая посвящена 85-летию со дня рождения академика В.С. Михалевича, научного консультанта автора доклада. В монографии впервые в интегрированной форме представлены результаты сорокалетних исследований (1975-2015гг.) по разработке методов и алгоритмов ПАВ и их применению для исследования и проектирования сложных систем, в которых авторы монографии принимали непосредственное участие. Цель монографии – на примере решения прикладных задач продемонстрировать универсальность методологии последовательного анализа вариантов, показать ее вычислительную эффективность и перспективность для дальнейших исследований; привлечь моло-

дых исследователей как для дальнейшей разработки самой методологии ПАВ, так и для ее применения к новым классам математических и прикладных задач.

### Литература

1. Михалевич В.С. Последовательные алгоритмы оптимизации и их применение // Кибернетика, 1965, №1. - 45-55; 1965, № 2. - С. 85-89.
2. Вальд А. Последовательный анализ. - М.: Физматгиз, 1960. – 328с.
3. Беллман Р. Динамическое программирование. - М.: Иностранная литература, 1960. - 400 с.
4. Михалевич В.С., Шор Н.З. и др. Вычислительные методы выбора оптимальных проектных решений. - Киев: Наукова думка, 1977. - 178 с.
5. Волошин А.Ф. Об одном методе оптимизации целочисленных моделей // Моделирование и оптимизация систем управления. - Киев: Выща школа, 1974. - С 58-64.
6. Михалевич В.С., Волкович В.Л., Волошин А.Ф. Метод последовательного анализа в задачах линейного программирования большого размера // Кибернетика, 1981, №4. – С.114-120.
7. Михалевич В.С., Волкович В.Л., Волошин А.Ф., Машенко С.О. Последовательный подход к решению смешанных задач линейного программирования // Кибернетика, 1983, №1. - С. 34-38.
8. Волкович В.Л., Волошин А.Ф. Об одной схеме последовательного анализа и отсеивания вариантов // Кибернетика, 1978, №4. - С. 98-105.
9. Волошин А. Ф. Метод локализации области оптимума в задачах математического программирования // Доклады АН СССР, 1987, 293, № 3. - С. 549-553.
10. Волкович В.Л., Волошин А.Ф. и др. Под редакцией В.С.Михалевича. Методы и алгоритмы оптимизации надежности сложных систем. – К.: Наукова думка, 1993. – 312с.
11. Волошин А.Ф., Чорней Н.Б. Исследование алгоритма последовательного анализа вариантов для модели Леонтьева-Форда с разреженной матрицей нормативных коэффициентов // Проблемы управления и информатики, 2001, № 3. – 97-103.
12. Волошин О.Ф., Панченко М.В. Экспертна система якісного оцінювання на основі багатопараметричних залежностей // Проблемы математических машин и систем, 2002, №2. - С. 83-89.
13. Волошин О.Ф., Сальнікова Н.Г. Метод лінійно-квадратичної локалізації розв'язків великорозмірних систем лінійних алгебраїчних рівнянь // Вісник Київ. у-ту ім.Т.Шевченка, Серія фіз.-мат. науки, 2002, № 2. – С.159-162.
14. Voloshyn A. Decision-making support systems as personal intellectual device of a Decision-maker // International Journal “Information Technologies & Knowledge”, Vol.1, №2, 2007. - P.159-162.
15. Voloshyn A., Zaporozhets M., Mulesa P. Diagnostic Systems in Medicine as Personal Intellectual Tooling // International Journal “Information Technologies & Knowledge”, Vol.2, №3, 2008.-P.211-217.

16. Voloshyn A., Antosiak P. On Indirect Approach of Determination of Collective Alternative Ranking on the Basis of Fuzzy Expert Judgements // International Journal "Information Technologies & Knowledge", Vol. 5, №2, 2011. - P. 168-175.
17. Voloshyn O., Kudin V. Analysis finitely small values in computer simulation // International Journal "Information Models & Analyses", Vol. 3, №3, 2014. - P. 203-214.
18. Волошин О.Ф. Методи аналізу статичних балансових еколого-економічних моделей великої розмірності // В кн. «Наукові записки Київ. нац. у-ту ім. Т.Шевченка», Том 7, 2004. – С.43-55.
19. Волошин О.Ф. Методи та інформаційні технології математичного моделювання, аналізу та прогнозування економічних процесів // В кн. «Розвиток методів і технологій моделювання та оптимізації складних систем: Монографія» (Київ: Видавництво «Сталь», 2009. - 668с.). – С.433-472.
20. Волошин А., Кудин В. Последовательный анализ конечно малых возмущений линейных моделей при компьютерном моделировании // International Journal "Information Technologies & Knowledge", Vol. 6, №3, 2012. - P. 240-249.
21. Волошин О.Ф., Гнатіснко Г.М., Кудін В.І Послідовний аналіз варіантів: Технології та застосування: Монографія. – Стило, 2013. – 304.

УДК 004.8.032.26; 517.9; 681.3

## **МОДИФИКАЦИЯ СТАТИСТИЧЕСКОГО КРИТЕРИЯ ИДЕАЛЬНОГО НАБЛЮДАТЕЛЯ И ЕГО СЛЕДСТВИЕ**

С.П. Алешин, Е.А. Бородина

*Полтавский национальный технический университет имени Юрия Кондратюка*

Рассматривается подход к решению задачи модификации критерия идеального наблюдателя и принятие решений в задачах распознавания образов с учетом особенностей предметной области объекта исследования. Принятие решений по классическому критерию среднего риска позволяет найти порог разделения классов, минимизируя общую вероятность ошибки [1]. Однако в ряде предметных областей ошибки первого и второго рода вносят существенно отличающийся вклад в ожидаемый ущерб от их реализации. Проблема состоит в нахождении технологии, которая осуществляла выбор порога разделения классов в пространстве информативных признаков с минимизацией ожидаемых потерь в предметной области. Технология должна включать как теоретическое обоснование порога разделения классов, так и его инструментальную реализацию [2]. Предложена нейросетевая технология инструментальной реализации принятия решений по величине предотвращенного ущерба, на основе выбора порога разделения классов в пространстве их информативных признаков с учетом дифференциации потерь от ошибок первого и второго рода. Представлена методика и

алгоритмы построения разделяющей поверхности классов позволяет обеспечить учет особенностей предметной области за счет определения и минимизации ожидаемых потерь из-за статистических ошибок первого и второго рода, а так же реализованы модели на уровне программ в основном коде стандартного пакета технического анализа данных.

Так как изначально установлено, что предметные риски от ошибок первого и второго рода различны согласно особенностям предметной области, то необходимо рассчитывать и вероятности появления этих ошибок, что позволяет оценивать их последствия, выраженные в терминах и количественных шкалах физических потерь. Очевидно, что при этом будут отражены особенности предметной области, которые учтены в элементах матрицы потерь. Выбор порога для разделения пространства признаков разных классов, требует пояснений. Ошибка первого рода заключается в том, что отвергают нулевую гипотезу, в то время как в действительности эта гипотеза верна. Ошибка второго рода состоит в том, что принимают нулевую гипотезу, в то время как в действительности эта гипотеза неверна.

$\alpha = P\{T \in \Omega_\alpha \mid H_0\}$  – вероятность ошибки первого рода, когда нулевая гипотеза отвергается, хотя на самом деле она верна, где  $T$  – функция от репрезентативной выборки (или сама выборка).

$\{\Omega_\alpha\}$  – необходима критическая область значений выборки с заданным уровнем значимости.

$\{H_0\}$  – основная (или нулевая) гипотеза, которая исследуется.

$\beta = P\{T \notin \Omega_\alpha \mid H_1\}$  – вероятность ошибки второго рода, когда нулевая гипотеза принимается, хотя на самом деле она не верна, где  $\{H_1\}$  – гипотеза альтернативная основной гипотезе.

Поставленная задача формализуется выражением:

$$U_{ог} = \varphi [ (\alpha, \beta / X_{nop}) \cdot A_{jm} ] \quad (1)$$

при условии, что  $\alpha = P\{T \in \Omega_\alpha \mid H_0\}$  и  $\beta = P\{T \notin \Omega_\alpha \mid H_1\}$ ,  $X_{nop}$  – порог раздела признаков пространственных классов,  $A_{jm} \in M_{nm}$ , где  $M_{nm}$  – матрица потерь.

Порог принятия решения играет ключевую роль и в простом случае должен быть связан с точкой (или областью), которая делит величину ущерба пополам. Очевидно, что при этом будут отражены особенности

предметной области, которые учтены в элементах матрицы потерь. Выбор порога для разделения пространства признаков разных классов требует пояснений (рис. 1).

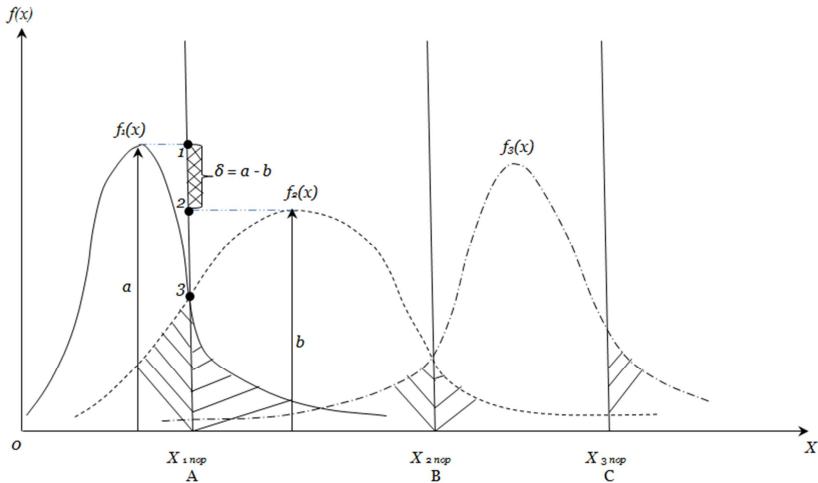


Рис.1. Демонстрация несовпадений вероятностей ошибок и физических потерь от них.

Для определения порога разделения классов с учетом ошибок первого и второго рода разработан алгоритм, позволяющий оценивать вероятности ошибок первого и второго рода, рассчитывать весовые коэффициенты потерь. Весовые коэффициенты потерь реализованы с вероятностями соответствующих ошибок. Произведение максимально возможных потерь на вероятность появления этих потерь позволило количественно оценить ожидаемый материальный ущерб. Реализация этого произведения осуществлена на базе пакета технического анализа данных объединением вероятностных и линейных нейросетевых моделей. Следствием является модификация статистического критерия Неймана-Пирсона по тому же принципу[2].

### Литература

1. Хайкин С. Нейронные сети: полный курс / Хайкин С. – [2-е изд.]; пер. с англ. – М.: Издательский дом «Вильямс», 2006. – 1104 с
2. Алёшин С.П., Ляхов А.Л, Бородина Е.А. Нейросетевая оценка предметных рисков принятия решений по величине прогноза предотвращенного ущерба. / Алёшин С.П., Ляхов А.Л, Бородина Е.А. // Научные ведомости БелГУ (Научный рецензируемый журнал).– 2014. – №21 (192) – Выпуск 32/1 – С. 142–147. – Белгород, (Россия).

## МОДИФИКАЦИЯ СТАТИСТИЧЕСКОГО КРИТЕРИЯ НЕЙМАНА-ПИРСОНА

С.П. Алешин, Е.А. Бородина

*Полтавский национальный технический университет имени Юрия Кондратюка*

Рассматривается подход к решению задачи модификации статистического критерия Неймана-Пирсона, как следствие задачи модификации критерия идеального наблюдателя, играю неотьемлемо важную роль в определении уровня ущерба от принятого решения. Принятие решений по классическому критерию Неймана-Пирсона позволяет найти пороговый уровень, заданный вероятностью ложной тревоги и затем минимизировать вероятность пропуска цели (условная вероятность ошибки). При рассмотрении различных предметных областей, пропуск цели (ошибка второго рода) и ложная тревога (ошибка первого рода), существенно влияют на уровень ожидаемого ущерба от принятия той или иной гипотезы. Проблема состоит в поиске метода, позволяющий осуществить выбор порогового уровня в пространстве репрезентативных признаков нескольких классов с возможностью уменьшения уровня ожидаемого ущерба в интересующей предметной области. Представленный метод должен предусматривать теоретическое обоснование порогового уровня ущерба и инструментальную реализацию [2]. Предложена нейросетевая технология инструментальной реализации принятия решений по величине допустимого порогового уровня в пространстве репрезентативных признаков с учетом зафиксированной вероятности ложной тревоги (ошибка первого рода) на выбранном пороговом уровне. Представленная методика и алгоритмы выбора порогового уровня для поверхности классов, обеспечивающие учет особенностей интересующей предметной области, позволяет определить и минимизировать ожидаемый ущерб из-за пропуска цели (ошибка второго рода) и ложной тревоги (ошибка первого рода). Данные модели реализованы на уровне программ в основном коде стандартного пакета технического анализа данных.

Так как изначально установлено, что пропуск цели (ошибка второго рода) определяется условной вероятностью  $P(\hat{b}_0 / b_1)$ , а ложная тревога (ошибка первого рода) описывается условной вероятностью  $P(\hat{b}_1 / b_0)$ . Очевидно, что последствия этих ошибок сильно различаются, в таком случае, целесообразно стремиться к уменьшению условной вероятности ошибки, вызывающей особо тяжелые последствия (пропуск цели). Это возможно реализовать за счет увеличения вероятности



ошибки ложной тревоги (ошибка первого рода), при этом осуществляется фиксирование вероятности ложной тревоги на выбранном уровне  $\alpha_{ооn.HII}$  :

$$P_{01.HII} = \int_{x_{01.min}}^{\infty} f_1(x) dx = \alpha_{ооn.HII} \quad (1)$$

Поставленная задача формализуется выражением:

$$F(P_{01.HII}) = P_{01.HII} \cdot Y_{01} \leq Y_{01доп}$$

$$x_{01.HII мод} \rightarrow (F_{P_{01.HII}} \leq F_{P_{01.HII доп}}),$$

где  $Y_{01}$  – уровень понесенного ущерба при принятии ложной тревоги (ошибка первого рода);

$Y_{01доп}$  – уровень допустимого ущерба при принятии ложной тревоги (ошибка первого рода);

$x_{01.HII мод}$  – пороговый уровень модифицированного критерия Неймана-Пирсона.

Выбор порогового уровня в пространстве репрезентативных признаков нескольких классов представлен на рис. 1.

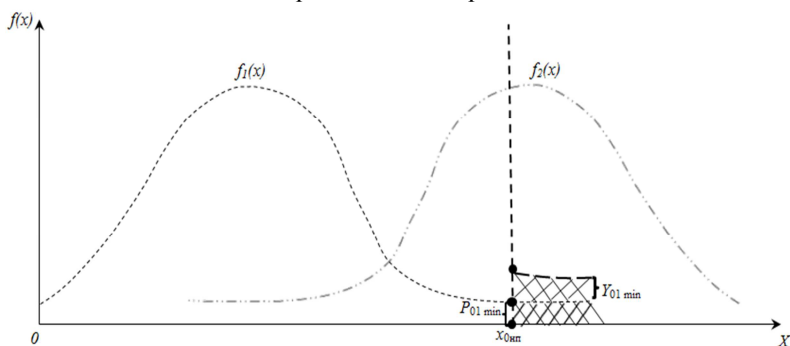


Рис.1 Выбор порогового уровня в пространстве репрезентативных признаков нескольких классов.

Модифицированного критерия Неймана-Пирсона позволяет сравнивать допустимый пороговый уровень ущерба с рассчитанным пороговым уровнем ущерба, что позволяет определить целесообразность принятия той или иной гипотезы.

### Литература

1. Хайкин С. Нейронные сети: полный курс / Хайкин С. – [2-е изд.]; пер. с англ. – М.: Издательский дом «Вильямс», 2006. – 1104 с

2. Алёшин С.П., Ляхов А.Л., Бородин Е.А. Нейросетевая оценка предметных рисков принятия решений по величине прогноза предотвращенного ущерба. / Алёшин С.П., Ляхов А.Л., Бородин Е.А. // Научные ведомости БелГУ (Научный рецензируемый журнал). – 2014. – №21 (192) – Выпуск 32/1 – С. 142–147. – Белгород, (Россия).

УДК 621.397

## **ИСПОЛЬЗОВАНИЕ СОВРЕМЕННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ ЗАЩИТЫ ОТ НЕСАНКЦИОНИРОВАННОГО ДОСТУПА ПРИ ПРОЕКТИРОВАНИИ СИСТЕМ ВИДЕО СВЯЗИ БЕСПИЛОТНЫХ СИСТЕМ**

К.Н. Григорьев, В.В. Литвинов

*Черниговский Государственный Технологический Университет, Украина*

Актуальной проблемой является создание надежного и безопасного канала двусторонней связи с беспилотными аппаратами. В условиях резкого дефицита (вплоть до полного отсутствия) финансирования современных разработок в области беспилотных летательных систем, военные структуры Украины оказались в условиях отсутствия каких либо отечественных разработок не только в области связи, но и в области самих летательных аппаратов. В данной ситуации единственной альтернативой, которую до недавнего времени активно применяли различные волонтерские организации было создание беспилотных систем на базе импортных компонент, как правило любительского назначения. При этом попытки наладить импорт военных образцов наталкивались на ожесточенное противодействие со стороны ряда международных игроков, что до последнего момента ограничивало применение в военных целях исключительно любительских решений. Не удивительным является тот факт, что созданные в любительских целях каналы двусторонней связи с беспилотными аппаратами не являются защищенными и подвержены перехвату специальными средствами противника.

В связи с сложившейся ситуацией перспективным выглядит использование промышленных технологий цифрового телевидения для создания устойчивого и надежного канала передачи видео с наземной станцией. Стандарты цифрового телевидения имеют длинную историю успешного применения, имеют множество встроенных технологий защиты от потерь, а также, что существенно для применения в указанной задаче, имеют встроенные протоколы защиты от несанкционированного доступа.

Стандарт цифрового телевидения кодирования сигнала для защиты от несанкционированного доступа предусматривает последовательное применение блочного и потокового алгоритма кодирования с применением ключей длиной от 64-бит.

Проектирование целевой системы с применением 'невоенных' технологий позволяет удовлетворить немедленный спрос на построение устойчивых и защищенных каналов связи для беспилотных летательных систем.

Дополнительной ценностью при кодировании сигнала по стандарту цифрового телевидения является возможность применения бытовых телевизионных приемников для приема сигнала на наземных станциях. В условиях повышенной опасности нахождения в точке управления беспилотным аппаратом это делает возможным усиление защищенности пользователей видеопотоков принимаемых с беспилотных систем.

Определенную сложность в создании эффективных систем видеопередачи в беспилотных системах составляют ограничения по вычислительной мощности встроенных бортовых систем, а также ограничения по энерговооруженности, что при повышенных мощностных нагрузках приводит к ограничению радиуса действия целевого беспилотного аппарата. В таких случаях существенную роль играют алгоритмы оптимизации параметров кодирования видео сигналов.

### **Литература:**

1. CSA - Общий Алгоритм Скремблирования [https://ru.wikipedia.org/wiki/Common\\_Scrambling\\_Algorithm](https://ru.wikipedia.org/wiki/Common_Scrambling_Algorithm)
2. Стандарт DVB: ETSI TS 100 289. Support for use of the DVB Scrambling Algorithm version 3 within digital broadcasting systems. V.1.2.1 (2014-03)
3. Галкин А.П. Радиосистемы для защиты каналов связи от несанкционированного доступа к информации. Учебное пособие. — Владимир: Владимирский государственный университет, 2003. — 104 с. — ISBN 5-89368-399-4.

UDC 004.051

## **DATA TRANSMISSION ISSUES BETWEEN A SERVER APPLICATION AND A MOBILE DEVICE APPLICATION**

Andrii Mokrohuz

*Chernihiv National University of Technology, Chernihiv, Ukraine*

A mobile device is a small computing device with relatively powerful computing abilities, which makes possible to use it in every field of human life. The number of mobile devices' users achieved the number of desktop computers' users in 2014 and the number of mobile users exceeded the

number of desktop users in 2015. In 2015 mobile devices will send and receive 4.4 exabytes ( $4.4 * 10^{18}$  byte) per month. And this value will grow in the future. Thus, the work considers protocols and mobile devices' limitation (hardware and software) in order to handle increasing amount of data. The work concentrates on software of mobile devices; especially, it concerns protocols of communication between client and server and touches hardware only in relation with software. It should be noted, that application level protocols are the subject of consideration.

It is possible to send different types of information, such as:

1. Graphical is the most ancient type of information, which has been implemented for a way to store information about the world in the form of rock paintings, and later in the form of paintings, photographs, diagrams, drawings on paper, canvas, marble and other. The material depicting picture of the real world.
2. Sound (acoustic) type of the information is a kind of musical information. For this type special method has been devised, which makes storing sound information similarly to graphical information.
3. Text is a method of encoding human speech by using special characters such as letters. Different people have different languages and use different sets of characters to display the text.
4. Numerical type is a quantitative measure of objects and their properties in the surrounding world. It is similar to the text information and special characters (digits) are used to display numbers using the method of encoding. The coding system can be different as well.
5. Video data is a way to save the "live" pictures of the world; it appeared with the invention of cinema

Very often users of the Internet or network send these types of information from a client to a server and back. Obviously information is sent between pieces of software or applications. Thus, special rules are required to send data from one application to another application. Good example of such rules is a protocol. There are different levels of protocols in terms of network communication.

No doubt, one of the most popular protocols is HTTP (HTTPS) in the Internet. Every mobile device has a browser application which uses HTTP to obtain information from a server and send requests on a server.

Protocol HTTP acts the same way on mobile devices as on normal PC. However, mobile device is generally a computing device, but it has some characteristics which imply some limitations. These limitations make mobile device "special" in terms of communication between a client and a server where mobile device is a client. These limitations were considered:

1. Range and Bandwidth of the Internet connection. 3G or 4G is slower than Wi-Fi or direct cable connection. And many mobile devices cannot have direct cable connection because of its construction. Wi-Fi can be used, but it has limited range. Slower and limited internet connections dictate very obvious rule about information transferred from or to mobile device. The amount of data transferred should be smaller, but this does not mean that loss of data is allowed.
2. A mobile device works on a battery power most of the time. 3G and 4G consume battery with bigger intensity. So working time of a device depends on battery life.
3. Usually screens of mobile devices are smaller than devices of normal PC, so developers need to think what information to send to client more carefully.
4. Security is one of the important issues for communication especially when one of the parties is a mobile device. Security assumes additional overhead of the traffic, so this is another limitation for mobile devices. Because more traffic means less battery life, so functionality of mobile devices is decreased as well.

Any protocol contains technical information as well as useful information. It is impossible to decrease amount of useful information because the message becomes corrupted and means no sense. One of the solutions is decreasing amount of technical information inside a protocol to improve communication.

### References:

1. Statistics on mobile usage and adoption to inform your mobile marketing strategy. [Online]. Viewed May 5, 2015. Available at: <http://www.smartinsights.com/mobile-marketing/mobile-marketing-analytics/mobile-marketing-statistics/>.
2. Global mobile data traffic from 2014 to 2019 (in exabytes per month). [Online]. Viewed June 2, 2015. Available at: <http://www.statista.com/statistics/271405/global-mobile-data-traffic-forecast/>.
3. Модель OSI. [Online]. Viewed May 23, 2015. Available at: [http://ru.eduarea.com/course/edu1a00n/view/%D0%A1%D0%B5%D1%82%D0%B5%D0%B2%D0%BE%D0%B5\\_%D0%B2%D0%B7%D0%B0%D0%B8%D0%BC%D0%BE%D0%B4%D0%B5%D0%B9%D1%81%D1%82%D0%B2%D0%B8%D0%B5/%D0%9C%D0%BE%D0%B4%D0%B5%D0%BB%D1%8C\\_OSI](http://ru.eduarea.com/course/edu1a00n/view/%D0%A1%D0%B5%D1%82%D0%B5%D0%B2%D0%BE%D0%B5_%D0%B2%D0%B7%D0%B0%D0%B8%D0%BC%D0%BE%D0%B4%D0%B5%D0%B9%D1%81%D1%82%D0%B2%D0%B8%D0%B5/%D0%9C%D0%BE%D0%B4%D0%B5%D0%BB%D1%8C_OSI).
4. Poslad, Stefan (2009). Ubiquitous Computing: Smart Devices, Environments and Interactions. Wiley.

## **СИСТЕМО-ЦЕНТРИЧЕСКАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ В ANDROID**

И.И. Карпачев

*Черниговский национальный технологический университет, Украина*

Приложения, работающие на смартфонах, поддерживают большинство современных сфер в коммуникации, развлечении и коммерции. Аппаратный доступ и поддержка приложений очень доступна и имеет относительно небольшую стоимость (Apple Market, Google Play Store, Blackberry App World). Как результат, смартфоны стали настолько распространены. В связи с этим возрастает необходимость защиты устройств от кражи или несанкционированного доступа.

Модель безопасности в Android как и в большинстве других операционных систем, «системно-центрическая» (system-centric). Приложение статически определяет все необходимые права, которые управляют доступом к данным или же аппаратным интерфейсам во время инсталляции. В целом, набор прав определяет неявно, какой тип защиты нужен в том или ином приложении. В ОС Android пропущено 3 основные возможности [2]:

1) Политика назначения прав – приложение имеет ограниченный доступ к возможности контролировать назначение интерфейсов (к примеру, приложения с белого или черного списка).

2) Политика предоставления доступа к интерфейсам – Android предоставляет доступ только к приложению, которое позволяет взаимодействовать с интерфейсом, но нет возможности контролировать доступ приложений к данному интерфейсу.

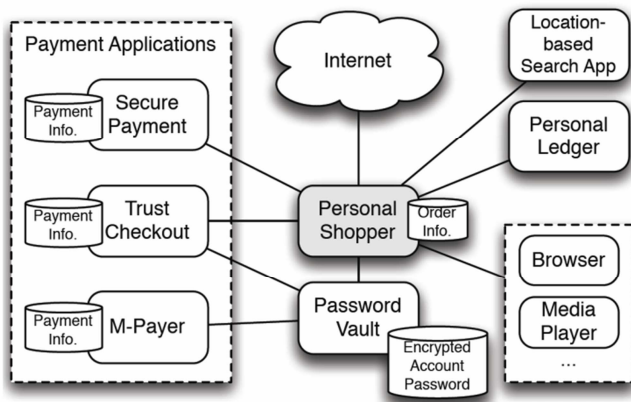
3) Политика использования интерфейса – приложение ограничено в плане возможности выбора интерфейса в процессе выполнения.

На примере сервиса PayPal можно рассмотреть почему данный подход использует подход при котором данные пользователя могут быть получены третьей стороной. Приложения, такие как браузер, почтовый клиент, магазин приложений, музыкальные плееры и т.д., могут использовать сервис PayPal для оплаты различных дополнений. В таком случае приложение PayPal, у которого есть набор прав, которые дают доступ к другим приложениям (иначе его нельзя было бы использовать). К каким именно приложениям имеет доступ PayPal? Ответ на этот вопрос есть, пожалуй, только у разработчиков сервиса, а именно у PayPal корпорации. Таким образом, нет никакой возможности у разработчика контролировать как, кем и когда был произведен запрос. К сожалению, ОС Android не отвечает на данные вопросы. Все усилия направлены на то чтобы защитить устройство, но нету меха-

низма защиты самих приложений от неумышленного предоставления данных третьей стороне.

Улучшить данную схему можно путем предоставления общего интерфейса доступа к сервисам оплаты. Предоставление значительного большего доступа к инфраструктурной политике дало бы возможность управлять правами доступа. Проблема заключается в том, что предоставление прав определяется так называемым назначителем прав. Доступность его контроля через предоставляемое Google API очень сильно ограничено. Особое внимание заслуживает политика взаимодействия между приложениями в процессе выполнения (IPC – Inter Process Communication). Если приложение А хочет передать любые данные приложению Б, то этот процесс полностью (за исключением самих данных) контролируется операционной системой. Хотя, существующая система, базирующаяся на правах, предоставляет достаточно тривиальный статический доступ к политике безопасности, гибкость последней недостаточна в большинстве случаев. Для того чтобы ограничить количество приложений, которым передается приватная информация, у разработчика нет ничего (нет даже возможности указать минимальную версию операционной системы и списка прав, которыми оно должно обладать). Более того, поскольку это мобильное устройство, то необходимо регулирование базируемое на состоянии телефона (прослушивание музыки, или же прием входящего звонка/сообщения). Подобные функции предоставляются только внутри своего собственного приложения. Совершенно невозможно изменить список прав без реинсталляции приложения. Улучшить данную схему можно было бы полным или частичным удалением/заменой прав доступа.

На рисунке 1 изображено приложение PersonalShopper для смартфонов. Это приложение определяет, что пользователь хочет купить и взаимодействует с системой оплаты. Пользователь вводит интересующий его товар, через пользовательский интерфейс, создавая тем самым карту покупки.



*Рис. 1. PersonalShopper, приложение находит желаемый товар и взаимодействует с сервисом оплаты*

Таким образом, для того чтобы сделать подобные системы более безопасными для конечного пользователя, необходимо реализовать политику предоставления прав доступа (на уровне ОС) [1]. Только доверенным системам оплаты приложение может передавать информацию введенную пользователем. Политика взаимодействия в режиме выполнения между приложениями и отдельными сервисами. Операционной системой не предоставляется никакого механизма разграничения прав доступа (доступ к GEO\_LOCATION обязательно требует доступа к ACCESS\_LOCATION). Исправив эти недостатки, безопасность ОС Android можно будет поставить на новый виток.

### **Литература**

1. J. P. Anderson, "Computer security technology planning study, volume II," Deputy for Command and Management Systems, HQ Electronics Systems Division (AFSC), L. G. Hanscom Field, Bedford, MA, Tech. Rep. ESD-TR-73-51, October 1972.
2. P. McDaniel and A. Prakash, "Methods and Limitations of Security Policy Reconciliation," in IEEE Symposium on Security & Privacy, May 2002, pp. 73–87.



## **ПРОВЕРКА ДОСТИЖИМОСТИ СОСТОЯНИЙ БИЗНЕС-ПРОЦЕССОВ НА Е-СЕТЕВЫХ МОДЕЛЯХ**

В.В. Казимир, М.В. Харченко

*Черниговский национальный технологический университет, Чернигов, Украина*

На завершающих этапах моделирования бизнес-процессов необходимо их анализ. В работе [1] был предложен метод формализации бизнес-процессов, основанный на использовании аппарата управляющих Е-сетей (СЕН - control E-net) [2]. Управляющие Е-сети - это расширение сетей Петри, ориентированное на задачи управления. От обыкновенных Е-сетей [3] управляющие Е-сети отличаются введением дополнительных переходов-очередей, дополнительным использованием переменных сети (входных и выходных сигналов), а также множеством управляющих позиций, которые определяют правила срабатывания переходов сети.

Применение формального аппарата управляющих Е-сетей позволяет выполнить анализ моделей бизнес-процессов, заключающийся в оценке достижимости маркировок, выявлении мертвых и тупиковых состояний, приводящих к прекращению или заикливанию бизнес-процесса и выявлению недопустимых сценариев его выполнения. Поскольку управляющая Е-сеть - это расширенная сеть Петри, для анализа ее свойств наиболее удобно использовать граф представления множества достижимости сетей Петри (дерево достижимости (ДД) [4]). В этом дереве представлены все достижимые состояния сетей Петри.

На рисунке 1 приведен пример простой управляющей Е-сети, описывающей бизнес-процесс обработки заявки на публикацию статьи. Автор подает статью вместе с необходимыми документами в редакцию (наличие метки в позиции Р1). В переходе У1 проверяется условие повторной подачи статьи. Повторная подача возможна, если первоначальный вариант статьи и документов был оформлен не в соответствии требованиям редакции. В этом случае атрибут метки "повторная подача" имеет значение true. Если статья подается впервые, значение этого атрибута равно false. После срабатывания перехода метка перемещается в позицию Р3. Наличие метки в позиции Р3 инициирует срабатывание перехода Х1, в котором происходит проверка правильности оформления поданных документов и статьи. Если все документы оформлены согласно требованиям редакции, метка перемещается в позицию Р4. Если нет - метка перемещается в позицию Р5, после чего автор вносит необходимые исправления и происходит установка атрибута "повторная подача" в значение true (переход Т1). Из состояния

"Исправления внесены" (позиции P2) документы опять поступают на вход перехода Y1. Из позиции P4 оформленные согласно правилам статья и документы регистрируются и переходят с помощью перехода QF1 в состояние "Статья принята к публикации" (позиция P6).

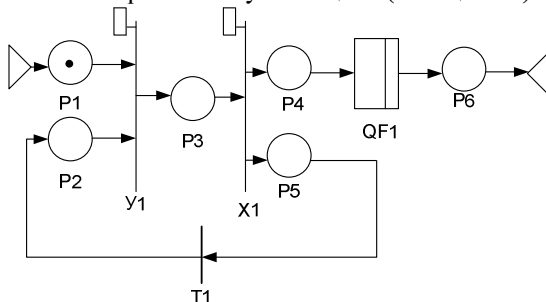


Рисунок 1 – Пример управляющей E-сети

Такой сети будет соответствовать следующее ДД (рисунок 2):

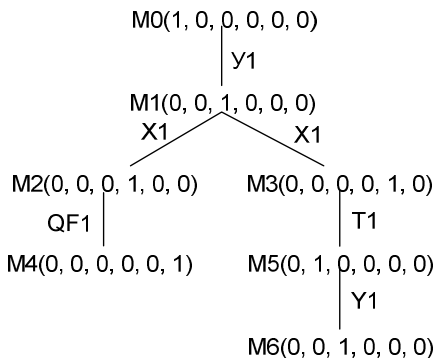


Рисунок 2 – Пример дерева достижимости

В приведенном ДД вершина M0 – граничная, поскольку в ней задается начальная маркировка сети (1,0,0,0,0,0). Вершина M1 – дублирующая (M1 = M6). Вершина M4 – терминальная, так как из нее не разрешен ни один переход. Дальнейшее построение ДД можно не продолжать, поскольку последовательность маркировок M1-M5 будет повторяться начиная с маркировки M6.

Проведя анализ полученного ДД можно сделать ряд выводов.

1. Переход QF1 достижим, но не живой (он достижим не из любой маркировки сети). Из этого следует, что сеть, представленная на ри-

сунке 1, тоже неживая. То есть, не все действия бизнес-процесса, описанные с ее помощью, выполнимы при его развитии. Такая ситуация недопустима если этот переход находится на пути к терминальной вершине в ДД, описывающей маркировку сети при завершении бизнес-процесса.

2. Приведенная управляющая E-сеть тупиковая для случая постоянного выполнения последовательности маркировок M1-M3-M5 после маркировки M0. В приведенном примере это означает, что возможна такая ситуация при которой бизнес-процесс будет выполняться бесконечно (зациклиться). Следовательно, требуется внести изменения в анализируемую формализованную модель.

3. Не все допустимые маркирования сети приводят к завершаемости бизнес-процесса. Из последовательности маркировок M0-M3-M5-M6 нельзя достичь конечную позицию P6.

4. Сеть противоречивая. Если продолжить построение ДД, то маркировку M5 можно достичь с помощью двух разных множеств переходов  $S = \{Y1, X1, QF1\}$  и  $E = \{Y1, X1, T1, QF1\}$ .

Таким образом, применяя метод анализа управляющих E-сетей на основе дерева достижимости можно на этапе разработки формализованной модели бизнес-процесса выявить и исправить допущенные ошибки. Это позволяет не допустить начало выполнения такого бизнес-процесса и, тем самым, избежать негативных последствий в случае его запуска.

## Литература

1. Казимир В.В. Метод формализованного опису бізнес-процесів управляючих web-порталів. [Текст] / В.В. Казимир, М.В. Харченко // Математичні машини і системи. – 2015. - №2. – С. 133-138.
2. Казимир В.В. Модельно-ориентированное управление интеллектуальными производственными системами: дис. доктора техн. наук: 05.13.06 / Казимир Владимир Викторович. – К., 2006. – 301 с.
3. Nutt G.J. Evaluation Nets for Computer Systems Performance Analysis. FJCC, AFIPS PRESS. – 1972. – Vol. 41. – P. 279-286.
4. Питерсон Дж. Теория сетей Петри и моделирования систем. [Текст] / Дж. Петерсон. – М.: Мир, 1984. – 264 с.

## **ИНФОРМАЦИОННАЯ СИСТЕМА ОЦЕНКИ ЗРЕЛОСТИ ИТ-КОМПАНИЙ БИЗНЕС-ЦЕНТРАМИ**

Литвинов В.В., Трунова Е.В., Кислый В.В.

*Черниговский национальный технологический университет, Чернигов, Украина*

На этапе глобализации и евроинтеграции многосторонних экономических отношений формируются новые ориентиры в процессе взаимодействия университетов и предприятий.

Многие университеты в качестве механизма передачи новых наукоемких технологий промышленности используют бизнес-центры. Основная цель которых - создать технологии, обеспечивающие продвижение и внедрение инноваций университетской науки в промышленность, разработать систему управления зрелостью Start-Up-компаний в бизнес-центре и инструментальные средства поддержки управления зрелостью Start-Up-компаний.

Одним из видов инструментального решения поставленной задачи – является информационная система (ИС) оценки зрелости ИТ-компаний в основе которой лежит «калькулятор», оценивающий целесообразность поддержки Start-Up/Spin-Off компании и определяющий уровень их зрелости:

Актуальность создания подобных инструментальных средств связана не только с решением проблемы трансфера наукоемких технологий из университетской среды в промышленность, но и в растущей потребности крупных ИТ-компаний в проведении диагностики бизнес-процессов компаний-заказчиков, в составлении полной и непротиворечивой модели бизнес-процессов, используемой для целей оптимизации функционирования компании [2].

В результате проведенного анализа существующих решений поставленной задачи не выявлено или они находятся в стадии разработки.

Уровень зрелости ИТ-компаний – это степень, до которой она определена, управляема, измеряема, контролируема и эффективна [3,4]. Зрелость подразумевает потенциал для роста продуктивности и отражает как полноту организации, так и постоянство, с которым она проявляет себя во всех своих проектах.

В отличие от имитационных моделей, учитывающих временные рамки проектных операций, «калькуляторы» дают возможность наблюдательному совету бизнес-центра, на основе индикативных признаков, отражающих состояние выполнения проектных операций для множества проектов, осуществлять поддержку принятия решений о:

- начале «опеки» коллектива, подавшего заявку на поддержку со стороны бизнес-центра Университета и формировании новой Start-Up компании;
- выявлении «узких мест» в деятельности поддерживаемой компании, с целью выработки рекомендаций по устранению проблем и повышению эффективности компании
- переводе поддерживаемой Start-Up компании в состояние Spin-Off компании;
- прекращении поддержки Start-Up/ Spin-Off компании со стороны бизнес-центра;
- выпуске Spin-Off компании в самостоятельное функционирование.

В большинстве случаев в качестве критерия оценки зрелости IT-компаний учеными рассматриваются исключительно экономические оценки, основанные на дисконтированных или учетных показателях, а также методы интегральной оценки, ориентированные на максимизацию прибыли от внедрения IT-компаний. Однако, в связи с наличием на современном этапе в экономических субъектах более широкого круга критериев оптимального развития, связанных с учетом нестабильности макроэкономических процессов, а также неразвитостью критериев учета нечеткой исходной информации при принятии управленческих решений, использование таких подходов является несовершенным и уже не отвечает существующим потребностям.

В основу данного «калькулятора» положена модель зрелости процессов разработки программного обеспечения в компаниях, Software Engineering Institute при университете Карнеги-Меллона (США) SW-CMM. Развитие компании подразделяется на 5 фаз, каждая из которых характеризуется определенной динамикой ключевых показателей, которые отражены в базе знаний нечеткой модели «Оценка уровня зрелости Start-Up», используемых для проведения тестирования компании на любом этапе своего развития.

На начальном этапе, формирования Start-Up-компаний ее зрелость будет соответствовать первому «начальному» (Initial) уровню. На выходе из бизнес-центра, Spin-Off-компания должна соответствовать как минимум третьему «установленному» (Defined) уровню [1].

Версия SW-CMM v.1.1 (Capability Maturity Model for Software) содержит близко 120 ключевых практик (Key Practices), которые должны быть внедрены в компании для достижения 5-го уровня зрелости. Ключевые практики объединяются в области – Key Practices Areas (КПА) - это уже совокупности взаимосвязанных процессов, которые при совместном выполнении и приводят к достижению определенного

набора целей. Именно фактическое освоение данных практик «опекаемой» компанией выбраны в качестве индикаторов, и на это будет обращать внимание группа экспертов, проводящая оценку процессов [1].

Оценку зрелости IT-компании проведем с использованием аппарата аналитико-лингвистической аппроксимации, то есть неопределенных параметров зависимостей показателей входящих и исходящих переменных с использованием неформализованных правил их описания.

Для оценки зрелости IT-компаний предлагается использовать П-образные нечеткие множества с трапецевидной функцией принадлежности:

Освоение ключевых практик SW-CMM будет оценено экспертами, следующим набором оценок: «не освоено», «в начальной стадии», «скорее нет, чем есть», «скорее есть, чем нет» и «освоено». Для каждого индикатора будет построена своя функция принадлежности. В результате нечеткого логического вывода можно будет получить оценку зрелости компании.

По совокупности представленных оценок, на основе математического аппарата нечеткой логики, строится итоговая оценка целесообразности начала поддержки и формирования новой Start-Up-компании в рамках бизнес-центра Университета.

Ретроспективный анализ изменений индикаторов деятельности компании, на основе ранее собранных данных играет роль в оценке динамики изменения компании. Он может служить косвенным индикатором изменения ценностей в команде, целей проекта и другой деятельности, сложностями, с которыми столкнулась команда. Кроме того, стабильная негативная динамика зрелости компании является одним из критериев прекращения поддержки «опекаемой компании» со стороны Университетского бизнес-центра Институционализация подразумевает создание инфраструктуры и корпоративной культуры, которые поддерживают методы, практики и бизнес-процедуры, сохраняя эти достижения после того, как разработавшие их сотрудники покинут организацию.

Выявление «узких мест» не представляет собой проблему, ибо по сути, это отсутствие или слабое освоение компанией ключевых практик SW-CMM [1]. Другое дело, что причины наличия таких «узких мест» могут быть различны. В первую очередь это отсутствие необходимых компетенций и практического опыта со стороны сотрудников компании. Во вторую, недостаточность ресурсов – т.к. более совершенные практики требуют выделения отдельных ролей на их сопровождение.

В случае принятия положительного решения, информация об уровне зрелости коллектива и классе разрабатываемого продукта может быть использована для выдачи рекомендаций по выбору модели жизненного цикла (ЖЦ) организации.

На следующих этапах ЖЦ поддерживаемой компании, в рамках периодических обзоров, вышеназванный калькулятор осуществляет пересчет сделанных ранее оценок зрелости компании, перспектив рынка, доступности ресурсов.

Для практической реализации поставленных задач наиболее приемлемыми оказались следующие инструментальные средства и технологии: C#, .NET Framework 4.5, MS SQL Server, Visual Studio, и др.

Обслуживание ИС осуществляют работники бизнес-центра университета. Для аппаратной поддержки проекта создана локальная виртуальная сеть бизнес-центра, осуществлен подбор оборудования, а также проведено моделирование работы сети с помощью программы Packet Tracer.

Представленная информационная система оценки зрелости компаний предназначена для использования в бизнес-центрах при университетах. Структура, методология, а также инструменты разработанной ИС могут быть использованы для их практического применения и реализации задачи качественной оценки зрелости Start-Up-компаний.

## **Литература**

1. Литвинов, В.В. Опыт взаимодействия университетов и промышленности в сфере трансфера ИТ-технологий в Западной Европе / В.В. Литвинов, В.С. Харченко // Математические машины и системы. – 2015. - №1. – С.111 - 123.
2. Литвинов, В.В. Модель компетенції як інструмент для оцінки стану ІТ-компанії у бізнес-центрі університету / В.В. Литвинов, М.В. Савельєв, І.С. Скітер, Е.В. Трунова // Математичні машини і системи. – 2015. - №2. – С. 49 - 60.
3. Харченко, В.С. Концепция и модели взаимодействия университетской науки и ИТ-индустрии: S2B–B2S [Текст] / В.С. Харченко, В.В. Скляр // КАРТБЛАНШ. – Вып. 8–9. –2012. С.45-52.
4. Харченко, В.С. Кооперация университетов и индустрии: S2B–B2S [Текст] / В.С. Харченко, В.В. Скляр // КАРТБЛАНШ. – Вып. 3-4. –2014. - С.43-49

## **ПРОЕКТ АНАЛИТИК: СОВРЕМЕННЫЙ ЭТАП**

В.П. Клименко, А.Л. Ляхов, Д.Н. Гвоздик

*Институт проблем математических машин и систем НАН Украины  
Полтавский национальный технический университет имени Юрия  
Кондратюка  
Украина*

Проект АНАЛИТИК - это комплекс работ по созданию языков семейства "АНАЛИТИК" и систем компьютерной алгебры с входным языком АНАЛИТИК, который реализуется уже на протяжении многих лет в Институте проблем математических машин и систем НАН Украины. История создания этого проекта, основные этапы и реализации подробно описаны в книге [1].

Поскольку все реализации языка были выполнены с помощью устаревших технологий, в 2009-10 гг. был выполнен глубокий реверс-и прямой реинжиниринг программной реализации языка [2], в результате чего программная реализация переведена на современную платформу .net, устранены ошибки прежних реализаций и созданы предпосылки для дальнейшего развития.

В обзоре [3] дан анализ современных тенденций развития области применения компьютерной алгебры и систем компьютерной алгебры, определены возможные пути дальнейшего развития языка и систем компьютерной алгебры АНАЛИТИК.

В настоящее время системы и методы компьютерной алгебры повсеместно внедряются в практику научных и инженерных расчетов. Разработка программного обеспечения методов компьютерной алгебры становится индустрией с вытекающими отсюда требованиями технологичности и стандартизации. Изменившиеся таким образом условия применения компьютерной алгебры предъявляют новые требования не только к СКА, но и к уровню подготовки их пользователей. Широкий круг актуальных сложных задач требует привлечение в область компьютерной алгебры профессионально подготовленных программистов и эта тенденция будет только усиливаться. Вместе с этим, концепции, заложенные в разработку ведущих СКА, предполагает их развитие, как универсальных систем, ориентированных на широкие массы научных и инженерных работников.

Концепция создания СКА АНАЛИТИК иная и состоит в теоретической разработке представлений об объекте языка СКА и практической реализации компактного ядра, содержащего полный набор базисных средств для обработки таких объектов. Ядро современной реализации



СКА АНАЛИТИК "весит" несколько десятков Мб, в то время, как у ведущих СКА на два порядка больше. Таким образом, СКА АНАЛИТИК предъявляет повышенные требования к уровню подготовки пользователя, что, с одной стороны, соответствует современным тенденциям развития компьютерной алгебры, а с другой, определяет дальнейшее развития СКА АНАЛИТИК как профессиональной среды разработчика. Исходя из этого, не смотря на реалии, с 2011 по начало 2015 года ИПММС НАНУ и ПолтНТУ им. Ю. Кондратюка выполнен комплекс работ, направленных на создание такой среды для разработчика, подобной средам Microsoft Visual Studio, Visual Prolog и т.п., но предназначенной для разработки программного обеспечения методов компьютерной алгебры.

К настоящему времени реализован один из первых этапов - разработан интерфейс пользователя СКА АНАЛИТИК, автоматизирующий выполнение рутинных интеллектуальных функций в процессе разработки программного обеспечения (рис. 1). При этом естественным представляется и решение передать базисные функции анализа и отладки кода от компилятора редактору кода, интегрированного в интерфейс пользователя. Реализованы следующие группы функций: выделение синтаксиса кода; подчеркивание синтаксических ошибок; предоставление справки, содержащей информацию о значении и возможном применении ключевых слов; предоставление справки о доступных объектах в выбранном контексте кода; отображение содержимого объектов сценария и др. Полностью реализован режим трассировки программы с оповещением программиста и передачей ему максимально возможного описания ошибки, а не только ее условного кода.

Переданы графическому интерфейсу и элементы управления процессом отладки. Например, команда "продолжить" становится доступной при остановке программы в заданной точке программы или в точке, содержащей ошибку. Интерфейс позволяет просмотреть в момент остановки состояние всех объектов программы и на всю глубину их иерархической структуры (рис. 1).

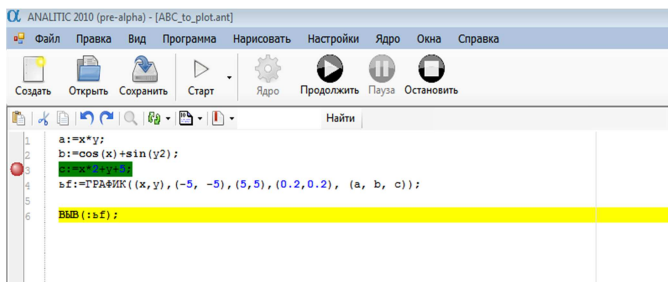


Рис. 1. Интерфейс СКА АНАЛИТИК. Рабочий момент отладки

Ядро новой версии СКА АНАЛИТИК, в отличие от предыдущих, содержит базисный набор средств для создания и обработки объектов 2D и 3D графики. Это не добавляет ничего принципиально нового по сравнению с другими ведущими СКА, однако устраняет давно известный пробел в инструментарии АНАЛИТИКА. При проектировании принято оптимальное решение — не разрабатывать оригинальную графическую библиотеку, а создать графические возможности СКА АНАЛИТИК на основе известных и апробированных инструментариев, что платформа .net вполне позволяет сделать. Для этой цели был использован проект Open Toolkit [4], позволивший бесплатно использовать такие ресурсы, как OpenGL, OpenGL ES, OpenCL, для разработки системы визуализации данных СКА АНАЛИТИК. На рис. 2 показан пример использования этих возможностей.

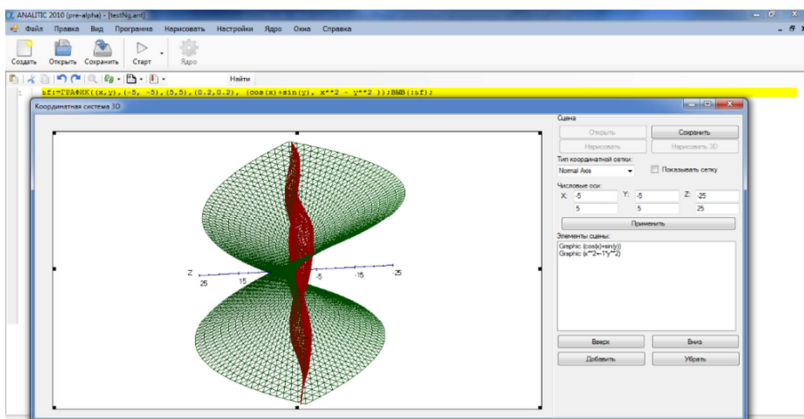


Рис. 2. Сцена с 3D графикой СКА АНАЛИТИК

Переданы графическому интерфейсу среды и средства проблемной ориентации ядра СКА, позволяющий разработанные в среде СКА АНАЛИТИК и отлаженные функции, ориентированные на определенные классы задач компилировать и интегрировать с ядром, сохраняя такое состояние ядра после завершения сеанса. Интерфейс позволяет легко выполнить и обратную процедуру дезинтеграции ядра. В обоих случаях действия разработчика состоят в установке или снятии флажка против имен доступных функций в выпадающем списке соответствующей опции интерфейса. Ведущие СКА таких возможностей не имеют.

Новой тенденцией в развитии систем компьютерной алгебры является появление и развитие средств для работы с базами данных и знаний. Их появление обусловлено конъюнктурой приложений и эту тенденцию можно рассматривать, как первое проявление более глубокой объективной необходимости переходить к развитию языков СКА на основе новых представлений об объекте языка как о комплексе выражений, образованном отношением зависимости. Такие представления составляют основу развития СКА АНАЛИТИК. Это позволило, как естественное развитие языка, реализовать и интегрировать с ядром базисный набор средств для работы с языками запросов и системой управления базами данных.

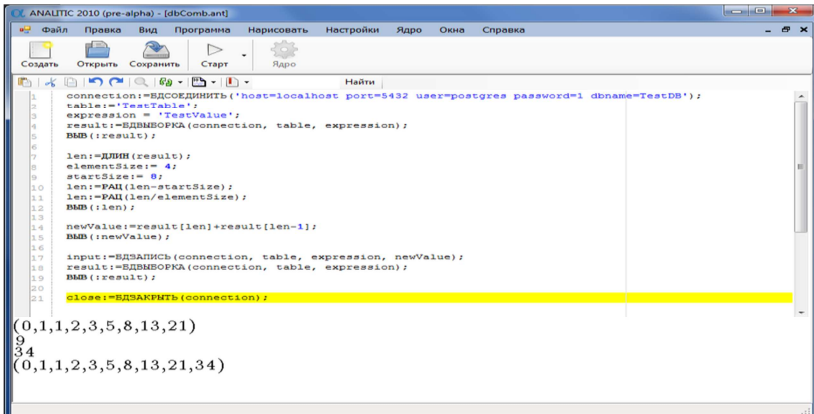


Рис. 3. Фрагмент программы с запросами к базе данных

## Литература

1. Системы компьютерной алгебры семейства АНАЛИТИК: Теория. Реализация. Практика. - Научные редакторы: Морозов А.А., Клименко В.П., Ляхов А.Л. - Киев: "НПП Интерсервис", 2010. - 764 с.
2. Клименко В.П., Ляхов А.Л., Гвоздик Д.Н. Реинжиниринг системы компьютерной алгебры//Математические машины и системы. - 2010. - № 4. - С. 18-23.
3. Клименко В.П., Ляхов А.Л., Гвоздик Д.Н. Современные особенности развития систем компьютерной алгебры// Математические машины и системы. - 2011. - № 2. - С. 3-18.
4. <http://te-st.ru/tools/open-development-toolkit/>

УДК 004.272.2:004.75

## **МОДЕЛЬ АВТОМАТИЗОВАНОГО НАЛАШТУВАННЯ ОТОЧЕННЯ ДЛЯ ВИКОНАННЯ ЗАВДАНЬ У ГРІД- СЕРЕДОВИЩІ**

Казимир В.В., Пріла О.А., Крищенко М.С.

Чернігівський національний технологічний університет, Україна

На даний момент, грід-технології стрімко розвиваються та застосовуються для високопродуктивних обчислень, а також широко поширені в наукових дослідженнях, медицині, економіці та інших галузях, де потрібно швидко, а головне дешевше обчислити великі масиви даних [1]. Кожному користувачу надається можливість використовувати певні програмні додатки з відповідними налаштуваннями на віддалених грід-ресурсах. Однак є ряд проблем при використанні грід-ресурсів:

- специфічні програмні забезпечення працюють тільки під конкретні операційні системи(ОС);
- якісне програмне забезпечення, як правило, являється ліцензійним, тому не має можливості підтримки розгортання на необмеженій кількості грід-ресурсів;
- ймовірність несумісності версії ОС з апаратними характеристиками грід-ресурсів.

Сучасним проміжним програмним забезпеченням грід не надається можливість автоматизованого налаштування оточення для виконання завдань. Під оточенням розуміють вимоги до програмного забезпечення, що має бути встановлене на кластері для виконання завдань. Авторами пропонується вирішення зазначених проблем шляхом використання технології віртуалізації. Метою роботи є отримати модель процесу виконання завдань у grid-середовищі з використанням технології віртуалізації.

Термін віртуалізації вже давно увійшов у світ інформаційних технологій, під яким розуміється абстракція обчислювальних ресурсів і надання користувачеві системи, яка «інкапсулює» (приховує в собі) власну реалізацію. Разом з віртуалізацією з'явилось таке поняття як віртуальна машина(VM), що означає продукт віртуалізації програмно-апаратної платформи[2]. Виділяють наступні переваги використання віртуалізації:

- можливість створення необхідних апаратних конфігурацій;
- можливість підтримання старих операційних систем з метою забезпечення сумісності;
- на одному хості може бути запущено одночасно кілька віртуальних машин, об'єднаних у віртуальну мережу;
- можливість клонування та резервування віртуальних машин.
- віртуальні машини можуть створювати уявлення пристроїв, яких не має можливості використовувати, в зв'язку їх відсутності.

При цьому використання технології віртуальної машини дозволить сформувати віртуальний образ(VO) з налаштуваннями та використовувати його при запуску та виконанні обчислювальних завдань на grid-ресурсах, що є вирішенням проблеми використання ліцензованого програмного забезпечення при вирішенні завдань у grid-середовищі.

До складу запропонованої розроблювальної моделі входять такі основні підсистеми, як клієнтська підсистема та метапланувальник.

Клієнтська підсистема повинна відповідати наступним умовам.

#### 1. Формалізація параметрів оточення VM

Перед тим як подати запит до виконання задачі в грід-середовищі, користувачем або автоматизовано вибирається ряд програмно-апаратних параметрів, що потім дають змогу використовувати потрібні для нього програмні додатки у відповідних грід-ресурсах.

2. Можливість визначення необхідного образу VM для виконання завдання.

3. Автоматизований пошук образу VM для виконання завдання

4. Первинне завантаження образу

Також має бути завантажено образ віртуальної машини (VM), якщо його до цього не було завантажено при виконанні попередніх задач. Опис задачі та саму задачу відправляють у вигляді віртуального образу до метапланувальника гріду, який визначає підходящий обчислювальний ресурс[3].

Крім того, метапланувальник повинен забезпечити ефективне розміщення образів VM з метою мінімізації комунікаційних витрат залежно від кількості запитів і кількості користувачів, що мають доступ

до образу. Враховуючи, що кожен грід-ресурс має своє сховище віртуальних образів.

Для оцінки ефективності підходу була розроблена модель процесу виконання завдань у grid-середовищі з використанням технології віртуалізації на базі симулятора GridSim. При розробці вище вказаної моделі, стандартну модель грід-середовища було розширено такими параметрами: розмір віртуального образу, а також час на пересилання, час на розгортання, та час на збереження ВО, які були отримані експериментальним шляхом. По отриманим результатам можна сказати, що часові затрати на виконання завдання в грід-середовищі з використанням віртуалізації перевищують затрати на виконання завдання без використання віртуалізації в грід-середовищі. Але на основі результатів розробленої моделі коефіцієнт використання не перевищує пікового значення 60%, який означає порушення нормальної роботи грід-мережі. Однак, при великих розмірах ВО та певних обмежень параметрів, які впливають на продуктивність роботи грід-мережі використання технології віртуалізації в грід-середовищі може значно збільшувати час виконання завдань. Тому у зазначених випадках доцільно було б використовувати реплікацію даних на кожному кластері.

Зазначена модель організації обчислення у грід-середовищі є необхідною у випадку використання ліцензованого програмного забезпечення. Даний підхід надає зручність у використанні грід користувачам і підвищує ефективність використання розподілених ресурсів грід-середовища для вирішення різних типів обчислювальних завдань.

### Література

1. Grid как четвертый этап развития информатизации [Електронний ресурс]: – Режим доступу: <http://grid.kpi.ua/index.php/ru/what-is-grid/2-grid-yak-chetvertii-etap-rozvitku-nformatizac-.html> – Заголовок с екрану.
2. Что такое виртуализация и виртуальные машины [Електронний ресурс]: – Режим доступу: <http://www.ixbt.com/cm/virtualization.shtml> – Заголовок с экрану.
3. Чекалюк В.В. Способи використання віртуалізації у гріді / Чекалюк В.В. // Вісник університету «Україна»: Інформатика, обчислювальна техніка та кібернетика. – К.: Університет «Україна», 2011. – № 2. – С. 88..

**PARTICULAR ASPECT OF COST ANALYSIS IN DISTANCE  
EDUCATION: TIME**

Podkur Valeria, Lytvyn Svitlana  
*Chernigov National University of Technology, Ukraine*

Cost analysis of educational and lifelong learning programs is a recent research interest when compared to other types of program evaluation. Economists developed the concepts of “cost-effectiveness and cost-benefit” in the 1930s and 1950s respectively, but it was not until the 1960s that this new approach was used to assess efficiency in the educational sector (Levin, 1991). Nevertheless, researchers were interested in the theoretical perspective of cost analysis, and not in its real application. At least three factors have complicated the application of this tool in education: (1) difficulties associated with the conceptualization and application of cost and effects, (2) issues associated with the identification and justification of the distribution of costs and effect across stakeholder groups, and (3) factors that have limited the generalization of the conducted studies (Rice, 1997).

Cost effectiveness is the most suitable tool for this research since cost-effectiveness analysis provides the means of estimating the cost of two or more educational alternatives, as well as the effectiveness of each alternative in producing a common outcome.

The effectiveness aspect

A correct use of this tool requires that the alternatives being considered have common didactic objectives so that their results can be compared. According to Mager, didactic objectives are statements that describe what the learner is expected to achieve through of instruction (Mager, 1975).

This definition relies on the fact that knowledge is an unobservable characteristic and, consequently, the user’s knowledge would be estimable only by observing behaviours, such as the answers given to a multi-choice questionnaire or the interactions during a complex simulation (Bee, 2003).

In the perspective of a cost-effectiveness analysis that is oriented to evaluate meaningful learning (Novak, 1998), the assumption of Mager Theory is however non-exhaustive. The concept of “learning” implies the evolution of a system of knowledge in a temporal interval and it presupposes the possibility to measure and verify such evolution.

Therefore, if the observation of behaviour can be a probable projection of a particular mind state, then it is necessary that it is accompanied by a set of further control mechanism (Cohen et al., 2000). In particular, verification consists of the observation of behaviours directly or indirectly connected to the preceding behaviours, in accordance with a diagram of relationships

that increases the probability of the correspondence among the observed behaviour and a specific mind state.

Thus, the evaluation of the learning requires an emphasis in terms of instructional design and a new definition of the relationship among behaviours and systems of knowledge. From a holistic point of view (Quine, 1969), it is not possible to observe a single behaviour but a system of behaviours. To every system corresponds a structure of knowledge, a mental model, in accordance with the MMT (Mental Models Theory) by Johnson-Laird (1983). The integration of the MMT and the Mager method requires a translation of the systems of information in analytical diagrams (“trees of didactic objectives”), with indications about the level of complexity of the aggregates.

One of the advantages connected with the adoption of this method of instructional design consists in the possibility to produce rigorously assessment tools in an isomorphic relationship with the didactic objectives systems. This approach supports the control and the verification of the conditions of validity and reliability in the tests and in the network of the whole system of learning evaluation. The further advantage of this method consists in the formulation of the knowledge systems which conform to the e-learning standards (IMS, HR-XML, OWL). Apart from the various kinds of observations - highly structured, naturalistic, semi-structured, unstructured (Cohen et al., 2000) - it guarantees the possibility of direct or indirect monitoring of the process by the most recent generation of LMSs.

Costs should be measured similarly based on the ingredients or resource method (Levin & McEwan, 2001).

The ingredients method uses the fact that every intervention has ingredients with the same value or cost. If specific ingredients can be identified and their costs can be ascertained, then we can estimate the total costs of the intervention as well as the cost of effectiveness per unit (Levin & McEwan, 2001). Using this information, it is easy to determine alternative yields of the highest educational effectiveness for a given cost or the lowest cost for any given level of educational effectiveness (Levin, 2002). Cost-effectiveness analysis is fundamentally a comparative tool: it allows to choose which of two or more alternatives are relatively cost-effective, but it does not tell us which alternative is the best in an absolute sense (Levin, 2002).

## **References**

1. BEE F.& R. (2003) Learning Needs Analysis and Evaluation (2nd edition), Cipd House, London.
2. BLOOM B.S. et al (1972) Taxonomy of Educational Objectives, Handbook 1: Cognitive Domain, Longman, New York and London.



3. CLARK R. (1983) Reconsidering research on learning from media, Review or Educational Research, Vol. 53, No. 4.
4. COHEN L., MANION L., MORRISON K. (2000) Research Methods in Education (5th edition), RoutledgeFalmer, New York
5. COWAN J. (1985) Effectiveness and Efficiency in Higher Education, Higher Education, Vol. 14.

УДК 37.018.43-047.44

## **ASSESSMENT OF THE EFFECTIVENESS OF INTERNET-BASED DISTANCE LEARNING THROUGH THE VCLASS E-EDUCATION PLATFORM**

Podobid Yulia, Lytvyn Svitlana  
*Chernihiv National University of Technology, Ukraine*

This study assesses the effectiveness of internet-based distance learning (IBDL) through the VClass live e-education platform. The research examines (1) the effectiveness of IBDL for regular and distance students and (2) the distance students' experience of VClass in the IBDL course entitled Computer Programming 1. The study employed the common definitions of evaluation to attain useful statistical results. The measurement instruments used were test scores and questionnaires. The sample consisted of 59 first-year undergraduate students, most of whom were studying Computer Information Systems at Rajamangala University of Technology Lanna Chiang Mai in Thailand. The results revealed that distance students engaged in learning behavior only occasionally but that the effectiveness of learning was the same for distance and regular students. Moreover, the provided computer-mediated communications (CMC) (e.g., live chat, email, and discussion board) were sparingly used, primarily by male distance students. Distance students, regular students, the instructor, and the tutor agreed to use a social networking site, Facebook, rather than the provided CMC during the course. The evaluation results produce useful information that is applicable for developing and improving IBDL practices.

Evaluation Elements for IBDL and VClass

In general, evaluation methods appear to be acknowledged by scholars in the field. Nevertheless, certain models may not clearly present the meanings or definitions of terms involved in educational evaluation.

Measurement

In relation to evaluation, "measurement" is the act or process of measuring something (Hornby, 1995; Levine, 2005). Educational measurement is the process of calculating the success of an instructional activity using a data set (e.g., test scores, midterm scores, or dropout rate).

## Assessment

Educational “assessment” refers to a process that attempts to understand and improve student learning. This process includes clarifying instructor’s expectations to students and setting appropriate outcomes for learning by using relevant information (Huitt, Hummel, & Kaeck, 2001; Levine, 2005).

## Evaluation

“Evaluation” entails using determined criteria and standards to assess the value of systematically acquired information regarding accuracy, effectiveness, economic efficiency, or satisfactory outcomes, either quantitatively or qualitatively. Evaluations provide relevant feedback to stakeholders (Bloom, 1956, p. 185, cited in Bloom, Hastings, & Madaus, 1971; Levine, 2005; Trochim, 2006).

## Computer-mediated communication

“Computer-mediated communication” (CMC) is the process by which people create, exchange, and perceive information when using networked telecommunications that facilitate encoding, transmitting, and decoding messages. CMC can be synchronous, for example, chat rooms, or asynchronous, for example, discussion boards and emails (Romiszowski & Mason, 1996).

## Characteristics of the VClass e-education platform

VClass LMS is a royalty-free e-education platform that was developed by Distributed Education Center (DEC), which is a subunit of the Internet Education and Research Laboratory at the Asian Institute of Technology (AIT) in Thailand. VClass aims to enable the large-scale sharing and archiving of teaching and learning resources among Thai universities, which can be delivered live or non-live using an H.264 high-definition video format with IPv4 and IPv6 technology.

VClass (DEC, 1998) in live mode uses three servers, VClass LMS, conference, and session initiation protocol (SIP). The VClass LMS server stores learning resources, student’s and instructor’s profiles, and recorded video streams, which students and instructors utilize before and after class sessions. The conference and SIP servers are used for video conferencing, streaming multimedia distribution, and instant messaging from the sender to the remote location over the internet networking system. Thus, VClass in live mode allows instructors and distance students to communicate by microphone and instant messaging in real time that contributes to the effectiveness of teaching-studying process.

## References

1. Abraham, T. (2002). Evaluating the virtual management information systems classroom. *Journal of Information Systems Education*, 13(2), 125-134.

2. Baker, R. K. (2003). A framework for design and evaluation of internet-based distance learning courses phase one-framework justification, design and evaluation. *Online Journal of Distance Learning*, 6(2).
3. Bloom, B. S., Hastings, J. T., & Madaus, G. F. (1971). *Handbook on formative and summative evaluation of student learning*. New York: McGraw-Hill.
4. Cronbach, L. J. (1951). Coefficient alpha and the internal structure of tests. *Psychometrika*, 16(3), 297-334.
5. Distributed Education Center, Asian Institute of Technology. (1998). VClass. Retrieved from VClass web site: <http://www.vclass.net>

УДК 004.9

## **ПОРІВНЯЛЬНІ ХАРАКТЕРИСТИКИ ДІЮЧИХ СИСТЕМ ДИСТАНЦІЙНОГО НАВЧАННЯ**

О.П. Воронюк, магістр

*Полтавський національний технічний університет імені Юрія Кондратюка*

З сучасним розвитком інформаційних технологій, є доцільним використання розробок у всіх сферах життя, це стосується і навчання. Дистанційна освіта є одною із форм навчання з використанням інформаційних технологій, яка дозволяє значно збільшити коло слухачів та зменшити витрати на навчання. З розвитком технологій було розроблено безліч систем для дистанційної освіти, вони є як безкоштовні так і платні. Хоч системи розроблені з одною метою, мають схожу логіку роботи та вони різняться між собою.

Moodle (від англ. Modular Object Oriented Dynamic Learning Environment, модульне динамічне об'єктно-орієнтоване середовище для навчання) є програмним комплексом для організації дистанційного навчання в мережі Internet. Це пакет програм, який призначений створювати в Інтернеті навчальні курси різних напрямків, а також різні тестові програми для перевірки знань[4].

Програмне забезпечення платформи написано мовою PHP з використанням безкоштовних загальнодоступних баз даних (MySQL, PostgreSQL). Платформу Moodle можна встановити на будь-яку операційну систему (MS Windows, Unix, Linux)[2].

Moodle включає в себе функції різного рівня (форуми, чати, аналіз активності слухачів, управління курсами та навчальними групами тощо), зручна в адмініструванні та управлінні навчанням. Система Moodle надає можливість організувати повноцінний навчальний процес, включаючи засоби навчання, систему контролю та оцінювання. Модульність системи дозволяє створювати блоки матеріалів які можуть бути використані в декількох курсах. Має систему перевірки та

оцінювання знань в режимі онлайн. Зручна та інтуїтивно зрозуміла технологія навчання, простота оновлення контенту, стабільність в роботі. Система є безкоштовною та не має обмежень за кількістю слухачів, а також підтримує міжнародний стандарт SCORM (Sharable Content Object Reference Model) [1].

Atutor представляє собою вільно поширювану web-орієнтовану систему управління навчальним процесом, розроблену з врахуванням ідей доступності та адаптивності. Адміністратори можуть оновити або інстальувати Atutor за декілька хвилин, розробити власні шаблони оформлення системи. Викладачі можуть швидко збирати, структурувати зміст навчального матеріалу для проведення on-line занять. Слухачі працюють з гнучким, адаптивним середовищем навчання [3].

Atutor написаний за допомогою мов програмування PHP та JAVA, використовує безкоштовну СУБД MySQL, поширюється на основі GNU General Public License. Система перекладена на більш ніж 50 мов. Включає в себе три модуля: студент, викладач та адміністратор. Має вбудоване середовище розробки курсів, для перевірки знань є система тестування але не підтримує зовнішніх тестів як Moodle. Структура Atutor складається з ядра та модулів, що дозволяє розробляти власні доповнення до системи [2].



Рис. 1. Інтерфейс програми Moodle

Claroline - платформа дистанційного навчання та електронної діяльності з відкритим кодом. Аналогічно з ATutor, поширюється на основі GNU General Public License. Сумісна з такими операційними системами, як Linux, Mac і Windows[2]. Забезпечує інтуїтивно простий інтерфейс для адміністрування. В основу організації Claroline LMS покладено концепцію просторів, пов'язаних з курсом чи педагогічною діяльністю. Кожен з просторів забезпечений інструментарієм для ство-

рення, організації та управління навчальними матеріалами; можливостями для забезпечення взаємодії між користувачами тощо. Має обмежену функціональність, націлену саме на електронне навчання, і більш призначена для академічного сектору. Відкритий вихідний код дозволяє розширити вузькоспеціалізований функціонал системи. Додаток написаний на мовах PHP/JAVA. Підтримує стандарти IMS/SCORM. Система проста в управлінні та надійна в роботі має розвинену систему управління курсами та перевірки знань[3].

Сучасні системи дистанційної освіти розроблені з одною метою, але мають різну логіку роботи та функціональне наповнення. Тому є доцільним розробити нову систему, яка складалася б з адміністративної, викладацької та студентської частин та включала в себе модулі для розробки курсів навчання, розробку сценаріїв навчання, реєстрацію слухачів та викладачів, тестовий модуль, модуль управління навчальними ресурсами та інтерактивного навчання.

### **Література**

1. Анисимов А. Н. Работа в системе дистанционного обучения MOODLE/ А. Н. Анисимов. [Електронний ресурс]. Режим доступу: [http://eprints.kname.edu.ua/9889/1/Анисимов\\_Работа\\_в\\_Moodle.pdf](http://eprints.kname.edu.ua/9889/1/Анисимов_Работа_в_Moodle.pdf)
2. Блог «Обзор систем дистанционного обучения: что выбрать?» [Електронний ресурс]. Режим доступу: <http://webinary.biz/blog/obzor-sistem-distantionnogo-obucheniya-cto-vybrat>
3. Системы дистанционного обучения [Електронний ресурс]. Режим доступу: <http://hotuser.ru/distanczionnoe-obuchenie/764--moodle>
4. Томашевський В. М., Новіков Ю. Л., Камінська П. А. Огляд сучасного стану систем дистанційного навчання [Електронний ресурс]. Режим доступу: <http://lib.chdu.edu.ua/pdf/naukpraci/computer/2011/160-148-23.pdf>

УДК 004.04+004.4'6+004.5

## **МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССА РЕЗЕРВИРОВАНИЯ ЦЕНТРАЛИЗОВАННОГО ИНФОРМАЦИОННОГО ФОНДА**

А. И. Антонюк

*Национальный технический университет Украины  
«Киевский политехнический институт», Украина*

Одним из основных способов обеспечения сохранности информации в настоящее время является резервное копирование данных [1]. Алгоритмы создания резервных копий разнообразны и постоянно совершенствуются. По большей части принимаемые решения относятся к большим организациям, перед которыми на первом месте стоит за-

дача экономии места хранения и автоматизации процесса создания резервных копий [2-3].

В данной работе предлагается решение актуальной задачи моделирования процессов резервирования централизованного информационного фонда небольшой организации, в которой один-два программиста работают в условиях постоянного дефицита времени. Последнее обстоятельство заставляет их выполнять в первую очередь более приоритетную работу, что может привести к потере актуальности существующих резервных копий, и, в случае разрушения информации, восстановление информации станет невозможным.

К разрушению информации приводят различные факторы, главным из которых, возможно, является электроснабжение. Предположим, здание, в котором размещается организация, было построено более 30 лет назад. Это означает, что электропроводка не рассчитана на современную нагрузку и часто выходит из строя, что, в свою очередь, может привести к разрушению информации. Некоторые авторы утверждают, что 95% организаций сталкивались с потерей данных из-за отключения электричества [4].

Уточним задачу. Предположим, имеется некоторая организация с числом рабочих мест не более 100. В организации имеется централизованный информационный фонд (ЦИФ), который размещается на 4-х серверах:

- 1) «общее поле памяти» – сервер, предназначенный для оперативного обмена информацией между пользователями организации;
- 2) «электронный архив» – сервер, предназначенный для постоянного хранения входящих, исходящих и других официальных документов организации;
- 3) «сайт организации» – сервер, предназначенный для функционирования официального сайта организации;
- 4) «мини АТС» – сервер, предназначенный для организации телефонной связи в организации.

Резервное копирование ЦИФ осуществляется на внешние НМД. При этом программист (администратор ЦИФ) должен иметь возможность заранее смоделировать ситуацию и оценить период копирования, который обеспечит ему минимальные затраты времени на создание резервных копий и восстановление ЦИФ в актуальное состояние и обеспечит заданный уровень готовности системы к работе.

Задача об определении оптимального периода запоминания в системах со случайными отказами двух типов (разрушающими и неразрушающими информацию) рассматривалась в [5], где автором установлена зависимость, определяющая оптимальный период запомина-

ния  $t$  как функцию от интенсивностей  $a$  - разрушающих отказов и  $b$  - неразрушающих отказов, средних длительностей восстановления  $t_b$  - разрушающих отказов и  $t_d$  - неразрушающих отказов, длительности восстановления  $t_e(a)$  - неразрушающих отказов, наступивших на интервале восстановления после разрушающих отказов, и от средней длительности запоминания  $t_g$ .

Постановка задачи, принятая в [5], соответствует процессу создания контрольных точек при выполнении отдельного задания. В данной работе ставится задача установить зависимость величины периода запоминания текущего состояния ЦИФ от параметров процесса его функционирования. Наступление отказов неразрушающих информацию не требует восстановления ЦИФ и сказывается только на длительности выполнения отдельных этапов работ, поэтому интенсивность неразрушающих отказов  $b$  приравнивается нулю, в этом случае данная зависимость принимает следующий вид:

$$t = \frac{2}{a} \ln\left(1 + \sqrt{\frac{at_g}{1 + at_b}}\right). \quad (1)$$

При запоминании создаются  $n$  копий текущего состояния (в дальнейшем поколение копий), на случай разрушения информации на внешнем НМД, последнее обусловлено конечными значениями параметров надежности аппаратуры. Затраты времени на запоминание состояния ЦИФ пропорциональны количеству создаваемых копий  $n$  и среднему времени создания одной копии  $g$ , т.е.:

$$t_g = ng. \quad (2)$$

Если предположить, что процессы разрушения и восстановления ЦИФ описываются показательными законами распределения вероятностей с известными значениями интенсивностей, то систему запоминания состояния ЦИФ можно свести к классической системе массового обслуживания с конечным числом мест в очереди, процесс функционирования которой представлен на рис. 1.



Рис. 1. Граф состояний запоминающей системы:  $S_0$  – 0-е (последнее) поколение не разрушено;  $S_k$  –  $k$ -е поколение не разрушено, все предшествующие поколения разрушены.

На вход обслуживающего канала поступает простейший поток заявок на восстановление с интенсивностью  $\lambda = \lambda_1 / n$ , где  $\lambda_1$  – интенсивность разрушения отдельной копии. Число мест в очереди к каналу равняется  $k$  – количеству поколений ЗС. Длительность обслуживания заявок каналом описывается показательным законом распределения вероятностей с интенсивностью  $\mu$ :

$$\mu = \frac{1}{t_v + t_c + t_g + t_l}; \quad t_v = \frac{nv}{2}; \quad t_l = nl; \quad (3)$$

где  $t_v$  – среднее время восстановления ЦИФ с неразрушенного поколения;  $t_c$  – среднее время восстановления ЦИФ из предшествующего состояния в последующее;  $t_l$  – среднее время проверки вновь созданного поколения;  $v$  – среднее время восстановления ЦИФ с неразрушенной копии;  $l$  – среднее время проверки вновь созданной копии.

Если стационарную вероятность состояния  $S_i$  обозначить  $P_i$ , то представленный на рис. 1 граф состояний будет описываться следующей системой уравнений [6]:

$$P_0 = \frac{1 - \frac{\lambda}{\mu}}{1 - \left(\frac{\lambda}{\mu}\right)^{k+1}}; \quad P_i = \left(\frac{\lambda}{\mu}\right)^i P_0, \quad i = 1, 2, \dots, k. \quad (4)$$

В связи с тем, что целью резервирования является обеспечение безотказной работы объекта в целом, в данном случае более интересна вероятность безотказной работы  $k$  поколений копий:

$$Q_0 = 1 - P_k. \quad (5)$$

Значение величины времени восстановления ЦИФ зависит от состояния ЗС и определяется выражением:



$$t_b = \sum_{i=0}^k P_i t_i, \quad (6)$$

где  $t_i$  – среднее время восстановления ЦИФ в актуальное состояние, при условии, что ЗС находится в состоянии  $S_i$ , определяется как суммарное время восстановления во все промежуточные состояния:

$$t_i = i(t_v + t_c + t_g + t_l) + t_v + t_c. \quad (7)$$

Если в выражение (7) подставить значения из выражений (5) и (8), то получится следующая формула для определения времени восстановления:

$$t_b = \frac{P_0}{\mu} \sum_{i=1}^k i \left(\frac{\lambda}{\mu}\right)^i + t_v + t_c. \quad (8)$$

Приведенные формулы позволяют определить оптимальный период запоминания  $t$ , количество копий  $n$  и поколений копий  $k$ , которые необходимы для обеспечения  $Q_0$  - заданного уровня вероятности безотказной работы ЦИФ, т.е. можно сделать вывод, что использование приведенных формул может сократить время на копирование и восстановление ЦИФ.

## Литература

1. Кульба В.В. Анализ стратегий резервирования информационных массивов в АСУ. – В кн.: Сборник трудов Института проблем управления. - М.:1977, вып.14, С.20-32.
2. Горловой А. Эволюция и перспективы резервного копирования данных [Электронный ресурс] / «Экспресс-Электроника». – 2003, №06. – Режим доступа: <http://habrahabr.ru/company/veeam/blog/242983>.
3. Пискунов И. Обоснование необходимости приобретения систем резервного копирования и восстановления данных [Электронный ресурс] / Аналитический центр Anti-Malware.ru. – 2015. – Режим доступа: <http://www.anti-malware.ru/node/14024>.
4. Резервное копирование и восстановление данных [Электронный ресурс] / Компания РЕДНОД. – 2015. – Режим доступа: <https://rednod.ru/backup>.
5. Бродецкий Г.Л. Об одной задаче периодического запоминания результатов. - К.; Кибернетика, 1974, №5, С. 70-74.
6. Клейнрок Л. Теория массового обслуживания. - М.; Машиностроение, 1979. - 431 с.

## ТОЧНОСТЬ ИНТЕРПРЕТАЦИИ ИЗМЕРЕНИЙ НАНОРЕЛЬЕФА МЕТОДОМ ИМИТАЦИОННОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ

В.А. Карташев, В.В. Карташев, [kart@list.ru](mailto:kart@list.ru)

*ФГБУН Институт прикладной математики им. М.В. Келдыша РАН, Москва,  
Россия*

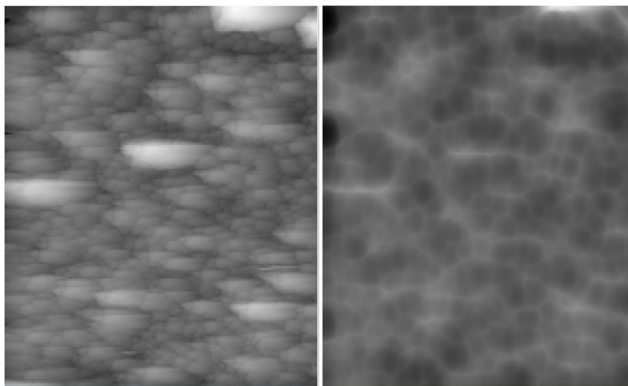
Туннельный микроскоп измеряет нанорельеф путём сканирования поверхности сверхтонким остриём иглы. Конечные размеры острия ограничивают точность измерений. Распространенные технологии производства игл позволяют получать острия диаметром несколько нанометров. Способ определения формы и размеров острия основан на имитационном моделировании процесса сканирования. Он описан в патенте [1], с ним можно познакомиться в работе [2] и в докладе предыдущей конференции [3].

Учёт геометрии острия иглы приводит к существенным изменениям в изображении мелких элементов нанорельефа. В качестве примера можно привести изображения участка поверхности меди, которая была напылена на стеклянную подложку. Относительная высота точки соответствует её яркости (чем светлее, тем выше). Изображение на рис. 1 а). получено путём прямой визуализации измерений. На рис. 1 б). представлен результат моделирования с учётом геометрии острия зонда. Моделирование показывает, что измерения проводились иглой диаметром 2 нм при туннельном зазоре 0,5 нм. Непосредственное сравнение изображений обнаруживает существенные различия в форме объектов размером не более нескольких нанометров.

В настоящей работе выведены необходимые и достаточные условия, которым должна удовлетворять поверхность, для того, чтобы её образ, полученный по результатам измерений, и оригинал совпадали. Критерием успешного восстановления является достижимость для касания туннельной оболочкой острия зонда всех точек рельефа.

В туннельной микроскопии в процессе сканирования игла перемещается на некотором фиксированном удалении от поверхности. Зазор вычисляется из математической модели при известной величине туннельного тока [3], который задаётся в параметрах сканирования. Практически весь туннельный ток проходит между ближайшими атомами иглы и поверхности. По этой причине для описания процесса сканирования удобно использовать фигуру, названную в работе [2] туннельной оболочкой иглы. Её поверхность равноудалена от поверхности иглы на величину туннельного зазора. Можно считать, что в процессе сканирования туннельная оболочка скользит по поверхности. Туннельную

оболочку можно построить, если известен туннельный зазор, форма и размеры острья иглы.



а).

б).

Рис. 1

При интерпретации измерений с учётом геометрии иглы в качестве поверхности исследуемого образца берётся поверхность фигуры  $V_T$  [1-3]:

$$V_T = \bigcup_{(x,y)} v_T(x,y),$$

где  $(x, y)$  – положение иглы в плоскости сканирования,  $v_T(x,y)$  – внутренняя часть туннельной оболочки  $T$  при положении иглы в точке с координатами  $(x, y)$ . Поверхность фигуры  $V_T$  ( $\partial V_T$ ) обозначим через  $S_T$ :  $S_T = \partial V_T$ .

Будем говорить, что рельеф  $S$  *восстановим*, если учёт геометрии иглы при интерпретации измерений, позволяет получить рельеф, который совпадает с исследуемым, т.е.:  $S_T = S$ . Рассмотрим условия, при которых это достигается.

Назовем точку рельефа  $A$  *достижимой*, если существует такое положение туннельной оболочки  $(x,y)$ , при котором точка  $A$  лежит на её поверхности ( $A \in \partial v_T(x,y)$ ) и внутри  $v_T(x,y)$  нет ни одной точки рельефа. В работе доказано, что при интерпретации измерений с учётом геометрии острья иглы получающийся рельеф совпадает с исходным тогда и только тогда, когда каждая точка исходного рельефа является достижимой. При выводе этого утверждения не накладывается каких-либо ограничений на форму и размеры острья иглы.

Из сформулированного утверждения следует, что использование иглы с остриём выпуклой формы позволяет однозначно восстановить форму любого участка рельефа, поверхность которого является выпуклой.

Нетрудно также показать, что при измерении иглой, туннельная оболочка которой в районе острия является полусферой радиуса  $R$ , можно восстановить форму нанорельефа (в том числе и не выпуклого) тогда и только тогда, когда главные кривизны в любой точке поверхности не меньше  $-1/R$ .

Критерий достижимости позволяет достаточно просто проверить, обеспечивает ли описанный выше способ интерпретации измерений восстановление формы участка поверхности. Если каждая точка участка достижима при измерениях, то участок восстанавливается полностью. Участки, которые содержат недостижимые для сканирования точки, однозначно восстановлены быть не могут. В процедуре восстановления они будут замещены сферической поверхностью туннельной оболочки.

На рис. 2 приведён пример участка поверхности, некоторые точки которого не достижимы для измерений. Он представляет собой излом рельефа с углом  $ABC$ . Туннельная оболочка острия представлена окружностью  $O$ ,  $E$  и  $D$  – точки касания. Туннельная оболочка не в состоянии коснуться отрезков  $EB$  и  $ED$  и, следовательно, при сканировании эти участки окажутся неизмеренными. Рельеф  $EBD$  будет представлен лункой  $ED$ .

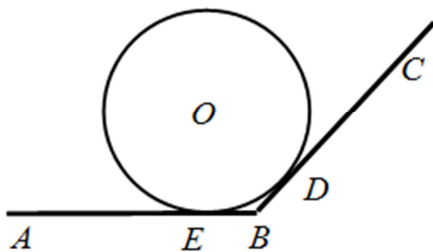


Рис. 2

Проведённое исследование показывает, что изображения, которые получаются в результате применения процедуры восстановления, содержат две группы участков: полностью восстановленные (кривизны которых больше кривизны острия иглы, например, выпуклые) и элементы, подобные сферическим лункам. Они замещают собой элементы

поверхности, которых в процессе измерений игла не коснулась. Эти участки нетрудно заметить на рис. 1 б).

### **Литература**

1. В.А. Карташев, В.В. Карташев. Способ определения формы и размеров острия иглы зондового микроскопа. Патент РФ № 2449294 от 2012 г.
2. В.А. Карташев, В.В. Карташев. Определение формы и размера острия иглы туннельного микроскопа // М.: Новые технологии - Нано- и микросистемная техника №10, 2010, с.7-10.
3. В.А. Карташев, В.В. Карташев. Обработка зрительной информации путем моделирования процесса ее получения // Сб. тезисов докладов 6-й научно-практ. конф. с межд. участием «Математическое и имитационное моделирование систем МОДС 2011», Украина, Чернигов, 2011.

УДК 004.272, 004.94

## **ВЫБОР СПОСОБА РЕАЛИЗАЦИИ ВЫЧИСЛИТЕЛЬНЫХ АЛГОРИТМОВ С УЧЕТОМ АППАРТНЫХ ОСОБЕННОСТЕЙ ГИБРИДНОЙ ЭВМ**

В.В. Карташев, [vsevolod.kartashev@gmail.com](mailto:vsevolod.kartashev@gmail.com)

*ФГБНУ Институт прикладной математики им. М.В.Келдыша РАН, Москва,  
Россия*

Благодаря появлению технологии выполнения расчетов силами графических процессоров вычислений, которые обычно проводит центральный процессор общего назначения, современные гибридные ЭВМ позволяют решать крупные задачи, в которых объем вычислений за единицу времени существенно превосходит возможности одноядерных персональных компьютеров без дискретных видеокарт.

Гибридная ЭВМ обычно представляет собой вычислительный кластер, состоящий из вычислительных узлов. Для экспериментов использовалась гибридная ЭВМ, каждый узел которой содержит два шестиядерных центральных процессора Intel Xeon с частотой 3 ГГц (ЦПУ) и специализированные платы графических ускорителей Nvidia (ГПУ). Один узел содержит 1344 обрабатывающих элемента ГПУ и 12 ядер ЦПУ. Программное обеспечение позволяет пользователю использовать для решения задач как вычислительные мощности только процессоров, так и мощности графических ускорителей в дополнение к ним [1,2]. В настоящей работе оценивается прирост производительности вычислений, который даёт использование графических вычислительных ядер при моделировании движения большого количества (порядка десятков тысяч) твердых невзаимодействующих друг с другом тел. К

такому классу, например, относится задача обнаружения маневров космических объектов на околоземных орбитах [3].

Моделирование движения отдельного объекта состоит в численном интегрировании системы обыкновенных дифференциальных уравнений со сложной правой частью. Алгоритм вычисления одинаков для всех объектов. В задачах этого типа возможности распараллеливания сильно ограничены из-за жесткости систем и особенностей алгоритмов [4], что не позволяет в полном объеме воспользоваться наличием большого числа независимых обрабатываемых элементов графических вычислительных ядер. По этой причине вычислительные ядра ГПУ и ЦПУ загружались набором однотипных задач расчета движения отдельных тел.

В таблице 1 приведены результаты экспериментов и расчетов по сравнению производительности решения задачи на графических ядрах и центрального процессора узла гибридной ЭВМ. Полученные данные позволяют сделать вывод о том, что в среднем для каждого тела прирост производительности за счет ГПУ не превышает полутора-двух раз. Следует заметить, что время расчета одного объекта обрабатываемым элементов графического ядра более чем на порядок превышает время расчета силами ЦПУ. Это связано с неприспособленностью его аппаратной вычислительной структуры [5] под особенности реализации алгоритма численного интегрирования. Замедление имеет место [6] из-за аппаратных особенностей ГПУ и ограничений драйверов, а также необходимости загрузки графического вычислительного ядра не единым алгоритмом без ветвлений, а отдельной задачей, имеющей ветвления, для каждого обрабатываемого элемента [7,8]. Фактически двукратный прирост производительности возник лишь ввиду большого количества обрабатываемых элементов графических вычислительных ядер.

В соответствии с таблицей 1, медиана времени расчетов ГПУ составляет около 13 часов, что означает существенную задержку в получении результатов моделирования в траекторных расчетах по сравнению с 10 минутами для ЦПУ. Кроме того, создание программы вычислений на графическом процессоре для сложной задачи требует значительных трудозатрат. Это обусловлено в том числе особенностями средств разработки Nvidia. Вместе с небольшим значением прироста производительности расчетов в сутки, эти особенности позволяют критически рассмотреть вопрос о целесообразности использования графических вычислителей в рассматриваемой задаче.

Табл. 1. Сравнение времени вычисления одного набора данных для разных наборов на ЦПУ и ГПУ

Время рас- чета объек- та, ГПУ	Время расчета объекта, ЦПУ	Набор ис- ходных данных	Объектов в сутки, ГПУ*	Объектов в сутки, ЦПУ**
15:36:27	0:12:25	Sierra-1	2066	1391
15:26:24	0:12:17	Hotel-1	2089	1406
14:27:19	0:11:30	Papa-1	2231	1502
12:54:18	0:10:16	Charlie-1	2499	1683
12:41:44	0:10:06	Charlie-2	2540	1710
13:20:42	0:10:37	Charlie-3	2417	1627
12:12:49	0:09:43	Oscar-1	2640	1778
13:44:35	0:10:56	Tango-1	2347	1580
15:38:58	0:12:27	Sierra-2	2061	1387
04:06:22	0:03:16	Echo-1	7855	5289
01:56:54	0:01:33	Sierra-3	16555	11148
01:55:39	0:01:32	Foxtrot-1	16734	11269

\* - исходя из расчета, что в каждый момент времени параллельно вычисляется 1344 набора данных

\*\* - исходя из расчета, что в каждый момент времени параллельно вычисляется 12 наборов данных

В работе также обсуждаются особенности программирования ускорителей Nvidia по сравнению с графическими ускорителями других производителей и способы реализации вычислений решаемой задачи на графических вычислительных ядрах. Показано, что для ускорителей AMD удастся обеспечить более быстрое выполнение экспериментальных расчетов с большей точностью. В работе получены подробные оценки вычислительной производительности разных конфигураций вычислений на гибридной ЭВМ.

### Литература

1. Advanced Micro Devices, Inc. Heterogeneous Computing with OpenCL // Université du Québec à Chicoutimi. - Elsevier Inc., 2013.
2. Apple Inc. OpenCL Programming Guide for Mac // Mac Developer Library. - [https://developer.apple.com/library/mac/documentation/Performance/Conceptual/OpenCL\\_MacProgGuide](https://developer.apple.com/library/mac/documentation/Performance/Conceptual/OpenCL_MacProgGuide), 2013.
3. Г.К. Боровин, М.В. Захваткин, В.А. Степаньянц, А.Г. Тучин, Д.А. Тучин, В.С. Ярошевский. Определение параметров орбиты и маневра космического

аппарата при заданном времени приложения импульса // Вестник МГТУ им. Н.Э. Баумана. Серия. «Естественные науки». 2012.

4. Бордовицына Т. В. Современные численные методы в задачах небесной механики. – М.: Наука, 1984.

5. Narasiman V. и др. (Nvidia, Intel). Improving GPU performance via large warps and two-level warp scheduling //Proceedings of the 44th Annual IEEE/ACM International Symposium on Microarchitecture. – ACM, 2011.

6. Ahmad Lashgar, Amirali Baniyasi. "Performance in GPU architectures: Potentials and distances". 9th Annual Workshop on Duplicating, Deconstructing, and Debunking (WDDD 2011). 2011.

7. Nicolas Brunie, Sylvain Collange, Gregory Diamos. Simultaneous branch and warp interweaving for sustained GPU performance //ACM SIGARCH Computer Architecture News. – IEEE Computer Society, 2012. – Том 40. – №. 3.

8. Tianyi David Han, Tarek S. Abdelrahman. Reducing branch divergence in GPU programs //Proceedings of the Fourth Workshop on General Purpose Processing on Graphics Processing Units. – ACM, 2011.

УДК 519.687

## **МЕТОДИ УПРАВЛІННЯ РЕСУРСАМИ І ДОДАТКАМИ В ОБЧИСЛЮВАЛЬНИХ СИСТЕМАХ НА БАЗІ ХМАРНИХ ОБЧИСЛЕНЬ**

Мацуєва К.А.

*Національний авіаційний університет, Україна*

В даний час існує безліч рішень, що дозволяють здійснювати управління розподілом навантаження між обчислювальними ресурсами. Серед них найбільш перспективним є концепція хмарних обчислень. Ця технологія дозволяє уніфікувати доступ до ресурсів, що дуже важливо для систем, що вимагають високої якості обслуговування і забезпечують доступність послуг в режимі 24/7. Використання концепції хмарних обчислень дозволяє забезпечити збереження і обслуговування значних об'ємів даних, використовуваних системою [1].

Досить ефективним вважається прогнозування поведінки клієнтів використовуючи механізми попередньої реєстрації і статистику споживання ресурсів для кожної з підсистем. Таким чином, можна визначити об'єм потужностей для обслуговування потоку заявок, що надходять.

Потоки запитів (трафік) до мультимедійних додатків, як правило, відрізняються від моделі простого пуассонівського потоку, що описується експоненційною функцією розподілу інтервалу часу між моментами надходження заявок. При цьому кожен з джерел запитів, що бере участь у процесі створення потоку пакетів, володіє власними значен-



нями питомої інтенсивності навантаження. У кожний момент часу інтенсивність навантаження результуючого потоку запитів користувачів залежить від того, до яких додатків вони спрямовані, яким каналом (віртуальним ресурсом) вони обслуговуються, а також яке співвідношення їх чисельності для різних додатків.

Використовуючи різні оптимізаційні алгоритми на кожному з етапів можна вплинути на структуру трафіку, забезпечивши тим самим якість обслуговування для виділеного сервісу. При цьому вхідні потоки зазнають значних змін і в підсумковому трафіку з'являються довгострокові залежності в інтенсивності запитів, що дозволяє ввести зворотний зв'язок для компонентів обслуговуючої системи. Відмінною особливістю імітаційної моделі, побудованої для дослідження процесу обслуговування запитів, є набір ознак, що характеризують кожен з заявок:

- ресурсомісткість - оцінюється з використанням рейтингу затребуваності основних ресурсів системи;
- передбачуваний час виконання - оцінюється з використанням статистики обслуговування однотипних заявок в залежності;
- рейтинг кінцевого виконавця заявки - використовується як ваговий коефіцієнт для раціонального розподілу ресурсів в підсистемах.

Кожна з заявок у вхідному потоці даних отримує динамічний пріоритет, залежно від представлених набору ознак і поточного стану всієї СМО в цілому. Прийmemo, що всі обчислювальні вузли  $K$ , в рамках обраного класу завдання, ідентичні і будь-яка заявка може бути обслугована будь-яким з них. При цьому на кожному обчислювальному вузлі для ефективного обслуговування заявок застосовуються відносні пріоритети.

Враховуючи особливості кожного сервісу, формалізуємо характеристики побудованої моделі. Кількість джерел  $I$ , і інтенсивність  $\mu_n = 1, \dots, I$  безпосередньо залежить від кількості користувачів, що звертаються в даний момент до хмари, при чому у разі одночасного звернення одного клієнта до різних рівнів підсистем будемо вважати як заявки, що надійшли від двох незалежних один від одного джерел. Враховуючи це, інтенсивність надходження заявок в хмарну систему в цілому буде нерівномірною не залежно від обраного інтервалу часу моделювання. Крім цього, в СМО хмари можна виділити кілька фаз  $F$  обслуговування заявок. Це обумовлено архітектурою технічного рішення, що дозволяє масштабувати потужності залежно від поставлених завдань. Хмарний контролер, що керує розміщенням обчислювальних задач на запущених додатках, а так само запуском і зупинкою об-

числювальних вузлів, здатний визначати класи завдань, що дає можливість використовувати гнучке управління потоками запитів.

Визначимо схему управління потоками запитів (рис. 1) і виділимо три фази обслуговування заявок: накопичення заявок в контролері хмарної системи (фаза 1), пріоритетне обслуговування заявок на обраному обчислювальному вузлі (фаза 2), генерація пакетів даних, запитаних користувачами (фаза 3).

В рамках дослідження встановлено, що для потоку запитів до хмарної інформаційної системи характерна сильна нерівномірність інтенсивності надходження заявок і пакетів. Заявки не рівномірно розподілені на часовому інтервалі, і групуються в одних інтервалах, і повністю відсутні в інших.

При цьому для кожного класу задач випадковий процес надходження в систему запитів характеризується законом розподілу, що встановлює зв'язок між значенням випадкової величини і ймовірністю появи цього значення. Такий потік може бути описаний ймовірнісною функцією розподілу інтервалів часу між сусідніми запитами. На підставі статистичних даних про кількість і розміри запитів, що надходять а так само характеристики інтервалів часу між запитами отримано наступні відповідності:

- для додатків, що відносяться до першого класу і здійснюють обробку поточкових даних (передача відео трафіку) характерний розподіл Парето;
- для додатків, що відносяться до другого класу і здійснюють обробку статичних даних (передача бінарного трафіку) характерно розподіл Вейбулла між надходять на обслуговування заявками;
- для додатків, що відносяться до третього класу і здійснюють обробку статичних даних (передача трафіку даних Найбільшого розміру) характерний  $X_i$ - квадрат-розподіл.

Особливістю архітектури віртуалізації є її масштабованість і реконфігурованість. Тому основним завданням управління є вибір необхідної кількості обчислювальних ресурсів в кожен наступний момент часу роботи хмарної системи. При організації доступу до мультимедійних ресурсів це особливо актуально, так як створюване навантаження на сервіси може змінюватися в досить короткі інтервали часу [2.3]. Для того, щоб запобігти вичерпання ресурсів у вже запущених додатках і підготувати додаткові обчислювальні потужності потрібно, динамічно складати план стану ресурсів і застосовувати його для оптимізації структури хмари.

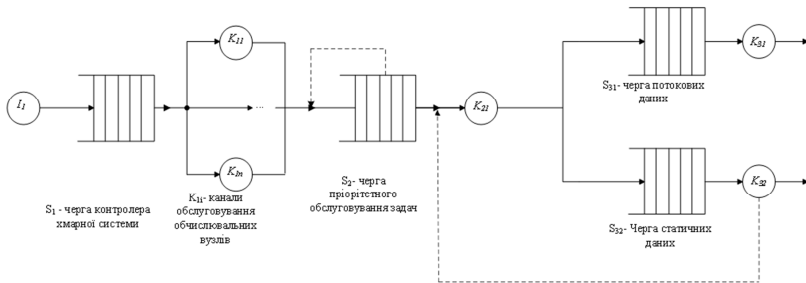


Рис. 1 Схема управління потоками запитів в системі з хмарними обчисленнями.

Одним з процесів створення віртуальної машини є планування. У результаті обробки в системі задається передбачувана кількість користувачів, а також може бути створений виділений шаблон віртуальної машини з необхідними апаратними характеристиками і програмним забезпеченням для проведення міграції. На основі отриманого шаблону і даних про попередні аналогічні заходи сервером розкладів здійснюється розрахунок конфігурації для розгортання сервісу. При цьому у разі ідентичності віртуальних машин з програмного забезпечення пропонуються варіанти вже створених раніше образів, що зберігаються в NAS. Для зручності конфігурації віртуальної машини пропонується три види.

Перша конфігурація - забезпечить запас продуктивності у разі непередбачуваного збільшення кількості користувачів. Коефіцієнт масштабування при цьому розраховується динамічно. При цьому хмарна система виконує масштабування в рамках всіх доступних на поточний момент часу ресурсів. Крім того, системою надається можливість вибрати діапазон кількості примірників віртуальних машин, доступних для запуску.

Друга конфігурація - забезпечить меншу продуктивність віртуальної машини, у порівнянні з заданою кількістю користувачів. Однак такий шаблон є найбільш ефективним при використанні сервісів для вузькоспеціалізованої аудиторії користувачів. Він дозволяє скоротити накладні витрати при порівняно малій кількості користувачів, щодо заявленого числа передплатників. Як і у випадку з першим варіантом шаблону, можливо задати кількість примірників віртуальних машин, що дозволяє забезпечити паралельний запуск на декількох обчислювальних вузлах в умовах нестачі ресурсів у хмарній системі.

Третій варіант конфігурації - створюється з використання заданих користувачем характеристик, що включають в себе фіксований коефіцієнт масштабування, і фіксовану кількість примірників віртуальних

машин, які будуть запущені незалежно від кількості користувачів відразу після початку процесу міграції.

Іншим процесом є обслуговування запитів користувачів і масштабування ресурсів в рамках роботи додатків. Система враховує загальну кількість запитів від кожного з джерел, що дає можливість прогнозування навантаження не тільки на хмару і запущені програми, але і на окремі сегменти ЛВС. На основі отриманих даних системою управління хмарою відповідно до заданого плану здійснюється міграція і масштабування обчислювальних ресурсів.

Іншим процесом є обслуговування запитів користувачів і масштабування ресурсів в рамках роботи додатків. Система враховує загальну кількість запитів від кожного з джерел, що дає можливість прогнозування навантаження не тільки на хмару і запущені програми, але і на окремі сегменти ЛВС. На основі отриманих даних системою управління хмарою відповідно до заданого плану здійснюється міграція і масштабування обчислювальних ресурсів.

Таким чином, запропоновані методи доступу і керування хмарною системою дозволяють підвищити ефективність її використання в умовах обмеженості ресурсів, а також звести до максимуму кількість користувачів.

### **Література :**

1. Armbrust M., Fox A., Griffith R. Above the Clouds: A Berkeley view of cloud computing. – 2009. - с. 191-196.
2. Borodin A, El-Yaniv R. Online computation and competitive analysis // vol. 53. Cambridge University Press, New York. - 1998.
3. Pinedo, M. L. Planning and Scheduling in Manufacturing and Services / M. L. Pinedo. - New York : Springer, 2005. - 506 p.

УДК 517.957

### **МЕТОД ПЛАНУВАННЯ РІШЕНЬ У КОНКУРЕНТНОМУ СЕРЕДОВИЩІ НА ОСНОВІ ВИКОРИСТАННЯ ОНТОЛОГІЙ**

В.В. Литвин, О.В. Оборська, М.Я. Гопяк, Р.В. Вовнянка  
*Національний університет "Львівська політехніка", Україна*

Петля OODA (Бойда) використовується в задачах аналізу і моделювання професійної діяльності окремих інтелектуальних агентів (ІА) і організацій в умовах конкурентного середовища, характерного для війн, бізнесу, торгівлі, спорту. Розглянемо детальніше кожний етап петлі OODA у процесі його взаємодії з онтологією предметної області та задач, які в цій області виникають (рис.1).

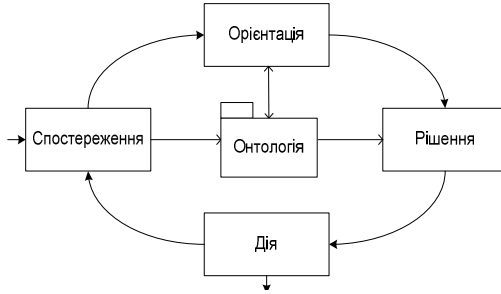


Рис.1. Петля OODA

Етап спостереження дає змогу здійснювати процес розбудови онтології, а також аналізувати її з метою вибору релевантної інформації, яка потрібна на наступних етапах петлі OODA.

На етапі орієнтація здійснюється побудова плану дій. Для досягнення цільового стану ІА насамперед повинен бути побудований план досягнення цього стану із всіма можливими альтернативами. Планування ґрунтується на декомпозиції. Задача планування  $ZP$  містить три складові: множину станів  $S$ , множину дій  $A$ , множину цільових станів  $Goal$  (станів мети), тобто

$$ZP = \langle St, A, Goal \rangle. \quad (1)$$

Нехай  $v(S(i))$  – оцінка стану  $S(i)$ . Для оцінювання станів, у яких вже перебував ІА, використовуватимемо онтологію ПО. Стан мети  $Goal$  визначається необхідністю деякій множині ознак  $X$  досягнути певних значень  $z(X, Goal) \forall x \in X$ . Будь-який стан  $S(i)$  задається своєю множиною ознак  $Y_i$ , які набувають значень  $z(y(S(i)) \forall y \in Y$ .

Тоді оцінка стану  $v(S(i))$  обчислюється:

$$v(S(i)) = d(S(i), Goal) = \sum_{x \in X_w} \varphi(z(\psi(y), S(i)), z(x, Goal))$$

де  $X_w$  – множина найсуттєвіших ознак,  $\varphi$  – деяка метрика, яка залежить від специфіки ПО,  $\psi$  – множини ознак та їх значень стану  $S(i)$ .

Вибір найкращого плану здійснюється на етапі рішення. Загалом рішення стосовно вибору дії на основі альтернативи здійснюємо згідно з деяким відношенням між станом та дією:

$$o_i(a_{ij}^k) = \delta(v(a_{ij}^k), v(S(j)))$$

Зокрема, таке відношення може бути лінійним:

$$o(a_{ij}^k) = \omega v(a_{ij}^k) + (1 - \omega) v(S(j)),$$

де  $\omega \in [0, 1]$  – частка альтернативі дії, яку ІА віддає під час прийняття рішення, інша частка належить стану, в який він перейде.

Після оцінювання дій та станів задача вибору шляху зводиться до задачі асинхронного динамічного програмування. Ми отримуємо таку модель переходів між станами:

$$S(j) = a(S(i), o_i), \quad (2)$$

із критерієм оптимізації

$$\Theta(S(0), \vec{o}) \Rightarrow \min(\max). \quad (3)$$

Задача (2)–(3) є задачею динамічного програмування. Використовуючи методи, придатні для розв'язування таких задач, знаходимо розв'язок у вигляді шляху переходу з початкового у кінцевий стан, тобто шлях виконання плану. У подальших наших роботах планується ускладнити модель (2)–(3) з урахуванням станів конкурентів і використати розроблене математичне забезпечення для моделювання воєнних дій.

Дія - це заключний етап петлі OODA на якому здійснюється практична реалізація обраного плану дій.

У випадку, якщо конкурентне середовище військова галузь, то онтологія задається такою моделлю:

$$\text{Cop} \rightarrow O = (C, R, F),$$

де Cop – співтовариство експертів (сукупність фахівців Мінобороны, військово-промислового комплексу, науково-дослідних організацій, що беруть участь в обґрунтуванні та реалізації заходів програми розвитку військ), « $\leftrightarrow$ » - знак єдності сприйняття. Область військових технологій характеризується відсутністю нормативно встановлених визначень і строгої класифікації технологій. Військові технології постійно розвиваються, що відбивається у розширенні та зміні понятійної системи.

Сутність базових та критичних військових технологій пояснюється на основі найпростішої моделі збройної боротьби, що базується на положеннях теорії Джона Бойда. Відповідно до цієї теорії передбачається наявність мінімум двох протилежних сторін («Червоні» та «Сині»), які ведуть збройну боротьбу в певній сфері (поле бою). Формально під полем бою будемо розуміти багатовимірний простір, у межах якого воюючі сторони ведуть бойові дії. Обидві протилежні сторони «Черво-

ні» та «Сині» діють і приймають рішення в рамках циклу Бойда OODA - спостереження, орієнтація, рішення, дія.

У простому випадку, за інших рівних умов двох сторін, існують два основні способи досягнення перемоги. Перший шлях - зробити в кількісному вимірі свої цикли швидшими, що дозволить перехопити ініціативу, нав'язати противнику хід бою. Другий шлях - поліпшити якість прийнятих рішень, тобто приймати рішення, більшою мірою відповідні ситуації, що складається, ніж рішення противника. Перемагає в даній моделі та сторона, у якої комбінація показників швидкості і якості військової діяльності вище.

Кожному елементу циклу OODA відповідає певна задача, рішення якої забезпечується складною сукупністю військових технологій – макротехнологій військової діяльності. Від ефективності макротехнологій залежить час і якість вирішення завдань на кожному етапі циклу і циклічної діяльності в цілому.

Для оцінювання якості онтологій використовуємо стандарт ISO/IEC 25012 [3]. Адапуємо характеристики цього стандарту до онтології бази знань. Якість даних можна відобразити за допомогою якісної моделі, яка класифікує атрибути якості даних на вісімнадцять характеристик: узгодженість, поширеність, повнота, чіткість, точність, конфіденційність, доступність, зворотність, зрозумілість, керованість, ефективність, мінливість, продуктивність, портативність, безпека, достовірність, зручність, дотримання встановлених норм [3]. До базових характеристик якості інтелектуальних систем за ISO/IEC 25012 є [4]: функціональність у використанні; достовірність; зрозумілість; зручність; портативність; відновлення; конфіденційність. З огляду на те, що розглядається клас інформаційних систем, які проектуються на основі онтологічної моделі предметної області, ці характеристики напряду залежать від якості онтологій.

*Функціональність у використанні.* Функціональність – це здатність даних, яка дає змогу комп'ютерній системі задовольняти функціональні користувачські вимоги та завдання. Функціональні вимоги до даних залежать від користувачів і, як правило, стосуються тих функцій (або можливостей), для котрих дані можуть призначатись. З погляду кінцевого користувача, повнота – це ступінь, відповідно до якого дані здатні задовольнити потреби користувача у кількісному розумінні. Визначення функціональності є однією з основних характеристик інформаційних систем, що залежить від повноти онтології, наскільки точно вона описує специфіку предметної області (ПО) та задач, які у ній виникають. Відповідно, повнота онтологій залежить від вміння давати правильні відповіді на запити до неї. Своєю чергою, це залежить від

вміння системи оцінити новизну знань, які пропонується додавати до онтології. Мірою якості функціональності буде середній відсоток ненульових (нетривіальних) правильних відповідей на запити до онтології:

$$\chi_1 = \frac{M_q^p}{M_q} \cdot 100\%,$$

$M_q$  – кількість всіх запитів до онтології БЗ;  $M_q^p$  – кількість правильних відповідей на запити.

*Достовірність* – це ступінь, відповідно до якого дані розглядають як істинні та надійні для користувачів. Достовірність функціонування ІС – це відсоток достовірно розв’язаних задач системою. Це одна з базових характеристик якості ІС і вона залежить не тільки від якості БЗ, але й від моделі функціонування таких систем, отже, від побудованої метрики:

$$\chi_2 = \frac{M_z^p}{M_z} \cdot 100\%,$$

$M_z$  – загальна кількість задач, які розв’язала ІС;  $M_z^p$  – кількість правильно розв’язаних задач.

*Зрозумілість* – це ступінь, відповідно до якого реальне значення даних є простим для користувачів; ступінь, відповідно до якого дані подано за допомогою відповідної мови, символів та одиниць і відповідно до якого ці значення є зрозумілими [5,6].

*Зручність* – можливість отримувати доступ до даних, зокрема людям, яким необхідні допоміжні технології або спеціальна конфігурація через певні вади.

*Портативність* – можливість переміщати дані з однієї платформи на іншу; можливість встановлення та переміщення даних у призначеній платформі. Це особливо стосується однорідного та узгодженого набору даних (тобто тих даних, які запитуються програмним додатком). Інформація про процеси, що відбуваються у зовнішньому середовищі, може характеризуватись великими обсягами і трудомісткістю первинного накопичення та актуалізації, що визначає необхідність її ретельного зберігання та регламентованої зміни. Критерієм портативності є швидкодія, яка виражається часом відгуку ІС на зовнішнє звертання (час реакції на зміну параметрів зовнішнього середовища, до яких чутлива система).

*Відновлення* – здатність даних для підтримання та збереження зазначеного рівня діяльності, фізичної та логічної цілісності, навіть у



разі виходу системи з ладу. Цей стандарт стосується якості даних, а не системи: характеристика зворотності пов'язана з даними, які повинні бути відновлюваними.

*Конфіденційність* – це доступ до даних та здатність їх інтерпретувати тільки авторизованим користувачам. Наприклад, дані, які належать до особистої або конфіденційної інформації (стан здоров'я або прибуток), можуть бути доступними лише авторизованим користувачам або повинні бути написані секретним кодом.

Отже для підвищення ефективності планування рішень використано онтологію. Запропоновано використати ISO/IEC 25012 для оцінювання якості онтологій баз знань інтелектуальних систем. Розглянуто основні показники стандарту та адаптовано їх для оцінки якості онтологій.

### **Література**

1. Gruber T. A translation approach to portable ontologies / T.Gruber // Knowledge Acquisition. – 1993. – № 5 (2). – P. 199–220.
2. Литвин В. В. Бази знань інтелектуальних систем підтримки прийняття рішень: монографія / В. В. Литвин. – Львів: Видавництво Львівської політехніки, 2011. – 240 с.
3. Інтелектуальні системи, базовані на онтологіях: монографія / Д. Г. Досин, В. В. Литвин, Ю. В. Нікольський, В. В. Пасічник. – Львів : Цивілізація, 2009. – 414 с.
4. ISO/IEC 25012:2008 <https://www.iso.org/obp/ui/#iso:std:iso-iec:25012:ed-1:v1:en>.
5. AS/NZS ISO/IEC 25012:2013 Software engineering—Software product Quality Requirements and Evaluation (SQuaRE) – Data quality model.
6. Литвин В. В. Підхід до побудови інтелектуальних систем підтримки прийняття рішень на основі онтологій // Проблеми програмування: наук. журн. / Національна академія наук України; Інститут програмних систем. – Київ, 2013. – № 4. – С. 43–52.

## **НЕКОТОРЫЕ АЛГОРИТМЫ ФОРМАЛИЗАЦИИ ЕСТЕСТВЕННО-ЯЗЫКОВЫХ ФОРМ ПРЕДСТАВЛЕНИЯ ЗНАНИЙ**

И.С. Посадская

*Черниговский национальный технологический университет, Украина*

Известно, что внешний мир меняется. Качественное обучение должно производиться на актуальных моделях. Отсюда бесспорна важность этой функции в автоматизированных обучающих системах. Сложность сильно зависит от формы представления знаний.

Существуют стандартные процедуры, используемые для получения вторичных знаний: формальные грамматики, логические исчисления, сети Петри, нейронные сети, конечные автоматы, ER-модели и др..

Несмотря на разнообразие, не отпадает необходимость выбора наилучшего способа представления знаний, что в итоге сводится к выбору наиболее подходящего инструментального средства для представления знаний. И здесь наиболее очевидно решение по выбору такого средства. Это инструментарий, базирующийся на множестве формализмов. Таким одним из наиболее известных инструментариев подобного класса является инструментарий Rational Rose, использующий в качестве входного языка Unified Modelling Language (UML) [1].

Проблема выбора объектно-ориентированного метода представления знаний до сих пор актуальна. Не смотря на то, что разработки ведутся разными научными школами, имеются значительные концептуальные сходства. Первая объектно-ориентированная школа (Peter Coad, Edward Yourdon) [2] использует графические формы представления знаний. Вторая школа (Booch G., Berrard E.) [3] использует в основном таблицы для отображения и определения объектов и их частей. В каждой есть свои недостатки и преимущества.

Объектная ориентация базируется на понятиях объектов, которые инкапсулируют данные и процессы, происходящие с этими данными. Объект – это сущность из реального мира, чьи процессы и атрибуты (данные) моделируются программными приложениями. Процессами мы называем функции, услуги, программы, методы, свойства или модули. Эти термины могут и не совпадать с теми терминами, которыми человек может описать тот или иной объект. Именно по этой причине мы рассматриваем термин «процесс» как трансформационный программный языковой код, который действует на данные объекта.

Класс определяет атрибуты и процессы; объекты являются экземплярами определения класса. Между классами могут существовать

разные типы отношений. Композиция и агрегация используются для описания отношения часть-целое, зависимости описывают существующие между классами отношения использования (уточнения, связывания), обобщение связывает обобщенные классы со специализированными (is-a); ассоциации представляют структурные отношения между объектами.

Любой фрагмент предметной области можно представить в виде классовой диаграммы, выделив при этом объекты реального мира, характеристиками которых являются атрибуты, и отношения, с помощью которых описываются взаимодействия между объектами. Процесс обучения в данном случае будет проходить путем задавания вопросов к классовой диаграмме. Вопросы должны или полностью покрывать все свойства классовой диаграммы, или же ее фрагмент. Результат обучения оценивается по спектру вопросов. Вопросы надо строить так, чтобы ответы были непротиворечивы.

Следующим этапом обучения будет воссоздание фрагмента предметной области, описанной классовой диаграммой, в естественноязыковой форме.

Наша задача составить алгоритм описания классовой диаграммы на естественном языке (русском). Рассматривая любую классовую диаграмму, пользователю надо определить центр концентрации внимания. Найти класс, который является узловым для других, т.е. тот, который связан с наибольшим количеством других классов. Если такового нет и все классы равноправны, то выбрать любой и начать его описывать. Все характеристики данного класса можно прочитать с помощью перечисления атрибутов. Итак, имя класса будет существительным (подлежащим). Далее, рассмотреть все отношения, которыми данный класс связан с другими классами. Сказуемыми для составления предложений будут глаголы, которыми мы описываем отношения между классами.

Глаголы, с помощью которых можно описать, как один класс связан с другим, сводятся к перечню синонимов к глаголам, которыми можно описать отношения между классами. Рассмотрим глаголы, принимая во внимание, какое отношение они описывают:

- ассоциация (глаголы описывающие вид деятельности, активности, процесс): связан с, играет роль в, и т.д.;
- композиция (типа «has a»): включает в себя, состоит из, делится на, есть частью, владеет и т.д.;
- агрегация: относится к, есть частью, состоит из, владеет, делится на и т.д.;
- обобщение (типа «is a»): является, принадлежит, есть, быть, владеет свойствами, характеризуется и т.д.;

- ЗАВИСИМОСТЬ: ЗАВИСИТ ОТ, ПОДЧИНЯЕТСЯ И Т.Д.

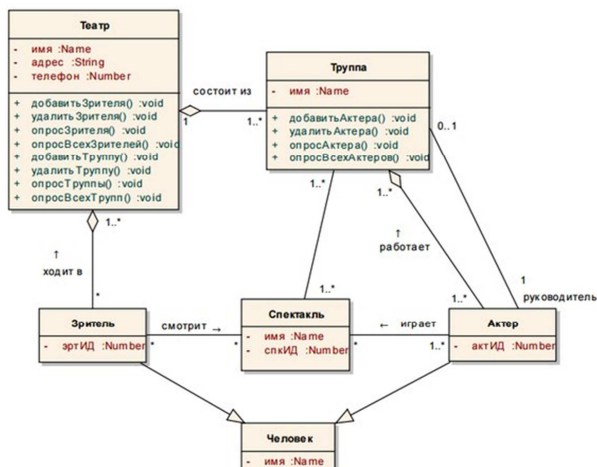


Рис.1 Пример классовой диаграммы

Опишем классовую диаграмму, изображенную на Рис.1, используя алгоритм. Как видим, на данной диаграмме наибольшее количество связей имеют 2 класса – Труппа и Актер. Центром концентрации внимания выбираем Актера.

В данном фрагменте текста речь идет об актерам, каждый из которых имеет свой личный номер ИД. В спектакле должен быть занят хотя бы один актер. При этом актер может играть в любом количестве спектаклей (или вообще может ничего не играть). Зритель приходит в театр, чтобы посмотреть спектакль. Зритель может выбрать любой спектакль, на каждом спектакле может находиться любое количество зрителей. Каждый актер работает в одной или нескольких труппах, но в каждой труппе должен быть хотя бы один актер, без этого труппа бы не существовала. Каждой труппой управляет только один актер — руководитель, но не все актеры являются руководителями. Театр состоит из трупп и зрителей. Труппа состоит из актеров. Театр может состоять из одной или нескольких трупп, но каждая труппа находится в одном и только одном театре. С другой стороны, в театр может ходить любое количество зрителей (включая нулевое количество), причем зритель может посещать один или несколько театров. Также из диаграммы следует, что и зритель и актер являются людьми.

Данный фрагмент предметной области, представленный естественно-языковой формой нужно оценить, путем построения новой классовой диаграммы, выводимой из уже составленного описания. Фрагменты предметной области сравниваются на уровне классовых диаграмм – входящей и выводимой. Для этого необходим набор вопросов, которые покрывают все свойства классовых диаграмм. Такой набор вопросов может и не покрыть полностью предметную область. При этом выводимая диаграмма будет без полного или частичного перечня характеристик атрибутов, не все отношения могут быть корректно описаны или отсутствовать вообще и т.п..

Результат обучения будет зависеть от степени детализации процесса составления вопросов. При выявлении несовпадений в двух классовых диаграммах, целевым образом указываются ссылки на фрагмент текста, обучение которого нужно пройти заново.

### **Литература**

1. Bruce Powel Douglass. Real – Time UML Second Edition. Developing Efficient Objects for Embedded Systems. Addison-Wesley, 1999, 238 p.
2. Booch, G., Object Oriented Design with Applications. Redwood City, CA: Benjamin/Cummings Publishing Company, Inc., 1991.
3. Coad, P., and E. Yourdon, Object-Oriented Analysis. Englewood Cliffs, NJ: Prentice-Hall, 1990.

ДЛЯ НОТАТОК

ДЛЯ НОТАТОК

НАУКОВЕ ВИДАННЯ

**МАТЕМАТИЧНЕ ТА ІМІТАЦІЙНЕ  
МОДЕЛЮВАННЯ СИСТЕМ  
МОДС 2015**

ДЕСЯТА МІЖНАРОДНА  
НАУКОВО-ПРАКТИЧНА КОНФЕРЕНЦІЯ  
(Чернігів, 22-26 червня 2015р.)

ТЕЗИ ДОПОВІДЕЙ

Головний редактор  
Технічний редактор  
Комп'ютерна верстка  
Друкар

В. В. Казимир  
І. В. Михайлюк  
І. В. Михайлюк  
Н. А. Тестова

Набір комп'ютерний. Здано до друку 15.06.2015.

Підписано до друку 15.06.2015.

Формат 60x84 /16. Друк цифровий.

Умов. друк. арк. 29,3. Обл.-вид.арк. 21,2.

Наклад 130 прим. Зам. № 1038.130.015.

Чернігівський національний технологічний університет  
14027, м. Чернігів, вул. Шевченка, 95.

Свідоцтво про внесення суб'єкта видавничої справи  
до Державного реєстру видавців,  
виготівників і розповсюджувачів видавничої продукції  
серія ДК № 4802 від 01.12.2014 р.