

Міністерство освіти і науки України
Національна Академія наук України
Академія технологічних наук України
Інженерна академія України
Університет Гліндор, 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
Національний технічний університет України
«Київський політехнічний інститут»
Полтавський національний технічний університет імені Юрія Кондратюка
Чернігівський національний технологічний університет

**МАТЕМАТИЧНЕ ТА ІМІТАЦІЙНЕ
МОДЕЛЮВАННЯ СИСТЕМ
МОДС 2016**

**ОДИНАДЦЯТА МІЖНАРОДНА НАУКОВО-ПРАКТИЧНА
КОНФЕРЕНЦІЯ**

27 червня - 1 липня 2016 р.

Тези доповідей



Жукин 2016

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

Посадська І.С., ЧНТУ

Посадська А.С., ЧНТУ

Нехай В.В., ЧНТУ

М 34 Математичне та імітаційне моделювання систем. МОДС 2016 : тези доповідей Одиндцяті міжнародної науково-практичної конференції (Жукин, 27 червня - 1 липня 2016 р.) / М-во осв. і наук. України, Нац. Акад. наук України, Академія технологічних наук України, Інженерна академія України та ін. - Чернівці : ЧНТУ, 2016. – 476 с.

ISBN 978-966-2188-64-6

У збірник включені тези доповідей, які були представлені на конференції “Математичне та імітаційне моделювання систем. М ОДС 2016”. 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

М.А. Вашковьяк, Н.М. Тесленко
МИХАИЛ ЛЬВОВИЧ ЛИДОВ - ЯРКОЕ ИМЯ В
КОСМИЧЕСКОЙ НАУКЕ.....20

К. С. Курочка, Ю. А. Сидоракина
МОДЕЛИРОВАНИЕ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ
ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫХ ПОЛЕЙ В БЛИЖНЕЙ ЗОНЕ
СФЕРИЧЕСКОЙ ЧАСТИЦЫ МЕТОДОМ КОНЕЧНЫХ
РАЗНОСТЕЙ ВО ВРЕМЕННОЙ ОБЛАСТИ.....25

Братусь О. В., Подладчиков В. М., Подладчикова Т. В.
МЕТОД КОВЗНОГО ДВОБІЧНОГО ЕКСПОНЕНЦІЙНОГО
ЗГЛАДЖУВАННЯ ДЛЯ ВІДНОВЛЕННЯ
ЗАКОНОМІРНОСТЕЙ ДИНАМІЧНИХ ПРОЦЕСІВ28

Д.т.н. А.И. Казаков, Г.В. Шаповалов
РАСЧЕТ ОБЛАСТЕЙ СОСУЩЕСТВОВАНИЯ ФАЗ В
ТВЕРДЫХ РАСТВОРАХ $In_x Ga_{1-x} As_y P_{1-y}$ В РАМКАХ
МОДЕЛИ ПОСТРЕГУЛЯРНОГО РАСТВОРА32

В.А. Каргашев, В.В. Каргашев
ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ОСОБЕННОСТЕЙ РАБОТЫ
СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ ТУННЕЛЬНОГО МИКРОСКОПА
НА ТОЧНОСТЬ ИЗМЕРЕНИЙ36

Пильгун А.В., Скакун В.В.
МОДЕЛИРОВАНИЕ РАВНОМЕРНОГО РАСПРЕДЕЛЕНИЯ
ТОЧЕК В СФЕРИЧЕСКОМ ОБЪЕМЕ40

А.М. Касім, М.М. Касім
WEB-ДОДАТОК ДЛЯ 2D-ВІЗУАЛІЗАЦІЇ РЕЗУЛЬТАТІВ
ІМІТАЦІЙНОГО МОДЕЛЮВАННЯ РУХУ АЕРОКОСМІЧНИХ
ТА НАЗЕМНИХ ОБ'ЄКТІВ З ГЕОПРИВ'ЯЗКОЮ ДО
ЕЛЕКТРОННОЇ КАРТИ42

Г.Б. Ефимов, М.В. Ефимова ИССЛЕДОВАНИЕ ТРАЕКТОРИЙ ПОЛЕТОВ КОСМИЧЕСКИХ АППАРАТОВ С ДВИГАТЕЛЯМИ МАЛОЙ ТЯГИ В ИНСТИТУТЕ ПРИКЛАДНОЙ МАТЕМАТИКИ ИМЕНИ М.В. КЕЛДЫША	47
О.О. Коваленко, О.О. Кряжич МАТЕМАТИЧНІ ЗАЛЕЖНОСТІ ПРОЦЕСУ МІГРАЦІЇ ТРИТІЮ	51
Є.В. Нікітенко, Р.Б. Андрущенко ІНСТРУМЕНТАЛЬНИЙ ЗАСІБ ВІДДАЛЕНОГО СПОСТЕРЕЖЕННЯ ЗА ПОКАЗНИКАМИ ДАТЧИКІВ.....	56
О.В. Сидорчук, В.І. Днесь, В.І. Скібчик ПОДІЄВИЙ ПІДХІД ДО МОДЕЛЮВАННЯ АГРОМЕТЕОРОЛОГІЧНИХ УМОВ ПІД ЧАС ЗБИРАННЯ РАННІХ ЗЕРНОВИХ КУЛЬТУР	59
М.І. Гордійчук ПРОГНОЗУВАННЯ ХАРАКТЕРИСТИК УЛЬТРАДИСПЕРСНИХ СУМІШЕЙ ЗА ДОПОМОГОЮ КОМП'ЮТЕРНОГО МОДЕЛЮВАННЯ.....	63
А. О. Демиденко РОЗУМІННЯ РИЗИКУ АБО ПЕРЕОСМИСЛЕННЯ БЕЗПЕКИ, ЯК ВІДСУТНОСТІ РИЗИКІВ (НА ПРИКЛАДІ 30-РІЧНОГО ДОСВІДУ ПОДОЛАННЯ НАСЛІДКІВ ЧОРНОБИЛЯ).....	65
Г.И.Казакевич, И. В. Егоров МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ЭЛЕКТРОКИНЕТИЧЕСКОГО ЭФФЕКТА, ВЫЗЫВАЕМОГО В ОСАДОЧНОМ СЛОЕ ПОВЕРХНОСТНЫМИ ВОЛНАМИ	69
В.В. Нехай РОЗРОБКА АЛГОРИТМУ МОДЕЛЮВАННЯ ТА ПРОГНОЗУВАННЯ СТАНУ ҐРУНТІВ	71

Я.І. Соколовський, В.І. Яркун, М.В. Левкович, Р.П. Стельмах ЧИСЕЛЬНЕ МОДЕЛЮВАННЯ ТЕПЛОМАСОПЕРЕНОСЕННЯ В СЕРЕДОВИЩАХ З ФРАКТАЛЬНОЮ СТРУКТУРОЮ З ВИКОРИСТАННЯМ РОЗПАРАЛЕЛЮВАННЯ	75
Р.В. Беженар, Є.О. Євдін, В.С. Мадерич ІНТЕГРАЦІЯ КАМЕРНОЇ МОДЕЛІ ПЕРЕНОСУ РАДІОНУКЛІДІВ У МОРСЬКОМУ СЕРЕДОВИЩІ POSEIDON В ЄВРОПЕЙСКУ СИСТЕМУ З ЯДЕРНОГО АВАРІЙНОГО РЕАГУВАННЯ RODOS.....	79
М.І.Zheleznyak, R.I.Demchenko, P.S.Kolomiets, M.V.Sorockin, P.V.Dikiy NUMERICAL SIMULATION OF TSUNAMI PROPAGATION BY COASTOX-UN MODEL.....	83
П.В. Дикий, О.Г. Куценко, О.М. Харитонов МЕТОДИКА РОЗРАХУНКУ НА ЦИКЛІЧНУ МІЦНІСТЬ БАРБОТАЖНОГО БАКА АЕС.....	86
В. А. Литвинов, С. Я. Майстренко, К. В. Хурцилава ПРОСТРАНСТВЕННО-ВРЕМЕННЫЕ МОДЕЛИ ГЕОДАНЫХ И ИХ ИСПОЛЬЗОВАНИЕ В СФЕРЕ ЛЕСНОГО ХОЗЯЙСТВА	89
С.М. Ануліч, Є.О. Євдін, І.В. Ковалець, О.В. Халченков ВПРОВАДЖЕННЯ СИСТЕМИ ЯДЕРНОГО АВАРІЙНОГО РЕАГУВАННЯ JRODOS В УКРАЇНІ ТА ЇЇ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ДАНИМИ ОПЕРАТИВНОГО МЕТЕОРОЛОГІЧНОГО ПРОГНОЗУВАННЯ.....	93
I.V. Kovalets, R. Avila VERIFICATION OF MODEL OF RADIOCARBON ATMOSPHERIC TRANSPORT IN TERRESTRIAL ECOSYSTEMS	96
Бровченко І.О., Мадерич В.М. БАГАТОФАЗНА ЛАГРАНЖЕВА МОДЕЛЬ ДИСПЕРСІЇ РАДІОНУКЛІДІВ У ВОДНОМУ СЕРЕДОВИЩІ.....	99

Терлецька К.В., Ковалець І.В., Мадерич В.С., Бровченко І.О. МОДЕЛЮВАННЯ БАЛАНСУ ПРІСНИХ ВОД ЧОРНОГО МОРЯ ЗА СЦЕНАРИЄМ КЛІМАТИЧНИХ ЗМІН У ХХІ СТОРІЧІ	102
А.В.Халченков, И.В.Ковалец МОДЕЛИРОВАНИЕ АТМОСФЕРНОГО ПЕРЕНОСА РАДИОНУКЛИДОВ В СОСТАВЕ ЧАСТИЦ ПЫЛИ В ОКРЕСТНОСТЯХ ОБЪЕКТОВ ХРАНЕНИЯ РАДИОАКТИВНЫХ ОТХОДОВ.....	105
О.Бойко, Є.Євдін, О.Михальський, І.Ковалець, М.Железняк ПРОГНОЗУВАННЯ РІВНІВ ТА ВИТРАТ ВОДИ У БАСЕЙНАХ Р.ПРУТ ТА Р.СІРЕТ	109
А.О.Пашко, С.А.Теренчук, Б.М.Єременко, Ю.В.Рябчун МОДЕЛЮВАННЯ ЕКОЛОГІЧНИХ ФАКТОРІВ ПРИ ОЦІНЦІ ТЕХНІЧНОГО СТАНУ АРХІТЕКТУРНИХ КОНСТРУКЦІЙ В ІНТЕЛЕКТУАЛЬНИХ СИСТЕМАХ.....	113
Авраменко А.С. АДАПТАЦІЯ АЛГОРИТМІВ СИНТЕЗУ МОДЕЛЕЙ ДО ВЛАСТИВОСТЕЙ МАСИВУ ВХІДНИХ ДАНИХ В ІНФОРМАЦІЙНИХ СИСТЕМАХ КРИЗОВОГО МОНІТОРИНГУ ДОВКІЛЛЯ	117
О.В. Горбик КЛАСИФІКАЦІЯ ЗАДАЧ У МЕДИЧНИХ ІНФОРМАЦІЙНИХ СИСТЕМАХ	120
В.В. Бегун, В.Ф Гречанинов ПРАКТИЧНІ ПИТАННЯ ФОРМУВАННЯ КРИТЕРІЇВ МОНІТОРИНГУ НА ОСНОВІ ІМОВІРНІСНОГО Й ІМІТАЦІЙНОГО МОДЕЛЮВАННЯ.....	122
Е.И. Сукач, Д.В. Гетиков, М.А. Бужан, Ю. В. Жердецкий ВЕРОЯТНОСТНО-АЛГЕБРАИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ПОТОКОВЫХ СИСТЕМ СТРУКТУРНО-СЛОЖНОЙ ОРГАНИЗАЦИИ	125

С.А. Мискевич, Ф.Ф. Комаров, А.Ф. Комаров, Г.М. Заяц, В.Н. Юв-ченко, С.А. Сорока
МОДЕЛИРОВАНИЕ РАБОТЫ ИНТЕГРАЛЬНЫХ
БИПОЛЯРНЫХ ТРАНЗИСТОРОВ ПОД ВОЗДЕЙСТВИЕМ
ИОНИЗИРУЮЩИХ ИЗЛУЧЕНИЙ.....130

Т.С. Левцова
ПОСТРОЕНИЯ ПАРАМЕТРИЗИРОВАННОЙ
ГЕОМЕТРИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ ПОЗВОНОЧНИКА
ЧЕЛОВЕКА.....132

Сирик С.В., Вишенский А.А., Цверчкова А.А.
О ВЫБОРЕ СТАБИЛИЗИРУЮЩИХ ПАРАМЕТРОВ
КУСОЧНО-КВАДРАТИЧНЫХ ВЕСОВЫХ ФУНКЦИЙ ПРИ
ЧИСЛЕННОМ РЕШЕНИИ УРАВНЕНИЙ КОНВЕКЦИИ-
ДИФУЗИИ-РЕАКЦИИ МЕТОДОМ КОНЕЧНЫХ
ЭЛЕМЕНТОВ134

СЕКЦІЯ 2 СУЧАСНІ АСПЕКТИ МАТЕМАТИЧНОГО ТА
ІМІТАЦІЙНОГО МОДЕЛЮВАННЯ СИСТЕМ У
ВИРОБНИЦТВІ..... 137

О.О. Броварець
ДИНАМІЧНА МОДЕЛЬ КЕРУВАННЯ ЯКІСТЮ ВИКОНАННЯ
ТЕХНОЛОГІЧНИХ ОПЕРАЦІЙ ІЗ ВИКОРИСТАННЯМ
ТЕХНІЧНИХ СИСТЕМ ОПЕРАТИВНОГО МОНІТОРИНГУ У
РОСЛИННИЦТВІ ДЛЯ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ КЕРОВАНОВОГО
АГРОБІОЛОГІЧНОГО СТАНУ СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКИХ
УГІДЬ ІЗ ВИКОРИСТАННЯМ ПРОГНОСТИЧНО-
КОМПЕНСАЦІЙНОЇ ТЕХНОЛОГІЇ ДИФЕРЕНЦІЙОВАНОГО
ВНЕСЕННЯ ТЕХНОЛОГІЧНОГО МАТЕРІАЛУ138

М.В. Двоєглазова
МАТЕМАТИЧНІ МОДЕЛІ АНАЛІЗУ ТА ОЦІНКИ
РИЗИКІВ140

О.С. Сокульський, К.Ю. Гілевська, Н.М. Васільцова, Д.Л. Панченко ПРОГРАМНІ ЗАСОБИ ІМІТАЦІЙНОГО МОДЕЛЮВАННЯ В ЗАБЕЗПЕЧЕННІ КОНТРОЛЮ ЯКОСТІ ОБСЛУГОВУВАННЯ ПАСАЖИРІВ НА МАРШРУТАХ МІСЬКОЇ ПАСАЖИРСЬКОЇ ТРАНСПОРТНОЇ СИСТЕМИ.....	142
В.В. Адамчук, акад. НААН, професор, д.т.н., В.О. Швидя, к.т.н. МАТЕМАТИЧНЕ МОДЕЛЮВАННЯ ФОТОСЕПАРАЦІЇ РУХОМОГО ШАРУ НАСІННЯ	147
В.А.Бичко АВТОМАТИЗОВАНИЙ ПОШУК ОПТИМАЛЬНОЇ КІЛЬКОСТІ КЛАСТЕРІВ ПРИ ВИРШЕННІ ЛОГІСТИЧНИХ ЗАДАЧ.....	151
В.А. Бичко, Р.М. Жигульський КОНЦЕПЦІЯ ДОСЛІДЖЕННЯ ВІРТУАЛЬНИХ МЕХАНІЧНИХ КОНСТРУКЦІЙ НА МІЦНІСТЬ	155
И.П. Синицын, Е.П. Ильина, О.А. Слабоспицкая ЗАДАЧИ И МЕТОДЫ КООРДИНАЦИИ ОРГАНИЗАЦИОННЫХ РЕШЕНИЙ В КРИТИЧЕСКОЙ ВЕДОМСТВЕННОЙ ИНФОРМАЦИОННОЙ ИНФРАСТРУКТУРЕ.....	159
А.В. Федухин, В.П. Пасько МОДЕЛИРОВАНИЕ НАДЕЖНОСТИ БОРТОВОГО ВЫЧИСЛИТЕЛЬНОГО КОМПЛЕКСА СПЕЦИАЛЬНОГО НАЗНАЧЕНИЯ.....	164
О. М. Пашок, О. С. Шевчик ЗАСТОСУВАННЯ МЕТОДІВ ВЕЙВЛЕТ-АНАЛІЗУ В МАТЕМАТИЧНОМУ МОДЕЛЮВАННІ ТА ПРОГНОЗУВАННІ ДИНАМІКИ ФІНАНСОВИХ ЧАСОВИХ РЯДІВ.....	168
О.О. Акимов МАТЕМАТИЧНЕ МОДЕЛЮВАННЯ ДИНАМІКИ ПРУЖНОГО КРІПЛЕННЯ ПАКУВАНЬ	172

Г.Б. Филимоныхин, В.В. Яцун ИССЛЕДОВАНИЕ КОЛЕБАТЕЛЬНО-ВРАЩАТЕЛЬНЫХ ВИБРАЦИЙ КОРОБА ГРОХОТА ВОЗБУЖДАЕМЫХ ПАССИВНЫМ АВТОБАЛАНСИРОМ.....	175
В. Г. Мироненко, В.В. Холявко МОДЕЛЬ ОПЕРАТИВНОГО УПРАВЛІННЯ ІНТЕГРАЛЬНИМ ПРОЦЕСОМ ПІДГОТОВКИ ТА ПРОВЕДЕННЯ СІВБИ ЗЕРНОВИХ КУЛЬТУР	179
Р.Б. Кудринський СТВОРЕННЯ КОНЦЕПТУАЛЬНОЇ МОДЕЛІ ОРГАНІЧНОГО ВИРОБНИЦТВА ПРОДУКЦІЇ РОСЛИННИЦТВА	181
К.т.н., с.н.с. М.В.Лапа, І.С.Печонкін, А.Н.Потапенко, Ю.Б.Лапа ІНФОРМАЦІЙНЕ ПАРАМЕТРИЧНЕ 3D МОДЕЛЮВАННЯ ОБ'ЄКТІВ БУДІВНИЦТВА.....	185
К.С. Багаткін ВИКОРИСТАННЯ ДВОЗОННОЇ МАТЕМАТИЧНОЇ МОДЕЛІ ПОЖЕЖІ В БУДІВЛІ.....	187
Н.В.Сеспедес Гарсія, А.В. Федухин МОДЕЛИРОВАНИЕ СРЕДНЕЙ НАРАБОТКИ НА ОТКАЗ НЕРЕЗЕРВИРОВАННЫХ ВОССТАНАВЛИВАЕМЫХ СИСТЕМ	189
Л.М. Клінцов ІМІТАЦІЙНЕ МОДЕЛЮВАННЯ ВПЛИВУ МОТИВАЦІЇ ПРАЦІ НА ВИРОБНИЧУ ФУНКЦІЮ	193
А.В. Горошко СТАТИСТИЧНО-ДЕТЕРМІНОВАНЕ МОДЕЛЮВАННЯ БАГАТОВУЗЛОВИХ ТЕХНІЧНИХ ОБ'ЄКТІВ	196
Е. Skakalina SMART INFORMATION TECHNOLOGY AS A PLATFORM TO OPTIMIZE RESOURCE COSTS	200

Р.Р. Ланський
NDVI ЯК ІНСТРУМЕНТАЛЬНИЙ ЗАСІБ МАТЕМАТИЧНОГО
МОДЕЛЮВАННЯ КІЛЬКІСНОЇ ОЦІНКИ РОСЛИННОГО
ПОКРОВУ203

В.В. Можаровский, Д.С. Кузьменков, Т.М. Дёмова
МЕТОДИКА И АЛГОРИТМ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ПАРАМЕТРОВ
КОНТАКТА ЦИЛИНДРИЧЕСКИХ ТЕЛ ИЗ КОМПОЗИТОВ С
УЧЕТОМ ЯВЛЕНИЯ ВЯЗКОУПРУГОСТИ207

К.С.Курочка, Е.В.Комракова
ЧИСЛЕННИЙ АНАЛИЗ НАПРЯЖЕННО-
ДЕФОРМИРОВАННОГО СОСТОЯНИЯ
КОМБИНИРОВАННОЙ КРУГЛОЙ ПЛАСТИНЫ С УЧЕТОМ
ЭФФЕКТА ТЕРМОУПРУГОСТИ.....210

А.М.Заславский, В.В.Ткачѐв, П.Ю.Огеенко
МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССА
САМООРГАНИЗАЦИИ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СЕТИ
«УМНЫХ» ЭЛЕКТРОНАГРЕВАТЕЛЬНЫХ ПРИБОРОВ,
СУММАРНАЯ МОЩНОСТЬ КОТОРЫХ ПРЕВЫШАЕТ
ЛИМИТИРОВАННУЮ МОЩНОСТЬ
ЭЛЕКТРОПОТРЕБЛЕНИЯ ОБОГРЕВАЕМОГО ОБЪЕКТА ..212

А.В. Бубликов, С.Н. Проценко, О.В. Карпенко
ИДЕНТИФИКАЦИЯ ИМИТАЦИОННОЙ МОДЕЛИ
«ЭЛЕКТРИЧЕСКИЙ ОБОГРЕВАТЕЛЬ - КОМНАТА» С
ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ КОМПЬЮТЕРНЫХ
ИНСТРУМЕНТАЛЬНЫХ СРЕДСТВ.....215

Голуб С.В., Харченко О.В.
ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНИЙ МОНИТОРИНГ МОБІЛЬНОГО
РОБОТА219

Е.И.Кутушев, Е.Ю.Зуева
ВОССТАНОВЛЕНИЕ ФОРМЫ И ПАРАМЕТРОВ ДВИЖЕНИЯ
ТВЕРДОГО ТЕЛА ПО ЛОСЮ ВИДИМЫХ СКОРОСТЕЙ НА
ИЗОБРАЖЕНИИ

229

О.Е. Zhytnyk THE USING OF UNMANNED AIRCRAFT SYSTEM AS A DATA SOURCE FOR GIS IN PRECISION AGRICULTURE	226
А.С.Кулик ПРОДУКЦИОННАЯ МОДЕЛЬ ДИАГНОСТИРОВАНИЯ СИСТЕМ УПРАВЛЕНИЯ	228
Халус О.А., Терентьев Р.А. ПОБУДОВА МАТЕМАТИЧНОЇ МОДЕЛІ ПОЛЬОТУ КВАДРОКОПТЕРА	232
Халус О.А., Терентьев Р.А. ЗАСТОСУВАННЯ КОНТРОЛЕРА ARDUINO MEGA 2560 У СИСТЕМІ УПРАВЛІННЯ БЕЗПІЛОТНИМ ЛІТАЮЧИМ АПАРАТОМ	236
Т.З. Фидаров ПРИМЕНЕНИЕ СТРУКТУРНО-ФУНКЦИОНАЛЬНОГО И СИСТЕМНО-ФИЛОСОФСКОГО ПОДХОДОВ К ПОСТРОЕНИЮ КОМПЛЕКСА ИМИТАЦИОННЫХ МОДЕЛЕЙ ДЛЯ ОЦЕНКИ СВОЙСТВ И ПАРАМЕТРОВ РАЗВИТЫХ ГАРАНТОСПОСОБНЫХ СИСТЕМ	240
Ю.В. Бабенко ИМИТАЦИОННАЯ МОДЕЛЬ АККУМУЛИРУЮЩЕГО БУНКЕРА В РЕЖИМЕ ПОДДЕРЖАНИЯ ЗАДАННОГО ОБЪЕМА ГРУЗА В СЛУЧАЕ ДВУХСКОРОСТНОГО ПИТАТЕЛЯ.....	244
Муха А.А. Гедз А.В. МОДЕЛИРОВАНИЕ РАБОТЫ И ОТЛАДКА АЛГОРИТМА ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ КОНТРОЛЬНО- ИНФОРМАЦИОННОЙ СИСТЕМЫ ДЛЯ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНЫХ ПЕРЕЕЗДОВ «БЛАГОВЕСТ».....	246
В.В. Вишне夫斯基, Т.Н. Романенко АППРОКСИМАЦИЯ ДУГ КРИВЫХ ПАРАМЕТРИЧЕСКИМИ СПЛАЙНАМИ КАК МЕТОД ОЦЕНКИ СОСТОЯНИЯ СЛОЖНОЙ СИСТЕМЫ	248

М.С. Дорош МОДЕЛЮВАННЯ СИСТЕМ УПРАВЛІННЯ НА ОСНОВІ КОНВЕРГЕНЦІЇ.....	251
Медведська К.О., Жданова О.Г., Сперкач М.О. ЗАДАЧА ПЛАНУВАННЯ ВИКОНАННЯ ЗАВДАНЬ ЗІ СПІЛЬНИМ ДИРЕКТИВНИМ ТЕРМІНОМ НЕІДЕНТИЧНИМИ ПАРАЛЕЛЬНИМИ ПРИСТРОЯМИ.....	255
С.В. Жартовський, С.М. Чумаченко, В.В. Троцько, О.М Тітенко ПРОБЛЕМАТИКА МАТЕМАТИЧНОГО МОДЕЛЮВАННЯ РИЗИКІВ НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЙ ДЛЯ ОБ'ЄКТІВ КРИТИЧНОЇ ІНФРАСТРУКТУРИ, ОБУМОВЛЕНИХ ЗАГОРАННЯМИ ТА ПОЖЕЖАМИ.....	260
Ю.В. Коляда, В.І. Трохановський ЩОДО ПРИРОДИ ПІДПРИЄМНИЦЬКИХ РИЗИКІВ З-ЗА УМОВИ НЕЛІНІЙНОЇ ДИНАМІКИ ВИРОБНИЦТВА	263
V.V. Lytvynov, O.O. Lytvyn DIAGNOSIS OF GAS PUMPING UNITS WITH THE HELP OF ARTIFICIAL INTELLIGENCE.....	267
John N. Davies, A Bhalla, Mariya Verovko SIMULATION OF BODY AREA NETWORKS IN A HOSPITAL ENVIRONMENT	270
Е.А. Бородина, И.Ю. Сузыма, И. В. Чирков АВТОМАТИЗАЦИЯ ПРОЦЕССА СОСТАВЛЕНИЯ РАСПИСАНИЯ ЗАНЯТИЙ КАК ОДИН ИЗ ПОДХОДОВ ПОВЫШЕНИЯ КАЧЕСТВА ПОДГОТОВКИ СТУДЕНТОВ..	274
Пичугина О.С. ПОЛИЭДРАЛЬНО-СФЕРИЧЕСКИЙ МЕТОД РЕШЕНИЯ НЕЛИНЕЙНЫХ ЗАДАЧ О НАЗНАЧЕНИЯХ.....	277
О.М. Іванік., О.А. Михайленко, С.Е. Замковець МОДЕЛІ СТРАХУВАННЯ З ПРОПОРЦІЙНОЮ ТА ОБМЕЖЕНОЮ ПРОПОРЦІЙНОЮ ФРАНШИЗОЮ	281

О. О. Храмов ЗАДАЧА ДИНАМІЧНОЇ ПОБУДОВИ РОЗКЛАДУ ДЛЯ РОЗПОДІЛЕНИХ КОМП'ЮТЕРНИХ СИСТЕМ.....	285
СЕКЦІЯ 3 СУЧАСНІ АСПЕКТИ МАТЕМАТИЧНОГО ТА ІМІТАЦІЙНОГО МОДЕЛЮВАННЯ СИСТЕМ В ІНФОРМАЦІЙНИХ ТЕХНОЛОГІЯХ	289
В.В. Литвин, Д.І. Угрин, А.М. Фітьо ФОРМАЛІЗАЦІЯ ЗАДАЧІ ФОРМУВАНН ТЕРИТОРІАЛЬНИХ ГРОМАД	290
О.А. Галкін КЛАСИФІКАЦІЯ АСИМЕТРИЧНИХ ДАНИХ НА ОСНОВІ ОДНОВИМІРНОЇ МІРИ ВІДДАЛЕНОСТІ	293
И.И. Горбань ТЕОРИЯ ВЕРОЯТНОСТЕЙ И ТЕОРИЯ ГИПЕРСЛУЧАЙНЫХ ЯВЛЕНИЙ: ИХ ОБЩНОСТЬ И РАЗЛИЧИЕ	297
П.Г.Бивойно ДОСВІД ВИКЛАДАННЯ КУРСУ «МОДЕЛЮВАННЯ» НА КАФЕДРІ ІКС ЧНТУ	302
Т.О. Корніюк МОДЕЛЬ ОБЧИСЛЕННЯ НЕТОЧНИХ ВЕЛИЧИН ЗА ДОПОМОГОЮ ЙМОВІРНІСНИХ РОЗПОДІЛІВ	304
А. И. Антонюк, А.А. Бурачик МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССА ПОСЕЩЕНИЯ КОНСУЛЬТАЦИЙ СТУДЕНТОМ, РАБОТАЮЩИМ НАД КУРСОВЫМ ПРОЕКТОМ	307
А.А. Радченко ПРИНЦИПЫ ПОСТРОЕНИЯ ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ ДЛЯ РАСПОЗНАВАНИЯ АВТОМОБИЛЬНЫХ НОМЕРОВ	311
О.В. Мороз ФУНКЦИОНАЛЬНАЯ МОДЕЛЬ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ КОРПОРАТИВНЫМИ ЗНАНИЯМИ	316

С.Н. Лапач РОБАСТНЫЕ ПЛАНЫ ЭКСПЕРИМЕНТА	320
Дмитренко Т.А., Деркач Т.М., Ладатко Д.С., Даценко К.В., Данильченко О.С. МОДУЛЬ «СИСТЕМА ДИСТАНЦІОНОГО НАВЧАННЯ» ДЛЯ ПОРТАЛУ КАФЕДРИ ВНЗ	324
А.М.Проскуров МАТЕМАТИЧНА МОДЕЛЬ ГІБРИДНОГО КРИПТОГРАФІЧНОГО АЛГОРИТМУ	326
Zavertanyy V. V., Makarenko A. S. ANALYSIS METHODS FOR MULTIAGENT SYSTEMS THAT EXPOSE COOPERATIVE GROUP BEHAVIOR	330
Л.С. Коряшкина, А.П. Череватенко ОПТИМАЛЬНЫЕ ДИАГРАММЫ ВОРОНОГО ВЫСШИХ ПОРЯДКОВ ОГРАНИЧЕННЫХ МНОЖЕСТВ И АЛГОРИТМЫ ИХ ПОСТРОЕНИЯ	332
Ю.М. Лисецкий, В.Е. Снитюк МЕТОДЫ И МОДЕЛИ ВЫБОРА ОПТИМАЛЬНОЙ АЛЬТЕРНАТИВЫ ДЛЯ ФОРМИРОВАНИЯ ЭЛМЕНТНОЙ БАЗЫ КОРПОРАТИВНОЙ ИНТЕГРИРОВАННОЙ ИНФОРМАЦИОННОЙ СИСТЕМЫ	335
А.С. Баранюк КОМП'ЮТЕРНЕ МОДЕЛЮВАННЯ НАЙКОРОТШОГО ШЛЯХУ СЕРЕД СТАТИЧНИХ ПЕРЕШКОД НА ПЛОЩИНІ 339	
Д.А.Ковальова ПЕРЕДАЧА ДАНИХ ЗА ДОПОМОГОЮ СВІТЛОВОЇ ТЕХНОЛОГІЇ LI-FI, РЕАЛІЗОВАНА ДЛЯ МОБІЛЬНОГО ПРИСТРОЮ	341
О. В. Скакаліна ІНТЕЛЕКТУАЛЬНА ІНФОРМАЦІЙНА СИСТЕМА КЕРУВАННЯ ПРОЦЕСОМ ІНТЕГРАЦІЇ НАУКОВОГО ТА ПЕДАГОГІЧНОГО ПРОФІЛІВ ВНЗ	345

В.О. Щербань АЛГОРИТМ ВИЗНАЧЕННЯ ТОНАЛЬНОСТІ ТЕКСТУ	348
Казимир В.В., Прелая О.А., Крищенко Н.С. МОДЕЛЬ ПРОЦЕССА ВЫПОЛНЕНИЯ ЗАДАЧ В ГРИД- СРЕДЕ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ТЕХНОЛОГИИ ВИРТУАЛИЗАЦИИ	350
Мойсеенко О. П., Соколенко Ю. М.,Ткачук Н. О., Щипун О. В. АВТОМАТИЗАЦІЯ ПРОЦЕСУ ЗБОРУ ЕЛЕКТРОННИХ ДОКУМЕНТІВ В МЕРЕЖІ ІНТЕРНЕТ	353
О.А. Руденко, З.М. Руденко ОСНОВНІ КЛАСИФІКАЦІЙНІ ОЗНАКИ СУЧАСНИХ МОДЕЛЕЙ ОЦІНКИ НАДІЙНОСТІ ПРОГРАМНИХ ЗАСОБІВ	356
Е.Ю.Зуева, К.Б.Зуев ПРИНЦИП ДОМИНАНТЫ А.А. УХТОМСКОГО КАК ВОЗМОЖНЫЙ МЕХАНИЗМ ПРЕДВИДЕНИЯ: ПО МАТЕРИАЛАМ КОНФЕРЕНЦИИ «ANTICIPATION: LEARNING FROM THE PAST THE RUSSIAN/SOVIET CONTRIBUTIONS TO THE SCIENCE OF ANTICIPATION» ..	358
В.М. Томашевський МОДЕЛІ РОБОЧОГО НАВАНТАЖЕННЯ ДЛЯ ВИЗНАЧЕННЯ ПРОДУКТИВНОСТІ ОБЧИСЛЮВАЛЬНИХ СИСТЕМ	363
І.В. Стеценко ПАРАЛЕЛЬНИЙ АЛГОРИТМ ІМІТАЦІЇ ПЕТРИ-ОБ'ЄКТНОЇ МОДЕЛІ	369
Е.И. Дятлов МОДЕЛИРОВАНИЕ ОБЛАЧНОЙ СИСТЕМЫ ВИДЕОНАБЛЮДЕНИЯ	372
Є.Б. Артамонов ПІДХІД ДО РОЗРОБКИ КОМП'ЮТЕРНОЇ СИСТЕМИ НАВЧАННЯ ІНВАЛІДІВ ЗОРУ	375

В.В. Литвинов, А.А. Задорожний ЯЗЫК БЛОЧНОГО ИМИТАЦИОННОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ ДЛЯ АВТОМАТИЗИРОВАННЫХ СИСТЕМ.....	379
Л.В. Васильева, А.Ф. Тарасов, И.А. Гетьман РАЗРАБОТКА ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ СЕГМЕНТАЦИИ ИЗОБРАЖЕНИЙ НА ОСНОВЕ МЕТОДОВ КЛАСТЕРИЗАЦИИ	381
В.І. Гур'єв, І.В.Фірсова МАТЕМАТИЧНЕ МОДЕЛЮВАННЯ ЗА ДОПОМОГОЮ MATHCAD	385
Andrii Mokrhuз MULTIPURPOSE APPLICATION LEVEL PROTOCOLS FOR MOBILE APPLICATIONS IN THE CLIENT SERVER ENVIRONMENT	389
М.И. Демиденко Д.В. Жданов ПРОТОТИП ГРАФИЧЕСКОГО ПОЛЬЗОВАТЕЛЬСКОГО ИНТЕРФЕЙСА РЕДАКТОРА УЧЕБНЫХ ПЛАНОВ АВТОМАТИЗИРОВАННОЙ ИНФОРМАЦИОННОЙ СИСТЕМЫ ВУЗА	391
Халус О.А., Сягайло Т.А. ПОБУДОВА РОЗКЛАДУ РОБОТИ ВИКОНАННЯ ІТ- ПРОЕКТІВ	394
Ihor Karpachev BOUNDED CONTEXT IN STRATEGIC DOMAIN-DRIVEN DESIGN.....	398
А.І.Вавіленкова ІНФОРМАЦІЙНА ТЕХНОЛОГІЯ ЗМІСТОВНОГО ПОРІВНЯЛЬНОГО АНАЛІЗУ ЕЛЕКТРОННИХ ТЕКСТОВИХ ДОКУМЕНТІВ	400
А.Г. Гребенник, О.В. Трунова НЕЧІТКА МОДЕЛЬ АНАЛІЗУ ЗАХИЩЕНОСТІ РОЗПОДІЛЕНОЇ ІНФОРМАЦІЙНОЇ СИСТЕМИ	403

М.В.Савельєв КЛАССИФИКАЦІЯ МОДЕЛЕЙ ЖИЗНЕННОГО ЦИКЛА РАЗРАБОТКИ ИТ-ПРОДУКТА.....	407
О.С. Гулак МОДЕЛЮВАННЯ ПЕРЕДАЧІ НАКОПИЧУВАЛЬНИХ АСК-ІВ У PEER-TO-PEER МЕРЕЖАХ З ВУЗЬКИМ КАНАЛОМ ЗВ'ЯЗКУ.....	410
А.А. Тимченко СТРУКТУРНИЙ ПІДХІД ДО ПОБУДОВИ МОДЕЛЕЙ ВЗАЄМОЗВ'ЯЗКІВ ТА ВЗАЄМОДІЇ.....	414
А.М. Хошаба КОНЦЕПТУАЛЬНАЯ МОДЕЛЬ ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТИ ВЫЧИСЛИТЕЛЬНЫХ СИСТЕМ	417
А. В. Ярмілко ПІДВИЩЕННЯ ІНФОРМАТИВНОСТІ РАСТРОВИХ ЗОБРАЖЕНЬ У ЗАДАЧАХ УПРАВЛІННЯ ТА ДІАГНОСТИКИ	421
І.С.Скітер, І.В.Бальченко, Е.П.Сідін ВИКОРИСТАННЯ СТАТИСТИК ВІЛКОКСОНА ТА ФШЕРА ДЛЯ ВИЯВЛЕННЯ АНОМАЛЬНОЇ ПОВЕДІНКИ МЕРЕЖЕВОГО ТРАФІКУ	424
О.В. Кіндзерський РЕАЛІЗАЦІЯ МЕТОДУ АВТОРЕГРЕСІЇ КОВЗНОГО СЕРЕДЬОГО НА ОСНОВІ ТЕХНОЛОГІЇ NVIDIA CUDA.....	428
К.Н. Григорьев, В.В. Литвинов ПРАКТИЧЕСКИЕ МОДЕЛИ ОЦЕНКИ КАЧЕСТВА ВИДЕОСИГНАЛА В СИСТЕМАХ МАССОВОГО ОБСЛУЖИВАНИЯ ВИДЕО-КОНТЕНТОМ	432
І.А. Жирякова, С.В. Голуб ПРИНЦИПИ ПОБУДОВИ ЯДРА ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ СИСТЕМИ	434

Злобін С.В., Вітер В.О. МОДЕЛЮВАННЯ ТА ПРОЕКТУВАННЯ СИСТЕМ ВІДЕОСПОСТЕРЕЖЕННЯ.....	438
Салапатов В.І. ВИЗНАЧЕННЯ ПАРАМЕТРІВ АВТОМАТНОЇ МОДЕЛІ СИСТЕМИ.....	441
А.С. Посадская МЕТОДЫ ПАРАМЕТРИЧЕСКОЙ ОПТИМИЗАЦИИ НА ОСНОВЕ GERT-СЕТЕЙ.....	444
Л.М. Колечкіна, А.М. Нагірна КОМБІНАТОРНА МАТЕМАТИЧНА МОДЕЛЬ БАГАТОКРИТЕРІАЛЬНОЇ ОПТИМІЗАЦІЇ ПРИ ПОБУДОВІ КОМП'ЮТЕРНИХ МЕРЕЖ	446
В.В. Литвинов, И.С. Посадская АРХИТЕКТУРА АВТОМАТИЗИРОВАННОЙ СИСТЕМЫ ОБУЧЕНИЯ.....	450
Д.О. Катющенко МОДЕРНІЗОВАНИЙ АЛГОРИТМ РОЗВ'ЯЗАННЯ ЗАДАЧІ РОЗБИТТЯ МНОЖИНИ НА ДЕКІЛЬКА ПІДМНОЖИН.....	454
О.М. Gaytan METHODS OF THE SECURITY ENSURING IN THE COMPUTER TUTORING SYSTEMS.....	458
Бальченко И.В. ПРОБЛЕМЫ РАЗРАБОТКИ НЕОДНОРОДНЫХ ФЕДЕРАТИВНЫХ СИСТЕМ УПРАВЛЕНИЯ БАЗАМИ ДАНЫХ.....	462
А.О. Длужевський ФІЛЬТРАЦІЯ ВХІДНИХ ДАНИХ В СИСТЕМАХ ІДЕНТИФІКАЦІЇ	466
О.В. Панфьоров СИСТЕМА АВТОМАТИЧНОГО ФОРМУВАННЯ ДЕРЕВА НАВЧАЛЬНИХ МАТЕРІАЛІВ В ОСВІТІ ЛЮДЕЙ З ОСОБЛИВИМИ ПОТРЕБАМИ	470
О.С. Моїсейкін ТЕХНОЛОГІЯ РОЗРОБКИ ВЕБ-ДОДАТКІВ РЕАЛЬНОГО ЧАСУ	473

СЕКЦІЯ 1
СУЧАСНІ АСПЕКТИ МАТЕМАТИЧНОГО
ТА ІМІТАЦІЙНОГО МОДЕЛЮВАННЯ
СИСТЕМ В ЕКОЛОГІЇ

**МИХАИЛ ЛЬВОВИЧ ЛИДОВ - ЯРКОЕ ИМЯ В
КОСМИЧЕСКОЙ НАУКЕ**

(к 90-летию со дня рождения)

М.А. Вашковьяк, Н.М. Тесленко

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

В настоящем докладе представлены избранные фрагменты научного творчества выдающегося ученого-механика Лауреата Ленинской премии, профессора Михаила Львовича Лидова (1926 - 1993). Особо отмечены труды, послужившие основой мирового научного признания его имени.

Основные этапы научной деятельности М.Л. Лидова и воспоминания о нем отражены на страницах памяти <http://www.keldysh.ru/memory/lidov/index.htm> интернет-сайта Института прикладной математики им. М.В.Келдыша РАН, где Михаил Львович проработал почти всю свою жизнь. Его путь в науке описан и в Дополнении ко второму изданию (2010 г.) книги: М.Л. Лидов «Курс лекций по теоретической механике», подготовленной его коллегами и учениками. В том же году в виде препринта ИПМ был выпущен также не публиковавшийся ранее обширный научный труд М.Л. Лидова «Минимаксные методы оценивания», послуживший основой дальнейших исследований многих ученых. Воспоминания о Михаиле Львовиче и о его научных работах, на журнальных страницах делились хорошо знавшие его коллеги: канд. физ.-мат. наук. А.И. Авербух, чл.-корр. РАН В.В. Белецкий, проф. В.А. Егоров. Бесценен интереснейший очерк, написанный проф. В.М. Тихомировым и повествующий о детских и юношеских годах М.Л. Лидова. Дружеское и уважительное «Миша Лидов» среди других имен встречается и в воспоминаниях академика В.И. Арнольда. Эти выдающиеся ученые-друзья имели не только общие научные и культурные интересы, но нередко вместе участвовали в байдарочных походах. В начале 2016 года в ИПМ был выпущен юбилейный сборник <http://keldysh.ru/e-biblio/lidov>, в котором представлены научные доклады и воспоминания известных ученых нашей страны, коллег и последователей М.Л. Лидова, а также объемный список его научных трудов. К обширным научно-мемуарным материалам примыкает и настоящий доклад учеников М.Л. Лидова - выдающегося ученого, отдавшего все свои силы и знания отечественной космической науке.

Научная деятельность М.Л. Лидова началась в 1954 году, в МГУ под руководством академика Л. И. Седова. После окончания университета М.Л. Лидов поступил на работу в Междудеятельностную комиссию по координации и контролю научно-технических работ в области организации и осуществления межпланетных сообщений при АН СССР. Практически сразу же он выполнил исследование специального класса решений уравнений газодинамики, что позволило получить достаточно полную картину температурного режима искусственного спутника Земли. Основы этого исследования были заложены, по-видимому, еще в студенческие годы, поскольку список научных трудов М.Л. Лидова начинается статьей, опубликованной в Докладах Академии наук в год окончания университета.

Большая часть работ М.Л. Лидова была связана с прикладными задачами баллистического проектирования и управления полетом космических аппаратов, начиная с первого искусственного спутника Земли. В нашем Институте, который изначально назывался ОПМ - «Отделение прикладной математики Математического института им. В.А. Стеклова АН СССР» М.Л. Лидов начал работать в 1957 году, в отделе, возглавляемом Д.Е. Охочимским (впоследствии академиком РАН). А основателем и первым директором ОПМ был академик Мстислав Всеволодович Келдыш, многие годы возглавлявший и Академию наук СССР.

Уже в 1958 году пионерские работы М.Л. Лидова по определению плотности верхней атмосферы Земли из наблюдений за движением ее первых искусственных спутников и обнаруженный эффект вариации параметров атмосферы принесли ему заслуженное признание, как ученых-теоретиков, так и специалистов-прикладников.

В последующие годы Михаил Львович стал одним из лидеров направления, связанного с теоретическими и прикладными задачами баллистического проектирования и управления полетом космических аппаратов. Работы М.Л. Лидова с коллегами, посвященные анализу класса траекторий полета к Луне, а также разработанные им схемы управления были непосредственно использованы при решении многих «лунных» задач. Это облет Луны с фотографированием ее обратной стороны, мягкая посадка на Луну, доставка на ее поверхность лунохода, запуск первых искусственных спутников Луны и доставка на Землю образцов лунного грунта. То были годы вдохновенного труда, и Михаил Львович с присущей ему самоотверженностью отдавал все свои силы и знания для успешного выполнения постав-

ленных задач. Он сам и руководимые им сотрудники работали сутками без сна и неделями без отдыха, не считаясь с усталостью, а порой и с нездоровьем.

В 1960 году за большой цикл работ М.Л. Лидову была присуждена Ленинская премия, а в 1965 году по совокупности выполненных исследований – ученая степень доктора физико-математических наук, причем без защиты кандидатской диссертации. В 1970 году за выполнение работ по лунной программе он был награжден орденом Трудового Красного Знамени, а в 1986 году, в связи с сорокалетием Победы - орденом Отечественной войны второй степени. Это признание боевых заслуг М.Л. Лидова - участника Великой Отечественной войны.

Круг научных интересов Михаила Львовича был весьма широк и охватывал многие разделы математики и механики, астрономии и космогонии, теорию оценивания и дифференциальные игры. В частности, большой цикл работ М.Л. Лидова посвящен выявлению и практическому построению специальных классов траекторий знаменитой задачи трех тел и исследованию их устойчивости.

М.Л. Лидову и его ученикам принадлежит большой цикл работ по созданию численно-аналитических методов расчета движения искусственных небесных тел. Эти методы широко использовались при проектировании орбит спутников “Электрон”, “Прогноз”, спутников связи на геостационарных и высокоапогейных орбитах. Математические модели, применяемые в этих высокоточных и быстродействующих методах, учитывали весьма полную совокупность лунно-солнечных возмущений, возмущений от нецентральной геопотенциала (а для ИСЛ и масконов), влияние земной атмосферы, светового давления и эффекта экранирования спутника Землей. Созданные достаточно сложные алгоритмы и программы были внедрены во многих научных и промышленных организациях, что в немалой степени способствовало проектированию, запуску, наблюдению и использованию как первого отечественного геостационарного спутника («Космос-637», 1974 г.), так и последующего многочисленного семейства геостационарных ИСЗ.

В 1964 году М.Л. Лидовым предложена постановка задачи о выборе состава измеряемых параметров траектории в случае неполного знания вероятностных характеристик ошибок измерений. Им была выявлена математическая аналогия между некоторыми оптималь-

ными задачами коррекции траекторий и задачами выбора состава измерений. Это направление нашло свое развитие в работах многих его последователей.

Основанное М.Л. Лидовым направление работ по исследованию эволюции орбит небесных тел и выявленный эффект, получивший название «резонанс Лидова-Козаи», дали развитие многочисленным небесно-механическим исследованиям, как в нашей стране, так и за рубежом. Данный термин, сегодня прочно установившийся в современной небесно-механической литературе, получил двойное название не сразу. Долгое время употреблялся термин «резонанс Козаи» по имени известного японского ученого, изучавшего двукратно осредненную круговую ограниченную задачу трех тел и опубликовавшего результаты своих исследований в 1962 году. Однако годом раньше М.Л. Лидов получил те же качественные результаты в ее спутниковом варианте (двукратно осредненной задаче Хилла), который явился результатом упрощения достаточно сложного метода расчета эволюции орбит ИСЗ, вызванной гравитационными возмущениями Луны и Солнца. К сожалению, исследование, выполненное М.Л. Лидовым и опубликованное на русском языке в 1961 году, получило известность за рубежом только после воспроизведения его статьи в англоязычных журналах в 1962, 1963 годах, а в особенности, после представления его доклада на Международном симпозиуме 1962 г. в Париже и соответствующей публикации в трудах 1963 г. Этот, ставший классическим, научный труд М.Л. Лидова имеет более половины из нескольких сотен цитирований всех его работ. Но только в середине 90-х годов прошлого столетия по справедливому и своевременному предложению А.И. Нейштадта термин «**резонанс Лидова-Козаи**» вошел в научный обиход. Этому в немалой степени способствовали постоянные усилия наших ученых К.В. Холшевникова и В.В. Сидоренко, использовавших в своих научных трудах двойное название и настоятельно рекомендовавших это же самое зарубежным авторам.

Вышеупомянутая двукратно осредненная задача Хилла описывает в первом приближении эволюцию спутниковой орбиты под действием вековых возмущений от достаточно удаленной притягивающей точки. Осреднение в этой задаче проводится независимым образом по всем наиболее быстрым переменным – средним аномалиям спутника и внешней точки. В стандартных обозначениях кеплеровских элементов орбиты два первых интеграла этой задачи суть $a = c_0$, $(1 - e^2)\cos^2 i = c_1$. Они были известны ранее из работ профессора МГУ Н.Д. Моисеева, но только полученный М.Л. Лидовым в явном

виде дополнительный и весьма изящный интеграл $e^2(2/5 - \sin^2 i \sin^2 \omega) = c_2$ позволил свести проблему к исследованию поведения фазовых траекторий в плоскости (аргумент перицентра ω - эксцентриситет e) в зависимости от c_2 при фиксированном значении c_1 и к вычислению квадратур для изменения остальных переменных. Математическим проявлением резонанса Лидова-Козаи является существование в фазовой плоскости устойчивой особой точки ($\omega = \pi/2$, $e = e^* = \text{const}$) и либрационной области для спутниковой орбиты, достаточно сильно наклоненной к плоскости движения возмущающего тела ($c_1 < 3/5$). В этой особой точке угловые скорости изменения долготы перицентра $\pi = \Omega \pm \omega$ и долготы узла Ω спутниковой орбиты равны между собой, так что с физической точки зрения имеет место резонанс 1:1, при котором $d\omega/dt = 0$. При этом даже изначально почти круговая спутниковая орбита эволюционирует так, что ее эксцентриситет со временем может стать заметной величиной, а при $c_1 \approx 0$ - достичь так называемого критического значения, когда при сохранении неизменной большой полуоси перицентр становится равным радиусу центральной планеты, т.е. спутник падает на ее поверхность. Важно то, что это происходит за конечное время и при любых начальных значениях ω , как и остальных параметров орбиты. Яркой иллюстрацией служит проведенный М.Л. Лидовым расчет эволюции лунной орбиты, гипотетически повернутой перпендикулярно плоскости эклиптики ($c_1 = 0$). Оказалось, что такая "ортогональная Луна" под действием солнечных возмущений упала бы на Землю всего через четыре с половиной года!!! Многие ученые были поражены этим результатом, а профессор МГУ И.В. Новожилов запечатлел его автора в дружеском шарже с названием «Лидов роняет Луну на Землю»

Научные достижения М.Л. Лидова, несомненный авторитет этого выдающегося ученого всегда котировались очень высоко и принесли ему заслуженное признание, как в нашей стране, так и за рубежом. Символично название одного из докладов, с которым в присутствии М.Л. Лидова выступил американский ученый Ч. Апхофф. Он входил в состав делегации, посетившей в октябре 1992 года ИКИ и ИПМ. В его докладе, в частности, были перечислены пять космических проектов США, в разработке которых «анализ, выполненный Лидовым, сыграл большую роль», а сам доклад в русском переводе назывался «Мой долг Лидову». В сентябре 1993 г. еще при жизни Михаила Львовича Международный Астрономический Союз присвоил малой планете, зарегистрированной в каталоге под номером **4236**, имя **Lidov**.

**МОДЕЛИРОВАНИЕ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ
ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫХ ПОЛЕЙ В БЛИЖНЕЙ ЗОНЕ
СФЕРИЧЕСКОЙ ЧАСТИЦЫ МЕТОДОМ КОНЕЧНЫХ
РАЗНОСТЕЙ ВО ВРЕМЕННОЙ ОБЛАСТИ**

К. С. Курочка, Ю. А. Сидоракина

*Гомельский технический университет им. П. О. Сухого, Бела-
русь*

Моделирование распределения электромагнитных полей в ближней зоне сферической частицы методом конечных разностей во временной области (*FDTD – Finite Difference Time Domain*) состоит из следующих этапов: создание физической модели и определение свойств материальных объектов, использованных в ней; настройка параметров электромагнитного моделирования (на этом этапе определяется область моделирования и граничные условия); выполнение электромагнитного моделирования; вычисление результатов; последующая обработка и визуализация полученных результатов.

Метод *FDTD* один из многочисленных методов решения дифференциальных уравнений. Метод *FDTD* является популярным методом численного решения задач, доказавшим свою универсальность и надёжность, оставаясь относительно простым для практической реализации.

FDTD метод использует центральную разностную аппроксимацию для дискретизации уравнений Максвелла, а именно законы Фарадея и Ампера во временной и пространственной областях, а затем решает полученные уравнения численно для получения распределения электрического и магнитного поля на каждом временном шаге используя явную схему. Полученное решение метода *FDTD*, имеет второй порядок точности и является стабильным, если выбираемый шаг по времени удовлетворяет определенному условию [1, 2].

В счетном объеме каждый вектор электрического (E) или магнитного (H) поля вычисляется через 4 соседних вектора. Так происходит по всему объему [3]. Но на границах самые последние векторы E имеют: на гранях параллелепипеда счетного объема только три соседних вектора H из четырех необходимых; на ребрах – два. Поэтому точно вычислить поле E на границах невозможно. Проблема вычисления граничных полей решается при помощи идеально сочетающихся слоев *PML (Perfectly Matched Layer)*.

Алгоритм расчёта методом конечных разностей во временной области построен следующим образом: задается счетная область, разрешение сетки и граничные условия (при моделировании программного комплекса граничные условия представлены в виде поглощающих граничных условий (*PML*)); внутри счетной области помещается сферическая частица с заданными свойствами (задаются относительные диэлектрическая и магнитная проницаемости); задается источник (для генерации плоской волны более удобен тип источника, реализуемый с помощью метода полного и рассеянного поля); источник генерирует конечную во времени плоскую волну, спектральный состав которой должен покрывать интересующий диапазон частот, далее, волна попадает на частицу и перерассеивается на ней и, при наличии поглощающих граничных условий, через какое-то время уходит из счетной области (моменты распространения волны сохраняются).

Объект, рассматриваемый при решении задачи, представляет собой частицу сферической формы. Таким образом, модель частицы можно представить в виде сферы. На поверхности сферы с выбранным шагом по осям Ox , Oy и Oz строятся узлы с равным шагом по каждой из осей. Внешнее воздействие на частицу представлено плоской волной. Волна при моделировании физической системы изображается синусоидальной функцией. При воздействии волны вблизи поверхности частицы возникает электромагнитное поле. Часть энергии электромагнитного поля проникает в среду и остается в ней в виде кинетической энергии частиц. Помимо этого возбужденные элементарные заряды могут преобразовать часть падающей электромагнитной энергии в другие виды.

Уравнения Максвелла в явной форме (1-6) образуют основу алгоритма *FDTD* для моделирования взаимодействия электромагнитных волн с произвольными трехмерными объектами, внедренными в произвольные среды под действием заданного источника. Данные уравнения представлены ниже:

$$\begin{aligned}
 H_x^{n+1/2}(i, j+1/2, k+1/2) &= \frac{\mu_x - 0.5\Delta t \sigma_{Mx}}{\mu_x + 0.5\Delta t \sigma_{Mx}} H_x^{n-1/2}(i, j+1/2, k+1/2) + \\
 &+ \frac{\Delta t}{\mu_x + 0.5\Delta t \sigma_{Mx}} \left[\frac{E_y^n(i, j+1/2, k+1) - E_y^n(i, j+1/2, k)}{\Delta x} - \frac{E_z^n(i, j+1/2, k+1/2) - E_z^n(i, j, k+1/2)}{\Delta y} \right] \quad (1)
 \end{aligned}$$

$$H_y^{n+1/2}(i+1/2, j, k+1/2) = \frac{\mu_y - 0.5\Delta t \sigma_{My}}{\mu_y + 0.5\Delta t \sigma_{My}} H_y^{n-1/2}(i+1/2, j, k+1/2) + \frac{\Delta t}{\mu_y + 0.5\Delta t \sigma_{My}} \left[\frac{E_z^n(i+1, j, k+1/2) - E_z^n(i, j, k+1/2)}{\Delta x} - \frac{E_x^n(i+1/2, j, k+1) - E_x^n(i+1/2, j, k)}{\Delta z} \right]; \quad (2)$$

$$H_z^{n+1/2}(i+1/2, j+1/2, k) = \frac{\mu_z - 0.5\Delta t \sigma_{Mz}}{\mu_z + 0.5\Delta t \sigma_{Mz}} H_z^{n-1/2}(i+1/2, j+1/2, k) + \frac{\Delta t}{\mu_z + 0.5\Delta t \sigma_{Mz}} \left[\frac{E_x^n(i+1/2, j+1, k) - E_x^n(i+1/2, j, k)}{\Delta y} - \frac{E_y^n(i+1, j+1/2, k) - E_y^n(i, j+1/2, k)}{\Delta x} \right]; \quad (3)$$

$$E_x^{n+1}(i+1/2, j, k) = \frac{\varepsilon_x - 0.5\Delta t \sigma_x}{\varepsilon_x + 0.5\Delta t \sigma_x} E_x^n(i+1/2, j, k) + \frac{\Delta t}{\varepsilon_x + 0.5\Delta t \sigma_x} \left[\frac{H_z^{n+1/2}(i+1/2, j+1/2, k) - H_z^{n+1/2}(i+1/2, j-1/2, k)}{\Delta y} - \frac{H_y^{n+1/2}(i+1/2, j, k+1/2) - H_y^{n+1/2}(i+1/2, j, k-1/2)}{\Delta z} \right]; \quad (4)$$

$$E_y^{n+1}(i, j+1/2, k) = \frac{\varepsilon_y - 0.5\Delta t \sigma_y}{\varepsilon_y + 0.5\Delta t \sigma_y} E_y^n(i, j+1/2, k) + \frac{\Delta t}{\varepsilon_y + 0.5\Delta t \sigma_y} \left[\frac{H_x^{n+1/2}(i, j+1/2, k+1/2) - H_x^{n+1/2}(i, j+1/2, k-1/2)}{\Delta z} - \frac{H_z^{n+1/2}(i+1/2, j+1/2, k) - H_z^{n+1/2}(i-1/2, j+1/2, k)}{\Delta x} \right]; \quad (5)$$

$$E_z^{n+1}(i, j, k+1/2) = \frac{\varepsilon_z - 0.5\Delta t \sigma_z}{\varepsilon_z + 0.5\Delta t \sigma_z} E_z^n(i, j, k+1/2) + \frac{\Delta t}{\varepsilon_z + 0.5\Delta t \sigma_z} \left[\frac{H_y^{n+1/2}(i+1/2, j, k+1/2) - H_y^{n+1/2}(i-1/2, j, k+1/2)}{\Delta x} - \frac{H_x^{n+1/2}(i, j+1/2, k+1/2) - H_x^{n+1/2}(i, j-1/2, k+1/2)}{\Delta y} \right]; \quad (6)$$

В результате было разработано ПО, реализующее моделирование данной задачи.

Литература

1. Wenhua, Y. Advanced FDTD Methods [Text] / Y. Wenhua – Artech hous, 2011. – 254 p.
2. Компьютерное моделирование распределения электромагнитного поля вблизи сферических частиц с использованием векторного метода конечных элементов статья Современные информационные компьютерные технологии mcIT-2013: материалы III Международной научно-практической конференции [Электронный ресурс] / УО «Гр. ун-т им. Я. Купаль». – Гродно, 2013. – 1 электр. компакт диск (CD-R). – 792 с. – Рус. – Деп. в ГУ «БелИСА» 19.09.13 г., № Д201315. 5 стр. Кухаренко А.А
3. Алехнович, В.И., Математическое моделирование процесса рассеяния электромагнитного излучения на проводящих диэлектрических телах сложной формы [Текст] / В.И. Алехнович, К.И. Зайцев, В.Е. Карасик. – Москва: МГТУ, 2012. – 54 с.

УДК 338.27

МЕТОД КОВЗНОГО ДВОБІЧНОГО ЕКСПОНЕНЦІЙНОГО ЗГЛАДЖУВАННЯ ДЛЯ ВІДНОВЛЕННЯ ЗАКОНОМІРНОСТЕЙ ДИНАМІЧНИХ ПРОЦЕСІВ

Братусь О. В.*, Подладчіков В. М.*, Подладчікова Т. В.**

**Навчально-науковий комплекс «Інститут прикладного системного аналізу» Національного технічного університету України
«Київський політехнічний інститут», Україна*

***Сколковський інститут науки і технологій*

Алгоритми оптимальної фільтрації не дозволяють розв'язати ряд задач, що становлять особливий клас. Сюди, наприклад, відносяться задачі з обробки даних про сонячну активність, задачі океанографічних досліджень, зокрема, визначення координат окремих областей морського дна, мілин, впадин. Такі задачі характеризуються певними особливостями, які дозволяють інтерпретувати їх як задачі з уточнення минулих по відношенню до теперішнього моменту часу параметрів. Ці задачі можуть вирішуватися методом згладжування. Відновлення істинних прихованих закономірностей динамічних процесів є актуальною задачею при обробці експериментальних даних, наприклад, при роботі з даними, що описують сонячну активність, такими, як числа Вольфа. Побудова моделі за даними, що описують сонячну активність, є складною задачею, оскільки об'єм даних є обмеженим та фізичні процеси, що відбуваються на Сонці, є недостатньо вивченими. Аналіз спостережених даних показує, що

динаміка чисел Вольфа характеризується не тільки складною багаточастотною структурою, але також стохастичною складовою на приблизно 10-25 відсотків [1].

Зазвичай для обробки даних про сонячну активність використовують 13-місячне ковзне середнє, що описується наступною формулою [2]:

$$\hat{y}(k) = \frac{1}{24} \sum_{i=-6}^5 y(k+i) + \frac{1}{24} \sum_{i=-5}^6 y(k+i),$$

де $y(k)$ - місячне середнє значення для k -ого місяця, $\hat{y}(k)$ - 13-місячне ковзне середнє з центром у k -му місяці.

У даній роботі запропоновано метод ковзного двобічного експоненційного згладжування, що полягає у побудові цього методу на інтервалі 13, щоб працювати з даними у такому ж діапазоні, як і для 13-місячного ковзного середнього. Запропонований метод є розвитком та вдосконаленням квазіоптимальної процедури згладжування, наведеної у роботі [3].

Перша частина процедури ковзного двобічного тринадцятимісячного експоненційного згладжування полягає в отриманні оцінок за допомогою традиційного методу експоненційного згладжування. При цьому початкове наближення обирається рівним першому значенню ряду з відповідного інтервалу на кожному ковзному тринадцятимісячному інтервалі. Ця процедура описується наступною формулою:

$$S_k = \alpha * y(k) + (1 - \alpha) * S_{k-1},$$

де S_k - значення експоненційного середнього в k -й момент часу; α - коефіцієнт згладжування; $y(k)$ - значення ряду в k -й момент часу; S_{k-1} - значення експоненційного середнього в $(k-1)$ -й момент часу [4], періоди часу $k = 1, \dots, 13, k = 2, \dots, 14, \dots, k = N - 12, \dots, N$. Критерієм вибору оптимального значення коефіцієнта згладжування α є мінімізація значення середньої відсоткової абсолютної похибки для всіх значень ряду.

Друга частина процедури ковзного двобічного експоненційного згладжування полягає у застосуванні до отриманих оцінок процедури згладжування у зворотному часі на кожному інтервалі $k = N - 1, \dots, N - 12, k = N - 2, \dots, N - 13, \dots, k = 12, \dots, 1$. Кожне уточнене значення S_k^* розраховується наступним чином:

$$S_k^* = \alpha * S_k + (1 - \alpha) * S_{k+1}^*,$$

де S_k^* – значення експоненційного середнього у зворотному часі в k -й момент часу; α – коефіцієнт згладжування; S_k – значення експоненційного середнього в k -й момент часу; S_{k+1}^* – значення експоненційного середнього у зворотному часі в $(k+1)$ -й момент часу, тут значення $k = N-1, \dots, N-13, \dots, k = 12, \dots, 1$, початкові значення $S_N^* = S_N, S_{N-13}^* = S_{N-13}, \dots, S_{13}^* = S_{13}$.

Після цього в якості оцінки значення вибірки даних використовується отримане значення у середній точці з кожного інтервалу, тобто на інтервалі $k = 1, \dots, 13$ взято значення S_7^* , на інтервалі $k = 2, \dots, 14$ взято значення S_8^* і т. д. Оцінки для перших шести та останніх шести значень вибірки даних взято як відповідні значення експоненційного середнього у зворотному часі на першому та останньому інтервалах оцінювання відповідно, тобто S_1^*, \dots, S_6^* на інтервалі $k = 1, \dots, 13$ та S_{N-5}^*, \dots, S_N^* на інтервалі $k = N-12, \dots, N$.

Виконано імітаційне моделювання розробленого методу ковзного двобічного тринадцятимісячного експоненційного згладжування та порівняння з методом 13-місячного ковзного середнього. Для перевірки ефективності розробленого методу використовуються критерії близькості та варіабельності.

Критерій близькості полягає у мінімізації значення суми квадратів похибок моделі SSE , що обчислюється за наступною формулою:

$$SSE = \sum_{k=1}^N [\hat{y}(k) - y(k)]^2,$$

де $\hat{y}(k)$ – значення, що отримані за математичними моделями; $y(k)$ – реальні значення; N – кількість значень у вибірці даних [5].

Критерій варіабельності полягає у мінімізації значення суми квадратів других похідних I_v , що розраховується за наступною формулою:

$$I_v = \sum_{k=1}^{N-2} (\hat{y}(k+2) - 2\hat{y}(k+1) + \hat{y}(k))^2.$$

Порівняння критеріїв близькості та варіабельності за результатами імітаційного моделювання для методу ковзного двобічного тринадцятимісячного експоненційного згладжування та методу 13-

місячного ковзного середнього показало перевагу розробленого методу ковзного двобічного тринадцятимісячного експоненційного згладжування.

Запропонований метод ковзного двобічного тринадцятимісячного експоненційного згладжування та традиційний метод 13-місячного ковзного середнього у даній роботі використано для відновлення закономірностей за середньомісячними даними про числа Вольфа за період з січня 2013 року по квітень 2016 року (40 значень) [6]. За отриманими за побудованими моделями оцінками значень чисел Вольфа виконано обчислення значень суми квадратів похибок моделі SSE та значення суми квадратів других похідних I_V , після цього використано критерії близькості та варіабельності для порівняння моделей. За критеріями близькості та варіабельності за результатами обчислень показав перевагу розроблений метод ковзного двобічного тринадцятимісячного експоненційного згладжування.

Література

1. Мирошниченко, Л. И. Солнечная активность и земля [Текст] / Мирошниченко Л. И. - М.: Наука, 1981. – 144с.
2. Hathaway, H., Robert, R., Wilson, R., Reichmann, E. A synthesis of solar cycle prediction techniques [Text] // Journal of Geophysical Research. — 1999. — 104. — № A10. — P. 22375–22388.
3. Pankratova, N. D., Podladchikova, T. V., Strelkov, D. G. Quasioptimal smoothing as a tool for the analysis of complex semistructured dynamic processes [Text] // Cybernetics and Systems Analysis. – 2009. - Vol. 45, No. 6. – P. 916-923.
4. Лукашин, Ю. П. Адаптивные методы краткосрочного прогнозирования временных рядов: учеб. пособие [Текст] / Лукашин Ю. П. – М.: Финансы и статистика, 2003. – 416 с.
5. Бідюк, П. І. Проектування комп'ютерних інформаційних систем підтримки прийняття рішень [Текст]: навч. посібник / Бідюк П. І., Коршевнюк Л. О. – К.: ННК «ІПСА» НТУУ «КПІ», 2010. – 340 с.
6. Сайт Світового Центру Даних для виробництва, зберігання та розповсюдження міжнародного числа сонячних плям. Розділ «Дані» [Електронний ресурс] - [Режим доступу]: <http://www.sidc.be/silso/datafiles>

**РАСЧЕТ ОБЛАСТЕЙ СОСУЩЕСТВОВАНИЯ ФАЗ В
ТВЕРДЫХ РАСТВОРАХ $In_xGa_{1-x}As_yP_{1-y}$ В РАМКАХ
МОДЕЛИ ПОСТРЕГУЛЯРНОГО РАСТВОРА**

Д.т.н. А.И. Казаков, Г.В. Шаповалов

*Одесский национальный политехнический университет, Украина,
Одесса*

Актуальными проблемами современной микро- и наноэлектроники являются получения более точных прогнозов свойств материалов, используемых в современных оптоэлектронных приборах. Для создания оптоэлектронных устройств, работающих в широком спектральном диапазоне, перспективными являются многокомпонентные полупроводниковые материалы на основе соединений типа A_3B_5 . Однако, при определенных условиях в многокомпонентных твердых растворах, полученных на основе этих соединений полупроводников, возможно формирование периодических пространственных структур, что может привести к деградации свойств оптоэлектронных приборов. Современные методы компьютерного моделирования, основанные на термодинамических подходах, позволяют проанализировать процессы возникновения самоорганизованно образующихся упорядоченных структур и предсказать их свойства. При этом для более точного описания поведение исследуемых материалов возникает необходимость исследования различных термодинамических моделей, позволяющих оптимально учитывать физические свойства исследуемых полупроводниковых соединений.

В качестве исследуемого материала рассматривался перспективный для оптоэлектроники твердый раствор $In_xGa_{1-x}As_yP_{1-y}$. Для проверки возможности возникновения в рассматриваемом твердом растворе критических пространств и пространств сосуществования фаз условия существования стабильных фаз были обобщены на случай концентрационного пространства с размерностью четыре. В качестве условия возникновения критического пространства второго, третьего и четвертого порядка использовались, соответственно, критерии [1]:

$$\frac{dG}{dx} = \frac{d^2G}{dx^2} = \frac{d^3G}{dx^3} = 0 ; \quad \frac{d^4G}{dx^4} > 0, \quad (2)$$

$$\frac{dG}{dx} = \frac{d^2G}{dx^2} = \dots = \frac{d^5G}{dx^5} = 0 ; \frac{d^6G}{dx^6} > 0, (4)$$

$$\frac{dG}{dx} = \frac{d^2G}{dx^2} = \dots = \frac{d^7G}{dx^7} = 0 ; \frac{d^8G}{dx^8} > 0, (5)$$

В работе была рассмотрена термодинамическая модель построения регулярного раствора, в которой учитывались концентрационные зависимости параметра взаимодействия в четырёхкомпонентных твёрдых растворах со смешением атомов в двух подрешётках $In_xGa_{1-x}As_yP_{1-y}$. В выражении для потенциала Гиббса учитывались взаимодействия между атомами первой и второй координационных сфер [2]. Концентрационные зависимости параметров взаимодействия аппроксимировались полиномом второй степени вида [3]:

$$W(x) = W_1x + W_2(1-x) + W_3x(1-x), \quad (1)$$

где W_1 , W_2 и W_3 — аппроксимационные коэффициенты, полученные в результате моделирования с использованием экспериментальных и расчетных данных, приведенных в работах [4-9].

Получены аналитические выражения для полных производных свободной энергии Гиббса четырехкомпонентных гомогенных твёрдых растворов типа $A_xB_{1-x}C_yD_{1-y}$, начиная с первой производной по восьмую включительно. Численно определены и построены на сечениях существования твёрдых растворов диаграммы состояния системы In-Ga-As-P нулевые контура высших производных свободной энергии рассматриваемой системы с первой по восьмую включительно и пространства сосуществования фаз порядка два, три и четыре.

Для сравнения результатов моделирования в работе на рис.1. приведены результаты расчета пространств сосуществования фаз порядка два, полученные в рамках модели строго регулярного раствора (рис.1 а), в которой предполагается случайное распределение разнородных атомов по узлам соответствующих подрешеток и параметры взаимодействия предполагались не зависящими от концентраций и температуры [10]. Результаты расчетов с учетом концентрационных зависимостей параметров взаимодействия приведены на рис.1б.

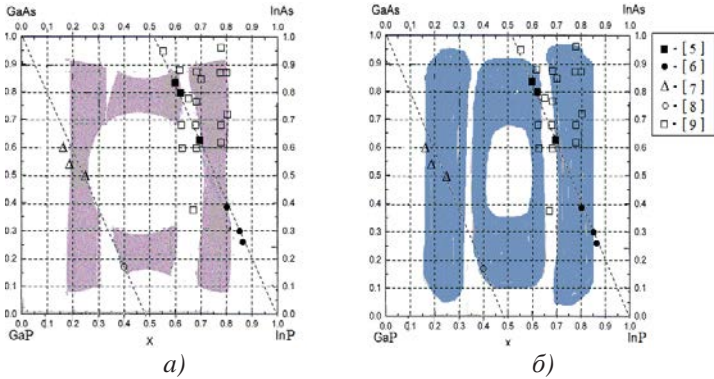


Рисунок 1- Пространства сосуществования фаз порядка два (показаны темным цветом) в твердых растворах системы In-Ga-As-P а) - для модели строго регулярного раствора, б) - с учетом концентрационных зависимостей параметров взаимодействия

В результате моделирования для случая учета концентрационных зависимостей параметров взаимодействия получено более точное по сравнению с расчетами в рамках строго регулярного раствора совпадение рассчитанных областей с экспериментальными точками, в которых наблюдались упорядоченные структуры. Результаты позволяют предположить перспективность подхода, учитывающего в процессе моделирования концентрационные зависимости параметров взаимодействия для расчетов пространств сосуществования фаз более высоких порядков в полупроводниковых соединениях на основе A_3B_5 .

Литература

1. Okada, K. Classical calculations on the phase transition I. Phase diagram in four-dimensional space for the system with one order parameter [Text] / K.Okada, I.Suzuki // J. Phys. Soc. Jap. – 1982. – Vol. 51, # 10. – PP. 3250-3257.
2. Onabe, K. Thermodynamics of the type $A_{1-x}B_xC_{1-y}D_y$, III-V quaternary solid solutions. / K.Onabe // J.Phys.Chem.Solids, 1982 –V.43, #11, – PP.1071-1086.
3. Н.И. Подольская, С.Ю. Карпов и А.И. Жмакин. Энергия смешения соединений $Al_xIn_yGa_{1-x-y}N$, Письма в журнал технической физики. - 34(9). – 2008. - PP.17-23.

4. Расчет фазовых равновесий в многокомпонентных системах [Текст] / А.И.Казаков, В.А.Мокрицкий, В.Н. Романенко и др. – М.: Металлургия, 1987. – 136 С.
5. Composition modulation in liquid phase epitaxial $\text{In}_x\text{Ga}_{1-x}\text{As}_y\text{P}_{1-y}$ layers lattice matched to InP substrates [Text] / P. Henoc, A. Izrael, M. Quillec, H. Launois // Appl. Phys. Let. – 1982. – Vol. 40. – PP. 951-963. Spinodal decomposition in InGaAsP epitaxial layers [Text] / S.Mahajan, B.V. Dutt, H.Temkin, and others // J. Crystal Growth. – 1984. – Vol. 68, # 2. – PP. 589-595.
6. Electron microscope study of modulated structures and heterointerfaces in LPE-grown GaInAsP layers lattice matched on GaAs [Text] / N.Kuwano, K.Funuka, Oki K. and others // J. Crystal Growth. – 1989. – Vol. 98. – PP. 82-89.
7. Спонтанно формирующиеся периодические InGaAsP – структуры с модулированным составом [Текст] / Л.С.Вавилова, В.А.Капитонов, А.В.Мурашева и др. // Физика и техника полупроводников. – 1999. – Т. 33, № 9. – С. 1108-1110.
8. Surface layer spinodal decomposition in $\text{In}_{1-x}\text{Ga}_x\text{As}_{1-y}\text{P}_y$ and $\text{In}_{1-x}\text{Ga}_x\text{As}$ grown by hybrid transport vapor phase epitaxy [Text] /S. Chu, S.Nakahara, K. Strege, W.Johnston, // J.Appl.Phys. – 1985. – Vol.57. – PP.4610-4616.
9. Компьютерное моделирование критических пространств сосуществования на фазовых диаграммах многокомпонентных твердых растворов [Текст] / А.И. Казаков, Л.Т. Кваташидзе, Г.В. Шаповалов // Информатика и математические методы в моделировании – 2014. – Т. 4, №4. – С. 349-356.
10. Компьютерное моделирование критических пространств сосуществования на фазовых диаграммах многокомпонентных твердых растворов [Текст] / А.И. Казаков, Л.Т. Кваташидзе, Г.В. Шаповалов // Информатика и математические методы в моделировании – 2014. – Т. 4, №4. – С. 349-356.

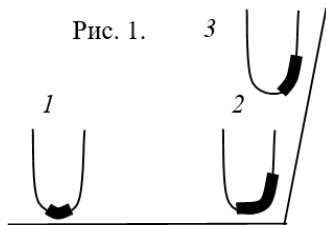
ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ОСОБЕННОСТЕЙ РАБОТЫ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ ТУННЕЛЬНОГО МИКРОСКОПА НА ТОЧНОСТЬ ИЗМЕРЕНИЙ

В.А. Каргашев, В.В. Каргашев

*ФИЦ Институт прикладной математики им. М.В. Келдыша РАН,
Москва*

Зондовый микроскоп измеряет рельеф поверхности с помощью зонда – иглы, острие которой имеет достаточно малые размеры. В процессе измерений запоминаются положения, которые зонд занимал при движении вдоль линии сканирования. Совокупность выполненных измерений принимается в качестве рельефа исследуемой поверхности. При сканировании зонд не касается поверхности. В туннельной микроскопии о величине зазора судят по величине туннельного тока, который возникает при приложении постоянного напряжения между иглой и поверхностью. Система управления движением зонда поддерживает постоянной величину туннельного тока. Это обеспечивает постоянство зазора между иглой и поверхностью, если условия прохождения туннельного тока не изменяются. О чувствительности метода измерений говорит тот факт, что зазор при сканировании составляет порядка 1 нм, и изменение его на 0.1 нм приводит к изменению туннельного тока в 7 раз.

Ошибки измерения высоты рельефа δh складываются из трех составляющих: измерения туннельного тока δx , реализации заданного движения δr и ошибки, связанной с переменными физическими условиями контакта δp ; $\delta h = \delta x + \delta p + \delta r$. Ошибка δx зависит от точности работы усилителя и аналого-цифрового преобразователя туннельного тока. В современных туннельных микроскопах точность позиционирования зонда по любой координате составляет 0.01-0.1 нм. Это свидетельствует о том, что ошибка, связанная с точностью измерения туннельного тока достаточно мала.



Ошибка δp возникает при изменении проводимости среды и величины площадки, через которую проходит туннельный ток. Если химический состав образца постоянен, то δp будет тем больше, чем через меньшую пло-

щадь поверхность проходит туннельный ток (рис.1). Соблюдение постоянства туннельного тока приводит к тому, что в точке 2 игла начинает интенсивный подъем. Скорость вертикального перемещения на вершине быстро увеличивается, так как игла приближается к препятствию с постоянной скоростью. В верхней точке высокого крутого препятствия игла приобретает достаточно большую вертикальную составляющую скорости.

Ошибка δr вызывается погрешностями работы пьезопривода (нелинейностью при разгоне и торможении) и задержкой цикла управления движением зонда: временем преобразования туннельного тока в дискретный код, расчетом управления микропроцессором и преобразованием кода управления в аналоговый сигнал, который подается на пьезопривод. Скорость сканирования поверхности туннельным микроскопом составляет порядка 100 нм/с. Задержка в управлении в 1 мс приводит к ошибке 0.1 нм.

Ошибка δr оказывается критичной в тех местах, где угол наклона рельефа резко меняется. Наиболее частым случаем ошибок такого рода является ошибка, возникающая при преодолении зондом препятствия типа «ступенька» [1] (рис. 2). Ширина и высота изгиба траектории зависят от высоты и крутизны «ступеньки». В туннельной микроскопии обычно они составляют несколько десятых долей нанометра.

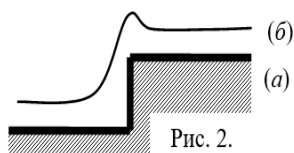


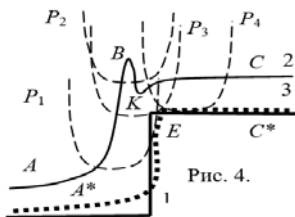
Рис. 2.

Для уменьшения вклада высокочастотных составляющих шумов их отбрасывают, используя преобразование Фурье [1]. Недостатком этого способа коррекции измерений является исчезновение на изображении мелких элементов нанорельефа.

В работах [2,3] исследуются возможности графической интерпретации изображений с учетом формы и размеров острия зонда. Следует заметить, что в атомно-силовой микроскопии учет геометрии иглы при интерпретации измерений выполняется достаточно давно [4]. Для его применения необходимо знать форму и размеры острия зонда. Эта информация указывается на упаковках игл производителем.

Иглы для туннельного микроскопа изготавливаются пользователями самостоятельно по одной из двух достаточно простых технологий [5]. Каждая из них обеспечивает получение острия размером не более нескольких нанометров. Истинные же размеры получившегося острия и его форма остаются неизвестными. Способы опреде-

ления геометрии острия, применяемые в атомно-силовой микроскопии, основаны на использовании тестовой поверхности, рельеф которой заранее известен. Попытки обойти это ограничение, предпринимавшиеся разработчиками методики для атомно-силовой микроскопии, по признанию самих авторов успеха не имели.

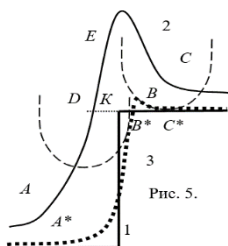


В работах [2,3] показано, что форма и размеры острия иглы зондового микроскопа могут быть определены в процессе моделирования процесса измерений нанорельефа исследуемой поверхности. Учет геометрических параметров острия при интерпретации измерений позволил получать изображения, в которых заметно

уменьшены шумы и исключены многие артефакты.

Например, при сканировании элемента рельефа «ступенька» происходит отскок иглы от поверхности. Если перепад высот достаточно мал, то высота отскока также мала. В результате контакт с поверхностью вернется до того, как основание иглы достигнет вершины ступеньки. Рисунок 4 иллюстрирует этот случай. На нем обозначены: 1 – сканируемый нанорельеф, 2 – траектория движения иглы, 3 – модель рельефа. Пунктиром показано положение туннельной оболочки острия в процессе сканирования. На рисунке контакт иглы с поверхностью восстанавливается с правой стороны. При этом в траектории движения иглы возникает участок, который можно охарактеризовать как «провал» (точка K). Его появление связано с тем, что в точке контакта основание иглы расположено ниже уровня «ступеньки» и в дальнейшем оно поднимается вверх. Участки A^*E и EC^* модели поверхности отстоят от траектории движения иглы AB и KC на радиус закругления острия. Вершина «ступеньки», как и вся ее вертикальная стенка, не входит в модель поверхности, так как модель строится в предположении постоянства туннельного зазора. Однако в реальности по мере приближения к вертикальной стенке туннельный зазор уменьшается. При небольшом перепаде высот «ступеньки» отрезок между вершиной ступеньки и точкой E достаточно мал ввиду того, что скорость вертикального перемещения иглы намного больше скорости сканирования. Непосредственно из рисунка видно, что при небольшой высоте «ступеньки» ее верхняя поверхность полностью восстанавливается без искажений.

Если высота «ступеньки» велика, то после отскока игла окажется в контакте с поверхностью в своей нижней точке. Рисунок 5 иллюстрирует такую возможность. В рассматриваемом случае модель поверхности будет содержать артефакт – несуществующий выступ. Его вершина обозначена через B . Принимая во внимание, что траектория движения иглы в окрестности стенки



близка к вертикальной, с достаточной для последующих вычислений точностью длина отрезка EE^* может быть взята в качестве оценки высоты точки E над поверхностью.

Высота артефакта зависит от второй степени проекции отрезка EC^* (C^* – точка контакта туннельной оболочки с поверхностью) на горизонтальную ось. Непосредственно из рисунка следует, что чем ближе точка C^* к вершине ступеньки (точка K), тем меньше проекция отрезка EC^* . Оценим высоту точки E в случае, изображенном на рис. 5, в котором точка C^* удалена на расстояние, равное радиусу туннельной оболочки.

Пусть радиус закругления острия иглы равен 0.5 нм. С учетом того, что туннельный зазор равен 0.5 нм, радиус туннельной оболочки составляет 1 нм. Отрезок KE^* между вершиной «ступеньки» и точкой пересечения модели поверхности с верхней частью ступеньки (точка E^*) не может превышать туннельного зазора (в противном случае игла зацепится за выступ). При оценке длины отрезка KE^* снизу следует принять во внимание, что для достаточно высоких «ступенек» она соизмерима с величиной зазора. Это дает основание принять $KE^* = 0.25$ нм (половина туннельного зазора). В итоге получаем неравенство $\text{Пр}(EC^*) < E^*C^* = 0.75$ нм. Здесь $\text{Пр}(EC^*)$ – проекция отрезка EC^* на горизонталь. Если радиус закругления туннельной оболочки равен $R = 1$ нм, то высота точки E не превышает $(E^*C^*)^2/2R \cong 0.25$ нм. При оценке этой величины следует принимать во внимание, что диаметр атома равен 0.2 нм.

Вблизи вертикальной стенки «ступеньки» вертикальная составляющая скорости иглы многократно превосходит горизонтальную составляющую. По этой причине высота отскока иглы DB превышает его ширину DC^* (D – точка, в которой игла достигает уровня «ступеньки»). Непосредственно из рисунка находим: $DC^* = DE^* + E^*C^*$. Отрезок DE^* равен радиусу туннельной оболочки (1 нм), $DC^* = 1.75$ нм и, следовательно, для высоты отскока имеем оценку $DB > 1.75$ нм $\gg EE^*$. Согласно неравенству учет формы и размеров

острия иглы почти на порядок уменьшает погрешности измерений объекта нанорельефа типа «ступенька».

Таким образом, коррекция измерений с учетом особенностей процесса сканирования существенно ограничивает вклад таких ошибок, которые не являются случайными. Это делает возможным исключать артефакты, возникающие в измерениях при сканировании участков нанорельефа с большим перепадом высот.

Литература

1. Миронов, В.Л. Основы сканирующей зондовой микроскопии [Текст]. - М.: Техносфера, 2004. 114 с.
2. В.А. Карташев, В.В. Карташев. Способ определения формы и размеров острия иглы зондового микроскопа [Текст]. Патент РФ № 2449294 от 2012 г.
3. В.А. Карташев, В.В. Карташев. Обработка зрительной информации путем моделирования процесса ее получения [Текст] // Сб. тезисов докладов 6-й научно-практ. конф. с межд. участием «Математическое и имитационное моделирование систем МОДС 2011». – Чернигов. - 2011.
4. Bukharaev, A.A., Berdunov, N.V., Ovchinnikov, D.V. et al. Three-dimensional probe and surface reconstruction for atom force microscopy using deconvolution algorithm [Text] // Scanning microscopy. - 1998. - V.12. № 1. - P. 225-234.
5. Колесов, Д.В., Яминский, И.В. Кантилеверы для сканирующей зондовой микроскопии [Текст] // Нано- и микросистемная техника. - 2007. - № 11. - С. 5-11.

УДК 519.876.5; 535.371

МОДЕЛИРОВАНИЕ РАВНОМЕРНОГО РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ТОЧЕК В СФЕРИЧЕСКОМ ОБЪЕМЕ

Пильгун А.В., Скакун В.В.

Белорусский Государственный Университет

Имитационное моделирование систем регистрации и обработки данных флуоресцентной флукуационной спектроскопии (ФФС) [1] позволяет с минимальными затратами изучать, адекватно воспроизводить и учитывать физические процессы, происходящие в исследуемом веществе и системе регистрации. Согласно технологии ФФС сфокусированный лазерный луч возбуждает флуоресцентные молекулы, попавшие в область засветки в кювете чаще всего с водным раствором вещества [1]. Испускаемые веществом фотоны регистрируются детектором, работающим в режиме однофотонного счета.

Алгоритм генерации распределения числа фотоотсчетов (РЧФ) в ФФС представлен в работах [2, 3]. Одной из задач, решаемых при моделировании РЧФ, является генерация равномерно распределенных в сферическом объеме координат флуоресцирующих молекул.

Самым простым способом генерации равномерно распределенных в сферическом объеме точек заключается в генерации случайных точек внутри куба с дальнейшим отсеиванием точек, не попавших в вписанную в куб сферу. Этот способ имеет два очевидных недостатка. Во-первых, генерируется значительное количество лишних точек. Избыточный объем, в котором генерируются точки, не входящие в сферу, составляет ~48% объема куба. Во-вторых, для генерации заданного количества точек становится неизвестным точное число итераций.

В данной работе предлагается способ генерации равномерного распределения точек в сфере, использующий непосредственное преобразование декартовых координат в сферические. Используя Якобиан преобразования декартовых координат в сферические, вычислены плотности распределения случайных величин в сферических координатах r , φ , θ , где $r \in [0, R]$ – радиус вектор; $\varphi \in [0, \pi]$ – угол между положительным направлением оси Oz и радиус-вектором; $\theta \in [0, 2\pi]$ – угол, образованный проекцией радиус-вектора точки внутри сферы на плоскость Oxy . Затем по методу обратных функций найдены выражения для генерации равномерного распределения случайных величин в сферических координатах.

$$\begin{aligned} r &= R\sqrt[3]{\xi_r}, \\ \varphi &= \arccos(1 - 2\xi_\varphi) \\ \theta &= 2\pi\xi_\theta, \end{aligned} \quad (1)$$

где переменные ξ_r , ξ_φ , ξ_θ являются равномерно распределенными в отрезке от 0 до 1 базовыми случайными величинами. Следующим шагом является обратный переход к декартовым координатам (2).

$$\begin{aligned} x &= 2R\sqrt[3]{\xi_r} \cos(2\pi\xi_\theta) \sqrt{\xi_\varphi - \xi_\varphi^2}, \\ y &= 2R\sqrt[3]{\xi_r} \sin(2\pi\xi_\theta) \sqrt{\xi_\varphi - \xi_\varphi^2}, \\ z &= 2R\sqrt[3]{\xi_r} (1 - 2\xi_\varphi). \end{aligned} \quad (2)$$

Оба способа генерации точек в сферическом объеме были реализованы на языках программирования Matlab и C# с целью сравнения скорости работы алгоритмов. На языке C# время работы алгоритма

на базе преобразования координат оказалась в среднем на 34% больше алгоритма прореживания. Алгоритм выполняет меньше итераций, но тратит значительные ресурсы на вычисления корня и тригонометрических функций в системе (2). Тем не менее, в удобной для прототипирования платформе Matlab этот алгоритм, записанный с использованием векторных операции, работает в среднем на 58% быстрее алгоритма прореживания. Это объясняется особенностями работы интерпретатора Matlab при работе с векторными вычислениями.

Литература

1. Biological and chemical applications of fluorescence correlation spectroscopy. A review [Text] / S. T. Hess [et al.] // Biochemistry. – 2002. - № 41. – P. 697–705.
2. Shingaryov, I. P. Simulation of Autocorrelation Function and Photon Counting Distribution in Fluorescence Fluctuation Spectroscopy [Text] / I.P. Shingaryov, V.V. Skakun, and V.V. Apanasovich // In book Fluorescence Spectroscopy and Microscopy: Methods and Protocols: Methods in Molecular Biology, Springer Protocols, Yves Engelborghs and Antonie J.W.G. Visser (eds.). - Springer Science+Business Media, LLC. - vol. 1076. – 2014. - P. 743-755.
3. Shingaryov, I. P. Photon Counts Simulation in Fluorescence Fluctuation Spectroscopy [Text] / Shingaryov I. P., Skakun V. V., Apanasovich V. V. // PATTERN RECOGNITION AND INFORMATION PROCESSING: Proceedings of the Tenth International Conference - Minsk, Republic of Belarus, 2009.

УДК 004.9

WEB-ДОДАТОК ДЛЯ 2D-ВІЗУАЛІЗАЦІЇ РЕЗУЛЬТАТІВ ІМІТАЦІЙНОГО МОДЕЛЮВАННЯ РУХУ АЕРОКОСМІЧНИХ ТА НАЗЕМНИХ ОБ'ЄКТІВ З ГЕОПРИВ'ЯЗКОЮ ДО ЕЛЕКТРОННОЇ КАРТИ

А.М. Касім, М.М. Касім

Інститут кібернетики імені В.М. Глушкова НАН України, Національний університет біоресурсів і природокористування України

Існує клас великих і складних автоматизованих систем управління положенням або рухом множини об'єктів, які переміщуються в тому чи іншому просторі – наземному, надводному, повітряному, космічному. До класу таких систем відносяться системи управління: вуличним рухом в масштабах міста, розміщенням морських або річкових суден в гаванях, переміщенням сільськогосподарської техніки

на полях великого агрохолдингу, рухом літаків у повітряному просторі поблизу аеропортів [1], повітряними боями і зустрічними боями механізованих наземних частин і т.п. Окрім проблем переробки великих обсягів інформації за обмежений час, цей клас систем має ще таку властивість, яка полягає в тому, що максимально успішне управління в окремих частинах простору може виявитися невдалим для всієї системи в цілому. Такого роду ситуації дуже схожі на гру в шахи, коли стратегія збереження фігур виявляється менш ефективною, ніж стратегія, пов'язана з жертвами фігур з метою отримання вирішальної переваги. Крім того, при швидких переміщеннях об'єктів у великих просторах, істотним може бути запізнювання обміну інформацією між окремими частинами системи – в такому разі програмний комплекс управління повинен прогнозувати поточний стан тих чи інших частин системи на основі їх попередньої поведінки і стану інших частин.

Системи імітаційного моделювання руху аерокосмічних та наземних об'єктів, по-перше, дозволяють прогнозувати обстановку шляхом моделювання фізичних процесів, що призводять до зміни стану і положення об'єктів, а по-друге, дають змогу моделювати конструкторські рішення щодо запобігання аварійним ситуаціям шляхом як маневрування керованими об'єктами, так і активним впливом на небезпечні об'єкти. Імітаційне моделювання, при якому логіко-математична модель досліджуваного об'єкта символізує собою алгоритм працездатності об'єкта, втілений у вигляді програмного комплексу для комп'ютера, дозволяє спрогнозувати можливі наслідки тих чи інших керуючих впливів, що в свою чергу дає можливість приймати більш точні, надійні і безпечні рішення. При цьому програмний комплекс допускає за допомогою ланцюжка розрахунків і графічного представлення їх результатів відтворювати (імітувати) процеси функціонування об'єкта або системи об'єктів за умови впливу на об'єкт різних, як правило, хаотичних (стохастичних), чинників.

З метою дослідження вищезгаданих нюансів розроблено клієнт-серверний web-додаток, що дозволяє візуалізувати розрахунки імітаційних моделей руху аерокосмічних та наземних об'єктів у вигляді динамічних сцен, які представляють агрегацію елементів багатопланового картографічного фону і виведених поверх нього одного або більше складних символів рухомих об'єктів з прив'язкою до екранної системи координат. Стратегії організації клієнт-серверної взаємодії у середовищі Web детально описано в [2]. Запропонована система складається з двох частин, рис. 1: клієнтської, яка відповідає за

взаємодію з користувачем, а також за відображення процесу моделювання у web-браузері, і серверної, яка відповідає за завантаження і обробку потрібної для моделювання інформації.

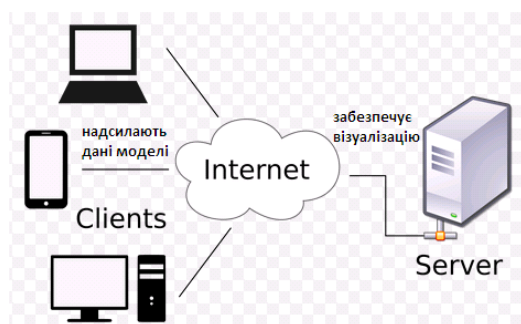


Рис. 1. Архітектура web-додатку імітаційного моделювання

Серверна частина, що реалізована на об'єктно-орієнтованій мові програмування PHP, управляє процесом збереження необхідної інформації та її зчитуванням, надаючи клієнтській частині структуру моделі в текстовому обмінному форматі JSON (*JavaScript Object Notation*). Вибір цього формату зумовлений тим, що за рахунок своєї лаконічності в порівнянні з XML, формат JSON, який представляє собою набір пар «ключ: значення», є більш підходящим для серіалізації складних структур, яка використовується для збереження програмних об'єктів у файли і для передачі їх по мережі. Результат серіалізації передається приймаючій стороні по транспортному протоколу HTTP. Додаток-одержувач створює об'єкт того ж типу і викликає код десеріалізації – зворотної до серіалізації операції, яка забезпечує відновлення початкового стану переданої структури даних із серіалізованого потоку даних – в результаті отримуючи об'єкт з тими ж даними, що були в об'єкті програми-відправника.

Клієнтська частина представляє собою JavaScript-додаток, який за допомогою низки JS-бібліотек відображає структуру моделі у вікні браузера з подальшою візуалізацією процесу обробки моделі у часі. В перелік використаних бібліотек входять:

- jQuery, що фокусується на взаємодії JavaScript і HTML, причому на кшталт того, як CSS відокремлює візуалізацію від структури HTML [3], jQuery відокремлює поведінку від структури HTML;

- Arbor.js для створення інтерактивних графів, у вигляді яких подаються визначені елементи динамічної сцени (наприклад, дорожня

мережа як шар картографічного фону, або ж векторний символ рухомого об'єкта);

- Tween.js (зі складу CreateJS) для забезпечення плавної анімації динамічних елементів сцени.

Зазначимо, що CreateJS – це набір з декількох javascript-бібліотек, які можуть працювати як незалежно одна від одної, так і разом, допомагаючи розробляти інтерактивні інтерфейси на HTML5. Технології HTML5 спеціально створені для середовища «one web world», відмінними особливостями якого є міжплатформенні можливості, конвергентні комунікації, уніфікована мова, повсюдна комп'ютери-зація та відкриті системи. Tween.js є доповненням до Easel.js – одного з найпопулярніших javascript-фреймворків для зручної і легкої роботи з Canvas. Основним завданням цієї бібліотеки є анімація в Canvas, а також автоматизація і спрощення написання програмного коду. Альтернативою Tween.js є Move.js – javascript-бібліотека, що дозволяє робити все те ж, що і tween.js, тільки з використанням CSS3 і HTML5 натомість Canvas.

У розробленій системі технологія HTML5 Canvas використовується для відображення моделі на боці клієнта. Зважаючи на те, що HTML5-тег Canvas є корисним інструментом для малювання та анімації, цей елемент підтримується всіма популярними браузерами останніх версій. Для малювання графічних об'єктів безпосередньо на web-сторінці, тег Canvas використовує технологію JavaScript, при цьому Canvas являє собою прямокутну область, що задається і контролюється розробником. Ця область дозволяє здійснювати візуалізацію двовимірних 2D-форм і растрових зображень, яка допускає використання сценаріїв.

Візуалізацією графа динамічної сцени, а саме його компоновкою в браузері займається бібліотека Arbor.js. Динамічна візуалізація елементів сцени реалізується за допомогою бібліотеки Tween.js. Під час завантаження сторінки, яка візуалізує модель, викликається функція start (). Функція ініціалізує систему Arbor, задаючи фізичні параметри системи, та встановлює засіб рендерингу для елемента Canvas, на якому буде відбуватися промальовування кадрів динамічної сцени.

Інтерфейс клієнтського додатку влаштований так, що після статичної візуалізації сцени користувач може запустити її динамічну обробку, натиснувши на кнопку «Reload». При створенні події натискання на кнопку ініціалізується функція redraw (), яка перетворює дані, отримані з сервера, в об'єкт і передає в функцію init (), потім викликається функція animate ().

У функції `init ()` задається алгоритм перемальовування елементів динамічної сцени. Дані для обробки представляються у вигляді масиву, який передається як параметр конструктору класу `Tween`. Екземпляр `Tween` задає послідовність кадрів від джерела до приймача, встановлюючи ряд властивостей, таких як швидкість генерації, час очікування перед наступним кроком, траєкторія руху. Функція `animate ()` викликає вбудовану функцію `requestAnimationFrame ()`, яка забезпечує вбудований АРІ для запуску в браузері будь-яких типів анімації, включаючи поворот. Також в `init ()` оновлюється екземпляр `Tween`.

Інтерактивна робота з системою зводиться до виконання декількох дій з боку користувача. На стартовій сторінці в браузері йому пропонується завантажити необхідні дані для візуалізації моделі шляхом множинного вибору. Після завантаження файлів (на сервері/із серверу) відбувається візуалізація моделі у вигляді динамічної сцени з графовими елементами в двовимірній площині. Далі користувач в інтерактивному режимі може при необхідності змінювати конфігурацію сцени. Після обробки моделі він може або перейти на стартову сторінку для завантаження нової моделі (натиснувши кнопку «Home»), або закрити сторінку. За допомогою програми були звізуалізовані приклади різних імітаційних моделей руху аерокосмічних та наземних об'єктів. Для забезпечення геоприв'язки символів рухомих об'єктів до інтерактивної електронної карти, на якій кожен регіон підсвічується різними кольорами, залежно від значень, одержуваних з бази даних, використано `Geolocation API`.

Візуальне в динаміці представлення результатів моделювання дозволяє в заданих умовах і з потрібним ступенем деталізації продемонструвати перебіг процесів, пов'язаних з управлінням рухомими об'єктами, встановити причини виникнення тих чи інших ситуацій, а також оцінити адекватність кожної відпрацьованої моделі.

Література

1. Васюхін, М. Імітаційна геоінформаційна модель представлення наземної та повітряної обстановки району аеропорту [Текст] / М. Васюхін [та ін.] // Геодезія, картографія і аерофотознімання: міжвідомчий наук.-техн. зб. / М-во освіти і науки України, Національний університет "Львівська політехніка" – Львів, 2011. – Вип. 75. – С.100-109.
2. Касім, А.М. Стратегії організації клієнт-серверної взаємодії у web-орієнтованих геоінформаційних системах [Текст] / А.М. Касім, М.М. Касім // Глушковські читання: зб. матеріалів IV наук.-практ. конф., Київ, 2 груд. 2015р. – К.: Вид-во «Політехніка», 2015. – С.73-75.

3. Дронов, В.А. HTML 5, CSS 3 и Web 2.0. Разработка современных Web-сайтов. / В.А. Дронов. – СПб.: БХВ-Петербург, 2011. – 416 с.

УДК 692.78+521

**ИССЛЕДОВАНИЕ ТРАЕКТОРИЙ ПОЛЕТОВ
КОСМИЧЕСКИХ АППАРАТОВ С ДВИГАТЕЛЯМИ МАЛОЙ
ТЯГИ В ИНСТИТУТЕ ПРИКЛАДНОЙ МАТЕМАТИКИ
ИМЕНИ М.В. КЕЛДЫША**

Г.Б. Ефимов, М.В. Ефимова

Институт прикладной математики им. М.В. Келдыша, Государственный Университет Управления, Москва, Россия

Исследование траекторий межпланетных перелетов космических аппаратов (КА) с электроракетными двигателями (ЭРД), экономичных, но с “малой тягой” (МТ, с ускорением тяги \sim мм/с²) вызывало в начале 1960 годов большой интерес. Изучались траектории полетов двух типов: спиральные многоразгонные разгоны КА с орбиты низкого спутника до параболической скорости ухода от Земли и траектории перелета от Земли к планетам. В докладе освещены основные работы по расчету траектории полетов КА с двигателями малой тяги в Институте прикладной математики им. М.В. Келдыша РАН.

Уравнения движения КА с МТ нелинейные, для построения траектории приходится решать краевую задачу, что было непросто из-за слабой мощности вычислительной техники и неразвитости методов решения. Т.М. Энеев предложил «метод транспортирующей траектории» – линеаризацию задачи относительно кеплеровой траектории перелета к планете с теми же датами старта и прилета. Получающиеся уравнения движения для траектории полета с МТ – линейные, имеют аналитические решения, с помощью которых тогда легче решались краевые задачи. В.В. Белецкий и В.А. Егоров нашли для обоих типов траекторий аналитические решения. С их помощью были рассчитаны спиральные разгоны с малой тягой у Земли ([1], очерк 7) и большое число перелетов к планетам ([1], очерк 10). Аналитические решения для траекторий перелетов имеют “фокус Якоби” при угловой дальности перелета \approx 200-220°, что затрудняет их использование при расчетах траекторий межпланетных перелетов с большей угловой дальностью.

Д.Е. Охоцимский построил оригинальное решение спирального разгона в поле тяготения планеты – не до набора параболической ско-

рости, а до ухода КА от центрального тела по гиперболе. Две асимптотики траектории полета КА – по спирали вблизи центра и ухода в “бесконечность” – строились в виде формальных степенных рядов, с расчетом их коэффициентов на компьютере и соединенных численно ([1], очерк 7, [2]). Продолжением этой работы для энергетически оптимального полета была работа Г.Б. Ефимова.

Скоро интерес к перелетам с малой тягой снизился. Возникли трудности в создании двигателей с тягой, достаточно большой для использования их в качестве маршевых при полетах, а также источников энергии для них – бортовых ядерных реакторов и солнечных батарей (СБ). Тем не менее, советские ЭРД были первыми и долго единственными в космосе (работавшими для коррекции орбит спутников связи). Интерес к спиральным разгонам упал из-за их длительности и опасности прохождения КА через радиационные пояса Земли.

Приближение к Земле кометы Галлея привлекло интерес к кометам и астероидам, к изучению возможности полетов к ним с помощью КА с МТ. Исследования Т.М. Энеева по формированию Солнечной системы и миграции малых тел в ней показали важность изучения малых тел для понимания ее истории – в связи с сохранением на малых телах “реликтового” вещества, не претерпевшего изменений со времени образования Солнечной системы. Встал вопрос о возможности доставки с малых тел образцов такого вещества с помощью КА с ЭРД (полет к астероидам и кометам с помощью обычной, “большой” тяги затруднителен).

Большой цикл работ по траекториям полетов с МТ к малым телам (с ядерным реактором) был выполнен под руководством Т.М. Энеева и В.А. Егорова в 1990-х годах. Исследовались методы расчета траекторий полетов с малой тягой к астероидам и кометам, особенности траекторий, полеты к нескольким малым телам и возможность их “сопровождения”, то есть выравнивания скорости КА и цели для посадки на нее с забором грунта и доставки его к Земле. В результате исследования полетов к астероидам и кометам с разными орбитами – близкими к круговым или вытянутыми, с малым или заметным наклоном орбиты – были выяснены различия оптимальных траекторий перелетов к малым телам в зависимости от параметров орбит малых тел. Определены особенности траекторий полетов к малым телам с орбитами основных типов. Рассмотрены были и многоцелевые полеты к малым телам, с сопровождениями и попутными пролетами, которые в наши дни становятся реальностью, правда, в экспедициях других стран (с использованием нашего опыта и разработок). В наших работах этих лет существенно изменились и подходы

исследования, и результаты анализа, в сравнении с тем, что было сделано в 60-х годах.

Новый цикл работ по полетам КА с двигателями малой тяги был проведен в 1990-1995 годах в кооперации с коллегами из МАИ и Европы, собранными в Объединенную исследовательскую группу под руководством проф. Х. Лёба и член-корр. РАН Г.А. Попова. Он завершился большим Российско-Германским (Европейским) проектом “Фортуна” [3]. Прогресс в разработке солнечных батарей позволил принять их как источник энергии для полетов с МТ вместо ядерного реактора. Исследовались межпланетные полеты и возможность доставки образцов грунта с малых тел. Полет КА с малой тягой был включен, как возможный вариант, в Российский проект “Фобос-Грунт”, бывший частью Российской космической программы.

Рассмотрим некоторые результаты исследований полетов к малым телам. Несмотря на прошедшие годы и большой прогресс в методах расчета траекторий полетов, они представляют интерес, так как дают понимание некоторых основных свойств межпланетных полетов с малой тягой, так сказать “кирпичиков”, из которых они строятся. При оптимизации траектории полета в случае идеально регулируемого двигателя МТ с постоянной мощностью N_c имеет место разделение массовой и траекторной задач. Расчет траектории полета приводится к минимизации функционала J (критерия затрат энергии – интеграла от $f^2(t)$ за время полета (t_n, t_k) , где $f(t)$ – ускорение КА от реактивной струи, а t_n, t_k – начальный и конечный моменты перелета ([1], очерк 10). Массовые характеристики КА можно вычислять отдельно, по характеристикам КА и двигательной установки (ДУ) – начальной массе аппарата M_0 , величине J и N_c , мощности “в струе” (части электрической мощности):

$$M_k = M_0 / (1 + \nu), \quad \nu = J M_0 / 2 N_c = M_{рт} / M_k,$$

здесь $M_k, M_{рт}$ – конечная масса КА и масса рабочего тела. Величина ν – доля $M_{рт}$ в общей массе аппарата M_0 – характеризует “качество” перелета. Пусть $M_{эд}$, $M_{ка}$ – масса энергоустановки с ДУ и “сухая” масса КА, масса баков $M_b = \alpha M_{рт}$ (например, $\alpha = 0.2$), тогда

$$M_0 = M_k + M_{рт}, \quad M_0 = (1 + \alpha) M_{рт} + M_{эд} + M_{ка} + M_{п},$$

и полезная масса $M_{п}$ КА у цели вычисляется по формуле

$$M_{п} = (1 - \alpha \nu) M_0 / (1 + \nu) - M_{эд} - M_{ка}.$$

Трудоемкое построение оптимальной (по величине $M_{ка}$) траектории выполняется независимо от величин весов КА и ДУ, а весовые характеристики получаются простым досчетом по величинам M_0 , J и N_c .

Свойства траекторной задачи. Так как функционал J квадратичный по $f(t)$, при $J \rightarrow \min$ происходит сглаживание "горбов" графика функции $f(t)$, дающих большой вклад в величину критерия энергозатрат J . Изменение полной энергии и кинетического момента КА при перелете от Земли к астероиду в случае полета с "обычным" (химическим) двигателем совершается с помощью коротких импульсов. В случае МТ импульсы как бы "размазываются" на большие участки траектории полета. Перелеты на орбиты астероидов Весты или Фортуны с химическим двигателем оказываются труднее по энергозатратам, чем к кометам Копфа или Кларка, а в случае малой тяги, наоборот, затраты J больше при перелетах к кометам, так как для них один из горбов функции $f(t)$ особенно велик и сильно увеличивает значение J .

Свойства весовой (массовой) задачи можно анализировать, рассматривая зависимость $M_{п}$ от M_0 , J и N_c . Исследуем частные производные функции $M_{п}(M_0, J, N_c)$ по ее аргументам. Для зависимостей ее от J и M_0 получаются очевидные соотношения: $M_{п}$ растет с уменьшением J (требуемых на перелет энергозатрат); увеличение $M_{п}$ прямо зависит от величины M_0 – мощная ракета позволяет доставить большой полезный вес. Зависимость $M_{п}(N_c)$ более интересна и не очевидна: с ростом N_c $M_{п}$ растет, достигает максимума при некотором значении $N_c = N_c^*$ и затем убывает. Это связано с ростом массы $M_{эд}(N_c)$ энергоустановки быстрее, чем уменьшение $M_{рт}$ с ростом N_c .

При полетах КА с малой тягой и солнечными батареями мощность N_c зависит от расстояния $r(t)$ до Солнца, падает почти как $1/r^2(t)$ с удалением от него: у Марса – меньше в 2.5 раза, чем у Земли, у астероидов – в 4-10 раз. Разделение траекторной и массовой задач при полетах с СБ можно сохранить, если ввести в функционал J^* под интеграл множитель $(r(t)/r_0)^2$, где r_0 – радиус орбиты Земли, при этом мощность $N^* = N_{эл} r^2(t) = const..$

Исследования траекторий полетов космических аппаратов с электроракетными двигателями малой тяги – спиральных разгонов и межпланетных перелетов – в течение многих лет проводились в Институте прикладной математики имени М.В. Келдыша. Они занимали передовые позиции в этой области механики космического полета, получили широкое признание и в нашей стране, и в мире.

Литература

1. Белецкий, В.В. Очерки по механике космического полета [Текст]. Изд. 3-е. - М.: ЛКИ, 2009. - 432 с.
2. Ефимов, Г.Б. Работы Д.Е. Охотимского по разгону космического аппарата с малой тягой и исследования по полетам с малой тягой в ИПМ // Прикладная механика и управление движением. Сб. статей. – М., ИПМ им. М.В. Келдыша. 2010. С. 57-72. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://keldysh.ru/memory/okhotsimsky>.
3. Попов, Г.А., Леб, Х.В., Энеев, Т.М., и др. Advanced interplanetary missions using nuclear-electric propulsion. Study report [Текст]. (Отчет Объединенной Российско-Германской группы). Bonn-Moscow-Paris. - June 1995. - 120 с.

УДК 53.043+004.942

МАТЕМАТИЧНІ ЗАЛЕЖНОСТІ ПРОЦЕСУ МІГРАЦІЇ ТРИТІЮ

О.О. Коваленко*, О.О. Кряжич**,

**Інститут ядерних досліджень НАН України*

***Інститут телекомунікацій і глобального інформаційного простору НАН України*

Після аварії на Чорнобильській АЕС у оточуюче середовище потрапило близько 10^{14} Бк тритію (^3H). І зараз більшість водойм зони відчуження мають понаднормові показники вмісту тритію. Небезпека впливу цього радіонукліду на живі істоти полягає в тому, що організм визначає тритій, як звичайний атом водню. Унаслідок малої енергії випромінювання, тритій не призводить до зовнішнього опромінювання, а надходить за харчовими ланцюгами з їжею та водою. Тритій, що потрапляє усередину клітин організму з молекулами води, спричиняє більші ушкодження, ніж зовнішнє опромінення через те, що продукти розпаду стають джерелами внутрішнього випромінювання, призводять до ушкодження органічних комплексів та ДНК, порушення кровотворення та виникнення злоякісних утворень.

Вітчизняні і закордонні дослідники мають відносно незначні досягнення у зазначеній сфері: радіобіологічні властивості тритію вивчені недостатньо, оцінки концентрацій тритію у питній воді за даними та методиками ВООЗ, ЕАТОМ та МАГАТЕ, а також науковими публікаціями різних країн світу є протилежними та суперечливими, існують деякі моделі міграції тритію у воді, проте не представлено моделей та залежностей, що описують міграцію у системі

«вода – ґрунт – рослина», «повітря – вода», «рослина – тварина» та оточуючому середовищі в цілому.

Метою роботи є представлення математичних залежностей процесу міграції тритію за ланцюгом «тала вода снігового покриву – рослина» на основі обробки спостережень наявності тритію у соку берез за 10 років та виявлення особливостей міграції тритію у талій воді від температури повітря і складу ґрунту.

Існує багато наукових праць, в яких представлені результати статистичних спостережень забруднення тритієм. Найбільш відомою в цій сфері є робота доктора А.В. Клемента з вимірами за період у 40 років [1], а також робота дослідника Грега Джонса щодо забезпечення безпеки від тритію з водяних реакторів [2]. Серед робіт російських дослідників можна зазначити за досліджуваною темою працю Г. Романова [3]. Найбільш відомий дослідник з міграції продуктів ядерного синтезу в Україні – доктор біологічних наук Б.С. Прістер з Інституту проблем безпеки АЕС НАН України [4]. Також серед українських науковців, які займаються дослідженням та моделюванням подій, пов'язаних з імовірним забрудненням тритієм, можна назвати представників харківської школи з Українського науково-дослідного інституту екологічних проблем – Г.Д. Коваленка, В.В. Турбаєвського [5-6]. Найбільш цікавою за зазначеною темою є нова робота, в якій представлена статистика і аналіз руху тритію у біосфері [7] за авторства ряду провідних вчених-представників різних інститутів національної академії наук України.

Накопичення і міграція тритію в оточуючому середовищі визначається часом перебування, місцем знаходження і інтенсивністю обміну у повітряних масах, а також концентрацією тритію у стратосфері протягом обмінних процесів. Влітку над землею концентрація тритію нижче від 2 км підвищується через випаровування весняних і зимових атмосферних опадів, а над морями на ту ж відстань – зменшується через поглинання тритію водою. Кругообіг атмосферної води через повітряний океанічний обмін відбувається дуже швидко, тому внаслідок швидкого обміну ізотопів між краплями води й паром, дощі переносять тритій у нижні шари тропосфери. Відношення максимальної питомої активності ^3H в органічних фракціях і вільній воді рослин після одноразового його надходження вже через кілька діб становить близько 0,05. За постійного надходження ^3H в навколишнє середовище питомі активності ^3H у складі вільної води й «органічно зв'язаного» ^3H нарастають у часі, як зазначено у [7], ймовірно, експоненціально.

Зміни в часі (зростання або зниження) тритію при потраплянні його в оточуюче середовище разом з водою, можна довести за результатами спостережень. Дослідження проводилися на Багриновій горі, яка обмежена проспектом Науки та вулицями Лисогірська, Ракетна та Панорамна. Ґрунт території сформований на лісових відкладах з великою присутністю глини та глиноземів. Структура – пориста, багата вимоїнами та кавернами. Рослинне покриття – широколистяні дерева з елементами підліску. Трав'яний ярус – характерний для лісових територій. Підготовка зразків та вимірювання вмісту в них радіонуклідів проводилася в лабораторії Центру екологічних проблем атомної енергетики (ЦЕПАЕ). Апаратура, що використовується для вимірювань, атестована та проходить регулярні планові перевірки. Похибки вимірювань – в межах норми.

За результатами досліджень, активність тритію зростає в період танення снігу та навесні і восени, у дощовий період, що обумовлено додатковим проникненням у оточуюче середовище вод, що утримують НТО, з атмосфери та з поверхні ґрунту і рослин. У [7] зазначається, що питому активність ^3H у складі вільної води рослин можна вважати практично однаковою в усіх органах рослини лише за умови однакової його активності в атмосферній і ґрунтовій волозі, інакше спостерігаються істотні відмінності, обумовлені градієнтом концентрації ^3H в системі атмосфера-рослина-ґрунт. Твердження є базовим, проте різна активність тритію у складі вільної води рослин може бути обумовлена процесами життєдіяльності рослин за різних погодних умов, а також складом ґрунту, на якому знаходиться рослина, що досліджується.

На рис. 1 наведені питома активність тритію у талій воді снігового покриву та соку берези за 10 років досліджень, а також графіки виявлених не експоненціальних, а поліноміальних залежностей показників.

Рівняння поліноміальної залежності за показниками талої води снігового покриву:

$$y = 0,199x^6 - 5,5598x^5 + 51,91x^4 - 136,55x^3 - 500,14x^2 + 2610,9x - 1388,8.$$

Коефіцієнт апроксимації: $R^2 = 0,9954$.

Рівняння за показниками питомої активності тритію у соку берези:

$$y = -0,0643x^6 + 1,705x^5 - 15,717x^4 + 56,944x^3 - 51,589x^2 - 149,79x + 853,11.$$

Коефіцієнт апроксимації: $R^2 = 0,4124$.

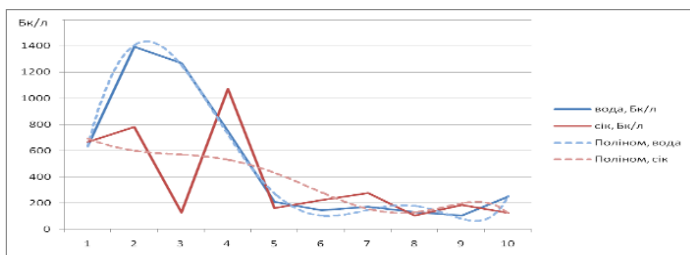


Рис. 1 – Питома активність тритію у талій воді снігового покриву та соку берези за 10 років

Пік 2005-2007 років означає активну роботу підприємства з викидами небезпечної речовини в оточуюче середовище. Проте стрибок питомої активності ^3H в соку досліджуваної берези спостерігається у 2008 році, коли питома активність ^3H у талій воді снігового покриву різко зменшується. Далі йде стійке чергування показників – зростання питомої активності тритію у соку берези спостерігається після зафіксованих збільшених показників ^3H у попередньому році.

Низький показник коефіцієнту апроксимації обумовлений великими стрибками показника питомої активності тритію у соку берези з абсолютного мінімуму до абсолютного максимуму. Це теж дозволяє зробити певні висновки.

Зокрема, у роботі [7] зазначається, що виведення ^3H з рослин визначається процесом водообміну. Основний період напіввиведення, характерний для 90% виведення водної форми тритію НТО, практично не залежить від кліматичних умов і коливається від декількох годин до (10–20) діб.

Проте з графіків (рис. 1) чітко видно, що частина тритію, що в лютому була визначена у талій воді снігового покриву, і яка, за логікою цитованої роботи повинна була в березні-квітні підвищити питому активність ^3H в соку берези, не приймає участі у процесі водообміну. Проте на наступний рік питома активність тритію у соку берези іноді доволі різко зростає, хоча показники присутності ^3H у талій воді – зменшуються.

В цілому можна зазначити, що за постійного надходження тритію в навколишнє середовище питомі активності ^3H у складі вільної води й «органічно зв'язаного» ^3H нарастають у часі поліноміально.

За підсумками дослідження доведено базове твердження, що питома активність ^3H у складі вільної води рослин можна вважати практично однаковою в усіх органах рослини лише за умови одна-

кової його активності в атмосферній і ґрунтовій волозі, інакше спостерігаються істотні відмінності, обумовлені градієнтом концентрації ^3H в системі атмосфера-рослина-ґрунт;

Також виявлено, що різна активність тритію у складі вільної води рослин може бути обумовлена процесами життєдіяльності рослин з врахуванням погодних умов, складом ґрунту, на якому знаходиться рослина.

Результати знайдених математичних залежностей міграції тритію за ланцюгом «тала вода снігового покриву – рослина» можуть бути використані для прогнозування можливих наслідків викидів техногенного тритію в результаті аварійних ситуацій на атомних електростанціях та підприємствах ядерного синтезу.

Література

1. Klement, A.W., Jr., et al. Estimates of Ionising Radiation Doses in the United States 1960–2000 [Text]. –EPA. -1972. - 67 p.
2. Jones, G. Tritium Issues in Commercial Pressurized Water Reactors [Text]. Fusion Science and Technology 54 (2): P. 329–332.
3. Романов, Г. Н. Поведение в окружающей среде и биологическое действие трития [Текст] // Проблемы радиоэкологии. - М., ВИНТИ. - 1983. Т. 4. - С. 6–31.
4. Пристер, Б.С. Проблемы сельскохозяйственной радиоэкологии и радиобиологии при загрязнении окружающей среды молодой смесью продуктов ядерного деления : монография [Текст] / Борис Самуилович Пристер; И.о. НАН Украины. Ин-т проблем безопасности атомных электростанций; Предисл. Р. М. Алексахин. – Чернобыль : Ин-т проблем безопасности АЭС НАН Украины. - 2008. – 320 с.
5. Коваленко, Г.Д., Седнев, В.А., Турбаєвський, В.В. Накопичення і міграція тритію в районах розташування АЕС з реакторами ВВЕР [Текст] // Ядерна і радіаційна безпека. – 2004. – №2. – С. 47-53.
6. Коваленко, Г.Д., Турбаєвський, В.В. Деякі питання моделювання розповсюдження тритію в ґрунтових водах [Текст] // Ядерні й радіаційні технології – 2004 – Т.4, №3. – С. 46-52.
7. Долін, В.В., Пушкарьов, О.В., Шраменко, І.Ф. та ін. Тритій у біосфері [Текст]. – К.: Науково-виробниче підприємство «Видавництво «Наукова думка» НАН України». - 2012. – 224 с.

ІНСТРУМЕНТАЛЬНИЙ ЗАСІБ ВІДДАЛЕНОГО СПОСТЕРЕЖЕННЯ ЗА ПОКАЗНИКАМИ ДАТЧИКІВ

Є.В. Нікітенко, Р.Б. Андрущенко

Чернігівський національний технологічний університет, Україна

Широке поширення комунікаційних мереж дозволяє використовувати доступні канали зв'язку не тільки для спілкування та обміну повідомлень, але і для управління різноманітними пристроями, реалізуючи, таким чином, концепцію моніторингу або діагностики приладів. Існує безліч технологій, технічних рішень, транспортних протоколів, що дозволяють проектувати на своїй основі системи, що здійснюють обмін керуючою інформацією і орієнтовані на бездротове з'єднання. Більшість таких рішень завжди стикаються з проблемами енергоефективності, мобільності, відкритості та вартості. Як правило, задовольнити всі чотири вимоги – досить складне завдання. Метою роботи є розробка прототипу пристрою, що дозволяє віддалено стежити за показниками датчиків, використовуючи відкриті сучасні технології, комунікації та бездротові мережі.

Велике поширення в якості комунікацій між пристроями отримали WiFi-мережі [1]. Ефективним засобом комунікації між декількома пристроями, використовуючи всього лише одну лінію зв'язку, є протокол 1-Wire. Для взаємодії між двома пристроями дуже інтенсивно використовуються різні послідовні інтерфейси, такі як RS-232 і UART [2, 3]. У складних системах зазвичай не є можливим застосування якоїсь однієї технології. Найкращим компромісом дуже часто виявляється поєднання різних протоколів. Так, для мереж датчиків фірми Dallas зручно використовувати 1-wire [4], в той же час для інтенсивного обміну між двома пристроями краще використовувати, наприклад, UART або USB. Дуже часто також використовуються WiFi-мережі датчиків. Як і в будь-якій іншій мережі, тут розглядаються наступні показники:

- 1) надійність – операції з передачі інформації повинні здійснюватися з деякою заздалегідь заданою ймовірністю успіху;
- 2) енергоефективність – часта заміна батарей живлення в мобільних пристроях – одна з найважливіших проблем у даній області;
- 3) масштабованість – дуже важливо мати можливість легко розширювати і доповнювати систему новими властивостями та компонентами. Особливо це актуально для великих систем;
- 4) адаптивність – бажано, щоб пристрій або систему, що розроблюються, можна було застосувати в різних апаратних і програмних конфігураціях;

5) швидкодія – більша швидкодія забезпечує кращу інтерактивність і взаємодію з користувачем, дозволяє включити більше число функцій [5].

Дані твердження справедливі для більшості пристроїв.

Будь-яка система – це набір деяких елементів і зв'язків між ними. Для системи, яка реалізується, такими елементами можуть виступати, наприклад:

1. Датчики (температури, вологості). Не можна говорити про те, що система без датчиків є повноцінною. Вона, у такому випадку, не може взаємодіяти з навколишнім середовищем і реагувати на її зміни.

2. Керуючі пристрої (наприклад, мікроконтролери різних виробників). Система завжди працює по закладених у неї програмам. Програмам, які виконуються на контролері і, можливо, під управлінням певної операційної системи (найчастіше – це ОС, базовані на ядрі Linux).

3. Кінцеві пристрої (реле, транзистори і т.п.). Система створюється заради якоїсь мети. Вона повинна сформувати керуючі сигнали для виконання роботи. Причому, це не обов'язково може бути управління моторами, верстатами. В якості результату роботи також можуть виступати і сформовані бази даних.

4. Пристрої вводу/виводу (клавіатура, екран). Повністю автоматичних систем поки що не існує. Будь-яка система передбачає деяку автоматизацію. Проте на даний момент все ще немає можливості читати думки людини і працювати без втручання користувача або фахівця в певні моменти часу. Тому взаємодія з людиною має бути організована якимось чином за допомогою систем вводу/виводу.

Будь-яка система обробки і передачі даних повинна забезпечувати масштабованість, високу швидкість роботи і надійність. Система, що розробляється, складається з пристрою зняття показників датчиків (включаючи передавальний пристрій, що має вихід в мережу Інтернет по бездротовій WiFi-мережі), сервера ThingSpeak і кінцевих клієнтських пристроїв (рис.1). Пристрій зняття показників датчиків складається з трьох компонентів – мережі датчиків, мікроконтролера і передавального пристрою. Мережа датчиків являє собою набір пристроїв, що дозволяють знімати показники характеристик навколишнього середовища і взаємодіяти з центральним пристроєм по шині 1-Wire. Центральний пристрій – це мікроконтролер Atmega8L, який має низьку ціну, мале енергоспоживання і достатню продуктивність для поставлених завдань.

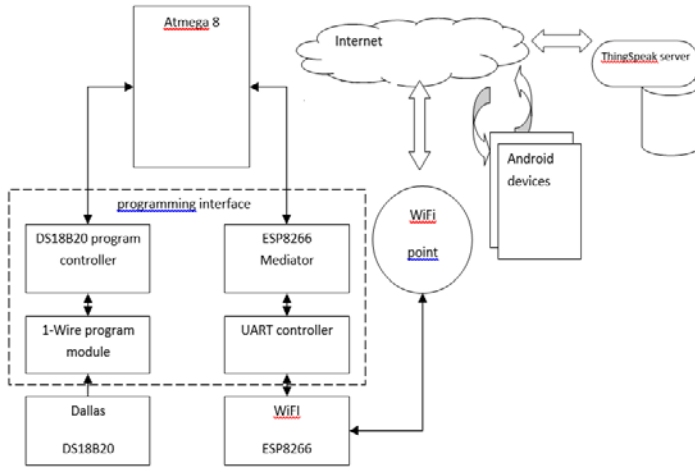


Рис. 1 – Архітектура системи

Виконуючи одну повноцінну інструкцію за один такт, ATmega8L досягає продуктивності 1 MIPS/МГц, дозволяючи досягти оптимального співвідношення продуктивності та споживаної енергії. Для передачі даних по мережі використовується модуль ESP8266, який є відносно дешевим і підтримує весь потрібний спектр можливостей для передачі і прийому даних, взаємодії з сервером. В якості сервера використовується ThingSpeak – відкритий сервер, вихідні тексти якого доступні на GitHub. ThingSpeak може обробляти GET- і POST-запити. Результат запиту сервер може повертати у форматі XML, JSON або ж простим текстом з відповіддю. В якості клієнтського пристрою передбачається використання будь-якого пристрою з встановленою версією ОС Android не нижче 2.2, або будь-якого іншого пристрою, що має вихід в мережу Інтернет і дозволяє виконувати і відображати результати HTTP-запитів. Підтримка платформи Android API 10 забезпечує сумісність з 99% всіх доступних пристроїв на платформі Android в цілому.

Вихідні тексти сервера доступні на GitHub (<https://github.com/iobridge/thingspeak>). За допомогою даного сервісу і модуля ESP8266 можна створити програмно-апаратний комплекс, який дозволяє реалізувати віддалену взаємодію та управління тими чи іншими системами, навіть якщо джерело управління і виконавчі пристрої знаходяться на протилежних точках земної кулі.

Можна використовувати вже готовий сервіс, який доступний за адресою <http://thingspeak.com>, або ж його можна встановити локально на свій сервер. ThingSpeak надає зручний і простий інтерфейс REST API, спеціально розроблений для мініатюрних пристроїв.

Таким чином, використовуючи даний сервіс, можна забезпечити компонентам системи взаємодію між собою на будь-якій відстані, використовуючи вже готові рішення. Проект документований, відповідна документація доступна на офіційному сайті (<https://thingspeak.com/docs>).

Література

1. The best choice for enterprise IoT networking is Wi-Fi [Електронний ресурс] — Режим доступу: URL: <http://searchmobilecomputing.techtarget.com/tip/The-best-choice-for-enterprise-IoT-networking-is-Wi-Fi>
2. 1-Wire® (Protocol) Dallas Semiconductor/Maxim [Електронний ресурс] — Режим доступу: URL: coecl.ece.illinois.edu/ge423/sensorprojects/1-wire_full.doc
3. Serial Communication [Електронний ресурс] — Режим доступу: URL: <https://learn.sparkfun.com/tutorials/serial-communication>
4. An Introduction to 1-Wire Technology [Електронний ресурс] — Режим доступу: URL: hivetool.org/w/images/4/40/Intro_to_1-Wire.doc
5. Design Principles of Wireless Sensor Networks Protocols for Control Applications [Електронний ресурс] — Режим доступу: URL: https://people.kth.se/~kallej/papers/wsn_design_springer11.pdf

УДК 631.171:631.55:633.1+004.942

ПОДІЄВИЙ ПІДХІД ДО МОДЕЛЮВАННЯ АГРОМЕТЕОРОЛОГІЧНИХ УМОВ ПІД ЧАС ЗБИРАННЯ РАННІХ ЗЕРНОВИХ КУЛЬТУР

О.В. Сидорчук, В.І. Днесь, В.І. Скібчик

Національний науковий центр «Інститут механізації та електрифікації сільського господарства», Україна

За дискретно-подієвого підходу до моделювання технологічних систем, неперервний характер процесів, що протікають в технологічній системі збирання ранніх зернових культур (ТС ЗРЗК), замінюється на множину подій, кожна з яких стосується певного елемента системи [1, 2].

У ТС ЗРЗК можна виділити такі об'єкти: культури, поля, зерно-стеблостій, комбайни, транспортні засоби, дороги, виконавці. Кожен з цих об'єктів під час функціонування ТС ЗРЗК перебуває у певному

стані. Відносно кожного об'єкта виділяються характерні події, які змінюють його стан та характеризуються часом виникнення (появи). Усі виділені події умовно поділяються на локальні та глобальні. Виникнення локальних подій є характерним для окремих об'єктів ТС ЗРЗК і призводить до зміни тільки його стану. Виникнення глобальних подій призводить до зміни стану усіх об'єктів певної множини. Отже, необхідно розрізнити події, виникнення яких характерне для доби або сезону[3].

Достигання ранніх зернових культур на полях виробничого плану їх збирання є підставою для початку збиральних робіт. Їх ефективність може бути виражена такими показниками: обсягами зібраного врожаю, обсягом несвоєчасно зібраних площ, втратами урожаю через несвоєчасність виконання збиральних робіт та питомими витратами коштів на їх виконання. Особливістю роботи збирально-транспортного комплексу (ЗТК) під час збирання ранніх зернових культур є суттєвий вплив агрометеорологічних умов на їх виконання[4, 5].

Окрім того, агрометеорологічні умови, починаючи з весни, зумовлюють процес вегетації ранніх зернових культур та визначають стохастичний характер часу їх досягання, коли досягається максимальне значення їх біологічної урожайності. Після настання повної стиглості культури є, порівняно, невеликий період, протягом якого досягається максимальне значення біологічної урожайності культури. Після цього відбувається зниження урожайності культури внаслідок біологічних втрат. Імовірнішим є не тільки час початку збирального сезону, який співпадає з датою досягання першої культури, а й інтервали між часом досягання окремих культур виробничого плану збирання. Час досягання кожної культури зумовлюється її біологічною особливістю та агрометеорологічними умовами.

Важливою особливістю збирального процесу є виникнення непогожих інтервалів часу, які унеможливають виконання збиральних робіт. Поява несприятливих для збирання інтервалів зумовлює перерви збирального процесу і призводить до збільшення тривалості збирання, а відтак несвоєчасного виконання збирального процесу на окремих полях (рис. 1).

Сезонні агрометеорологічні події є характерними для кожного окремого сезону (рис. 1,б). Так, настання повної стиглості культури ($t_{ПС}^k$) на k -му полі означає перехід його у стан, коли можливе виконання комбайнового збирання. Дана подія є притаманна кожному полю виробничого плану. Виникнення події настання

повної стиглості є причиною виникнення наступної події – настання біологічних втрат (τ_{HB}^k). Після настання цієї події відбувається щодобове зниження урожайності. Інтервал між настанням цих подій формує безвартісний період збирання ранніх зернових культур, який триває 5 діб.

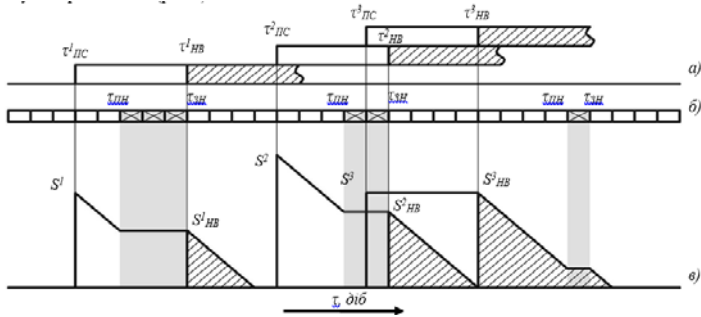


Рисунок 1 – Графічна інтерпретація виникнення сезонних подій досягання культур на полях (а), виникнення непогожих інтервалів часу (б) та їх вплив на функціонування ТС ЗРЗК (в): $\tau_{ПС}$ і τ_{HB} – відповідно час настання повної стиглості культури та втрат урожаю на полі; $\tau_{ПН}$ і $\tau_{ЗН}$ – відповідно час початку та завершення непогожих інтервалів часу; S^1 і S^3_{HB} – відповідно своєчасно та несвоєчасно зібрані площі на полі

Також до сезонних агрометеорологічних подій відносяться такі події, як: початок непогожого інтервалу часу ($\tau_{ПН}$) та його завершення ($\tau_{ЗН}$). Час $\tau_{ЗН}$ характеризує початок погожого інтервалу часу. Ці події утворюють відповідну послідовність подій (рис. 1, б), які характеризуються стохастичним характером виникнення і є відносно ТС ЗРЗК глобальними, тобто не відносяться до конкретного поля виробничого плану, а вказують на можливість виконання у той чи інший момент часу збиральних робіт вцілому (рис. 1. в).

Тривалість збирання протягом доби зумовлюється організаційним режимом цього процесу, який характеризується: 1) часом початку роботи; 2) тривалістю зміни; 3) числом змін протягом доби. Також необхідно враховувати, що виконання збиральних робіт неможливе за наявності роси та за умов, коли значення дефіциту вологості нижче 4 гПа [6].

Зміна дефіциту вологості повітря протягом доби призводить до зміни вологості зерностеблової маси, що, в свою чергу, впливає на ефективність виконання збиральних робіт.

Розглядаючи функціонування ТС ЗРЗК у розрізі окремої доби, для якої стан полів та агрометеорологічних умов дозволяє виконання зернозбиральних робіт (рис.2), у першу чергу виділяють події, які зумовлюють фактичний початок виконання збиральних робіт. До них належать: зникнення роси, перехід дефіциту вологості вище 4 гПа та організаційний початок робіт конкретної доби.

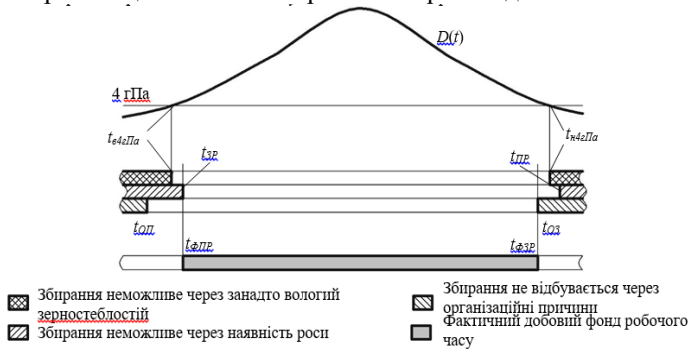


Рисунок 2 – Графічна інтерпретація формування фактичного добового фонду часу збирання

Виходячи з особливостей протікання збирального процесу, зауважуємо, що подія фактичного початку виконання збиральних робіт можлива лише за умови настання всіх трьох згаданих подій.

Виокремлення стосовно кожного елемента (об'єкта) ТС ЗРЗК подій дає змогу розкрити причинно-наслідкові зв'язки між ними, що є підґрунтям для створення блок-схеми алгоритму комп'ютерної програми статистичної імітаційної моделі ТС ЗРЗК.

Таким чином, розкриття характерних подій, що виникають під час виконання технологічного процесу збирання ранніх зернових культур є основою розроблення статистичної імітаційної моделі ТС ЗРЗК.

Література

1. Карпов, Ю. Г. Имитационное моделирование систем. Введение в моделирование с AnyLogic 5 [Текст] / Карпов Ю.Г. – СПб : БХВ-Петербург, 2005. – 400 с.
2. Многоподходное имитационное моделирование [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.anylogic.ru/multimethod-modeling>. – Назва з екрана.
3. Днесь, В.І. Обґрунтування параметрів зернозбирально-транспортних комплексів для сільськогосподарських товаровиробників

[Текст]: автореф. дис. канд. техн. наук : 05.05.11 / Днесь Віктор Ігорович. – Глеваха, 2015. – 20 с.

4. Железняк, Ю.Ф. Расчет количества комбайнов с учетом распределения условий уборки [Текст] / Ю.Ф. Железняк // Математическое моделирование уборочно-транспортных процессов. – зерноград: ВНИПТИМЭСХ. – 1986. – С.49-56.

5. Сидорчук, Л.Л. Ідентифікація конфігурації парку комбайнів у проектах систем централізованого збирання ранніх зернових культур : автореф. дис. на здобуття наук. ступеня канд. техн. наук : спец. 05.13.22 «Управління проектами та програмами» [Текст] / Сидорчук Леонід Леонідович. – Львів, 2008. – 18 с.

6. Грибинюк, О.М. Дослідження умов функціонування і розробка методу оптимізації парку зернозбиральних комбайнів сільськогосподарського підприємства: автореф. дис. на здобуття наук. ступеня канд. техн. наук: спец. 50.20.01 «Механізація сільськогосподарського виробництва» [Текст] / Грибинюк Олександр Миколайович // ІМЕСГ. – Глеваха, 1994. – 16 с.

УДК 535.3

ПРОГНОЗУВАННЯ ХАРАКТЕРИСТИК УЛЬТРАДИСПЕРСНИХ СУМІШЕЙ ЗА ДОПОМОГОЮ КОМП'ЮТЕРНОГО МОДЕЛЮВАННЯ

М.І. Гордійчук

Київський національний університет ім. Тараса Шевченка, Україна

У наш час однією з важливих проблем є вимірювання характеристик ультрадисперсних сумішей, зокрема вимірювання вмісту жирових крапель у середовищі водних емульсій. Такі суміші часто називають мутними. Так, наприклад, у техніці проблемою є вимірювання якості технічного масла, а у харчовій промисловості – вимірювання якості олії та жирності молока.

Молоко – важлива складова людського життя. Всі компоненти, які входять до складу молока: жири, білки, цукри, вітаміни – добре засвоюються організмом. Але головна харчова цінність визначається жиром. Молоко з більшим відсотком вмісту жиру має більшу цінність. Підприємствам, які скуповують молоко для подальшої переробки на молочні продукти та перепродаж, важливо знати його якість, щоб не отримати збитків і продавати ці продукти по задовільній для покупця ціні.

Для визначення вмісту жиру розроблено хімічні методи. Вони пов'язані з використанням концентрованих кислот та інших агресивних реактивів, а експеримент триває півгодини. Такі методи достатньо трудомісткі та фінансово затратні, тому при масштабному виробництві надзвичайно корисними були б технічно прості й швидкі експрес-методи аналізу жирності молока.

На жаль, зараз фізичні методи використовуються дуже рідко. Це пов'язано з малою кількістю необхідних приладів та їх високою вартістю. Тому такі методи є новими та ще не впровадженими у загальне використання.

Для досягнення прогнозування характеристик ультрадисперсних сумішей спочатку було досліджено фізичні властивості молока. Оскільки середній діаметр жирових кульок у молоці коливається від 2 до 5 мкм, а довжина хвилі червоного світла, яка використовувалась у лабораторному експерименті, дорівнює близько 760 нм, то для пучка світла справджується розсіювання Мі. Таким чином жирова частинка у молоці веде себе, як плоский об'єкт, для обчислень розсіювання та відбивання якого використовується геометрична оптика з використанням формул Френеля [1].

Щоб оцінити характеристики ультрадисперсних сумішей, було створено комп'ютерну модель розсіювання світла [2] на ансамблі сферичних частинок (аналог ультрадисперсного середовища). Модель дає можливість спрогнозувати поведінку світлового пучка при проходженні через ультрадисперсне середовище. Для оцінки ефективності створеної комп'ютерної моделі було проведено ряд лабораторних експериментів по визначенню розсіювання світлового пучка на молочній суспензії. Експериментальні результати було використано для підбору модельних параметрів, що дозволяє використовувати модель для оцінки характеристик подібних суспензій за індиcатрисою розсіювання світла.

Для проведення лабораторного експерименту було створено спеціальну установку для реєстрації кругової діаграми розсіювання. Установка дає можливість виміряти інтенсивність розсіяного світла майже на будь-якому куті відносно падаючого променя. Результати експерименту показали, що при жирності молока 0,15% і більше більша частина променів розсіюється назад, а при меншій жирності навпаки. Результати експерименту були покладені в основу моделі, як крайні точки. Для підгонки комп'ютерної моделі під отримані експериментальні результати було здійснено ряд запусків з метою підбору вхідних параметрів моделі середнього радіусу частинок та

відносному коефіцієнту заломлення. В ході експерименту було виявлено, що під час збільшення цих параметрів промені більше розсіюються у різні боки, а при зменшенні цих коефіцієнтів, промені розсіюються менше. Це дало змогу підібрати необхідні коефіцієнти та розв'язати обернену задачу.

Після проведення обох експериментів вдалося отримати схожі результати. Звісно, на результати експерименту могли впливати інші елементи, що містяться у молоці, такі, як білки, молочний цукор, мінерали та інше, а також неточність реєстрування інтенсивності світла, похибка вимірювання кута падіння світла та інші фактори.

Створену модель розсіювання світла можна використовувати для вимірювання жирності ультрадисперсних середовищ, хоча звісно можливі відхилення від еталону.

Література

1. Борен, К. Поглощение и рассеяние света малыми частицами [Текст] / К. Борен, Д. Хафмен. — М. : Мир, 1986. — 660 с.
2. Алгоритмы: построение и анализ [Текст] / Т. Кормен, Ч. Лейзерсон, Р. Ривест, К. Штайн – 2-е изд. – М.: Вильямс, 2005. – 1296 с.

УДК 517.957

РОЗУМІННЯ РИЗИКУ АБО ПЕРЕОСМИСЛЕННЯ БЕЗПЕКИ, ЯК ВІДСУТНОСТІ РИЗИКІВ (НА ПРИКЛАДІ 30-РІЧНОГО ДОСВІДУ ПОДОЛАННЯ НАСЛІДКІВ ЧОРНОБИЛЯ)

А. О. Демиденко

Інститут проблем математичних машин та систем НАНУ

В Сендайській рамковій програмі по зниженню ризику лих на 2015–2030 г. (схвалена на Третій Всесвітній конференції в Сендаї (Японія) 18 березня 2015 г.) головні завдання сформульовані наступним чином:

- необходимость более глубокого понимания риска бедствий во всех его аспектах, связанных с характеристиками воздействия, уязвимости и опасности;

- укрепление систем управления рисками бедствий.

На переконання автора саме відсутність розуміння безпеки, як управління ризиками, лежить в основі багатьох помилкових дій українських «управлінських» інституцій з екологічної та техногенної безпеки, що й призвело до вибору назви статті. Безпосереднім же поштовхом до написання цієї статті стало обговорення в колі старих знайомих досвіду подолання наслідків Чорнобильської катастрофи

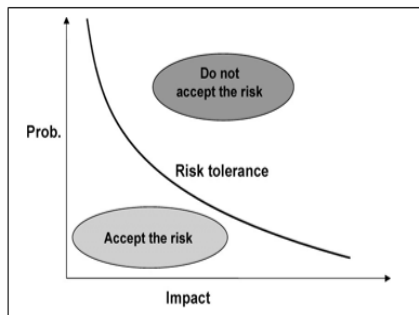
на круглому столі в НІСД 5 квітня 2016. Там черговий раз згадувалося про велику шкоду від чорнобильського законодавства, що встановлювало критерій відселення не по можливій отриманій дозі (Д, в Зівертах), а по стану довкілля - щільності поверхневого радіаційного забруднення в Бк / площу. В зв'язку з цим варто нагадати звідки походить цей управлінський підхід. Авторіві довелося брати участь свого часу в обговоренні як Чорнобильських законів і нового Закону про охорону навколишнього природного середовища, так і в створенні відповідного Міністерства, що були побудовані на парадигмі: а) єдиною мотивацією ОНПС є захист здоров'я людини; б) а основою екологічного управління є контроль дотримання гранично допустимих нормативів забруднень НПС, додержання яких забезпечує високий рівень ефективності управління.

Результатом цих обговорень стало прийняття в Законі про ОНПС нового поняття «екологічної безпеки» - екологічна безпека є такий стан навколишнього природного середовища, при якому забезпечується попередження погіршення екологічної обстановки та виникнення небезпеки для здоров'я людей, а поняття «техногенної безпеки» в Кодексі цивільного захисту визначено, як – «відсутність ризику виникнення аварій та/або катастроф. Техногенна безпека характеризує стан захисту населення і територій від надзвичайних ситуацій техногенного характеру». Тобто в обох випадках безпека характеризувалася лише через стан - довкілля або захисту.

Формально це виражало пануючу на той час в економічному середовищі парадигму, що екологічне управління має бути основане на схемі «Pressure-State-Response» (PSR), OECD (1993-1999), де реакція суспільства мала наступати безпосередньо на стан довкілля. В процесі підготовки до Світового Саміту зі Сталого Розвитку в Йоханесбурзі ЄС перейшов до схеми DPSIR (D: Driving Force, P: Pressure, S: State changes, I: Impact, R: Response), що використовується тепер Європейським Екологічним Агентством. Головна різниця між цими схемами в тому, що в DPSIR послідовно просувається каузальний підхід, реакція суспільства настає не безпосередньо на формальну загрозу - стан середовища, а на вплив цієї загрози, що дає можливість перейти від управління загрозами до управління ризиками.

Оскільки в математичному сенсі ризик є перетином або добутком імовірності (загрози) та впливу (див. малюнок справа), це відкриває додаткові можливості управління: зменшення будь якого з множників до нуля – усуває ризик. Такий підхід передбачає нове, сучасне поняття безпеки, як дотримання соціально прийнятних рівнів ризи-

ків в смислі ймовірності події та потенційних її наслідків (економічних, екологічних, соціальних впливів), і балансування цього проти очікуваних вигод підвищення безпеки. Це допомагає упевнитись в тому, що рівень змін ризику внаслідок тих чи інших дій враховує соціальні цінності і що ці дії є пропорційними до величини ризику. Саме тому підхід, заснований на ризику, дозволяє визначати області високого ризику, де дії мають бути пріоритезовані.

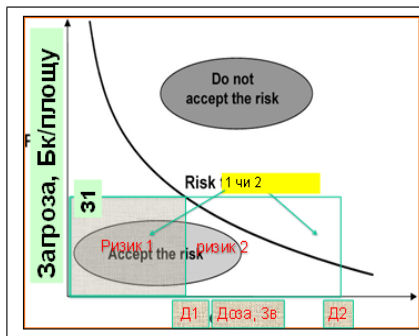


В чому полягала проблема застосування, зокрема, в екологічному управлінні радянського критеріального підходу до визначення безпеки, як відсутності ризиків, яке йшло від радянської традиції визначати такі нормативи, як, наприклад, ГДК (гранично допустимі концентрації), виходячи, принаймні в теорії, з концепції «нульового ризику» для здоров'я людини, в разі, коли ГДК не перевищені? Ніяких проблем не виникало, доки не виникла необхідність встановлювати цілі розвитку або цілі захисту. І от тут з'ясувалося, що оскільки будь-який рівень ризику вважається неприйнятним, ніякі соціальні чи економічні цілі розвитку чи захисту не можуть бути встановлені і, таким чином, жодні розроблені з врахуванням ризиків технічні чи економічні заходи не можуть бути вжиті.

А що могла б дати правильна пріоритезація ризиків дій по пом'якшенню наслідків Чорнобильської катастрофи? Проілюструємо на прикладі, наведеному на круглому столі по Чорнобилу в НІСД 5 квітня 2016. Там розповідалося про велику шкоду від чорнобильського законодавства, що встановлювало критерій відселення не по можливій отриманій дозі (Д, в Зівертах), а по щільності поверхневого радіаційного забруднення в Бк / площу. Тобто той самий випадок, коли ціллю є дотримання нормативів поверхневого забруднення – загрози (З), а не зменшення ризику опромінення, що є добутком - (Ризик) = (З)х(Д).

На малюнку справа показано, що ризик може бути зменшений з ризику $2 = (31) \times (Д2)$ до прийнятного ризику $1 = (31) \times (Д1)$, при тій самій загрозі 31 за рахунок зменшення дози з Д2 до прийнятного рівня Д1, за рахунок, наприклад, відмови від вживання молока на цій

території. Проте, оскільки авторів законодавства цікавило не стільки досягнення результату (зменшення дози або ризику до прийняттого) найдешевшим способом, скільки дотримання критеріїв поверхневого забруднення найдорожчим (якщо вдасться вибити фінансування з центру) способом, то зрозуміло чому це законодавство протрималося стільки років.



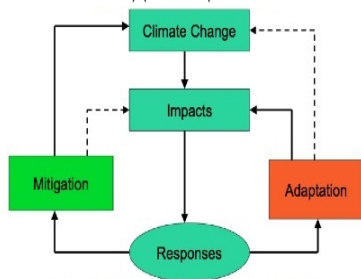
В результаті колосальні надмірні кошти на переселення, зібрані зі всього українського народу, були не тільки витрачені безрезультатно, але й створили стимул отримання дози, замість її зменшення. Були й спроби повторити цей підхід. Можна згадати численні спроби встановити спеціальний податок для виплат проживаючим на «екологічно небезпечних» територіях. І хоча цей підхід не удався, так як удалися чорнобильські закони, дехто з його авторів і досі намагається загальмувати перехід на європейські стандарти екологічного менеджменту, торпедуючи, зокрема, закон про оцінку впливу на довкілля.

Окремо треба сказати і про необхідність внесення каузальності в Закон про національну безпеку, де природні ресурси взагалі розглядаються, як частина суспільної безпеки і підкоряються мабуть соціальним законам. В розширеному сучасному розумінні безпеки відмінність екологічної від людської і суспільної безпеки полягає в тому, що об'єктом екологічної безпеки є екосистеми (а не людство), під ризиком знаходиться sustainability/сталість розвитку (а не виживання людини), а от загрозою екологічній безпеці є саме людство (а не природа чи формально встановлені нормативи, однакові від Владивостока до Бреста).

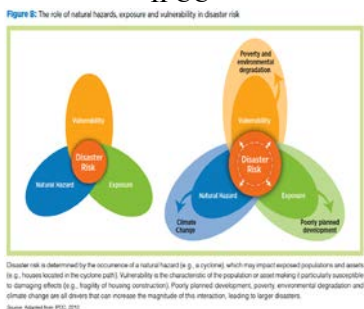
Головний внесок в таке переосмислення безпеки і розуміння ризиків зробили звіти Міжурядової панелі зі змін клімату – ІРСС. Дуже важливим є ознайомлення українського суспільства і усвідомлення ним необхідності такого переосмислення. Про те, що до цього ще дуже далеко, свідчить хоча б офіційна позиція України щодо внеску до Паризької Конференції зі змін клімату, де українська делегація пояснювала відсутність пропозицій по адаптації браком грошей. Хоча пом'якшення – зменшення загрози від енергетики (колись),

ніяк не може замінити необхідність адаптації – зменшення впливу, перш за все у водному секторі, вже сьогодні:

Пом'якшення не замінить адаптацію



Підхід до ризиків у 5му звіті ІРСС



Для ілюстрації подаю ще декілька цитат з 5-го звіту:

- П'ята оцінка підтверджує, що потепління однозначно відбувається, і "дуже ймовірно", що вплив людини є головною причиною.

- Є переконливі докази про наслідки змін клімату: підвищення рівня моря, скорочення льодовиків, теплі океани і збільшення частоти екстремальних погодних явищ (і це саме про нас!).

- Незважаючи на те, що всі ці ризики добре відомі, уряди і бізнес часто залишаються вкрай невідготовленими.

- Причина невідготовленості - підхід до управління ризиками на основі лише реактивних заходів постфактум, які припускають, що все повернеться в нормальне русло після кризи - підхід, який не відповідає виникаючим екологічним ризикам від порівняно повільних змін клімату.

УДК 551.465

МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ЭЛЕКТРОКИНЕТИЧЕСКОГО ЭФФЕКТА, ВЫЗЫВАЕМОГО В ОСАДОЧНОМ СЛОЕ ПОВЕРХНОСТНЫМИ ВОЛНАМИ

Г.И.Казакевич, И. В. Егоров

Институт океанологии им. П.П. Ширшова РАН, Москва

При измерении электрических полей в придонной области мелководных бассейнов с малой соленостью важной задачей является

учет электрокинетического эффекта [1]. Он возникает в толще воды и в водонасыщенном осадочном слое.

Для водной толщи рассмотрена модель возбуждения электрического поля как в случае длинных поверхностных волн, так и для волн с длиной, меньшей глубины бассейна. Построена математическая модель и получены оценки для колебаний давления на дне, вызванных поверхностными волнениями, а также значений электрического поля, возбуждаемого этими колебаниями вследствие электрокинетического эффекта протекания (эффекта обратного осмоса).

Были рассмотрены два случая: 1) Длинные поверхностные бегущие волны (длина волны превышает глубину); 2) Нелинейный эффект в стоячих волнах, образованных короткими бегущими волнами [2]. При этом, во втором случае в придонном слое возникают электрические поля электрокинетического происхождения того же порядка по величине, что и в первом. В работе [3] исследовалось горизонтальная компонента индуцированного электрического поля. Здесь рассмотрена также его вертикальная компонента, для учета которой необходимо исследование электрокинетического эффекта в осадочном слое. Важность исследования вертикальной компоненты хорошо известна в разведочной геофизике [4].

Осадочный слой можно представить как пористую среду, насыщенную водой. Волновые движения над дном вызывают фильтрационные колебания в этом слое, которые за счет электрокинетического эффекта индуцируют электрическое поле.

Для аналитического исследования параметры пористой среды (пористость, проницаемость и пр.) считаются постоянными. Предполагается выполнение закона Дарси [5].

В рамках принятых допущений фильтрация слабосжимаемой жидкости в упругодеформируемой среде описывается уравнением пьезопроводности с постоянными коэффициентами. Осадочный слой располагается между двумя горизонтальными плоскостями (поверхностью осадков и твердым дном, которое полагается непроницаемым). На границе с водной толщей задается условие непрерывности давления.

Предполагается возможным пренебречь влиянием фильтрации воды в осадочном слое на волновое движение воды над дном. Используя решения уравнений гидродинамики для рассматриваемых двумерных волн, полученные для водной толщи, находим граничные условия на поверхности пористой среды.

Решение поставленной краевой задачи дает распределение давления в осадочном слое. Исходя из него, по формуле Гельмгольца-

Смолуховського знаходимо електричне поле, індукероване поверхновими хвилями.

Проведені дослідження дозволяють оцінити вплив пористості, проникності і др. параметрів осадового шару на електричне поле в придонній області, збуджуване поверхновими хвилями в будь-якому реальному діапазоні довжин таких хвиль.

Література

- 1.Духин, С.С. Електропровідність і електрокінетичні властивості дисперсних систем [Текст]. - Київ: Наукова думка. - 1975. - 248 с.
- 2.Longuet-Higgins, M. S. A Theory of the Origin of Microseisms [Text] // Philosophical Transactions of the Royal Society of London. Series A, Mathematical and Physical Sciences. 1950. - V. 243. - № 857. - P. 1–35.
- 3.Егоров, И.В., Пальшин, Н. А.. Возбуждение электрокинетических эффектов на дне мелководья поверхностными волнами [Текст] // Океанология. - 2015. - Т. 55. № 3. - С. 461–469.
- 4.Flekko, E.G., Haland, E., Maloy, K.J. Comparison of the low-frequency variations of the vertical and horizontal components of the electric background field at the sea bottom [Text] // Geophysics. - V. 77, № 6. - 2012. - P. E391–E396.
- 5.Полубаринова-Кочина, П. Я. Теория движения грунтовых вод [Текст]. - М.: Наука. - 1977. - 664 с.

УДК 004.94:631.452

РОЗРОБКА АЛГОРИТМУ МОДЕЛЮВАННЯ ТА ПРОГНОЗУВАННЯ СТАНУ ҐРУНТІВ

В.В. Нехай

Чернігівський національний технологічний університет, Україна

Початок ХХІ століття характеризується значним зростанням обсягів інформації, що створює проблеми визначення обсягів існуючої інформації та ускладнює контроль інформаційних потоків. Прийняття управлінських рішень ґрунтується на інформації, а отже менеджмент усіх рівнів управління не може обійтися без інформаційних технологій, які використовуються в усіх сферах життя людини, в тому числі, і в ґрунтознавстві. Поняття «інформаційні технології» включає в себе сукупність засобів і методів інформаційних процесів: отримання, обробки, зберігання, передачі інформації з використанням технічних і програмних засобів.

Практика застосування інформаційних технологій в виробничій і невиробничій сферах свідчить про підвищення продуктивності та

ефективності управлінської діяльності, що досягається завдяки можливості формувати, зберігати, миттєво передавати та отримувати велику кількість даних, аналізувати їх на основі математичних та імітаційних моделей.

У наш час у контексті сталого розвитку, одним з напрямів якого є екологічна складова, гостро постає питання про стан ґрунтів, в тому числі, і земель сільськогосподарського призначення. Сьогодні постає питання не про отримання прибутку сільськогосподарськими підприємствами за будь-яку ціну, а збереження та відновлення земельного капіталу, як одного з основних засобів виробництва підприємств агропромислового комплексу. Сільське господарство потребує оптимізації виробництва з метою раціонального використання природних ресурсів та захисту навколишнього середовища.

Врожайність сільськогосподарської культури обумовлена, в тому числі, і станом ґрунту. На різних типах ґрунтів врожайність сільськогосподарської культури не буває однаковою. На стан якості ґрунту впливають такі фактори, як: фізико-хімічний склад; внесення мінеральних та органічних добрив; топографія місцевості; наявність лісосмуг; технологія обробітку ґрунту; внесення гербіцидів; погодні умови тощо.

Паспортизація земель сільськогосподарського призначення, на основі інформаційних технологій, дає можливість планувати вирощування сільськогосподарських культур відповідно до стану ґрунту, сівзміни сільськогосподарських культур для збереження чи відновлення родючості ґрунту.

Отже, використання інформаційних технологій в ґрунтознавстві, дає можливість застосовувати технологію «точного сільського господарства», яка ґрунтується на використанні концепції про існування неоднорідностей у межах одного кластеру. Такі особливості можуть бути викликані специфікою ландшафту, станом ґрунтів, рівнем ґрунтових вод, кліматичними особливостями, технологіями вирощування сільськогосподарських культур [1,2].

Технологія точного землеробства включає наступні основні етапи:

- створення електронних карт полів;
- створення бази даних по полях;
- адаптація програмного забезпечення та підготовка інформації для розробки рішень [3].

Використання інформаційних технологій в управлінні станом родючості ґрунту дозволяє, на основі існуючих економічних, техніко-технологічних можливостей сільськогосподарського підприємства

та стану ґрунту, визначити та реалізувати оптимальну агротехнологію обробітку ґрунту, адаптовану до локальних умов.

Висока апріорна інформаційна невизначеність практично виключає автоматичне прийняття рішень і змушує створювати апаратно-програмні системи підтримки прийняття рішень на основі математичного та імітаційного моделювання. Застосування імітаційного моделювання дає можливість створювати множину альтернативних рішень з їх наслідками, накопичувати фактичні дані і формувати відповідні бази даних, дає можливість адаптувати до реального стану системи вихідну функціональну модель підтримки прийняття рішень в ґрунтознавстві (рис. 1).

Отримання фактичної інформації про стан земель сільськогосподарського призначення досить складна задача, що визначається вартістю та складністю аналізу фізико-хімічного стану ґрунту, проблемами формування електронних паспортів полів та іншими специфічними факторами.

Ентропія системи, що породжується нестачею експериментальної (вимірювальної) інформації, приводить до значної невизначеності кінцевих результатів. Автоматизація процесу отримання оперативної інформації про стан ґрунтів залишається складною проблемою, яка може бути вирішена за допомогою використання сучасних інформаційних технологій.

Отже, можна окреслити основні задачі, що повинна вирішувати система підтримки прийняття рішень в ґрунтознавстві:

- побудова електронних паспортів полів;
- оцінювання та картографування фізико-хімічного складу ґрунтів;
- визначення норм внесення мінеральних та органічних добрив;
- визначення норм використання гербіцидів;
- можливість імітації використання агротехнічних технологій;
- забезпечувати контроль ходу виконання агротехнологічних заходів та календарного плану;
- формування баз даних та надання поточної і звітної агротехнологічної документації.

Застосування інформаційних технологій в управлінні станом родючості ґрунту забезпечує:

- визначення відповідних до локальних умов агротехнологій та строків проведення робіт;
- раціональне використання та відновлення земель сільськогосподарського використання;
- раціональне використання ресурсів;

- формування баз даних;
- аналіз використання земельних ресурсів.

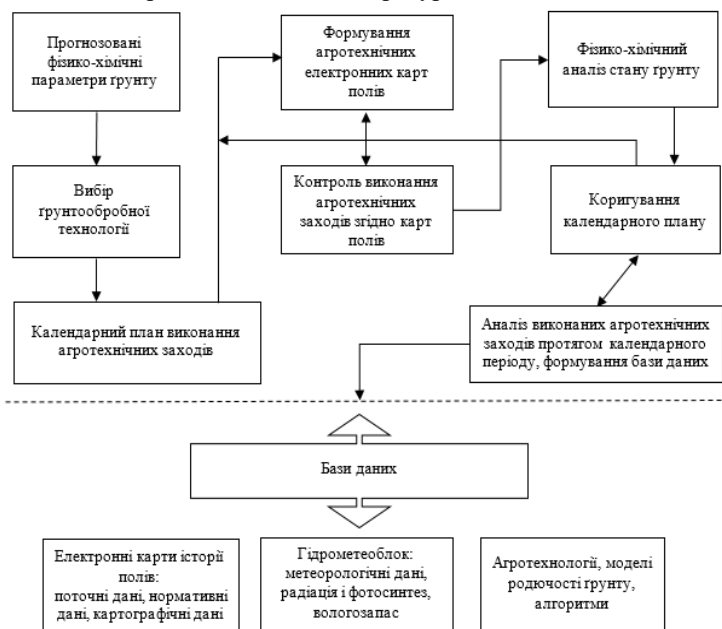


Рис. 1. Функціональна модель підтримки прийняття рішень в ґрунтознавстві

Застосування інформаційних технологій в ґрунтознавстві підвищить ефективність прийняття управлінських рішень по збереженню та відновленню земель сільськогосподарського призначення, сприятиме впровадженню новітніх аграрних технологій, сільськогосподарського менеджменту, стратегічного планування та інтеграції агропромислового комплексу України в європейську економічну систему.

Література

1. Тимошенко, Є. Точне землеробство та українські реалії [Електронний ресурс] - Режим доступу: <http://www.agro-business.com.ua/ekspertna-dumka/1307-tochne-zemlerobstvo-ta-ukrainiski-realii.html>
2. Точное земледелие [Електронний ресурс] - Режим доступу: <http://www.technoserv.ru>

**ЧИСЕЛЬНЕ МОДЕЛЮВАННЯ
ТЕПЛОМАСОПЕРЕНЕСЕННЯ В СЕРЕДОВИЩАХ З
ФРАКТАЛЬНОЮ СТРУКТУРОЮ З ВИКОРИСТАННЯМ
РОЗПАРАЛЕЛЮВАННЯ**

Я.І. Соколовський, В.І. Яркун, М.В. Левкович, Р.П. Стельмах
Національний лісотехнічний університет України, Україна

У працях [1, 2] розглядалися двовимірні математичні моделі деформаційних і теплообмінних процесів, для опису яких використовувалися диференціальні рівняння у частинних похідних із дробовим порядком за часом та просторовими координатами. Класична організація обчислень для реалізації моделі не забезпечує високої ефективності. Тому постає необхідність у застосуванні паралельних алгоритмів.

Математична модель процесу тепломасоперенесення описується системою диференціальних рівнянь у частинних похідних із дробовим порядком за часом τ та просторовими координатами x та y :

$$c\rho \frac{\partial^\alpha T(\tau, x, y)}{\partial \tau^\alpha} = \lambda_1 \frac{\partial^\beta T(\tau, x, y)}{\partial x^\beta} + \lambda_2 \frac{\partial^\beta T(\tau, x, y)}{\partial y^\beta} + \varepsilon\rho_0 r \frac{\partial^\alpha U(\tau, x, y)}{\partial \tau^\alpha}, \quad (1)$$

$$\frac{\partial^\alpha U(\tau, x, y)}{\partial \tau^\alpha} - a_1 \frac{\partial^\beta U(\tau, x, y)}{\partial x^\beta} + a_2 \frac{\partial^\beta U(\tau, x, y)}{\partial y^\beta} + a_1 \delta \frac{\partial^\beta T(\tau, x, y)}{\partial x^\beta} + a_2 \delta \frac{\partial^\beta T(\tau, x, y)}{\partial y^\beta}, \quad (2)$$

початкові умови: $T(0, x, y) = T_0(x, y)$, $U(0, x, y) = U_0(x, y)$, (3)

граничні умови третього роду:

$$\lambda_i \frac{\partial^\beta T|_r}{\partial n} + \rho_0(1-\varepsilon)\beta_i(U|_r - U_{p1}) = \alpha_i(T|_r - t_{c1}) - a_i \delta \frac{\partial^\beta T|_r}{\partial n} + a_i \frac{\partial^\beta U|_r}{\partial n} = \beta_i(U_{p1} - U|_r), \quad (4)$$

де $(\tau, x, y) \in D, D = [0, \tau] \times [0, l_1] \times [0, l_2]$; $T(\tau, x, y), U(\tau, x, y)$ - шукані функції, де T - температура, U - вологовміст, c - питома теплоємність, ρ - густина, ρ_0 - базисна густина, ε - коефіцієнт фазового переходу, r - питома теплота пароутворення, λ_i - коефіцієнт теплопровідності, a_i - коефіцієнт вологопровідності, t_{c1} - значення температури середовища, δ - термоградієнтний коефіцієнт, U_{p1} - значення відносної вологості зовнішнього середовища, α_i -

коефіцієнт теплообміну, β_i - коефіцієнт вологообміну, α - дробовий порядок похідної за часом ($0 < \alpha \leq 1$), β, γ - дробові показники похідної за просторовими координатами ($1 < \beta \leq 2$), ($0 < \gamma \leq 1$).

В області D введемо сітку

$$\varpi_{\Delta\tau, h_x, h_y} = \{(\tau^k, x_n, y_m): x_n = nh_x, y_m = mh_y, \tau^k = k\Delta\tau, n=1, \dots, N; m=1, \dots, M; k=0, 1, \dots, K\}$$

Використавши формулу Рімана-Ліувілля [4], запишемо різницеву апроксимацію дробової похідної α ($0 < \alpha \leq 1$) на відрізку

$$[\tau^k, \tau^{k+1}] \text{ таким чином: } \frac{\partial^\alpha u}{\partial \tau^\alpha} \Big|_{\tau^k} \approx \frac{u^{k+1} - \alpha u^k}{\Gamma(2-\alpha)\Delta\tau^\alpha}, \text{ де } \Delta\tau = \tau^{k+1} - \tau^k. \quad (5)$$

Для дробової похідної β ($1 < \beta \leq 2$) застосувавши формулу Грюнвальда-Летнікова [4], отримаємо різницеву апроксимацію дробової похідної β за просторовою координатою x , що матиме вигляд:

$$\frac{\partial^\beta u}{\partial x^\beta} \Big|_{x_n} \approx \frac{1}{h_x^\beta} \sum_{i=0}^n q_i u_{n-i+1}, \rightarrow \text{де } q_0 = 1, q_i = (-1)^i \frac{\beta(\beta-1) \dots (\beta-i+1)}{i!}, \quad (6)$$

Враховуючи (5), (6) запишемо неявну різницеву схему для системи диференціальних рівнянь (1), (2):

$$c\rho \frac{T_{n,m}^{k+1} - \alpha T_{n,m}^k}{\Gamma(2-\alpha)\Delta\tau^\alpha} = \frac{\lambda_1}{h_x^\beta} \sum_{i=0}^n q_i T_{n-i+1,m}^{k+1} + \frac{\lambda_2}{h_y^\beta} \sum_{i=0}^m q_i T_{n,m-i+1}^{k+1} + \varepsilon\rho_0 r \frac{U_{n,m}^{k+1} - \alpha U_{n,m}^k}{\Gamma(2-\alpha)\Delta\tau^\alpha}, \quad (7)$$

$$\frac{U_{n,m}^{k+1} - \alpha U_{n,m}^k}{\Gamma(2-\alpha)\Delta\tau^\alpha} = \frac{a_1}{h_x^\beta} \sum_{i=0}^n q_i U_{n-i+1,m}^{k+1} + \frac{a_2}{h_y^\beta} \sum_{i=0}^m q_i U_{n,m-i+1}^{k+1} + \frac{a_4\delta}{h_x^\beta} \sum_{i=0}^n q_i T_{n-i+1,m}^{k+1} + \frac{a_5\delta}{h_y^\beta} \sum_{i=0}^m q_i T_{n,m-i+1}^{k+1}, \quad (8)$$

Явна різницєва схема буде така:

$$c\rho \frac{T_{n,m}^{k+1} - \alpha T_{n,m}^k}{\Gamma(2-\alpha)\Delta\tau^\alpha} = \frac{\lambda_1}{h_x^\beta} \sum_{i=0}^n q_i T_{n-i+1,m}^k + \frac{\lambda_2}{h_y^\beta} \sum_{i=0}^m q_i T_{n,m-i+1}^k + \varepsilon\rho_0 r \frac{U_{n,m}^{k+1} - \alpha U_{n,m}^k}{\Gamma(2-\alpha)\Delta\tau^\alpha}, \quad (9)$$

$$\frac{U_{n,m}^{k+1} - \alpha U_{n,m}^k}{\Gamma(2-\alpha)\Delta\tau^\alpha} = \frac{a_1}{h_x^\beta} \sum_{i=0}^n q_i U_{n-i+1,m}^k + \frac{a_2}{h_y^\beta} \sum_{i=0}^m q_i U_{n,m-i+1}^k + \frac{a_4\delta}{h_x^\beta} \sum_{i=0}^n q_i T_{n-i+1,m}^k + \frac{a_5\delta}{h_y^\beta} \sum_{i=0}^m q_i T_{n,m-i+1}^k, \quad (10)$$

Використаємо чисельний метод предиктор-коректор для знаходження числового розв'язку. У ролі предиктора використаємо метод заснований на неявній різницєвій схемі, а у ролі коректора використаємо явну різницєву схему.

1. На першому півкроці інтервалу $\Delta\tau/2$ запишемо неявну різницєву схему, у якій врахуємо тільки похідну дробового порядку β за просторовою координатою x :

$$c\rho \frac{T_{n,m}^{k+1/2} - \alpha T_{n,m}^k}{\Gamma(2-\alpha)(\Delta\tau/2)^\alpha} = \frac{\lambda_1}{h_x^\beta} \sum_{i=0}^n q_i T_{n-i+1,m}^{k+1/2} + \varepsilon\rho r \frac{U_{n,m}^{k+1/2} - \alpha U_{n,m}^k}{\Gamma(2-\alpha)(\Delta\tau/2)^\alpha} + \frac{U_{n,m}^{k+1/2} - \alpha U_{n,m}^k}{\Gamma(2-\alpha)(\Delta\tau/2)^\alpha} = \frac{a_1}{h_x^\beta} \sum_{i=0}^n q_i U_{n-i+1,m}^{k+1/2} + \frac{a_2 \delta}{h_x^\beta} \sum_{i=0}^n q_i T_{n-i+1,m}^{k+1/2}, \quad (11)$$

2. На другому півкроці інтервалу $\Delta\tau/2$ запишемо неявну різницеву схему, у якій врахуємо тільки похідну дробового порядку β за просторовою координатою y :

$$c\rho \frac{T_{n,m}^{k+1/2} - \alpha T_{n,m}^{k+1/4}}{\Gamma(2-\alpha)(\Delta\tau/2)^\alpha} = \frac{\lambda_2}{h_y^\beta} \sum_{i=0}^m q_i T_{n,m-i+1}^{k+1/2} + \varepsilon\rho r \frac{U_{n,m}^{k+1/2} - \alpha U_{n,m}^{k+1/4}}{\Gamma(2-\alpha)(\Delta\tau/2)^\alpha} + \frac{U_{n,m}^{k+1/2} - \alpha U_{n,m}^{k+1/4}}{\Gamma(2-\alpha)(\Delta\tau/2)^\alpha} = \frac{a_1}{h_y^\beta} \sum_{i=0}^m q_i U_{n,m-i+1}^{k+1/2} + \frac{a_2 \delta}{h_y^\beta} \sum_{i=0}^m q_i T_{n,m-i+1}^{k+1/2}. \quad (12)$$

3. Для завершення розв'язку на усьому інтервалі $\Delta\tau$ використаємо різницеве співвідношення, що називається коректором:

$$c\rho \frac{T_{n,m}^{k+1} - \alpha T_{n,m}^k}{\Gamma(2-\alpha)\Delta\tau^\alpha} = \frac{\lambda_1}{h_x^\beta} \sum_{i=0}^n q_i T_{n-i+1,m}^{k+1/2} + \frac{\lambda_2}{h_y^\beta} \sum_{i=0}^m q_i T_{n,m-i+1}^{k+1/2} + \varepsilon\rho r \frac{U_{n,m}^{k+1} - \alpha U_{n,m}^k}{\Gamma(2-\alpha)\Delta\tau^\alpha}, \quad (13)$$

$$\frac{U_{n,m}^{k+1} - \alpha U_{n,m}^k}{\Gamma(2-\alpha)\Delta\tau^\alpha} = \frac{a_1}{h_x^\beta} \sum_{i=0}^n q_i U_{n-i+1,m}^{k+1/2} + \frac{a_2}{h_y^\beta} \sum_{i=0}^m q_i U_{n,m-i+1}^{k+1/2} + \frac{a_1 \delta}{h_x^\beta} \sum_{i=0}^n q_i T_{n-i+1,m}^{k+1/2} + \frac{a_2 \delta}{h_y^\beta} \sum_{i=0}^m q_i T_{n,m-i+1}^{k+1/2}. \quad (14)$$

Наведемо формальний опис паралельного алгоритму для реалізації наведених схем. Нехай ϵ p обчислювальних модулів (процесорів, ядер або потоків) однаковою продуктивності. В такому разі необхідно розбити розрахункову область на p однакових під областей. Кожен потік буде виконувати операції в межах доступної йому підобласті. Оскільки алгоритм задачі побудований на базі схеми предиктор-коректор, то необхідно двічі – на першому та другому півкроці $\Delta\tau/2$ виконувати обчислення за неявною схемою за різними просторовими координатами і коректувати їх явною. Слід відзначити, що на відміну від класичних рівнянь тепло- і волого- перенесення, у рівняннях з частинними похідними із дробовим порядком за часом τ та просторовими координатами x та y необхідно зберігати значення невідомих на всіх тимчасових шарах. Кожен потік на кожному часовому шарі повинен мати допоміжні змінні для зберігання значень переданих з попереднього часового шару.

Алгоритм задачі можна описати за допомогою наступних пунктів.

1. Виходячи із початкових умов і параметрів розбиття сітки всі потоки паралельно розраховують коефіцієнти для першого півкроку $\Delta\tau/2$.

2. Для обчислення на наступному часовому кроці виконуємо наступні настанови:

- a. Обчислюються нові граничні коефіцієнти враховуючи значення з попереднього шару.
 - b. Виконуємо обчислення на першому півкроці $\Delta\tau/2$.
 - c. Кожний потік використовує внутрішній ітераційний процес.
 - d. Потоки, що відповідають за розрахунок сусідніх підобластей, обмінюються двома граничними значеннями. Враховуються значення з попереднього тимчасового шару, а на наступних ітераційних кроках - значення з попередньої ітерації.
 - e. Кожен потік паралельно розв'язує свою систему рівнянь методом прогонки.
 - f. Завершуються обчислення на першому півкроці $\Delta\tau/2$.
 - g. Якщо номер ітерації є меншим за p , то алгоритм повторюємо з кроку b), інакше перехід на новий часовий шар і алгоритм виконується з кроку 2.
3. Виходячи із початкових умов і параметрів розбиття сітки всі потоки паралельно розраховують коефіцієнти для другого півкроку $\Delta\tau/2$ і незмінні складові прогоночних коефіцієнтів.
4. Виконуємо пункти 2.a- 2.g для другого півкроку.
5. На усьому інтервалі виконуємо коректування результатів за допомогою співвідношення коректор.

Література

1. Соколовський, Я.І. Числовий метод дослідження теплообміну на підставі похідних дробового порядку [Текст] / Соколовський Я.І., Москвітін М.В. // Технічні вісті, 2015/1(41), 2(42), с. 12-15.
2. Sokolowskyi, Ya. Mathematical modelling of non-isothermal moisture transfer and rheological behavior in capillary-porous materials with fractal structure during drying [Text] / Ya. Sokolowskyi, V. Shymanskyi // Computer and Information Science. - Canadian Center of Science and Education - Vol. 7, No. 4 - 2014. - P. 111-122.
3. Учайкин, В.В. Метод дробных производных [Текст] / В.В. Учайкин. – Ульяновск: Изд. “Артишок”, 2008 – 512с.
4. Podlubny, I. Fractional Differential Equations [Text] / I. Podlubny, vol. 198 of Mathematics in Science and Engineering, Academic Press, San Diego, Calif, USA, 1999. – 340s.
5. Васильев, В.В. Дробное исчисление и аппроксимационные методы в моделировании динамических систем [Текст]. Научное издание / В.В. Васильев, Л.А. Симак. – Киев, НАН Украины, 2008. – 256с.

**ІНТЕГРАЦІЯ КАМЕРНОЇ МОДЕЛІ ПЕРЕНОСУ
РАДІОНУКЛІДІВ У МОРЬСЬКОМУ СЕРЕДОВИЩІ
POSEIDON В ЄВРОПЕЙСЬКУ СИСТЕМУ З ЯДЕРНОГО
АВАРІЙНОГО РЕАГУВАННЯ RODOS**

Р.В. Беженар, Є.О. Євдін, В.С. Мадерич

Інститут проблем математичних машин і систем, Україна

Європейська система з ядерного аварійного реагування RODOS була створена після аварії на Чорнобильській АЕС в рамках проектів Європейського Союзу. З самого початку система RODOS включала гідромодуль, чий компоненти (двовимірна модель COASTOX і тривимірна модель THREETOX) забезпечували можливість прогнозування короткострокового переносу радіонуклідів в різних водоймах: річках, озерах, водосховищах, лиманах і прибережних зонах морів. Проте існувала необхідність розширити гідромодуль боксовою моделлю POSEIDON для прогнозування довгострокового переносу радіонуклідів в морському середовищі, у тому числі в морських організмах. Для цього модель POSEIDON потрібно було адаптувати до європейських морів, а також розробити процедуру автоматичної передачі даних атмосферного випадіння на поверхню моря, розрахованого Модулем атмосферного переносу, в рамках системи RODOS.

Модель POSEIDON описує морське середовище як систему боксів (комірок), що включають товщу води, донні відкладення і морські організми [1]. Кожна з камер в моделі може містити будь-яку кількість шарів води, забезпечуючи, таким чином, тривимірність системи. Також камери містять зважені намули, що осідають на дно. В моделі вважається, що радіонукліди, адсорбовані зваженими частинками, знаходяться в рівновазі з розчиненими радіонуклідами. Перенос розчинених радіонуклідів між камерами описується процесами адвекції і дифузії. Переміщення осаджених радіонуклідів в дні описується за допомогою трьох-шарової системи, в якій верхній шар взаємодіє з водою, між верхнім і середнім шаром відбувається дифузія радіонуклідів, а все, що потрапило в нижній шар в результаті осідання, вже ніколи не повертається вверх. Детальніше дані процеси, а також основні рівняння моделі описані в роботах [2, 3].

Основним завданням моделі POSEIDON є розрахунок зміни в часі концентрації радіонуклідів в морських організмах. При цьому використовується підхід [4], що дозволяє описувати накопичення радіонуклідів в різних організмах за допомогою обмеженої кількості

стандартних параметрів. Дана динамічна модель складається з різних ланцюжків живлення для поверхневих і донних організмів (рис. 1).

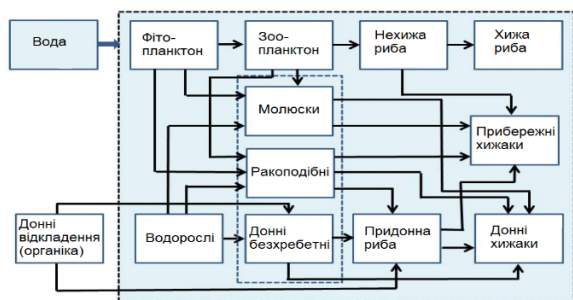


Рис. 1. Схематичне зображення ланцюжків живлення в моделі POSEIDON

Поверхневий ланцюжок живлення включає фітопланктон, зоопланктон, нехижу і хижу рибу. Донний ланцюжок живлення включає водорослі, донні безхребетні організми, придонну рибу і донних хижаків. Донні безхребетні організми харчуються органікою з донних відкладень, забрудненою радіоактивними елементами, які потім мігрують по ланцюжку живлення. Таким чином враховується додаткове джерело забруднення морських організмів. Також в моделі описуються молюски, ракоподібні і прибережні хижаки, які харчуються як поверхневими, так і придонними організмами. Всі описані організми засвоюють радіонукліди не тільки з їжі, але і з води. В моделі враховується залежність інтенсивності засвоєння радіоактивних цезію і стронцію від концентрації конкуруючих іонів калію і кальцію, відповідно. Це означає, що в розпрісненій воді, де низька концентрація іонів калію і кальцію, засвоєння радіоактивних цезію і стронцію буде інтенсивнішим, ніж в океані. Основні параметри моделі, а також її застосування до аварії на АЕС Фукусіма представлені в [5].

В моделі POSEIDON були створені нові системи комірок для Середземного і Балтійського морів. Система для Середземного моря складається з 61 морської комірки, 4 комірок, що описують притік води з основних річок, а також 4 граничних комірок, які описують обмін водою з Атлантичним океаном і Чорним морем. Середземне море є досить глибоким, тому товща води була поділена на 3 вертикальні шари для кращого опису переносу радіонуклідів. Параметри комірок, такі як об'єм і середня глибина, розраховувались на основі розподілу глибин в морі з відкритих даних он-лайн ресурсу Му-

Осеан. Потоки води між комірками були отримані за допомогою усереднення 3-вимірних течій за 10 років (1990 - 1999) з гідродинамічної моделі Mediterranean Forecasting System. Система комірок для Балтійського моря складається з 47 морських комірок та 16 комірок, що описують притік води з річок, які знаходяться в басейні Балтійського моря. Коміркі глибиною понад 60 м були поділені на два вертикальних шари. Обмін водою між комірками базувався на течіях, розрахованих моделлю Шведського гідрометеорологічного інституту SMHI. При цьому 3-вимірні течії усереднювалися за 10 років (1990 - 1999). Річки є важливими для Балтійського моря, оскільки вони забезпечують баланс води у морі, а також притік радіоактивності, що випала на їхній басейн.

30 травня 1998 року на сталеливарному заводі Асегінох, що знаходиться на півдні Іспанії, було випадково розплавлено матеріал, який містив ^{137}Cs . Дана речовина потрапила на завод з партією брухту. За приблизними оцінками її активність складала 100 Ки (3.7 ТБк). Враховуючи метеорологічні умови того часу, значна частина радіоактивності розповсюдилася в атмосфері над Середземним морем і випала на його поверхню. В рамках системи RODOS був розрахований атмосферний перенос та випадіння радіоактивного ^{137}Cs , яке було автоматично використане як джерело забруднення в моделі POSEIDON. На рис. 2 показаний розподіл концентрації ^{137}Cs у воді в червні 1998 року, розрахований моделлю POSEIDON в рамках системи RODOS. Також в системі є можливість побудувати розгортку в часі концентрації радіонукліду в воді, донних відкладеннях і морських організмах у будь-якій комірці. Наприклад, на рис. 3 показаний графік зміни концентрації ^{137}Cs в нехижій рибі в комірці поблизу Марселя, де отримані максимальні значення концентрації.

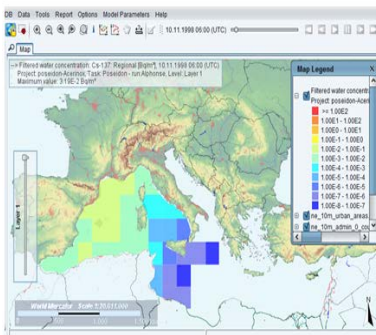


Рис. 2. Розрахована концентрація ^{137}Cs у воді в червні 1998 року.

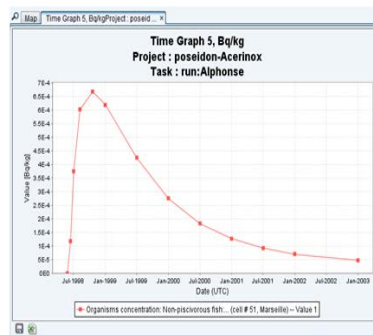


Рис. 3. Графік зміни концентрації ^{137}Cs в нехижій рибі в комірці поблизу Марселя.

Варто відмітити, що ці значення концентрацій на 2-3 порядки нижчі, ніж відповідні фонові значення в Середземному морі, які сформувалися в минулому столітті в результаті глобального атмосферного випадіння після випробувань атомної зброї. Тобто, в дійсності, забруднення Середземного моря в результаті даного інциденту залишилося непоміченим на фоні існуючого забруднення моря.

Дана робота виконувалася в рамках науково-дослідної роботи молодих учених НАН України "Комплекс моделей для системи підтримки прийняття рішень по ліквідації наслідків забруднень в прибережних зонах морів" та за підтримки проекту Фонду фундамендальних досліджень України Ф68/12779 "Перенос радіоактивності між забрудненими донними відкладеннями і морським середовищем після аварій на АЕС Фукусіма і Чорнобильській АЕС".

Література

1. Lepicard, S., Heling, R., Maderich, V. POSEIDON-R/RODOS models for radiological assessment of marine environment after accidental releases: application to coastal areas of the Baltic, Black and North Seas [Text] // Journal of Environmental Radioactivity, 2004. – Vol. 72. – P. 153-161.
2. Maderich, V., Bezhenar, R., Heling, R., de With, G., Jung, K.T. Myoung J.G. Cho Y.-K. Qiao F., Robertson L. Regional long-term model of radioactivity dispersion and fate in the Northwestern Pacific and adjacent seas: application to the Fukushima Dai-ichi accident [Text] // Journal of Environmental Radioactivity, 2014. – Vol. 131. – P. 4-18.
3. Maderich, V., Jung, K.T., Bezhenar, R., de With, G., Qiao, F., Casacuberta, N., Masque, P., Kim, Y.H. Dispersion and fate of ⁹⁰Sr in the Northwestern Pacific and adjacent seas: global fallout and the Fukushima Dai-ichi accident [Text] // Science of the Total Environment, 2014. – Vol. 494-495. – P. 261-271.
4. Heling, R., Koziy, L., Bulgakov, V. On the dynamical uptake model developed for the uptake of radionuclides in marine organisms for the POSEIDON-R model system [Text] // Radioprotection, 2002. – Vol. 37, C1. – P. 833-838.
5. Bezhenar, R., Jung, K.T., Maderich, V., Willemsen, S., de With, G., Qiao, F. Transfer of radiocaesium from contaminated bottom sediments to marine organisms through benthic food chain in post-Fukushima and post-Chernobyl periods [Text] // Biogeosciences, 2016 – Vol. 13. – P. 3021-3034.

NUMERICAL SIMULATION OF TSUNAMI PROPAGATION BY COASTOX-UN MODEL.

M.I.Zheleznyak³, R.I.Demchenko², P.S.Kolomiets², M.V.Sorockin¹,
P.V.Dikiy²

¹*Institute of Mathematical Machines & System Problems*

²*Ukrainian Center of Environmental and Water Projects*

³*Institute of Environmental Radioactivity Fukushima University*

The numerical benchmark laboratory experiment on the 1993 Okushiri tsunami test was carried out using COASTOX –UN, based on 2D non-linear shallow water equations (NSWE) model in the Cartesian coordinates for unstructured grid [1]. The modeling both the March 11, 2011 East Japan tsunami and December 26, 2004 Indian Ocean tsunami were performed by COASTOX-UN for spherical mode mapped to rectilinear distance-based coordinate system (x, y) using equidistant cylindrical projection [1].

In this work non-uniform slip distribution is considered and the static vertical deformation of the seafloor for co-seismic source model is calculated by using an Okada algorithm developed in [2].

1. THE 1993 OKUSHIRI TSUNAMI TEST

The 1993 Okushiri tsunami test [3] is an 1/400 scale laboratory experiment of the Monai runup, using a large-scale tank (205m long, 6m deep, 3.4m 3.4m wide).

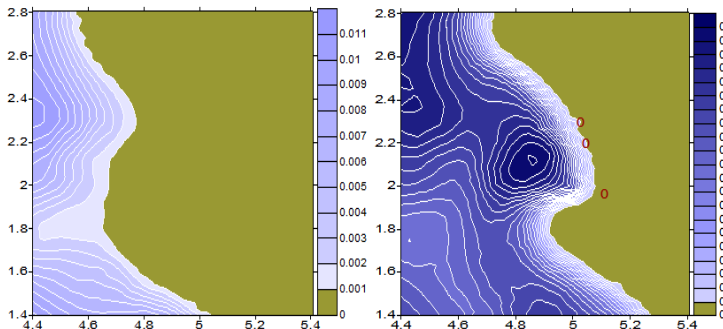


Fig. 1. Inundation simulated by COASTOX-UN at $t = 16.5$ s (right). Left side is initial moment $t = t_0$.

Fig. 1. Inundation simulated by COASTOX-UN at $t = 16.5$ s (right).
Left side is initial moment $t = t_0$.

The COASTOX-UN model inundation results are shown in Fig.1. They are corresponded to the computation time $t = 16.5s$ and are in agreement with experimental data downloaded from [4] (red circles).

2. Tsunami event modeling caused by East Japan earthquake of 2011.

On March 11, 2011 (05:46:24 UTC, 14:46:24 JST), an earthquake (Mw = 9.0) occurred off the Honshu coast on a shallow portion of the subduction zone with a strike parallel to the Japan trench, indicating an interplate earthquake associated with the subduction of the Pacific plate beneath the North American plate [5]. The analysis of the Earthquake Research Committee (ERC) long-term forecast slip distribution indicated that multiple segments ruptured simultaneously.

In the present work the arrangement of sub-faults and slip distribution was selected in accordance to [5]. The source consisted of forty sub-faults of size 50 km x 50 km, and all the sub-faults had a strike angle of 193° , dip angle of 14° , and rake angle of 81° . The slip distribution data and each sub-fault north corner location were presented in [5].

At the initial time the water surface elevation calculated by Okada formulas [2] for maximum slip values is presented by contour lines in Fig.2. The comparison of COASTOX-UN model results (blue solid lines) with measured data (black lines with circles) are reasonably good. The time axis represents elapsed time in minutes since the start time of the earthquake event (Fig.3).

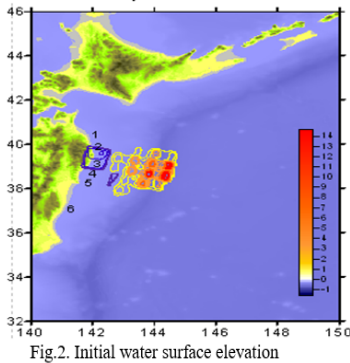


Fig.2. Initial water surface elevation

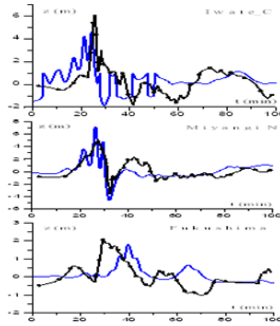


Fig.3. The comparison with off-shore GPS data

The further work assumes the researching water elevations in the coast line vicinity of the considered area.

3. Model simulation of the December 26, 2004 Indian Ocean tsunami

The December 26, 2004 Indian Ocean tsunami large earthquake (Mw = 9.1–9.3) was a global event, with significant wave recorded around the world. The tsunami was generated in the Bay of Bengal by source located

along the Sunda and Andaman trenches, which mark the approximate boundary between the Indian–Australian and Eurasian/Andaman plates.

The tsunami source earthquake and fault parameters estimated by seismological and geological data, according to rupture trench were adopted as in [6] for five segments triggered at time $t_0 = 60, 272, 588, 913,$ and 1273 s correspondently.

The displacement distribution for each segment was computed using the equations of static dislocation Okada's formulas [2].

The numerical results of sea water elevations for satellite traveling from $5^0 S$ to $20^0 N$, during tsunami propagation are shown in Fig.4. Each transection dot in Fig. 4 represents a numerical gauge on large grid calculated by COASTOX-UN simulation and is corresponded to the sea surface with Jason 1's satellite transect at 2h after the start of the event modeling.

The comparison results of model simulation with COASTOX –UN (solid blue line) and NSW version of FUNWAVE [6], Cartezian coordinates, black line with dark circles) is shown in Fig. 4. Green line with white circles corresponds to the results presented in [7] for spherical model.

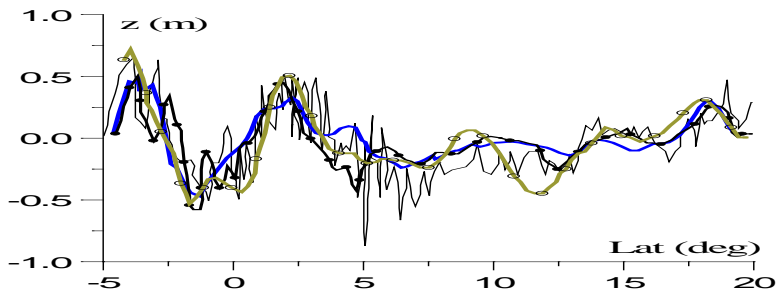


Fig.4. Comparison of elevations with Jason 1 (- - -) satellite altimetry measured data

In the range $5^0 S - 5^0 N$ and north of $7.5^0 N$ the predicted results of these three models and satellite data have an agreement, unlike the area $5 - 7.5^0 N$, where there is a noticeable difference with satellite data.

References

1. Kolomiets, P., Sorockin, M., Kivva, S., Zheleznyak, M. (2014) UCEWP-MOR - A Numerical Simulator for Depth-Averaged Surface Water Flow, Sediment Transport and Morphodynamics in Nearshore Zone [Text]. User guide, 103p.

2. Okada, Y. (1985). Surface deformation due to shear and tensile faults in a halfspace [Text]. Bull. Seismol. Soc. Am **75**:1135–1154.
3. The 3rd international workshop on long-wave runup models (2004). Wrigley Marine Science Center Catalina Island, California. http://isec.nacse.org/workshop/2004_cornell/
4. Proceedings and results of the 2011 NTHMP model benchmarking workshop [Text]. (2012). Texas A&M University at Galveston, NOAA Special Report, 437 p.
5. Fujii, Y., Satake, K., Sakai, S., Shinohara, M., Kanazawa, T. (2011). Tsunami source of the 2011 off the Pacific coast of Tohoku Earthquake [Text]. Earth Planets Space **63**, pp. 815–820.
6. Grilli, S.M., Ioualalen, M., Asavanant, J., Shi, F., Kirby, J. and Watts, P. (2007) Source constraints and model simulation of the December 26, 2004, Indian Ocean tsunami [Text]. J Waterway, Port, Coastal and Ocean Engineering © ASCE November/December: pp. 414-428.
7. Dao, M., Tkalich, P. (2007). Tsunami propagation modeling, a sensitivity study [Text]. Natural Hazards and Earth System Science, Copernicus Publications on behalf of the European Geosciences Union, **7** (6), pp.741-754.

УДК 539.3

МЕТОДИКА РОЗРАХУНКУ НА ЦИКЛІЧНУ МІЦНІСТЬ БАРБОТАЖНОГО БАКА АЕС

П.В. Дикий, О.Г. Куценко, О.М. Харитонов

Міжнародний центр ядерної безпеки КНУ ім.Тараса Шевченка

До 2020 року буде вичерпано проектний термін експлуатації майже усіх енергоблоків АЕС України. Світовий досвід експлуатації АЕС з ВВЕР вказує на наявність можливостей для продовження експлуатації. Для обґрунтування можливостей продовження експлуатації необхідно проводити цілий комплекс досліджень, як розрахункових так і експериментальних, що, взяті разом, складають складний і наукоємний процес оцінювання технічного стану обладнання та визначення його залишкового ресурсу. Важливими етапами цих досліджень є теплогідравлічні розрахунки, розрахунки на статичну і циклічну міцність, сейсмостійкість.

В рамках спільного проекту з чеським інститутом ядерних досліджень в м. Ржеж були проведені розрахунки на циклічну міцність барботажних баків (ББ), встановлених на блоках 1 і 2 РАЕС. ББ входить до складу системи компенсації тиску першого контуру. Основним призначенням ББ є прийом та конденсація парогазової суміші

під час розігріву і створенні тиску в контурі, або при спрацюванні запобіжних клапанів.

Розрахунок напружено-деформованого стану (НДС) елементів конструкції ББ виконаний за допомогою методу скінченних елементів (МСЕ) на основі скінченно-елементної моделі, побудованої засобами коду ABAQUS [5]. Для виконання розрахунків були розроблені три моделі СЕ: основна модель, підмодель фланцевого з'єднання (рис.1) і модель шпилькового з'єднання. Остання модель використана для визначення жорсткості шпильок. Шпильки моделювалися за допомогою еквівалентних по жорсткості (з урахуванням контактної взаємодії в області різьблення між гайкою і фланцем) пружних елементів. Ці елементи дозволили також врахувати початковий натяг шпильок.

При моделюванні використовувались квадратичні призматичні та гексагональні елементи. Кількість вузлів СЕ сітки основної моделі становить 306тис., підмоделі люка-лаза – 121тис.

Для розрахунку на циклічну міцність була побудована послідовність експлуатаційних режимів [4] за минулі 30 років і на наступні 30. Для кожного режиму був розрахований НДС з урахуванням зміни тиску і температури, отриманих на підставі аналізу технічної документації і теплогідрравлічних розрахунків [3]. Розрахунок кожного режиму проводився в два етапи: перший – це розрахунок температури в корпусі ББ, другий – розрахунок НДС (напружень і переміщень). Результати розрахунку приведених напружень Треска для одного з аварійних сценарію показаний на рисунку 2.

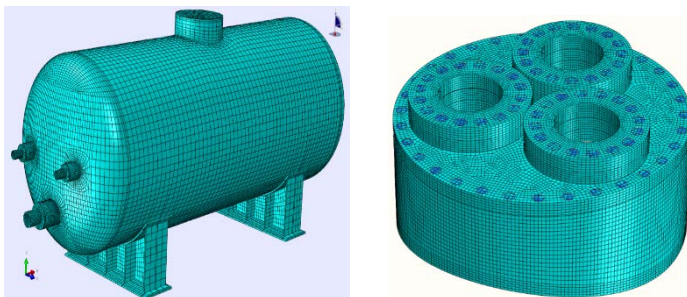


Рис1. Основна скінченно-елементна модель барботажного бака та підмодель люка-лаза.

Результати розрахунків НДС для точок перерізів у вибраних найбільш навантажених зонах далі були використані для визначення

втомної пошкодженості. Відповідно до послідовності режимів, були побудовані послідовності головних напружень. Для найбільшого головного напруження були зафіксовані осі головної площадки, а для решти напружень було проведено перенумерацію індексів, відповідно до зафіксованих осей. Таким чином було отримано нові послідовності напружень, для яких уже, відповідно до методу «дошу», виділялись цикли навантажень. Для кожного циклу, відповідно до формул із норм [1], було розраховане допустиме число навантажень і пошкоджуваність. Шукана втомлива пошкодженість визначалась як сума пошкодженостей від кожного циклу. Найбільше значення для втомної пошкодженості - 0.232 було отримане для точки, розташованої в місці приварки парового колектора до патрубку. Це значення є значно меншим від 1, що дає підставу для прийняття позитивного рішення щодо продовження терміну експлуатації барботажного бака без модернізації.

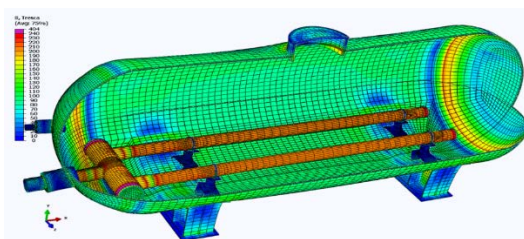


Рис. 2. Розподіл напружень Треска корпусу і елементів ББ при аварійному режимі «Знеструмлення трьох ГЦН із шести, п'яти, чотирьох або трьох працюючих ГЦН».

Література

1. ПНАЭ Г-7-002-86. Нормы расчета на прочность оборудования и трубопроводов атомных энергетических установок [Текст]. - 1989.
2. НП 306.2.141-2008. Общие положения обеспечения безопасности атомных станций [Текст]. Государственный комитет ядерного регулирования Украины, Киев. - 2008.
3. Выполнение теплогидравлических расчетов для энергоблока № 1 ОП РАЭС [Текст] // Отчет ÚJV Řež, a. s. по договору №14SMP371 от 14.10.2014 г., этап 1.3.2 (часть 2). DITI 2301/579/REV 1. - 2016.
4. Выбор режимов для выполнения теплогидравлических расчетов [Текст] // Отчет ÚJV Řež, a. s. по договору №14SMP371 от 14.10.2014 г., этап 1.3.1 (часть 1). DITI 2301/560/REV [0]. - 2015.
5. Яхно, Б.О. АВАQUS у задачах механіки [Текст]. – Київ.: НТУУ «КПІ», 2011. – 128 с.

ПРОСТРАНСТВЕННО-ВРЕМЕННЫЕ МОДЕЛИ ГЕОДАНЫХ И ИХ ИСПОЛЬЗОВАНИЕ В СФЕРЕ ЛЕСНОГО ХОЗЯЙСТВА

В. А. Литвинов, С. Я. Майстренко, К. В. Хурцилава

Институт проблем математических машин и систем, Украина

Анализ мирового опыта в области создания и внедрения информационных технологий функционирования ситуационных центров органов государственной власти показывает, что географические (пространственные) данные составляют более половины всей информации, используемой для поддержки принятия решений. В последнее время происходит активное развитие пространственно-временных геоинформационных систем (ПВ ГИС), оперирующих пространственными геоданными и их изменениями во времени. Концептуальной основой представления и обработки пространственно-временных геоданных являются пространственно-временные модели (ПВ-модели).

В аналитический обзор основных известных ПВ-моделей (см. напр ([1], с. 91-103), [2], [3]) включены следующие их виды.

1) Модель снимка (*The Snapshot Model*). является одной из наиболее простых пространственно временных моделей данных. Временная информация включена в эту модель данных посредством введения временных слоев, представляющих собой совокупность однотипных пространственных объектов в различные моменты времени.

2) Модель данных, основанная на простой фиксации времени (*Data Models based on Simple Time-Stamping*). В этой модели для каждого объекта фиксируется время создания и удаления. Изменение объекта во времени описывается как текущая версия с набором ссылок на предыдущее состояние и будущее (по расписанию).

3) Событийно-ориентированная модель (*Event-Oriented Models*). В данной модели все изменения регистрируются в журнале транзакций данных, в котором хранится вся необходимая информация для пространственно-временной системы. В базе данных сохраняется текущее состояние, а для отслеживания истории изменений используется «перемотка» журнала транзакций в обратном направлении.

4) Трехдоменная модель (*The Three-Domain Model*). В данной модели семантика, пространство и время представлены тремя отдельными доменами, имеющими связи для описания географических процессов и явлений. В семантической области хранятся однозначно идентифицируемые объекты, которые соответствуют человеческим

представлениям независимо от их пространственной и временной характеристики. Отдельно определены пространственный и временной домены для пространственно-временных данных.

5) ПВ-модель «сущность-связь» (*The Spatio-Temporal Entity-Relationship (STER) Model*).

Данная модель является одной из первых, самых известных концептуальных моделей баз данных, в которую впоследствии была включена пространственно-временная информация. Модель может оперировать со сложными наборами геосущностей со взаимосвязанными пространственными и временными семантиками, такими как описание атрибутов и отношения между множествами сущностей.

6) Модель объект-отношения (*Object-Relationship (O-R) Model*).

В модели объект-отношения описываются процессы, которые действуют на геометрические атрибуты объекта, а также их изменения в пространстве и времени. Это способствует более реалистичному описанию изменений процессов реального мира в пространстве и времени.

7) Пространственно-временная объектно-ориентированная модель данных (*Spatio-Temporal Object-Oriented (O-O) Data Models*).

Эта модель объединяет понятие пространство-время с идеей применения объектно-ориентированного подхода к проектированию модели данных. Здесь пространственно-временной объект выделяется в независимый блок, который инкапсулирует характеристики объекта, пространства, атрибут-характеристики, связанные с изменением объекта, а также его связь с другими объектами.

8) Модели данных движущихся объектов (*Moving Object Data Models*).

В модели данных движущихся объектов пространственно-временные данные рассматриваются как совокупность движущихся объектов: точек и полигонов. Время здесь рассматривается как неотъемлемая часть пространственного объекта, изменяющегося как в пространстве, так и в движении.

Анализ общих свойств рассмотренных моделей позволяет сделать следующие выводы.

1. В зависимости от типов изменяющихся свойств объектов (морфологических, топологических, атрибутивных) возможны различные сценарии поведения пространственно-временных данных и различные критерии эффективности моделей описания этих сценариев. Ни одна из рассмотренных моделей не может рассматриваться как универсальная, приемлемо эффективная для всех сочетаний типов изменений и критериев. Пока отсутствуют достаточные основания

и для выделения из всех рассмотренных моделей некоторого ограниченного подмножества, достаточно эффективного для большинства возможных типовых приложений, - в частности, в сфере государственного управления. Поэтому необходимы исследования эффективной применимости существующих ПВ-моделей и путей их совершенствования, - в направлении систематизации пространственно-временных свойств геоданных в различных приложениях и обоснования требований к критериям оценки эффективности моделей.

В частности, для решения задач плано-картографического сопровождения лесоустройства Украины ПО «Укргослеспроект» (специализированная система «ГИС-Леспроект» [4], [5]) приемлемо использование простой «Модели снимка». Такое решение обосновывают следующие свойства рассматриваемой ГИС:

- легкость использования уже накопленных данных;
- легкость реализации в распространенных ГИС;
- ориентация вышеуказанной системы на тематическую картографию.
- отсутствие необходимости в проведении анализа изменений во времени атрибутов, топологии и геометрии объектов;

2. Качество информационных ресурсов ГИС и, соответственно, решений принимаемых с их использованием, в значительной степени зависит от наличия или отсутствия ошибок в пространственных и/или атрибутивных компонентах геоданных.

В отличие от синтаксических топологических ошибок, разложенных по классификационным "полочкам" [6] и сравнительно легко диагностируемых, семантические ошибки явным образом не видны, и их обнаружение и исправление связано со значительно большей трудоемкостью, - в частности, и "ручной".

Кардинальным способом обнаружения и исправления неточностей является ручная сводка между собой границ топологических объектов с выполнением геодезических работ (дополнительный геодезический контроль). Учитывая нечеткую природу объектов лесного хозяйства,

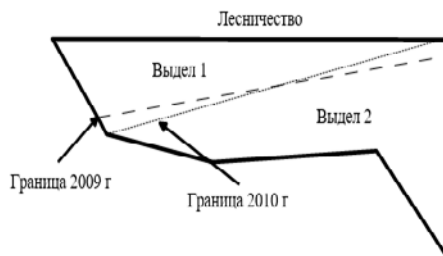


Рис. Пример "подозрительного изменения" в 2009 - 2010 гг

а также возможность необоснованно значительных затрат, естественно такую сводку производить в первую очередь для сомнительных топологических объектов. Для обнаружения таких объектов представляется полезным ретроспективный анализ пространственно-временных зависимостей между границами объектов, установленных в разные моменты времени. Пример того, как ретроспективный анализ в топологии лесных объектов может создать сомнение в их корректности, показан на рисунке.

Литература

1. Geographical Information Systems: Principles, Techniques, Applications and Management [Электронный ресурс] / P. A. Longley, M. F. Goodchild, D. J. Maguire, D. J. Rhind. // 2nd Edition Published by Wiley. – 1999. – Режим доступа до ресурсу: http://www.geos.ed.ac.uk/~gis-teac/gis_book_abridged/
2. Ott T. Time-Integrative Geographic Information Systems: Management and Analysis of Spatio- Temporal Data [Text] / T. Ott, F. Swiaczny. – Berlin; Heidelberg; New York; Barcelona; Hong Kong; Springer, 2001. – 234 с.
3. Koubarakis, M. Spatio-Temporal Databases The CHOROCHRONOS Approach [Text] / M. Koubarakis, T. Sellis, A. U. Frank. – Berlin; Heidelberg; New York; Hong Kong; London; Milan; Paris; Tokyo: Springer, 2003. – 352 с.
4. Майстренко, С.Я. Пространственно-временные геоданные, их представление и обработка в задачах планово-картографического сопровождения лесоустройства [Текст] // Математичні машини і системи. - 2015. - №2. - С.85–96.
5. Хурцилава, К. В. К вопросу о пространственно-временных ГИС и некоторых их применениях [Текст] / Хурцилава К. В., Білецький Б.О., Беспалов В.П.// Системи підтримки прийняття рішень. Теорія і практика. 2013, – Київ: ППМС НАНУ. – 2013. - С. 52-55.
6. Geodatabase topology rules and topology error fixes [Электронный ресурс] – Режим доступа до ресурсу: <http://desktop.arcgis.com/en/arcmap/latest/manage-data/editing-topology/geodatabase-topology-rules-and-topology-error-fixes.htm>.

**ВПРОВАДЖЕННЯ СИСТЕМИ ЯДЕРНОГО АВАРІЙНОГО
РЕАГУВАННЯ JRODOS В УКРАЇНІ ТА ЇЇ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ
ДАНИМИ ОПЕРАТИВНОГО МЕТЕОРОЛОГІЧНОГО
ПРОГНОЗУВАННЯ**

С.М. Ануліч, Є.О. Євдін, І.В. Ковалець, О.В. Халченко
Інститут проблем математичних машин і систем, Україна
Д.Ю. Соловей, М.Й. Железняк
Український центр екологічних та водних проєктів

У системах підтримки прийняття рішень на аварійні ситуації, що виникають на атомних станціях, вирішальне значення набуває швидкість та обмін інформацією, щодо самої аварії та контр заходів які потрібно провести. У зв'язку з цим було виконано покращення Національної системи ядерної безпеки шляхом постачання, інсталяції та адаптації до умов українських АЕС системи JRODOS [1]. До того ж була розроблена і реалізована схема обміну даними між всіма кризовими центрами і атомними станціями.

Сама система JRODOS включає в себе:

1. Рівень 0: огляд і перевірка радіологічних даних разом з географічною й демографічною інформацією й подання їхнім особам, які приймають рішення.

2. Рівень 1: аналіз і прогнозування поточної й майбутньої радіологічної ситуації, що базується на інформації про джерело викиду, даних моніторингу (радіологічного, метеорологічного) і даного розрахунків моделей.

3. Рівень 2: моделювання потенційних контрзаходів (наприклад, укриття, евакуація, поширення йодних таблеток, переселення, дезактивація, заборона на окремі продукти харчування) для визначення їхньої ефективності, переваг і недоліків.

4. Рівень 3: оцінка й ранжирування альтернативних стратегій контрзаходів за рахунок балансування їхніх переваг і недоліків (наприклад, витрати, відвернена доза, зниження стресів), беручи до уваги вимоги осіб, які приймають рішення.

У кожному кризовому центрі (НАЕК Енергоатом та ДІАР України) на кожній АЕС була встановлена система JRODOS (рис. 1).

Крім того, на базі Українського Гідрометцентру був створений Центр прогнозування наслідків радіаційних аварій (ЦПНРА), в якому також встановлена система JRODOS. ЦПНРА також відповідає і за постачання даних метеорологічних прогнозів локалізованих для умов українських АЕС. Локалізовані метеорологічні прогнози

розраховуються у 100 км зоні навколо кожної із українських АЕС за допомогою прогностичної системи WRF-Україна, яка здійснює прогнозування на підставі автоматизації розрахунків мезомашнабної моделі WRF [2], та вільно розповсюджуваних даних глобального прогнозу погоди [3].

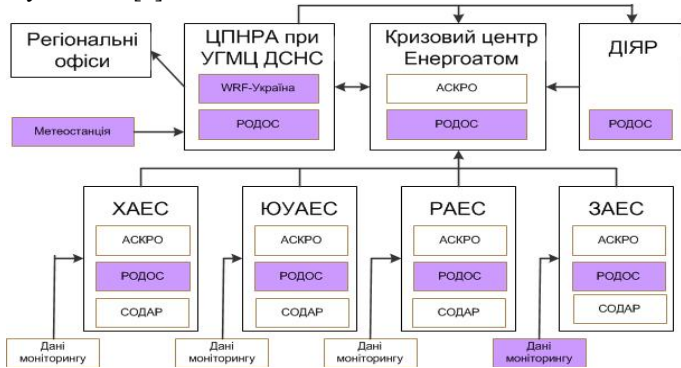


Рис 1. Схема взаємодії всіх учасників системи ядерного реагування JRODOS в Україні

Були проведені дослідження щодо налаштування WRF для умов кожної з АЕС (наприклад, [4]) та показано, що здійснення локалізованого гідрометеорологічного прогнозу дозволяє спрогнозувати локальні гідрометеорологічні явища, такі як адаптація повітряного потоку до неоднорідностей місцевості, бризові циркуляції, тощо (рис. 2). Прогностична гідрометеорологічна інформація автоматично оновлюється та відправляється до усіх клієнтів системи JRODOS, тобто до усіх кризових центрів і на АЕС.

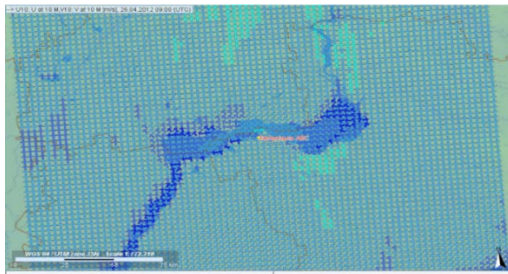


Рис. 2. Бризова циркуляція при слабкому висотному вітрі навколо Каховського водосховища розрахована WRF-Україна для умов ЗАЕС (квітень, 2012 р.).

АЕС відправляють дані радіологічного моніторингу, дані автоматичних метеорологічних станцій та дані СОДАР (акустичний прилад, який вимірює швидкість вітру на різних висотах та термодинамічну структуру нижніх шарів атмосфери) до кризового центру в Енергоатом, а потім ці дані потрапляють до кризового центру у Гідрометцентрі та у бази даних систем JRODOS. Гідрометцентр також володіє даними метеорологічних станцій, як автоматичних, так і не автоматичних. У даний час здійснюється робота щодо інтеграції цих даних у БД JRODOS. Дані метеорологічних станцій та СОДАРів, наявні у БД JRODOS, можуть бути використані при проведенні розрахунків системою JRODOS на робочих місцях, як у діагностичному режимі, так і у режимі асиміляції даних [5]. Усі учасники мають можливість обмінюватися результатами розрахунків окремих сценаріїв розвитку ситуації при аваріях.

На даний час система JRODOS була неодноразово використана, зокрема, під час тренувань з ядерної радіаційної безпеки, проведених на ХАЕС, у період пожеж у Чорнобильській зоні відчуження у квітні-травні 2015 р. [6], під час радіаційних інцидентів за межами України (наприклад, після ядерних іспитів у КНДР [7]), у період пожежі на нафтобазі у Василькові [8] тощо. Досвід використання цієї системи підтвердив її величезну перспективність щодо покращення реагування на радіаційні та інші важкі техногенні екологічні аварії в Україні.

Література

1. RODOS re-engineering: aims and implementation details [Text] / Y. Ievdin, D. Trybushny, M. Zheleznyak [et al.] // Radioprotection. – 2010. – Vol. 45, N 5. – P. 181–190.
2. Rutledge, G. NOMADS – a climate and weather model archive at the National Oceanic and Atmospheric Administration [Text] / G. Rutledge, J. Alpert, W. Ebusizaki // Bulletin of the American Meteorological Society. – 2006. – Vol. 87. – P. 327–341.
3. A description of the advanced research WRF version 3. [Електронний ресурс] / W.C. Skamarock, J.B. Klemp, J. Dudhia [et al.] // NCAR Technical Note NCAR/TN-475+STR. – USA, Boulder: National Center for Atmospheric Research, 2008. – 125 p. – Режим доступу: <http://wrf-model.org/>
4. Халченков, А.В., Ковалец, И.В., Романенко, А.Н. Адаптация метеорологической модели WRF для прогнозирования полей ветра вокруг Ривненской АЭС [Текст] // Математичні машини та системи. – 2015. - №1. – С. 130-137.

5. Andronopoulos, S., Ievdin, I., Kovalets, I., Anulich, S., 2015. New functionalities developed in the NERIS-TP project regarding meteorological data used by Decision Support Systems // Radioprotection [accepted].
6. Ковалец, И.В. Романенко, А.Н., Анулич, С.Н., Евдин, Е.А. Прогноз радиационной обстановки во время пожара в Чернобыльской зоне отчуждения с использованием системы JRODOS [Текст] // 36. Пр. 10-ї дистанційної науково-практичної конф. з міжнар. участю “Системи підтримки прийняття рішень – СППР 2015”, (Київ, 08 червня 2015 р.). – Київ: ІПММС НАН України. – С.62-65.
7. Використання системи JRODOS під час ядерних іспитів у КНДР [ел. ресурс]. – Режим доступу: <https://www.facebook.com/photo.php?fbid=575895515898936&set=a.484689331686222.1073741827.100004354778384&type=3&theater>
8. Використання системи JRODOS під час пожежі на нафтобазі у Василькові [ел. ресурс]. – Режим доступу: <https://www.facebook.com/photo.php?fbid=500258883462600&set=a.484689331686222.1073741827.100004354778384&type=1>

UDC 532.517

VERIFICATION OF MODEL OF RADIOCARBON ATMOSPHERIC TRANSPORT IN TERRESTRIAL ECOSYSTEMS

*I.V. Kovalets, **R. Avila

**Ukrainian Center of Environmental & Water Projects, Ukraine*

***Facilia AB, Sweden*

The task of accurate estimation of consequences of radioactive carbon (^{14}C) releases from nuclear facilities requires modeling of CO_2 transport in plant canopies, since a large fraction of ^{14}C is released and transported in the form of $^{14}\text{CO}_2$ and can be taken up by plants via photosynthesis. One-dimensional models of radiocarbon transport in the environment are simplified, but very useful tool for solving such task. Their simplicity makes it possible to use them for assessments of long term contamination following releases of ^{14}C into environment. In the present work the model of radiocarbon transport in vegetated canopies was tested against measurement data (wind velocities and concentrations of CO_2) collected at the Norunda research station in Sweden [1,2] and at SMEAR II research station in Finland [3,4], which are located inside a mixed pine-spruce forest.

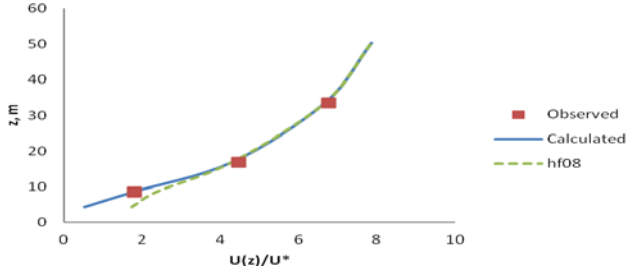


Fig. 1. Comparison of averaged observed and calculated (with HF08 and with taking into account non-uniform vertical distribution of leaf area, empirical parameterization) vertical profiles of nondimensional wind speed (normalized on friction velocity) for the conditions of SMEAR II research station, day-time, neutral stratification (May-October, 2004).

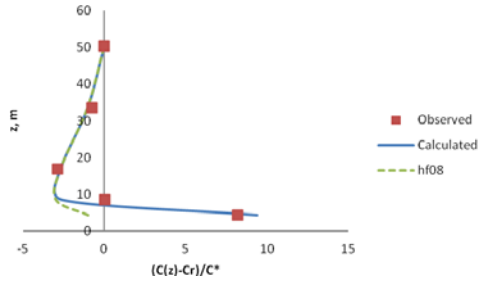


Fig. 2. Comparison of averaged observed and calculated (with HF08 and with taking into account non-uniform vertical distribution of leaf area, empirical parameterization) vertical profiles of nondimensional concentration for the conditions of SMEAR II research station, day-time, neutral stratification (May-October, 2004). Here C_r - is reference concentration at upper boundary; $C_* = F_c / U_*$, U_* is friction velocity, F_c is observed concentration flux above canopy height (14 m).

We present the results of simulation of CO₂ concentrations inside and above forest canopy with the one-dimensional model in which the profiles of turbulent diffusion coefficient above the canopy take into account the influence of roughness sub-layer on turbulent mixing according to theory of Harman and Finnigan [5] (hereafter refereed as HF08). Three modelling approaches are used to define turbulent exchange coefficients for momentum and concentration inside canopy: 1) HF08 theory; 2) modified HF08 theory - numerical solution of momentum equation with

non-constant distribution of frontal leaf area per unit volume $a(z)$ and with mixing length defined from HF08 theory using the average value of a ; 3) empirical parameterization of turbulent diffusion coefficient using the empirical data concerning the vertical profiles of Lagrangian time scale and root mean square deviation of vertical velocity. HF08 model depends on less number of parameters and requires less tuning.

However, as it is shown in this work (Fig. 1, 2) velocity and concentration profiles were successfully reproduced in simulations only when non-uniform vertical distribution of leaf area inside canopy $a(z)$ was taken into account. The proposed parameterization that takes into account non-uniform distribution of $a(z)$ yields identical results with HF08 theory above canopy, however within canopy the results are significantly different. Flexibility of empirical model allowed obtaining the best results of simulations of CO₂ concentrations and wind velocities inside canopy as compared to observations.

Acknowledgements

The present work had been funded by the Swedish Nuclear Fuel and Waste Management Company (SKB) and by the Finnish Expert Organization in Radioactive Waste Management (Posiva OY). The measurement data of Norunda station were downloaded from the NECC database (<http://dbnecc.nateko.lu.se>), the data of SMEAR-II measurement station were downloaded using SmartSMEAR online tool (<http://avaa.tdata.fi/web/smart/smeaer>) and we gratefully acknowledge data providers.

References

1. Lindroth, A., Grelle, A., Moren, A.S. (1998) Long-term measurements of boreal forest carbon balance reveal large temperature sensitivity [Text]. *Global Change Biology* 4: 443-450.
2. Mölder, M., Grelle, A., Lindroth, A., Halldin, S. (1999) Flux-profile relationships over a boreal forest- roughness sublayer corrections [Text]. *Agricultural and Forest Meteorology* 98-99: 645-658.
3. Markkanen, T., Rannik, U., Keronen, P., Suni, T., Vesala, T. (2001) Eddy covariance fluxes over a boreal Scots pine forest [Text]. *Boreal Environment Research*, 6: 65-78.
4. Junninen H., Lauri A., Keronen P., Aalto P., Hiltunen V., Hari P., Kuulma M. (2009) Smart-SMEAR: on-line data exploration and visualization tool for SMEAR stations [Text]. *Boreal Environment Research*, 14: 447-457.
5. Harman, I.N. and Finnigan, J.J. (2008) Scalar concentration profiles in the canopy and roughness sublayer [Text]. *Boundary Layer Meteorol* 129: 323-351.

БАГАТОФАЗНА ЛАГРАНЖЕВА МОДЕЛЬ ДИСПЕРСІЇ РАДІОНУКЛІДІВ У ВОДНОМУ СЕРЕДОВИЩІ

Бровченко І.О., Мадерич В.М.

*Інститут Проблем Математичних Машин і Систем НАНУ,
Україна*

Головним джерелом антропогенних радіонуклідів у водоймах та намулах є атмосферне випадіння внаслідок випробувань ядерної зброї, які почалися в 40-х роках минулого сторіччя. Найбільший локальний вплив на навколишнє середовище можуть мати техногенні аварії, найвідомішими та наймасштабнішими з яких є аварії на Чорнобильській та Фукусімській АЕС. У водне середовище радіонукліди потрапляють із забрудненою водою або через випадіння з атмосфери. Потрапивши у воду, радіонуклід може перебувати у двох станах: розчинений у воді або адсорбований на частинках завислих та донних намулів. Радіонукліди переносяться морськими течіями та турбулентною дифузією, розчинені радіонукліди можуть адсорбуватися на пісчинках намулів, а адсорбовані можуть розчинитися у воді в залежності від концентрації намулів та властивостей намулів та радіонуклідів. Розчинені у придонному шарі води радіонукліди забруднюють порову воду, після чого процеси адсорбції та десорбції відбуваються в донних намулах. Схема розповсюдження радіонуклідів представлена на рис. 1.

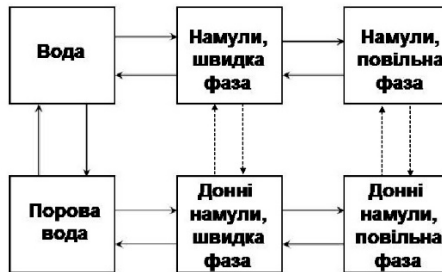


Рис. 1. Схема розповсюдження радіонуклідів

В процесі адсорбції радіонуклід потрапляє на поверхню частинки намулу, що називається швидкою реверсивною фазою. Після цього він може повернутися в розчинений стан, залишитися у адсорбованому на поверхні намулу стані або перейти до ядра частинки намулу, що називається повільною реверсивною фазою. Разом із частинками намулів радіонукліди можуть осідати на дно та підніматися з повер-

хні дна. На рис. 1 процеси змучування та осідання показані штрихованими лініями, а фазові перетворення суцільними лініями. Потрапивши на дно, радіонуклід, розчинений у поровій воді розповсюджується вглиб шару ґрунту завдяки молекулярній дифузії, а адсорбовані радіонукліди поширюються внаслідок біотурбації – перемішуванню донними організмами. В будь-якому фазовому стані радіонукліду відбувається процес розпаду, за рахунок чого поступово зменшується загальна кількість радіонуклідів.

Була розроблена нова чисельна лагранжева модель, що дозволяє розраховувати розповсюдження радіонуклідів у воді та в ґрунті за допомогою ансамблю частинок. Процеси адсорбції-десорбції моделюються у термінах коефіцієнту розподілу K_d та швидкості десорбції a_{ds} . Так як швидкість адсорбції пропорційна площі поверхні частинки, то адсорбція при багатofракційних намулах враховується за допомогою змінного коефіцієнту розподілу, що залежить від розміру частинки намулу. При моделюванні частинками виокремлюються два механізми, які потребують різних підходів: перенос течіями і дифузією та фазові трансформації частинок.

Перенос частинок при припущенні безінерційності руху частинок зводиться до інтегрування траєкторії руху частинки. Процес молекулярної, турбулентної дифузії або біотурбації моделюється методом випадкових блукань [1,2,3], що оснований на розв'язку стохастичного рівняння Іто [4]. Був розроблений чисельний алгоритм, що дозволяє отримати розв'язок рівняння Іто, що є еквівалентним розв'язку рівняння дифузії при змінних в просторі коефіцієнту дифузії та швидкості. Під еквівалентністю мається на увазі рівність математичного сподівання та дисперсії розв'язків, що отримуються стохастичним методом та інтегруванням рівняння дифузії із змінним коефіцієнтом дифузії.

Фазові перетворення частинок можна розглядати як дискретні ланцюжки Маркова. В кожний момент часу частинка перебуває в одному зі своїх можливих станів, і може змінити свій стан незалежно від того, що відбувалося з частинками в попередні моменти часу. В такому випадку ймовірності перебування у всіх фазових станах можна описати рівнянням Колмогорова, що є системою лінійних однорідних звичайних диференціальних рівнянь першого порядку [5]. Тоді пошук ймовірності фазових переходів частинки на кожному часовому кроці моделі зводиться до розв'язку рівняння Колмогорова з відповідними початковими умовами. Було отримано ряд аналітичних розв'язків для процесів адсорбції-десорбції та розпаду при багатofракційних намулах. Побудовано чисельний алгоритм знаходження

ймовірностей фазових переходів в загальному випадку. Після знаходження ймовірності переходу сам процес зміни стану частинки моделюється шляхом генерації рівномірно розподілених випадкових чисел та порівнянню їх з розрахованими ймовірностями. Таким чином досягається перехід частинок в інші фазові стани із заданими ймовірностями. Метод, заснований на розв'язку рівняння Колмогорова дозволив коректно поставити граничні умови на границі між водою та дном при використанні лагранжевого методу. Дифузійний обмін між водою та поровою водою, а також осідання частинок за рахунок осідання частинок намулів моделюється за допомогою розрахунку ймовірностей відповідних фазових переходів.

Робота моделі була перевірена на аналітичному розв'язку, що можна отримати для ідеалізованого випадку адсорбції-десорбції. Модель порівнювалась з результатами розрахунків моделі в ейлеровій постановці на прикладі течії в каналі із заглибленням із стаціонарним розподілом завислих намулів, було показано еквівалентність лагранжевого та ейлерового методів розв'язку задачі переносу неконсервативних багатофазних домішок. Було проведено моделювання лабораторного експерименту [6], що показало здатність моделі описувати міграцію радіонуклідів в шарах ґрунту завдяки молекулярній дифузії у поровій воді. Було проведено моделювання розповсюдження ^{137}Cs внаслідок аварії на АЕС Фукусіма. На рис. 1(а,б) показано результати моделювання поля поверхневої концентрації ^{137}Cs , що отримано за допомогою лагранжевої та ейлерової моделей. Використання ейлерової моделі призвело до великої чисельної дифузії, що стало причиною розмивання плями, а використання лагранжевої моделі показало, що для подібних задач важко відтворити область низьких концентрацій забруднення із-за недостатньої кількості частинок. Для суттєвого збільшення кількості частинок необхідно використання паралельних методів.

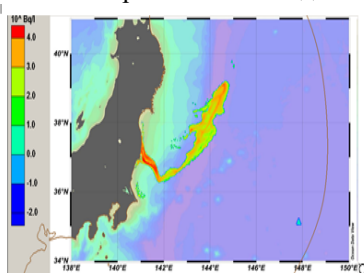


Рис.1а. Поверхнева концентрація ^{137}Cs , розрахована на 20 квітня 2011 лагранжевою моделлю

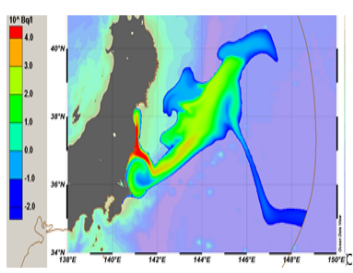


Рис.1б. Поверхнева концентрація ^{137}Cs , розрахована на 20 квітня 2011 ейлеровою моделлю

Дана робота виконувалася за підтримки проекту Фонду фундаментальних досліджень України Ф68/12779 „Перенос радіоактивності між забрудненими донними відкладеннями і морським середовищем після аварій на АЕС Фукусіма і Чорнобильській АЕС”.

Література

1. Hunter, J.R., Craig, P.D., Phillips, H.E. On the use of random walk models with spatially variable diffusivity [Text] // J. Comput. Phys. 1993, p. 366-376.
2. Visser, A.W. Using random walk models to simulate the vertical distribution of particles in a turbulent water column [Text] // Mar. Ecol. Prog. Ser. 1997, 158, p. 275-281.
3. Filip J.R. Meysman, Volodymyr S. Malyuga, Bernard P. Boudreau, Jack J. Middelburg A generalized stochastic approach to particle dispersal in soils and sediments [Text] // Geochimica et Cosmochimica Acta, 2008, Volume 72, Issue 14, p. 3460-3478.
4. Spivakovskaya, D., Heemink, A. W., Deleersnijder, E. The backward Ito method for the Lagrangian simulation of transport processes with large space variations of the diffusivity [Text] // Ocean Sci., 2007, 3, p. 525-535.
5. Вентцель, А. Д. Курс теории случайных процессов [Текст]. — М.: Наука, 1996. — 400 с.
6. Smith, J.T., Comans, R.N.J., Ireland, D.G., Nolan, L., Hilton, J. Experimental and in situ study of radionuclide transfer across the sediment-water interface and mobility in lake sediments [Text] // Applied Geochemistry. 2000, 15. - P. 833-848.

УДК 532.5

МОДЕЛЮВАННЯ БАЛАНСУ ПРІСНИХ ВОД ЧОРНОГО МОРЯ ЗА СЦЕНАРІЄМ КЛІМАТИЧНИХ ЗМІН У XXI СТОРІЧЧІ

Терлецька К.В., Ковалець І.В., Мадерич В.С., Бровченко І.О.
*Інститут Проблем Математичних Машин і Систем НАНУ,
Україна*

Зміни клімату істотно впливають на морські басейни і, особливо на прибережні області, приводячи до зміни рівня моря, температури і солоності води і режиму хвилювання. Зміни в кліматичних параметрах океану відбуваються нерівномірно в просторі і часі. Ці зміни в напівзамкнених морях, таких як Чорне і Середземне моря можуть помітно відрізнитися від змін в Атлантичному океані, що істотно ускладнює оцінки майбутнього стану океану.

Основним фактором, що впливає на зміни рівня в Чорному морі є баланс прісної води, який складається з опадів, випаровування та річкового стоку в водозбірному басейні моря (Рис. 1). В роботі виконано оцінку можливих змін річкового стоку вод у Чорне море в XXI столітті на основі результатів оцінки кліматичних змін в рамках сценаріїв RCP 4.5 та RCP 8.5 (Representative Concentration Pathways), які відповідають значенням радіаційного впливу у 2100 році у порівнянні з доіндустріальними значеннями (+4,5 або +8,5 В/м²). Були використані результати моделювання опадів та випаровування регіональною кліматичною моделлю моделі CNRM-ALADIN v5.2 [1] із кроком 12 км (MED-11) для періоду 1951-2100 рр. Річковий стік у Чорне море розраховувався за допомогою моделі нейронних мереж (MATLAB 6.5) яка використовувала дані різниці опадів-випаровування та середньої температури у водозбірному басейні в якості предикторів. Параметри моделі були отримані на її навчання в період 1951-1994 з використанням місячних рядів річкового стоку у Чорне море з бази даних Українського Гідрометеорологічного Інституту (УГМІ). Порівняння річкового стоку у Чорне море в контрольний період 1994-2005 рр., розрахованих моделлю нейромереж з даними УГМІ та розрахунками розподіленою моделлю Нуре [2] продемонструвало добре співпадіння середніх значень та трендів стоку на незалежній вибірці.

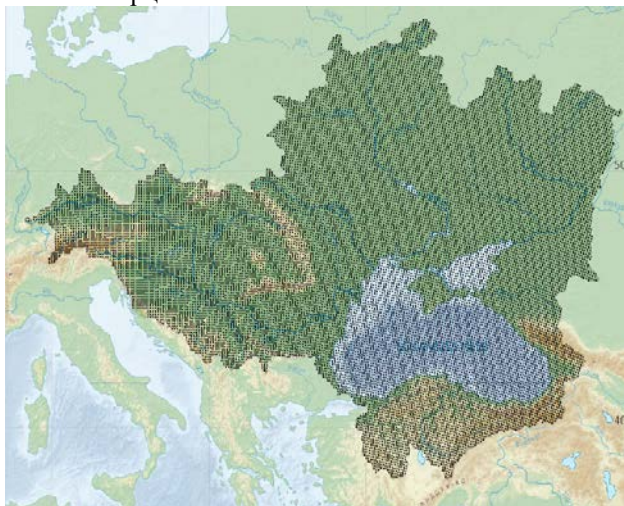


Рис. 1. Водозбірний басейн Чорного моря.

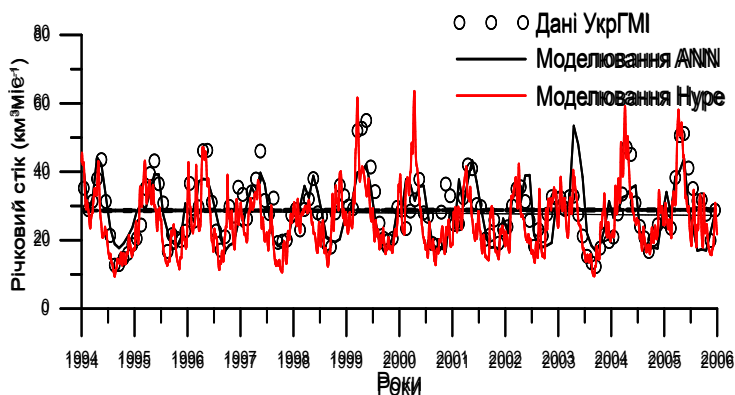


Рис. 2 Порівняння річкового стоку у Чорне море в період 1994-2005 рр., розрахованих моделлю нейромереж з даними УГМІ та розрахунками розподіленою моделлю Нуре [2].

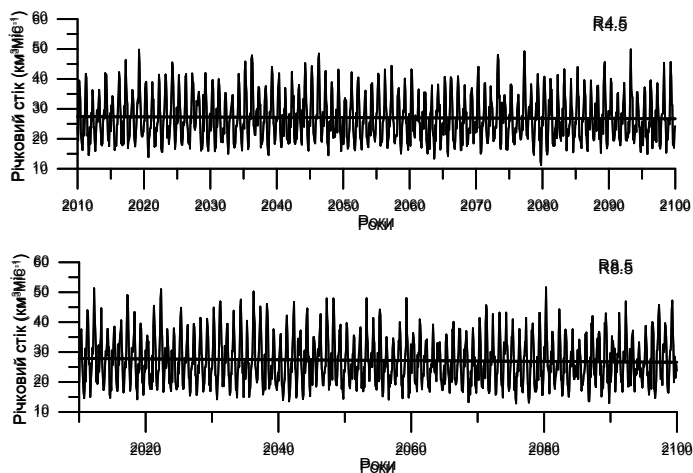


Рис. 3 Розраховані за допомогою нейронних мереж значення середньомісячного річного стока в Чорне море в період 2010-2100 для сценаріїв R4.5 та R8.5.

Згідно з результатами моделювання в рамках сценаріїв RCP4.5 та RCP8.5 температура над Чорним морем збільшиться відповідно 2,8° на 4° у порівнянні з 2010 роком. Розраховані за допомогою нейронних мереж значення середньомісячного річного стока в Чорне море в період 2010-2100 для сценаріїв R4.5 та R8.5. Згідно розрахунків річковий стік в обох сценаріях скорочується з швидкістю 0.007

($\text{км}^3\text{міс}^{-1}$) рік⁻¹ та 0.014($\text{км}^3\text{міс}^{-1}$) рік⁻¹, відповідно. Результати цих розрахунків будуть використані при моделюванні за допомогою моделі [3] кліматичних змін у Чорному моря та у системі Турецьких проток.

Література

1. [Електронний ресурс] - Режим доступу : <http://www.cnrm-game.fr/spip.php?article125>
2. [Електронний ресурс] - Режим доступу : <http://hypeweb.smhi.se/europehype/long-term-means/>
3. Maderich, V., Ilyin, Yu., Lemesko, E. (2015) Seasonal and interannual variability of the water exchange in the Turkish Straits System estimated by modeling [Text] // *Mediterranean Marine Science*. - 16, (2). P. 444-459.

УДК 517.957

МОДЕЛИРОВАНИЕ АТМОСФЕРНОГО ПЕРЕНОСА РАДИОНУКЛИДОВ В СОСТАВЕ ЧАСТИЦ ПЫЛИ В ОКРЕСТНОСТЯХ ОБЪЕКТОВ ХРАНЕНИЯ РАДИОАКТИВНЫХ ОТХОДОВ

А.В.Халченков, И.В.Ковалец

Институт проблем математических машин и систем

Введение. Загрязненные радионуклидами территории, в окрестностях объектов хранения радиоактивных отходов, являются постоянно действующими источниками радиоактивных аэрозолей. В Украине присутствует ряд подобных объектов, среди них Приднепровский химический завод (ПХЗ) [1]. В рамках программы мониторинга загрязненных территорий этого предприятия были проведены исследования по определению содержания радионуклидов в грунте и выполнен ряд измерений концентраций радионуклидов в составе аэрозолей в приземном слое атмосферы. Преобладающее большинство измерений проводилось в непосредственной близости к объектам хранения радиоактивных отходов, что не позволяет экстраполировать измерения на всю территорию завода и за его пределы, а соответственно не дает возможности полноценно оценить риски для населения. Восполнить этот пробел позволяет численное моделирование атмосферного переноса радионуклидов в составе пыли, выполненное с помощью программ CALMET/CALPUFF [2] с использованием эмпирической формулы для источника пыли.

Источник пыли (PM10). Подъем частиц аэрозоля в общем случае определяется свойствами подстилающей поверхности (шероховатость, тип грунта, покрытие, влажность, растительность) и метеорологическими условиями (скорость ветра, категория устойчивости). В настоящее время существует огромное количество моделей различной степени сложности, позволяющих описывать физические процессы приводящие к подъему частиц аэрозоля. Преобладающее большинство существующих моделей создавались и верифицировались для условий близких к условиям пустыни, то есть предполагают наличие песчаного покрытия, открытой местности, сильных ветров и низкой влажности, что совершенно не соответствует климатическим условиям характерным для города Днепродзержинска. В работе [3] была предложена простая формула, описывающая прямой аэродинамический подъем мелкодисперсных взвешенных частиц:

$$F = 3.6(u_*)^3$$
, где F - поток вещества (мкг/м² с), u_* - скорость трения ветра (м/с). Эта формула используется в условиях высокой относительной влажности воздуха, при отсутствии сальтации. Приведенная формула, наряду с моделью сальтации, используется для оценки потока аэрозоля в верифицированной модели REM-CALGRID [1], которая успешно применяется для практических расчетов в условиях Европы. Чтобы учесть известные особенности подстилающей поверхности была использована общепринятая процедура, заключающаяся в использовании понижающих коэффициентов, позволяющих учесть наличие подсеточных объектов и типов покрытия: $F = 3.6(u_*)^3(1 - CLF)(1 - CF)$, где CLF - коэффициент равный фракции источника без эмиссии (то есть часть площадного источника, на которой размещены некие подсеточные объекты, такие как здания, вода, и др., которые полностью препятствуют эмиссии аэрозоля). Значения коэффициента CLF для каждого источника определялось индивидуально на основании карты GoogleEarth. CF - коэффициент, введенный для учета особенностей пылящей поверхности. В общем случае он зависит от типа грунта, влажности, покрытия, растительности и других факторов. Не имея достаточной информации об объекте исследования (в отсутствие карты грунтов, влажности грунтов, и др.), при моделировании загрязненная территория было выделено четыре основных характерных типа покрытия: песок, трава, деревья и асфальтовое покрытие. В многочисленных исследованиях нет однозначных рекомендованных значений для понижающих коэффициентов в зависимости от типов покрытия и растительности, к тому же очевидно, что значения коэффициента в общем

случае меняется в зависимости от погодных условий и сезона года. При моделировании использовались значения коэффициента: 0.0 – для областей с песчаным покрытием, 0.1 – для травы, 0.5 – для деревьев, и 0.9 для асфальтового покрытия. Поток радионуклидов F_q определялся путем умножения потока аэрозоля F на концентрацию соответствующего радионуклида в грунте C_S : $F_q = F \cdot C_S$

Модель атмосферного переноса радионуклидов от площадных источников. Для расчета атмосферного переноса использовалась рекомендованная Агентством по охране окружающей среды (США) Лагранжево-Эйлера модель CALMET-CALPUFF. Эта модель неоднократно успешно применялась для расчета радиоактивных загрязнений [4]. Важным преимуществом использования препроцессора CALMET, при решении задачи переноса аэрозолей, является возможность непосредственно получить поля динамической скорости ветра, которые необходимы для параметризации источника аэрозольного загрязнения.

Преимуществом модели CALPUFF, при решении задач атмосферного переноса аэрозолей, является возможность представления временно зависящего площадного источника (это необходимо, поскольку интересуют значения непосредственно над источником, и мощность источника переменная, поскольку зависит от динамической скорости ветра). В качестве входных данных для препроцессора CALMET использовались данные измерений Днепродзержинской метеостанции, высотные метеорологические измерения радиозондов имитировались с помощью набора данных Final Analysis Global model (NCEP). Для описания топографии использовался набор данных SRTM с 3-секундным разрешением, для определения категорий землепользования использовался набор Modis Land Cover Data с 15-секундным разрешением.

Результаты моделирования. В результате моделирования были получены среднегодовые поля концентраций радионуклидов в составе аэрозолей в воздухе. На рис. 1 представлено поле среднегодовых приземных концентраций изотопа Ra-226 в составе пыли. Практически все измерения концентрации радионуклидов в воздухе, проведенные в окрестностях загрязненных объектов, соизмеримы с посчитанной среднегодовой концентрацией (табл. 1) и находятся в диапазоне между минимальным и максимальным посчитанным значением (чтобы выполнить сравнение измеренных и посчитанных концентраций радионуклидов в воздухе, приведенные в таблице 1 ре-

зультаты расчета были увеличены вдвое, в соответствии с рекомендациями [] для пересчета концентрации мелкодисперсной фракции аэрозолей, рассчитанной моделью в суммарную концентрацию взвешенных частиц). Поля среднегодовых концентраций характеризуются большими градиентами в пределах одного и того же хвостохранилища, поэтому в таблице приведено минимальное, максимальное и среднее по территории соответствующего хвостохранилища посчитанное значение. Ограниченное количество измерений концентрации радионуклидов в воздухе, к сожалению, не позволило выполнить статистическую оценку качества моделирования.

Таблица 1. Измеренные и посчитанные значения концентраций радионуклидов в составе аэрозоля в приземном слое атмосферы над хвостохранилищем Сухачевское.

U-238, мкБк/м ³			Ra-226, мкБк/м ³		
Измерения	Модель		Измерение	Модель	
Сухачевское					
15.08-02.09.11	48.0	Min = 0.5	15.08-02.09.11	28.0	Min = 0.66
02.09-03.10.11	4.0	Max = 30.50	02.09-03.10.11	2.0	Max = 40.80
03.10.-31.10.11	4.0	Mean = 4.44	03.10.-31.10.11	5.0	Mean = 9.24
01.11-01.12.11	7.0		01.11-01.12.11	7.0	
01.12-14.12.11	3.0		01.12-14.12.11	5.0	

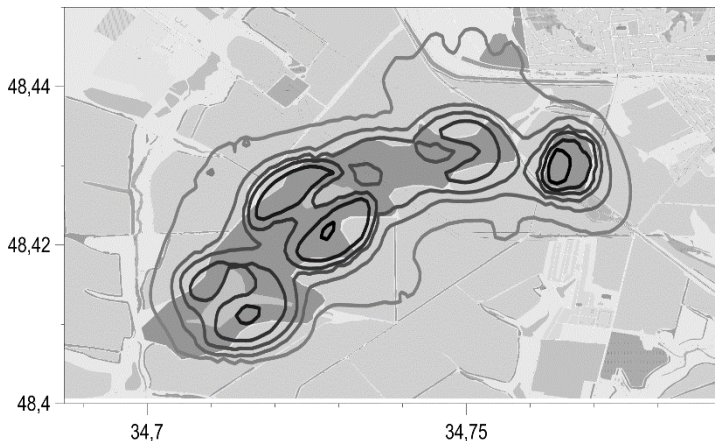


Рисунок 1 Концентрация Ra-226 в составе пыли для территории хвостохранилища Сухачевское и База С (Бк/м³); (показаны изолинии значений 0.5, 1, 2, 4, 8, 16 мкБк/м³).

Литература

1. Voitsekhovich, O., Lavrova, T. Remediation Planning of Uranium Mining and Milling Facilities: The Pridneprovsky Chemical Plant Complex in Ukraine [Text] // Remediation of Contaminated Environments/G. Voigt, S. Fesenko, eds.— Elsevier. — 2009. — P. 343— 356.
2. Scire, J. S., Strimaitis, D. G., Yamartino, R. J. A User’s Guide for the CALPUFF Dispersion Model (Version 5). — Earth Tech. Inc., Concord, 2000. — 521p. — (<http://www.src.com/calpuff/calpuff1.htm>)
3. Loosmore, G. A. and James, R. Hunt, “Dust resuspension without saltation” [Text], J Geophys Res. 2000 ; 105(D16): 20663–20672. doi:10.1029/2000JD900271 – 20 p.
4. Ковалец, И.В., Железняк, М.И., Халченков, А.В., Удовенко, О.И., Лаврова, Т.В. 2010. Численное моделирование воздушного распространения радона вокруг урановых хвостохранилищ [Текст] //Электронное моделирование 2010, т. 32 №3. - С. 67-82.
5. US EPA, AP-42, Section 13.2.5, Industrial Wind Erosion [Text], United States Environmental Protection Agency, 2006.

УДК 004.9:504.453

ПРОГНОЗУВАННЯ РІВНІВ ТА ВИТРАТ ВОДИ У БАСЕЙНАХ Р.ПРУТ ТА Р.СІРЕТ

О.Бойко, Є.Євдін, О.Михальський, І.Ковалець, М.Железняк
Інститут проблем математичних машин і систем, Україна

Прут і Сірет є транскордонними річками. Верхні частини їх басейнів розташовані на південному заході України. Верхня течія р.Прут знаходиться в Івано-Франківській та Чернівецькій обл. України, а у середній і нижній течії Прут протікає по кордону між Молдовою і Румунією. Більша частина басейну Сірету знаходиться в Румунії; і тільки невелика його верхня частина – у Чернівецькій області України. Обидві річки в Україні мають типово гірський характер. Водозбори Прута і Сірета входять до Дністровсько-Прутської області значної водності, що визначає особливості гідрологічного режиму річок. Останні визначні літні паводки сталися у 2008 та 2010 роках та призвели до значних руйнувань та підтоплень об’єктів народного господарства і як наслідок великих економічних втрат. Створення системи безперервного короткострокового прогнозування гідрологічного режиму басейнів цих річок – є важливою задачею як з огляду на необхідність завчасного інформування про небезпечні гідрометеорологічні явища державних установ та населення,

так і інформування Румунського гідрометеорологічного центру у рамках міждержавного транскордонного співробітництва. У нашій доповіді розглядається створення та впровадження системи прогнозування, що отримала назву Hydros, в оперативну роботу Чернівецького гідрометеорологічного центру (ЧГМЦ).

Сучасні системи прогнозування гідрологічного режиму на річковому водозборі представляють собою розрахункові ланцюги, що складаються з чисельних моделей прогнозу погоди, гідрологічних моделей процесів “опади-стік” та моделей річкової гідродинаміки. Серед всесвітньо відомих систем побудованих за таким принципом слід згадати Європейську систему попередження паводків EFAS (European Flood Alarm System) [1] та операційну систему прогнозування паводків Національного управління океанічних та атмосферних досліджень США – NWSRFS (National Weather Service River Forecast System) [2]. Система Hydros побудована таким самим чином та складається з ланцюга моделей регіональної чисельної моделі погоди WRF-ПС, гідрологічної моделі “опади-стік” з просторово розподіленими параметрами TOPKAPI-IMSS та гідродинамічної моделі RIVTOX (рис. 1).

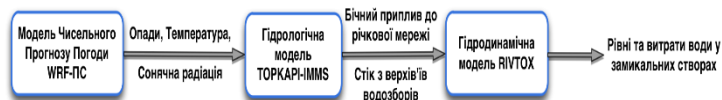


Рис. 1. Ланцюг моделей прогностичної системи

В основі регіональної моделі WRF-ПС покладено американську мезомасштабну модель прогнозу погоди WRF [3], яку було адаптовано для прогнозування опадів у басейнах річок Прут та Сірет. Модель використовує дані глобального чисельного прогнозу погоди, якій надається Національним центром прогнозування оточуючого середовища США (NCEP) та завантажується з серверів NOMADS [4]. WRF-ПС надає синоптичний прогноз основних метеорологічних параметрів із завчасністю 96 годин, чотири рази на добу та покриває територію басейнів р.Прут та р.Сірет регулярною розрахунковою сіткою з просторовим кроком 3 км. Модель було верифіковано за метеорологічними умовами, що спричинили дощові паводки 1969 та 2008 років у Прикарпатті. Підсистема окрім моделі WRF-ПС містить набір допоміжних скриптів, які відповідають за закачування даних глобального прогнозу та створення файлів в форматі NetCDF, що містять прогностичні поля метеорологічних величин, які потім надходять до підсистеми гідрологічного моделювання у якості граничних умов (рис. 2а).

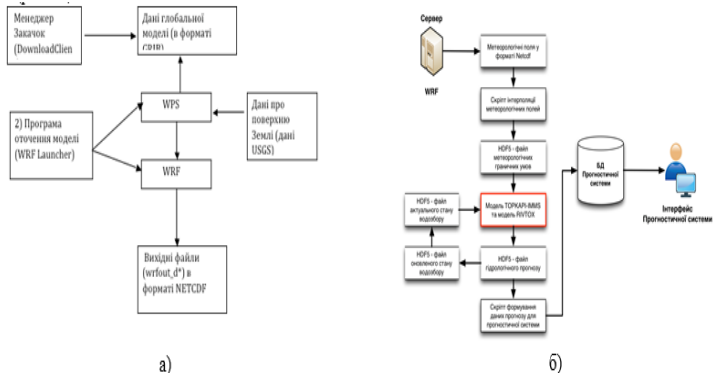


Рис. 2. Схеми роботи підсистем прогностичної системи: а) підсистема WRF-PC; б) підсистема TOPKAPI-IMMS

Підсистема гідрологічного моделювання заснована на програмній реалізації TOPKAPI-IMMS [5,6] фізично-обґрунтованої моделі “опаді-стік” TOPKAPI [7]. Модель належить до класу фізично-обґрунтованих моделей процесів “опаді-стік” із розподіленнями у просторі параметрами та базується на застосуванні спрощеної системи рівнянь Сен-Венана – рівнянні “кінематичної хвилі” для опису динаміки процесів підповерхневого, поверхневого та руслового стоку. Модель описує такі 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. Для більш точного розрахунку проходження паводкових хвиль у руслі використовується гідродинамічна модель RIVTOX, яка заснована на чисельному розв’язку одновимірної системи рівнянь Сен-Венана. Модель TOPKAPI розраховує бічний приплив до руслової мережі, а модель RIVTOX, використовуючи детальні поперечні профілі русла, розраховує як витрати так і рівні води та швидкості течії вздовж русел р.Прут та р.Сірет. Для налаштування гідрологічної та гідродинамічної моделей використовувались дані спостережень за гідрометеорологічним режимом у басейнах р.Прут та р.Сірет з 2003 по 2010 роки (рис.3). Схеми роботи підсистем гідрологічного моделювання зображена на рис. 2б.

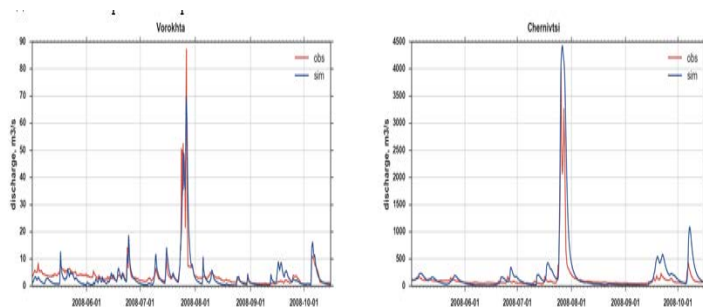
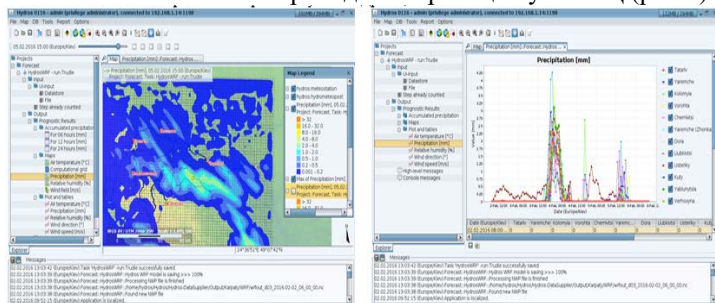


Рис. 3. Результати моделювання паводку 2008 р. ГП Ворохта (ліворуч) ат ГП Чернівці (праворуч). Виміряні витрати - червоний колір , розраховані витрати - синій колір.

Система встановлена та проходить апробацію у ЧГМЦ (рис.4).



а)

б)

Рис. 4. Скріншоти інтерфейсу прогностичної системи HYDROS: а) візуалізація поля опадів; б) прогноз опадів у формі графіків

Література

1. Thielen, Jutta, et al. The European flood alert system—Part 1: concept and development [Text] // Hydrology and Earth System Sciences – 2009 – N 13.2 – P.125 – 140.
2. Burnash, R. J. C., and V. P. Singh. The NWS river forecast system-Catchment modeling. Computer models of watershed hydrology [Text]. – 1995. – P. 311-366.
3. WRF Version 3.6 Modeling System User’s Guide, National Center for Atmospheric Research, Mesoscale & Microscale Meteorology Division, 2014. [Електронний ресурс] – Режим доступу : http://www2.mmm.ucar.edu/wrf/users/docs/user_guide_V3.6/contents.html

4. Rutledge, G. NOMADS – a climate and weather model archive at the National Oceanic and Atmospheric Administration [Text] / G. Rutledge, J. Alpert, W. Ebuzizaki // Bulletin of the American Meteorological Society. – 2006. – Vol. 87. – 341p.
 5. Бойко, О. В. Технологія обробки просторових даних засобами ГІС для використання в розподілених гідрологічних моделях [Текст] / О. В. Бойко // Математичні машини і системи. – 2012. – № 1. – С. 36 – 44.
 6. Бойко, О. В. Оцінка ефективності протипаводкових заходів на малих річкових водозборах Закарпаття на основі розрахунків розподіленої моделі «опади-стік» [Текст] / О. В. Бойко, М. Й. Железняк // Математичні машини і системи. – 2011. – № 4. – С. 149 – 160.
- Liu, Z., L., Todini, E., The TOPKAPI model [Text] // Hydrology and Earth System Sciences 6. – 2002. -P. 859 – 881.

УДК 519.6:004.942

МОДЕЛЮВАННЯ ЕКОЛОГІЧНИХ ФАКТОРІВ ПРИ ОЦІНЦІ ТЕХНІЧНОГО СТАНУ АРХІТЕКТУРНИХ КОНСТРУКЦІЙ В ІНТЕЛЕКТУАЛЬНИХ СИСТЕМАХ

*А.О.Пашко, **С.А.Теренчук, **Б.М.Єременко, **Ю.В.Рябчун

**Київський національний університет імені Тараса Шевченка,
Україна*

***Київський національний університет будівництва та архітек-
тури, Україна*

Постановка проблеми. До безпеки архітектурних конструкцій (АК) висуваються різні (з урахуванням рівня відповідальності та властивостей екосистеми) вимоги на всіх стадіях існування [1]. У теперішній час в Україні функціонує велика кількість будівель і споруд тривалої експлуатації різноманітного призначення. Порушення режимів роботи або аварії на таких об'єктах можуть призвести до катастроф з серйозними негативними наслідками соціального, економічного та екологічного характеру. Прогнозування надійності та безпеки АК або споруди в цілому на стадії проектування передбачає розрахунки на основі адекватних моделей. Окрім того, в будівельній галузі країни введено в дію ряд нових нормативних документів, які спрямовані на підвищення вимог до надійності та безпеки будівельних об'єктів при прийнятті конструктивних, планувальних та експлуатаційних рішень. У зв'язку з цим виникли проблеми, що пов'язані з питанням невідповідності новим вимогам існуючих

будівель і споруд, які були запроєктовані та збудовані згідно старим нормам.

Завдання забезпечення відповідних вимог стосовно придатності зазначених об'єктів до експлуатації, їх надійності та безпеки в реальних умовах агресивного середовища, вимагає наукового дослідження комплексу складних задач. Однією з таких задач є розробка динамічних моделей, які адекватно відображають залежність характеристик напружено-деформованого стану елементів конструкції від параметрів випадкових полів, що вносять суттєву частку невизначеності в процес деградації об'єктів будівництва.

Метою даної роботи є вдосконалення методів математичного та статистичного моделювання в інтелектуальній системі оцінки технічного стану архітектурних конструкцій та розробка стохастичних моделей екологічних факторів при оцінці технічного стану архітектурних конструкцій на основі статистичних даних про динаміку їх змін.

Для розв'язання зазначених проблем в [2-3] запропоновано модульну схему інтелектуальної системи автоматизації проектувальних робіт (САПР) для діагностування і неперервного контролю технічного стану об'єктів будівництва, що здатна функціонувати в режимі реального часу. Запропонована інтелектуальна система містить нечіткі параметри і правила, що відображають вплив середовища на швидкість руйнування конструкцій. Правила формуються на основі натурних спостережень в режимі реального часу, і це значно підвищує надійність моделей для прогнозування в умовах невизначеності.

Схему формування системи нечіткого виведення, що ґрунтується на даних діагностики технічного стану об'єктів будівництва та знаннях експертів надано в [2].

Інтеграція запропонованої інтелектуальної системи з зовнішніми САПР надає можливість підвищити ступінь автоматизації взаємозв'язку між базою даних і базою правил, які формуються в процесі діагностування, та інформаційним і аналітичним забезпеченням, які використовуються в розрахункових комплексах зовнішніх САПР на стадії проектування, для виконання передумов надійності та безпеки об'єктів будівництва на всіх стадіях життєвого циклу. Зовнішні САПР містять потрібну інформацію щодо ключових елементів конструкції, які знаходяться в зонах підвищеного ризику руйнування, їх розташування, точки найвищого навантаження, матеріал з якого їх виготовлено. З зовнішніх САПР користувач отримує інформацію про нормативні дані кожного з елементів АК на визначеному періоді життєвого циклу, що визначає місце

встановлення вимірювальних датчиків і методи та засоби діагностування.

Методики та склад робіт, які дозволяють оцінити технічний стан і фактичну несучу здатність архітектурних конструкцій і описано в [3].

Вдосконалена структура інтелектуальної системи оцінки технічного стану архітектурних конструкцій наведена на рис. 1.

В [4] вивчались властивості випадкових полів, що виникають в різноманітних задачах будівельної механіки. Для оцінки статистичних характеристик розв'язків, через які визначаються основні показники надійності, рекомендовані випадкові процеси і поля зі спектральними щільностями:

$$s_1(\bar{\lambda}) = \frac{\alpha\sigma^2}{\pi(\alpha^2 + |\bar{\lambda}|^2)}, \quad s_2(\bar{\lambda}) = \frac{\alpha\sigma^2(L^2 + |\bar{\lambda}|^2)}{\pi(4\alpha^2|\bar{\lambda}|^2 + (|\bar{\lambda}|^2 - L^2)^2)}, \quad s_3(\bar{\lambda}) = \frac{2\alpha\sigma^2L^2}{\pi(4\alpha^2|\bar{\lambda}|^2 + (|\bar{\lambda}|^2 - L^2)^2)}.$$

Моделювання суттєвих екологічних факторів і їх суперпозицій зводиться до моделювання реалізацій випадкових полів із рекомендованими спектральними щільностями. Однак, при реальному моделюванні, за рахунок точності обчислень, отримується строго субгауссові випадкові процеси та поля. Для побудови реалізацій випадкових процесів та полів використовується їх спектральне представлення у вигляді стохастичних інтегралів [5].

Нехай $A = \{\bar{\lambda} : |\bar{\lambda}| \leq \Lambda\}$, $D = \{d_i, i = 0, 1, \dots, M\}$ – деяке розбиття області A , $\bar{\lambda}_i \in d_i$. Модель випадкового поля будується за формулою:

$$\xi_k(\bar{x}) = \sum_{i=0}^M \left(\cos(\bar{x}, \bar{\lambda}_i) \xi_{1i} + \sin(\bar{x}, \bar{\lambda}_i) \xi_{2i} \right), \quad \text{де } \{\xi_{1i}, \xi_{2i}\} - \text{ строго субгауссові незалежні випадкові величини з } E\xi_{1i} = E\xi_{2i} = 0, E\xi_{1i}^2 = E\xi_{2i}^2 = \nu_k(d_i), \nu_k(d_i) = \iint_{d_i} S_k(\bar{\lambda}) d\bar{\lambda} \quad k = 1, 2, 3.$$

Для заданої точності $\delta > 0$ і надійності $0 < \varepsilon < 1$ моделювання значення M та Λ вибираємо такими, щоб виконувалися нерівності [5]:

$$B_k(M, \Lambda) < \delta^2 \quad \text{та} \quad \frac{\delta}{\sqrt{B_k(M, \Lambda)}} \exp\left[-\frac{\delta^2}{2B_k(M, \Lambda)} + \frac{1}{2}\right] \leq 1 - \varepsilon, \quad \text{де } B_k(M, \Lambda) \leq \frac{16\nu_k(A)}{3M^2} + \nu_k(\mathbb{R}^d \setminus A).$$



Рис. 1. Структура інтелектуальної системи оцінки технічного стану архітектурних конструкцій

Висновки. В даній роботі вдосконалено структуру інтелектуальної системи оцінки технічного стану архітектурних конструкцій, яка дозволяє не тільки вчасно визначати заходи для забезпечення надійності та безпеки конструкцій на стадії експлуатації, а і вести формування необхідних баз даних. Прогнозування параметрів технічного стану базується на основі нечіткої моделі процесу руйнування, комплексних інформаційних моделях будівлі та статистичному моделюванні випадкових навантажень, які відображають вплив суттєвих екологічних факторів.

Література

1. Нормативні документи з питань обстежень, паспортизації, безпечної та надійної експлуатації виробничих будівель і споруд [Текст]. – Київ, 2003. – 144 с.
2. Михайленко, В.М. Інформаційна технологія оцінки технічного стану елементів будівельних конструкцій із застосуванням нечітких моделей [Текст] / В.М.Михайленко, О.О.Терент'єв, Б.М.Єременко // Строительство, материаловедение, машиностроение. – 2013. – №70. – С. 133-141.

3. Єременко, Б.М. Моделювання інтелектуальної системи для оцінки технічного стану об'єктів будівництва [Текст] / Б.М. Єременко // Технологічний аудит та резерви виробництва. – 2015. – №1/2(21). – С.44-48.
4. Болотин, В.В. Случайные колебания упругих систем [Текст] / В.В. Болотин. - М.: Наука, 1979. -336с.
5. Пашко, А.О. Чисельне моделювання гауссових однорідних випадкових полів [Текст] / А.О. Пашко // Науковий вісник Ужгородського університету. Серія: Математика та інформатика. Вип. 24, №1. - 2013. - С.116-120.

УДК 004.9

АДАПТАЦІЯ АЛГОРИТМІВ СИНТЕЗУ МОДЕЛЕЙ ДО ВЛАСТИВОСТЕЙ МАСИВУ ВХІДНИХ ДАНИХ В ІНФОРМАЦІЙНИХ СИСТЕМАХ КРИЗОВОГО МОНІТОРИНГУ ДОВКІЛЛЯ

Авраменко А.С.

Черкаський національний університет імені Богдана Хмельницького

Інформаційна система кризового моніторингу довкілля використовується з метою забезпечення інформацією процесів прийняття рішень в умовах надзвичайних ситуацій шляхом організації неперервних спостережень та обробки їх результатів. На сьогодні існує методологія створення інформаційних систем багаторівневого моніторингу [1]. Вона містить принципи, методи та засоби здобування інформації про досліджувані об'єкти шляхом їх моделювання за масивом чисельних характеристик результатів спостережень. Розроблені методи синтезу окремих моделей об'єктів, що відображають частину властивостей об'єктів та процесів. Поєднання цих моделей і єдину ієрархічну структуру глобальної функціональної залежності (ГФЗ) дозволяє описати достатню кількість властивостей, що забезпечують можливість оцінки впливовості факторів та прогнозування наслідків застосування кожної із порівнюваних стратегій дій. Одна ГФЗ, зазвичай містить від 50 до 240 ієрархічно поєднаних моделей. При зміні властивостей масиву вхідних даних (МВД) адекватність певної кількості моделей погіршується. Тому вимагається ці моделі замінювати. Відповідно пересинтезуються і всі моделі, що з ними поєднані. На сьогодні цей процес може тривати від 40 хвилин і більше.

На відміну від діючих моніторингових систем [1] для кризового моніторингу існують ряд особливих вимог. Основна з них — це можливість динамічно адаптувати структуру бази модельних знань до зміни властивостей масиву вхідних даних та обмеження по часу для цієї адаптації.

Тому роботи, що мають на меті дослідження процесів синтезу багатопараметричних моделей об'єктів кризового моніторингу з метою скорочення часу перебудови структури бази модельних знань є актуальними.

Була сформульована гіпотеза, що зменшення тривалості перебудови структури бази модельних знань можливо досягнути шляхом скорочення часу синтезу окремої моделі за рахунок заміни процедури послідовного випробування алгоритмів синтезу моделей (АСМ) процедурою розпізнавання кращого АСМ для кожного із МВД та удосконалення процедури їх класифікації. Пропонується удосконалити цю процедуру шляхом побудувати вирішуючого правила, яке забезпечує віднесення кожного нового МВД до класу даних, для яких уже вибрано найбільш придатний АСМ.

Для перевірки цієї гіпотези був проведений експеримент.

Вирішуюче правило створювалось за допомогою багаторядного алгоритму МГУА [2]. В якості класифікаційних ознак МВД використовувався набір характеристик, запропонований в [3].

Для синтезу моделей використані результати моніторингу захворюваності населення Черкаської області впродовж 2000-2014 років. Досліджувався процес синтезу моделі, яка містила залежність захворюваності населення від концентрації шкідливих речовин у воді, повітрі, продуктах харчування.

Порівнювались результати розрахунків досліджуваного показника, одержаних за моделлю, що була синтезована після послідовного випробування всіх попередньо сконструйованих АСМ шляхом їх повного перебору та моделей, що були отримані після розпізнавання кращого АСМ за допомогою вирішуючого правила, отриманого за багаторядним алгоритмом МГУА [2].

Результати дослідження ефективності запропонованого методу в порівнянні із методом повного перебору (рис.1.).

В результаті середній час синтезу моделі зменшився в 3,5 рази і досягнув 3,7 секунд. Середня похибка зменшилась на 1,37% і досягнула значення 23,4% при вірному відображенні напрямку зміни властивостей об'єкта.

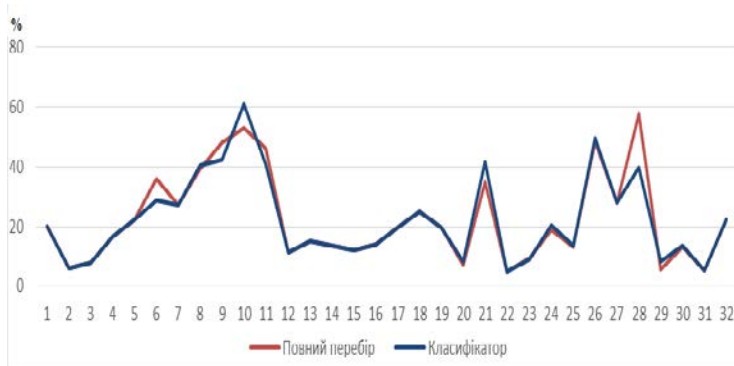


Рисунок 1. Результати роботи алгоритмів.

Зважаючи на те, що випробування цієї технології були проведені в «екстремальних умовах» недостатньої інформативності МВД, можна вважати, що гіпотеза отримала експериментальне підтвердження.

Зменшення похибки результатів моделювання відбулося всупереч очікуваним результатам. Очікувалось погіршення характеристик результатів моделювання при зменшенні часу синтезу моделей. Цей ефект вимагає вивчення в ході майбутніх досліджень.

Таким чином удосконалено метод класифікації масиву вхідних даних в інформаційних системах багаторівневого кризового моніторингу. Зменшення часу перебудови структури моніторингової інформаційної системи для розв'язку нових задач в умовах надзвичайних ситуацій досягається шляхом розв'язку задачі розпізнавання кращого алгоритму синтезу моделей за правилом, що створене за багаторядним алгоритмом МГУА.

Література

1. Багаторівневе моделювання в технологіях моніторингу оточуючого середовища [Текст] / С.В.Голуб ; Черкас. нац. ун-т ім. Б.Хмельницького. - Черкаси : ЧНУ, 2007. - 218 с.
2. Ивахненко, А.Г. Индуктивный метод самоорганизации моделей сложных систем [Текст]. - Киев: Наук. Думка, 1981. - 296 с.
3. Колос, П.О. Визначення множини інформативних параметрів таблиці первинного опису об'єкта моделювання [Текст] / Вісник Черкаського університету, випуск 173. – Черкаси: Вид. ЧНУ, 2009. – С. 121-128.

КЛАСИФІКАЦІЯ ЗАДАЧ У МЕДИЧНИХ ІНФОРМАЦІЙНИХ СИСТЕМАХ

О.В. Горбик

Черкаський державний технологічний університет

Метою роботи є характеристика існуючих медичних інформаційних систем та аналіз задач, які існують на різних етапах роботи системи.

На сьогоднішній день питання інформатизації медичних закладів є досить актуальним, в тому числі конкуренція серед медичних інформаційних систем досить велика і кожен медичний заклад зазвичай обирає оптимальний варіант, котрий на їх погляд буде максимально забезпечувати ефективністю та комфортом.

Медична інформаційна система – програмно-технічний комплекс котрий отримує, обробляє та зберігає інформацію потрібну для розв'язання задач в медичних закладах. Вирішення подібних задач зобов'язує медичні інформаційні системи підпорядковуватись медичним закладам відносно їхнього напрямку, що звісно не може гарантувати повного задоволення потреб закладу.

В Україні є досить багато медичних інформаційних систем, але найбільш популярними є: Доктор Елекс та Емсїмед.

Характеристика	Реєстратура	Лікар	Лабораторія	Статистика	Персонал	Швидка допомога
Назва системи						
Доктор Елекс	+	+	+	+	+	+
Емсїмед	+	+	+	+	+	-

Унікальність медичної системи «Емсїмед»:

- розроблена в тісній співпраці з фахівцями медичної галузі; забезпечує роботу віддалених підрозділів медичної установи в єдиному інформаційному просторі;
- містить рішення для автоматизації відділення швидкої допомоги; забезпечує ведення обліку і планування ліжка-місць;
- використання сервера PACS для графічних зображень забезпечує швидку роботу з файлами великого об'єму і запобігає гальмуванню системи;
- передбачає можливість поетапного впровадження.

Медична система «Доктор Елекс»:

- інтегрована електронна медична карта пацієнта і система лікарських оглядів, інноваційне технологічне рішення для клінік будь-якого розміру і профілю;

- зручна в користуванні система, що базується на сучасних технологіях, що дозволяє підвищити ефективність роботи установи;
- віддалений доступ до даних з дотриманням конфіденційності
- ключовий елемент системи — інформаційний супровід лікарських оглядів;
- завдяки інноваційній технології деревовидних шаблонів «Доктор Елекс» дозволяє швидко і ефективно проводити огляд пацієнтів, а також аналізувати отримані дані;
- сумісність із сучасним медичним устаткуванням.

Задачі в медичних інформаційних системах можна розділити на 3 основних класи:

- рутинні;
- типові;
- інтелектуальні.

До рутинних задач належить обробка медичної інформації котра є достатньо точною та надійною. В такому випадку важливу роль відіграє лише коректність введення.

Типові задачі включають в себе наступні етапи: індивідуалізація, інформатизація, інтеграція та інтелектуалізація. Кожен етап є невід’ємною складовою роботи медичної інформаційної системи.

Інформатизація. Медичні інформаційні системи характеризуються різноманітністю типів інформації, що використовується. Їх поєднання та структуризація породжує комп’ютерні інформаційні системи таких класів: реферативні та повнотекстові бази даних; системи медичних записів; госпітальні інформаційні системи; експертні системи; експертно-навчальні системи; гіпертекстові та hypermedia-системи; multimedia-системи; робочі станції фахівця; інформаційні мережі, що використовуються для навчання; бібліотечні системи. Обсяги медичної інформації вимагають відповідної інформаційної, комп’ютерної та технологічної підтримки, а також засобів удосконаленого доступу, зберігання та подання інформації.

Індивідуалізація. Індивідуалізація медичних інформаційних систем забезпечує кожному лікувальному закладу персональний підхід, зосереджений на інтереси користувачів.

Інтеграція. Важливе значення має інтеграція медичних систем в єдину інформаційну мережу Internet, що забезпечує доступ будь-якого лікаря – користувача до інформації і обмін цією інформацією. Завдяки інтеграції різноманітних за своєю спрямованістю медичних інформаційних систем лікарі та організатори охорони здоров'я забезпечуються необхідними даними для прийняття клінічних та

управлінських рішень в умовах доступності всіх необхідних відомостей медичного характеру.

Інтелектуалізація. Процес інтелектуалізації полягає у вирішенні завдань в таких аспектах як: діагностиці, моніторингу, інтерпретації даних, прогнозуванні, плануванні, керуванні та підтримці прийняття рішень.

Інтелектуальні задачі полягають у вирішенні проблеми роботи медичної інформаційної системи, яка б заміняла людську діяльність, тобто розв'язувала «людські» задачі. Розв'язання задач такого напрямку пов'язане з нетривіальними логічними умовиводами і пошук результатів, як правило, зводиться до перебору й аналізу великої кількості можливих варіантів. Як правило, система має використовувати знання спеціалістів та приймати рішення на рівні експерта-професіонала.

Висновок. Кожна медична інформаційна система зобов'язана виконувати всі вище перелічені задачі, щоб мати змогу бути конкурентоздатною на ринку програмних продуктів.

УДК 351.861;351.862.1:004.9

ПРАКТИЧНІ ПИТАННЯ ФОРМУВАННЯ КРИТЕРІЇВ МОНІТОРИНГУ НА ОСНОВІ ІМОВІРНІСНОГО Й ІМІТАЦІЙНОГО МОДЕЛЮВАННЯ

В.В. Бегун, В.Ф. Гречанінов

ІПММС НАН України

Системи моніторингу безпеки (СМБ) є однією зі складових підсистем автоматизованих систем управління безпекою, які досліджуються в багатьох наукових працях [1-3]. У проведених наукових дослідженнях [2,3] доведено, що СМБ мають бути трьох рівнів: об'єктового – 1 рівень, регіонального – 2 та державного – 3. Очевидно, що функції моніторингу Φ залежать від типу об'єкту та, у підсумку, від вектора $[X_i]$ вхідних параметрів, які характеризують безпеку. Число параметрів i має бути мінімальним, але достатнім, крім того необхідно чітко визначити моделі перетворень інформації відповідних рівнів: M_1, M_2, M_3 . Завдання моделей M_j ($j = 1, 2, 3$) полягає в тому, щоб з множини інформації j -го рівня вибрати важливу інформацію для передачі на наступний рівень, для осіб, що приймають рішення (ОПР) тощо. Тобто, для кожного типу об'єкта, необхідно визначити алгоритм перетворень інформації за схемою:

$$X \rightarrow M_1 \rightarrow Y \rightarrow M_2 \rightarrow Z \rightarrow M_3 \rightarrow \text{ОПР} \quad (1)$$

Мають бути визначені не тільки моделі M1, M2, M3, але й вектори інформації (X, Y, Z) усіх рівнів. Ці вектори повинні містити критерії безпеки на кожному рівні, їх співвідношення з допустимими рівнями та рекомендації щодо рішення, як діяти оператору. В даній роботі проаналізовано саме формування критеріїв безпеки з позиції ризик-орієнтованого підходу (РОП).

З позиції РОП – маємо живість виділення параметрів X_i , знання яких надає можливість визначити заходи попередження виникнення великого (неприпустимого) ризику. У сучасній практиці моніторингу ці параметри визначають експертними методами на основі досвіду. На жаль, такі методи не завжди працюють об'єктивно та мають помилки. Прикладом такої помилки є спроба впровадження автоматизованих систем раннього виявлення (АСРВ) НС на автозаправках (АЗС) [4]. За діючою процедурою АСРВ на АЗС реагують на дим і вогонь та передають сигнал на підприємство розробника АСРВ, звідки тривожний сигнал передається в пожежну частину. Але ж, для АЗС з десятками тон бензину критерії «дим та вогонь» не можна назвати раннім виявленням. Тобто, фактично, функція «запобігання виникнення НС» не виконується. З метою «запобігання» потрібно контролювати за результатами кількісних оцінок ризику, відповідно до їх важливості, вірогідність настання подій, що можуть вплинути на можливість загоряння. Критерії безпеки мають бути більше «попереджувальними», концентрувати увагу ОПР задовго до виникнення навіть розливів пального, адже причини розливів виникають завдяки невиконанню деяких вимог з безпеки Хх. Під час здійснення моніторингу постійно контролюються виробничі процеси та умови зберігання шкідливих і небезпечних речовин. Необхідно також виконувати функцію повідомлення (оповіщення) про відхилення параметрів безпеки від допустимих норм. Припустимо, що на об'єкті є Н небезпечних речовин. Умови їх зберігання контролюють К1 систем та М небезпечних процесів, які контролюють К2 систем. Складовою систем К(К1,К2) також є оператор. Розглянемо, що ж має відноситися до параметрів безпеки (ПБ) – вектору допустимих значень вхідних параметрів [X]. Згідно загальних уявлень – це параметри, які підвищують ризик. Але ризик є загальним параметром, який потребує розрахунку та залежить від деяких конкретних параметрів виробництва. Якщо відомий допустимий ризик [R], то можливо викреслити (обчислити) й граничні параметри безпеки – критерії безпеки [X_i]. На основі відомих допустимих значення ризику [R] та постульованих наслідках ($U = \text{const.}$) отримуємо рівняння відносно [X_i], а саме:

$$[R] = P([X_i]) * U \quad (2)$$

Отже, критерії безпеки мають бути визначені на основі моделювання ризику та підтверджуватися досвідом фахівців [3]. Тому, якщо масив [U] визначає можливі наслідки аварійних станів, що можуть статися, то саме моделювання події U1 – проливу палива дасть відповідь про параметри безпеки X_i , що впливають на появу цієї події. Найбільш важливі з них, за критерієм важливості (Бірнабаума, чи Фусели-Весели), можуть бути обрані у якості критеріїв безпеки для СМБ.

З метою перевірки наведених положень нами побудована імовірна структурно-логічна модель НС на АЗС – займання проливу пального на АЗС, яка має сучасні системи захисту, рис. 1. В моделі враховано 18 факторів F_i ($i \in [1,18]$), причому 4 з них є помилками персоналу (ОРк), що можливі при виявленні проливу та відмовах елементів систем безпеки $f_i \in [K]$. За результатом моделювання отримано значення імовірності НС: $P = 8.18E-5$ та логічну функцію залежності:

$$P = \Phi(F_i \vee ОР_k). \quad (3)$$

Ця функція відтворюється сполученням подій (мінімальних перерізів – min sat) M_s , які призводять до виникнення НС. Саме вона є джерелом інформації про критерії безпеки та вибору запобіжних заходів попередження НС [5]. Вона може бути використана як імітаційна модель виникнення НС для вибору

факторів F_i як управляючих впливів, що найбільш оптимальні. Отже на основі (3) можна будувати залежності імовірності виникнення НС від кожного фактору та їх сполучень, імітацією змін фактора у діапазоні припустимих (можливих) значень, рис. 2. Як бачимо, найбільш впливові фактори (перший мінімальний переріз) змінюють ймовірність виникнення НС різною мірою від 1 до 4 порядків. Отож, логічно обрати за критерій безпеки для внутрішнього моніторингу саме ці фактори як найбільш впливові, а за результатами

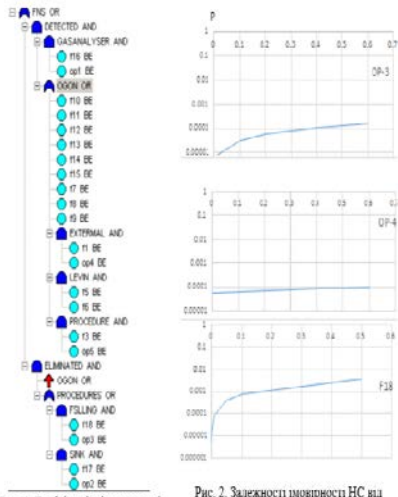


Рис. 1. Граф імовірної моделі

Рис. 2. Залежності імовірності НС від впливових факторів

імітаційного моделювання помилок персоналу визначати найбільш впливовий напрям при підготовці (тренінгу) персоналу.

Висновок. Критерії безпеки для автоматизованих систем моніторингу безпеки потрібно обирати за результатами імовірнісного та імітаційного моделювання. Для практичної реалізації цього необхідна розробка відповідних галузевих керівництв з управління ризиком.

Література

1. Голуб, С.В. Методологія створення автоматизованих систем багаторівневого соціоекологічного моніторингу: автореф. дис. на здобуття наук. ступеня д-ра техн. наук: 05.13.06 [Текст] / С.В. Голуб. – Київ, 2008. – 35 с.
2. 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 [Текст] / В.Ф. Гречанинов. – Київ, 2014. – 22 с.
3. Кропотов, П.П. Створення сучасної системи моніторингу безпеки – актуальна державна та наукова задача [Текст] / П.П. Кропотов, В.В. Бегун, В.Ф. Гречанинов // Системи обробки інформації, – Харків: ХУПС. – 2015. – Вип. 11 (136). – С. 199-206.
4. ДБН В.2.5-76:2014. Автоматизовані системи раннього виявлення загрози виникнення надзвичайних ситуацій та оповіщення населення [Текст]. - Київ. Мінрегіон України. 2014. – С. 46.
5. Бегун, В.В. Вероятностный анализ безопасности атомных станций: Учебное пособие [Текст] / Бегун В.В., Горбунов О.В., Каденко И.Н., Письменный Е.Н., Зенюк А.Ю., Литвинский Л.Л. – Киев: НТТУ КПИ, 2000. - 568с.

УДК 681.3

ВЕРОЯТНОСТНО-АЛГЕБРАИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ПОТОКОВЫХ СИСТЕМ СТРУКТУРНО-СЛОЖНОЙ ОРГАНИЗАЦИИ

Е.И. Сукач, Д.В. Гетиков, М.А. Бужан, Ю. В. Жердецкий
*УО «Гомельский государственный университет им.Ф.Скорины»,
Беларусь*

Введение. Расчёт пропускной способности потоковых систем (ПС) из различных предметных областей предполагает использование вероятностных показателей пропускной способности участков для формирования итоговых вероятностных значений пропускной

способности всей системы [1]. Сложность получения оценок пропускной способности ПС зависит как от числа участков, так и от сложности связей между этими участками. Известные подходы позволяют, как правило, оценить пропускную способность систем с ограниченным числом участков или определить возможные границы пропускной способности для структурно-сложных ПС [2].

В докладе предлагается способ формирования вероятностных значений пропускной способности структурно-сложных ПС, не имеющих ограничений на число участков. Для решения поставленной задачи ПС представляется в виде композиции самостоятельных подсистем, с использованием одной из методик [3] формируются вектора вероятностей пропускной способности для выделенных подсистем, а затем с использованием аппарата вероятностно-алгебраического моделирования формируются вектора вероятностей пропускной способности исследуемой ПС.

Формализация объекта. Для проведения расчёта ПС представляется в виде графовой структуры $G(N, K)$, где $N = \{N_v\}$, $v = \overline{1, l}$ – конечное множество вершин, $K = \{K_i\}$, $i = \overline{1, m}$ – множество ребер, являющихся образами участков исследуемой системы, выделенными в ходе её формализации. Участки ПС характеризуются значениями пропускной способности, которая случайным образом изменяется в пределах заданных интервалов, а именно:

$$PR_i \in [PR_{i_0}, PR_{i_m}], i = \overline{1, m}, \quad (1)$$

где m -число участков ПС, PR_i – значение пропускной способности i -го участка, PR_{i_0} и PR_{i_m} – соответственно, верхняя и нижняя границы пропускной способности i -го участка. Число состояний участков ПС определяется числом возможных уровней пропускной способности на заданных интервалах (1) и описывается множеством:

$$S = \{S_j\}, j = \overline{1, n}. \quad (2)$$

Предполагается, что вероятности состояний известны и задаются векторами:

$$P^i = (p_1^i, p_2^i, \dots, p_n^i), \sum_{j=1}^n p_j^i = 1, i = \overline{1, m}. \quad (3)$$

Ставится задача вероятностной оценки пропускной способности ПС, то есть определения значений вектора вероятностей вида:

$$P^s = (P(S_1), P(S_2), \dots, P(S_n)), \sum_{j=1}^n P(S_j) = 1, \quad (4)$$

и соответствующих интервальных значений пропускной способности по вероятностным значениям пропускных способностей участков:

$$[PR_0^s, PR_n^s] \rightarrow \{[PR_0^s, PR_1^s], \{[PR_j^s, PR_{j+1}^s], j = \overline{1, n-2}\}, [PR_{n-1}^s, PR_n^s]\}. \quad (5)$$

Автоматизация расчёта вероятностных значений пропускной способности потоковых систем. С целью автоматизации формирования вероятностных значений пропускной способности подструктур, выделенных в процессе декомпозиции ПС, предлагается использовать программное обеспечение (рисунок 1), реализующее методику расчёта вероятностных значений пропускной способности ограниченной размерности [3]. Программное обеспечение позволяет построить модель ПС ограниченной размерности и сформировать вектора вида (4) и (5), которые служат исходными данными для расчёта значений аналогичных векторов структурно-сложной ПС большой размерности.

Методика оценки вероятностных значений пропускной способности ПС большой размерности. Исследования подтвердили экспоненциальный рост времени выполнения расчёта при увеличении числа участков ПС и количества состояний участков, определяющих возможные значения их пропускной способности. Это послужило основанием для разработки методики оценки вероятностных значений пропускной способности ПС, снимающей ограничения на число их участков и количество состояний пропускной способности исследуемых объектов.

Этап 1. Формализация ПС, интерпретируемой в виде структуры-четырёхполюсника. С учётом целей моделирования и состава вычисляемых показателей ПС реализуется построение графа $G(N, K)$ и выбор четырёх терминальных вершин $N_1, N_2, N_3, N_4 \in N$, определяющие входы/выходы многосвязной структуры. Для выделенных участков ПС с использованием экспериментальных данных формируются вектора вероятностей, характеризующие возможные значения пропускной способности (1).

Этап 2. Редуцирование структуры-четырёхполюсника. В результате применения средств интеллектуального анализа графовой

структуры реализуется редуцирование графа $G(N, K)$, сопровождающееся пересчётом векторов вероятностей состояний пропускной способности и интервальных оценок пропускной способности.

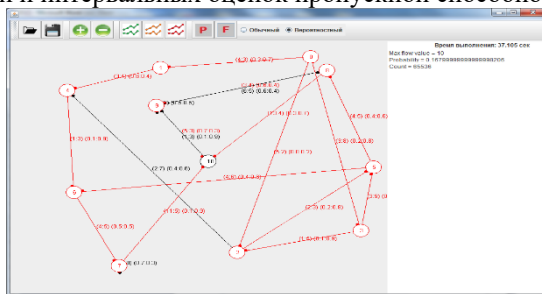


Рисунок 1- Вид главного окна программного инструментария для оценки вероятностных характеристик пропускной способности потоковых систем ограниченной размерности

В процессе упрощения исключаются участки с параллельными/последовательными соединениями структурных элементов графа и реализуется вероятностно-алгебраическое умножение [1]. В результате происходит автоматическое упрощение графовой структуры:

$$G(N, K) \rightarrow G(N', K'), N' \leq N, K' \leq K. \quad (7)$$

Полученные интервальные оценки пропускной способности представляются в виде совокупности интервальных оценок вида (6), являющихся исходными данными для проведения последующих расчётов.

Этап 3. Представление редуцированного графа потоковой системы в виде композиции подструктур-четырёхполюсников. В результате реализации этапа граф $G(N', K')$ распадается на множество подструктур-четырёхполюсников:

$$G(N', K') \rightarrow \{STR_1(N'_1, K'_1), STR_2(N'_2, K'_2)\}, N'_i \leq N', K'_i \leq K', i=1,2. \quad (8)$$

Этап 4. Расчёт вероятностных характеристик пропускной способности подструктур-четырёхполюсников. Для полученного варианта представления исходного графа $G(N', K')$ в виде композиции подструктур-четырёхполюсников реализуются расчёты вероятностных характеристик пропускной способности для различных сочетаний входов и выходов, относящихся ко множеству терминальных вершин анализируемых многосвязных подструктур.

Этап 5. Вероятностно-алгебраическое умножение подструктур–четырёхполюсников. Для случая разрезания графа $G(N', K')$ по общим двум вершинам реализуется вероятностно-алгебраическое умножение двух агрегированных подструктур–четырёхполюсников с многократным использованием формулы основной формулы вероятностно-алгебраического умножения [1].

Заключение. Применение вероятностно-алгебраического моделирования для структурно-сложных потоковых систем большой размерности позволяет учесть вероятностную природу пропускной способности исследуемых объектов и решить следующие задачи: одномоментно и в динамике провести сравнительный анализ различных структурных вариантов организации ПС; подобрать параметры пропускной способности участков, обеспечивающих заданный уровень пропускной способности ПС; оценить влияние параметров пропускной способности участков на эффективность функционирования ПС.

Литература

1. Сукач, Е.И. Методика оценки пропускной способности потоковой сети на основе вероятностно-алгебраического моделирования [Текст] / Е.И. Сукач // Доклады БГУИР. - 2011. - №4 (58). - С.18-24.
2. Сукач, Е.И. О различных подходах к исследованию вероятностных характеристик надёжности информационно-вычислительных сетей [Текст] / Е.И. Сукач, Е.И. Карасёва, Ю.В. Жердецкий, М.А. Бужан // Известия Гомельского государственного университета им. Ф. Скорины. - 2015. - 3(90). - С.83-87.
3. Сукач, Е.И. Об одном подходе к оценке вероятностных характеристик пропускной способности потоковой системы [Текст] / Е.И. Сукач, К.Ю. Гончаров, Ю.В. Жердецкий // XV Республиканская научная конференция студентов и аспирантов «Новые математические методы и компьютерные технологии в проектировании, производстве и научных исследованиях», 26-28 марта 2012 г., ГГУ им. Ф. Скорины. - 2012, т.1. – С.72-73.

МОДЕЛИРОВАНИЕ РАБОТЫ ИНТЕГРАЛЬНЫХ БИПОЛЯРНЫХ ТРАНЗИСТОРОВ ПОД ВОЗДЕЙСТВИЕМ ИОНИЗИРУЮЩИХ ИЗЛУЧЕНИЙ

С.А. Мискевич, Ф.Ф. Комаров, А.Ф. Комаров, Г.М. Заяц, В.Н. Ювченко, С.А. Сорока

НИИПФП им. А.Н. Севченко БГУ, Минск, Беларусь

Биполярные транзисторы как элементы интегральных схем в настоящее время широко используются в приборах микро- и наноэлектроники. Эксплуатация такого оборудования в условиях радиационного воздействия (в космическом пространстве, на объектах атомной энергетики, при ядерных испытаниях) может привести к значительному изменению его рабочих характеристик и отказу. Поэтому для прогнозирования поведения биполярных интегральных транзисторов под воздействием ионизирующих излучений применяется компьютерное моделирование.

В данной работе рассматривается интегральный биполярный p - n - p транзистор, работающий в режиме усиления низкочастотного сигнала в схеме с общим эмиттером. В основе модели лежит распределение дырок по базе транзистора при наличии встроенного электрического поля, обусловленного неравномерным легированием, которое определяется формулой [1]:

$$\frac{\partial p(x)}{\partial t} = -\frac{p(x) - p_n(x)}{\tau_p(x)} + D_p \frac{\partial^2 p(x)}{\partial x^2} - \mu_p E(x) \frac{\partial p(x)}{\partial x} - p(x) \mu_p \frac{\partial E(x)}{\partial x}, \quad (1)$$

где $\tau_p(x)$ – время жизни дырок, D_p – коэффициент диффузии дырок, μ_p – подвижность дырок в базе, p – неравновесная концентрация дырок, p_n – равновесная концентрация дырок в базе, E – напряжённость электрического поля, определяемая как [2]:

$$E(x) = -\frac{kT}{q} \frac{1}{N(x)} \frac{dN(x)}{dx}. \quad (2)$$

Граничные условия для уравнения (1): $p(W_A) = 0$, $p(0) = p_n(0) \exp(qU_{EB}/kT)$, где U_{EB} – напряжение на базе, k – постоянная Больцмана, T – абсолютная температура, q – заряд электрона. Толщина активной базы W_A зависит от напряжения на коллекторе, что учитывается в модели. Поскольку мы рассматриваем стационарный процесс, уравнение (1) преобразуется к виду:

$$\frac{p(x) - p_n(x)}{\tau_p(x)} - D_p \frac{\partial^2 p(x)}{\partial x^2} + \mu_p E(x) \frac{\partial p(x)}{\partial x} + p(x) \mu_p \frac{\partial E(x)}{\partial x} = 0. \quad (3)$$

Наиболее чувствительным параметром биполярных транзисторов к воздействию ионизирующего излучения является время жизни неосновных носителей заряда [1, 3], определяющее уровень рекомбинационных потерь и, как следствие, коэффициент передачи тока эмиттера. Зависимость времени жизни от дозы облучения и его типа имеет вид:

$$\frac{1}{\tau_{\phi}} = \frac{1}{\tau_0} + k_{\tau}\Phi, \quad (4)$$

где τ_0 – время жизни до облучения, τ_{ϕ} – после облучения, Φ – радиационный поток, k_{τ} – радиационный коэффициент, зависящий от типа и энергии радиационных частиц.

Согласно [3], k_{τ} при облучении потоком нейтронов со средней энергией 1.4 МэВ имеет вид:

$$\frac{1}{k_{\tau}} = 4 \cdot 10^4 + 5,76 \cdot 10^6 \left(\frac{P}{n}\right)^{0,534}. \quad (5)$$

Решая уравнение (1) с учётом (2 – 5), находим распределение дырок в базе транзистора. Далее определяем токи через области транзистора и коэффициент усиления как отношение тока коллектора к току базы.

На рисунке 1 приведены результаты моделирования изменения коэффициента усиления транзистора в зависимости от дозы облучения. При моделировании напряжение на базе $U_B=0,4$ В, напряжение на коллекторе $U_C=-9$ В. Как видно из рисунка, снижение коэффициента усиления наблюдается уже при малых дозах нейтронного облучения.

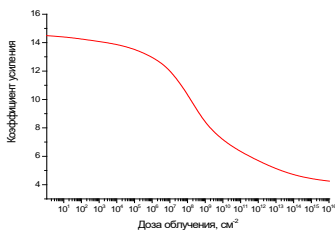


Рисунок 1 – Изменение коэффициента усиление транзистора с ростом дозы облучения

Литература

1. Вологдин, Э.Н., Радиационная стойкость биполярных транзисторов [Текст] : учеб. пособие / Э.Н. Вологдин, А.П. Лысенко. – М: Научно-образовательный центр Московского региона в области

фундаментальных проблем радиационной физики твердого тела и радиационного материаловедения. Московский государственный институт электроники и математики, 2000. - 102 с.

2. Зеегер, К. Физика полупроводников [Текст] / К. Зеегер. - М.: Мир, 1977. - 616 с.

3. Вологдин, Э.Н., Интегральные радиационные изменения параметров полупроводниковых материалов [Текст] : учеб. пособие / Э.Н. Вологдин, А.П. Лысенко. – М: Научно-образовательный центр Московского региона в области фундаментальных проблем радиационной физики твердого тела и радиационного материаловедения. Московский государственный институт электроники и математики, 2003. – 92 с.

УДК 004.02

ПОСТРОЕНИЯ ПАРАМЕТРИЗИРОВАННОЙ ГЕОМЕТРИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ ПОЗВОНОЧНИКА ЧЕЛОВЕКА

Т.С. Левцова

*Гомельский технический университет им. П.О. Сухого, г. Гомель,
Республика Беларусь*

Численное изучение физиологических и патологических процессов, происходящих в организме человека, в настоящее время представляется одним из самых актуальных и перспективных направлений в научных исследованиях.

Недостаток необходимой информации о состоянии позвоночника привел к исследованиям геометрических моделей, описывающих различные отделы позвоночника человека. В странах СНГ уровень развития компьютерного моделирования невысок.

Ряд исследователей в РФ и Украине выполняют исследования, которые позволяют по стандартным проекциям рентгенограмм рассчитывать и анализировать изображенную на дисплее пространственную модель деформации различных отделов скелета человека [1]. Однако получаемые в результате геометрические модели являются очень упрощенными и не позволяют учитывать изменения размера моделируемого объекта [2].

Поэтому актуальной является проблема разработки программного средства автоматизации построения параметризированной геометрической модели поясничного отдела позвоночника человека.

При реализации автоматизированной системы были разработаны следующие компоненты:

- модуль предварительной обработки изображений – данный блок предназначен для улучшения изображений перед измерением необходимых параметров позвонка на основе методов пороговой обработки, перевода изображения в градации серого, подавление шумов усредняющим фильтром [3];

- модуль измерения параметров позвонков – данный блок предназначен для определения всех необходимых размеров позвонка по снимкам срезов поясничного отдела позвоночника человека;

- модуль управления параметрами геометрической модели – данный блок предназначен для сохранения информации о размерах позвонков и межпозвонковых дисков в таблицу параметров геометрической модели;

- модуль визуализации геометрической модели – данный блок предназначен для визуализации полученной параметризированной геометрической модели поясничного отдела позвоночника человека.

Автоматизированная система реализована средствами языка *C#* в среде разработки программного обеспечения *Microsoft Visual Studio 2015*.

Геометрическая модель поясничного отдела позвоночника человека строится на основе математической модели, включающей следующие основные параметры:

- ширина тела позвонка;
- длина тела позвонка;
- длина парных поперечных суставных отростков;
- ширина парных поперечных суставных отростков;
- длина непарного остистого суставного отростка;
- ширина непарного остистого суставного отростка;
- длина парных суставных отростков;
- высота позвонка.

Так как позвоночный столб имеет сложную структуру и описание всех его параметров приводит к излишнему загромождению изображения и потере наглядности, то в процессе моделирования были сделаны упрощения некоторых элементов. Тело позвонка задается в форме цилиндра, межпозвоночный диск рассматривается как сплошной упругий элемент, суставные хрящи рассматриваются как упругие конусовидные элементы. Данные упрощения позволяют построить 3D-модель в достаточно простой форме для практической реализации, но при этом достаточно приближенную к ее реальному образу для дальнейших оценок нагрузки и численных экспериментов. На рисунке 1 представлена полученная модель поясничного отдела позвоночника человека.

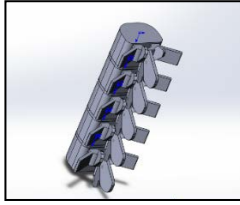


Рисунок 1 – Геометрическая модель поясничного отдела позвоночника человека

Информация о размерах параметров позвонков и межпозвоночных дисков передается в *SolidWorks*. В результате полученная геометрическая модель является переносимой на различные среды дальнейшей обработки, допускает визуализацию с помощью различных технических средств (медицинское оборудование, 3D принтеры) и позволяет учитывать зависимость нагрузки на поясничный отдел позвоночника от соотношения его физических размеров.

Литература

1. Ворошук, Р.С. Ukrainian visible human project / Р.С. Ворошук, М.П. Бурых // Бюллетень Волгоградского научного центра РАМН. – 2006. – №2. – С. 14 – 15.
2. Бублик, Л.А. Исследование напряженно-деформированного состояния конечно-элементной модели фрагмента позвоночного столба при сочетанном использовании траспедикулярных имплантов и вертебропластики / Л.А. Бублик, А.Н. Лихолетов, Я.Е. Бейгельзимер, Р.Ю. Кулагин // Нейрохирургия и неврология Казахстана. – 2013. – № 3. – С. 3 – 7.
3. Гонсалес, Р. Цифровая обработка изображений / Р. Гонсалес, Р. Вудс – М.:Техносфера, 2005. – 1072 с.

УДК 519.63; 004.75; 536.252

О ВЫБОРЕ СТАБИЛИЗИРУЮЩИХ ПАРАМЕТРОВ КУСОЧНО-КВАДРАТИЧНЫХ ВЕСОВЫХ ФУНКЦИЙ ПРИ ЧИСЛЕННОМ РЕШЕНИИ УРАВНЕНИЙ КОНВЕКЦИИ- ДИФфуЗИИ-РЕАКЦИИ МЕТОДОМ КОНЕЧНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ

Сирик С.В., Вишенский А.А., Цверчкова А.А.
НТУ Украины "Киевский политехнический институт"

В настоящее время метод Петрова-Галеркина (МПГ) в форме метода конечных элементов (МКЭ) [1] считается одним из наиболее универ-

сальных и часто используемых методов для построения схем численного решения разнообразных задач математической физики, и, в особенности, задач моделирования процессов конвекции-диффузии-реакции (КДР) [1, 2]. Отметим, что к этому классу процессов относятся большинство процессов, рассматриваемых в гидродинамике и магнитной гидродинамике, а также встречающихся в химической промышленности [1]. В работе [2] рассматривалось уравнение КДР вида

$$k(x) \frac{du(x)}{dx} - \frac{d^2u(x)}{dx^2} + c(x)u(x) = f(x),$$

где $u(x)$ — искомая функция, а $k(x)$, $c(x)$ и $f(x)$ — заданные функции. В работе [2] применялся МПГ с конечноэлементными кусочно-квадратичными весовыми функциями вида

$$W_i(x) = N_i(x) + \alpha_i W_i^*(x),$$

где $N_i(x)$ — кусочно-линейная базисная функция, ассоциированная с узлом x_i равномерной сетки с шагом h , $W_i^*(x)$ — кусочно-квадратичная стабилизирующая функция, α_i — стабилизирующий параметр, от выбора которого существенным образом зависят свойства получаемой вычислительной схемы. Подробная конструкция функций приведена в [2], там также был предложен выбор стабилизирующих параметров в виде

$$\alpha_i = \alpha_{\max,i} \equiv \frac{2k_i h}{12 + 3c_i h^2 \varphi_*}, \quad \varphi_* \equiv \frac{1 + 2 \sin^2(\pi h / 2)}{3 - 3 \sin^2(\pi h / 2)} \quad (1)$$

(индекс i внизу функций обозначает сеточную проекцию) и исследованы свойства вычислительных схем при таком выборе. Отметим, что выражения (1) целесообразно применять при условии $|2kh| \leq |12 + 3ch^2\varphi_*|$, иначе схемная диссипация будет слишком большой, что негативно скажется на качестве численного решения [2]. В случае же доминирования конвективных процессов (когда k большое и выписанное неравенство нарушается) предлагается использовать следующую формулу:

$$\alpha_i = \alpha_{*,i} \equiv \coth \left(\frac{2k_i h}{4 + c_i h^2 \varphi_*} \right) - \frac{4 + c_i h^2 \varphi_*}{2k_i h}. \quad (2)$$

Отметим, что $\alpha_{*,i} = \alpha_{\max,i} + O(h^3)$ при $h \rightarrow 0$. Анализ локальной погрешности (в чебышевской норме) показывает, что она при выборе (2) равна $O(ch^2 + h^4)$, то есть дает схему повышенного (4-го) порядка точности при отсутствии реакционного слагаемого. В таблице 1 приведены результаты тестовых расчетов (при $k = 10^4$, $c = 10^3$, $f(x) = -k - cx$, $0 \leq x \leq 1$, однородные граничные условия типа Дирихле).

Таблица 1. Значения погрешностей при $k = 10^4$, $c = 10^3$.

Число узлов сетки	$\alpha_i = \alpha_{\max,i}$			$\alpha_i = \alpha_{*,i}$		
	err_{H^1}	err_{L_2}	err_C	err_{H^1}	err_{L_2}	err_C
50	70.6796952	0.39144786	0.9380290	70.33065555	0,08153971195	5,692912189E-6
100	70.5947364	0.20519266	0.8870864	69.9150129	0,05673480948	5,103525746E-6
200	70.2783298	0.10222640	0.7871756	69.28955573	0,03910261932	5,01706571E-6
500	68.5235833	0.04032191	0.5494171	67.08986512	0,02297783024	5,001629966E-6
1000	64.3551361	0.01939215	0.3026035	63.25456341	0,01427094064	4,958123205E-6
2000	55.3369550	0.00858188	0.0978352	55.02490611	0,00757180493	3,962331695E-6
4000	40.1131652	0.00315665	0.0156696	40.09238437	0,00303655449	1,846022485E-6
8000	23.7351648	9.37354E-4	13.292E-4	23.73477322	0,000927573725	5,420821381E-7
12000	16.4507765	4.3336E-4	25.252E-5	16.45074861	0,000431308726	2,244254562E-7
16000	12.5167032	2.47338E-4	77.569E-6	12.51669923	0,000246674052	1,211857694E-7

Таким образом, выбор стабилизирующих параметров в виде (2) может быть эффективным при интегрировании уравнений КДР типа (как стационарных, так и нестационарных).

Литература

1. Roos Н.-G., Stynes М., Tobiska L. Robust numerical methods for singularly perturbed differential equations [Text]. — Berlin, Heidelberg: Springer-Verlag, 2008. — 604 p.
2. Сирик С.В. Оценки точности конечноэлементного метода Петрова-Галеркина при интегрировании одномерного стационарного уравнения конвекции-диффузии-реакции [Текст] // Украинский математический журнал — 2015. — Т.67, № 7. — С. 937-961.

СЕКЦІЯ 2
СУЧАСНІ АСПЕКТИ МАТЕМАТИЧНОГО
ТА ІМІТАЦІЙНОГО МОДЕЛЮВАННЯ
СИСТЕМ У ВИРОБНИЦТВІ

**ДИНАМІЧНА МОДЕЛЬ КЕРУВАННЯ ЯКІСТЮ
ВИКОНАННЯ ТЕХНОЛОГІЧНИХ ОПЕРАЦІЙ ІЗ
ВИКОРИСТАННЯМ ТЕХНІЧНИХ СИСТЕМ
ОПЕРАТИВНОГО МОНІТОРИНГУ У РОСЛИННИЦТВІ ДЛЯ
ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ КЕРОВАНОГО АГРОБІОЛОГІЧНОГО
СТАНУ СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКИХ УГІДЬ ІЗ
ВИКОРИСТАННЯМ ПРОГНОСТИЧНО-КОМПЕНСАЦІЙНОЇ
ТЕХНОЛОГІЇ ДИФЕРЕНЦІЙОВАНОГО ВНЕСЕННЯ
ТЕХНОЛОГІЧНОГО МАТЕРІАЛУ**

О.О. Броварець

*Національний університет біоресурсів і природокористування
України*

Постановка проблеми. Належне керування агробіологічним станом ґрунтового середовища не можливе без прогнозування динаміки зміни його стану. На сучасному етапі найбільш широко використовують традиційні системи моніторинг, на основі лабораторному аналіз. Такі методи досить точні, проте і вартісні з точки зору затрат. Також ці системи мають досить великий недолік - швидкість визначення агробіологічних параметрів, зокрема вмісту поживних речовин у ґрунті. Все це в кінцевому випадку впливає на достовірність інформації та ефективність прийняття рішення. Проте навіть володіння такою інформацією не може забезпечити належну якість виконання технологічних операцій відповідно до агробіологічного стану ґрунтового середовища. Саме тому виникає необхідність у розробці динамічної моделі керування якістю виконання технологічних операцій із використанням технічних систем оперативного моніторингу у рослинництві для забезпечення керованого агробіологічного стану сільськогосподарських угідь із використанням прогностично-компенсаційної технології диференційованого внесення технологічного матеріалу

Мета дослідження - розробка методики розрахунку та побудови динамічного управління якістю виконання технологічних операцій із використанням технічних систем оперативного моніторингу у рослинництві для забезпечення керованого агробіологічного стану сільськогосподарських угідь шляхом реалізації прогностично-компенсаційної технології диференційованого внесення технологічного матеріалу.

Результати досліджень. Сільськогосподарське поле – складна динамічна модель, стан якої залежить від агробіологічного стану сільськогосподарських угідь та рослин і фізичної дії на їх робочих органах сільськогосподарських машин. Для забезпечення ефективного керування таким станом необхідно використовувати агробіологічні знання про поле (розподіл поживних речовин, твердість, урожайність тощо) та використовувати сучасні технічні системи оперативного моніторингу стану сільськогосподарських угідь. Використання технічних систем оперативного моніторингу стану сільськогосподарських угідь дозволяє забезпечити динамічне управління якістю виконання технологічних операцій. Дані отримані від таких систем використовують для синтезу завдання для оперативного керування сільськогосподарськими машинами при забезпеченні керованого агробіологічного стану сільськогосподарських угідь шляхом реалізації прогностично-компенсаційної технології диференційованого внесення технологічного матеріалу. Таким чином, для динамічного управління якістю виконання технологічних операцій із використанням технічних систем оперативного моніторингу у рослинництві для забезпечення керованого агробіологічного стану сільськогосподарських угідь шляхом реалізації прогностично-компенсаційної технології диференційованого внесення технологічного матеріалу необхідно визначити послідовність дій по управлінню об'єктом (сільськогосподарським угіддям) необхідно забезпечити максимум або мінімум заданого значення при забезпеченні належного функціонування сільськогосподарської машини.

У загальному випадку якість виконання технологічних операцій має нескінченну систему обмежень при відкритій множині агробіологічних параметрів. У такому разі для забезпечення динамічного управління якістю виконання технологічних операцій необхідно синтезувати ряд фізичних дій для забезпечення керованого агробіологічного стану сільськогосподарських угідь. Важливою складовою ефективного функціонування такої системи є використання технічних систем оперативного моніторингу у рослинництві, які б функціонували у автоматичному режимі. Тому першочерговим завданням є визначення методики оперативного моніторингу та механіко-конструктивних параметрів такої системи. Тому необхідно синтезувати ланцюжок дій, для забезпечення функції мети (динамічне керування якістю виконання технологічних операцій) з використанням автоматичного керування від технічних систем оперативного моніторингу у рослинництві.

Висновки.Динамічне управління якістю виконання технологічних операцій із використанням технічних систем оперативного моніторингу у рослинництві для забезпечення керуваного агробіологічного стану сільськогосподарських угідь шляхом реалізації прогностично-компенсаційної технології диференційованого внесення технологічного матеріалу може функціонувати в автоматизованому режимі. Для забезпечення керування системою в автоматизованому режимі маємо систему «машина-моніторинг-поле».

За допомогою даної моделі можна вирішити проблему оптимального використання технологічного та агробіологічного ресурсу для досягнення максимального ефекту при виборі при умові обмеженого використання цих ресурсів.

УДК 005.3

МАТЕМАТИЧНІ МОДЕЛІ АНАЛІЗУ ТА ОЦІНКИ РИЗИКІВ

М.В. Двоєглазова

Чернігівський національний технологічний університет, Україна

Ризик є невід'ємним елементом діяльності будь-якого підприємства, що функціонує в ринковій економіці. Головними завданнями управління ризиками можна назвати: забезпечення повного контролю над ризиками за рахунок їх опису і оцінки, ефективна система моніторингу та своєчасне виявлення нових ризиків; впровадження принципів обліку ризиків для прийняття управлінських рішень; аналіз впливу ризиків на ключові показники діяльності фірми, включаючи її вартість; забезпечення прогнозованості ризиків і, відповідно, страхування від втрат; можлива мінімізація ризиків і втрат за умови дотримання економічної доцільності; забезпечення ефективного зв'язку між прагненням підприємства отримати прибуток і прагненням зробити це з мінімальними втратами, тобто забезпечення оптимального поєднання дохідності та ризику [1].

Будь-який проект завжди тягне за собою невизначеність як атрибут, що містить ризик. Управління проектними ризиками являє собою складну, багатокритеріальну та багато параметричну задачу, яка містить невизначеність та неповноту. Успішне управління ризиками вимагає вміння їх аналізувати та прогнозувати [2, 3]. Існуючі методи оцінки ризику у науковій літературі можна поділити на феноменологічні, детерміністичні, імовірнісні та методи нелінійної динаміки й синергетики [4]. Для обґрунтування та розробки моделей оцінки ризику потрібен ретельний аналіз характеру вихідної інформації про

причини та фактори ризику. В залежності від характеру вихідної інформації й обраного способу опису невизначеності найбільш поширені такі типи математичних моделей оцінки наслідків ризику: детерміновані; стохастичні; лінгвістичні та нестохастичні (ігрові) [5].

Детерміновані моделі застосовуються у випадках, коли природа причин та факторів ризику визначена і щодо кожної дії відомо, що воно неодмінно призводить до деякого конкретного результату. В цьому випадку математичними засобами опису фінансового ризику служать класичні математичні методи аналізу та програмування, математичної логіки.

Стохастичні моделі оцінки ризиків припускають випадковість причин і факторів ризику. В цьому випадку ризик може бути описаний розподілом ймовірностей на заданій множині.

Лінгвістичні моделі описують невизначеність вербально функцією приналежності. Для побудови функції приналежності використовуються експертні судження про ступінь схильності того чи іншого потенційно можливого події до того, щоб бути реалізованим. В цьому випадку застосовується апарат нечіткої логіки [6].

Для побудови нестохастичної (ігрової) моделі задається лише безліч окремих значень наслідків ризикової події, потенційно що може бути реалізованим. Як опису використовуються математичні і статистичні ігри, теорія корисності, тощо [5].

Проведений аналіз дозволяє систематизувати знання про існуючі математичні моделі оцінки та аналізу ризиків. Наявні знання дозволять в подальшому розробити комплексну математичну модель аналізу та оцінки ризиків при управлінні проектами та програмами в складних технічних системах.

Література

1. Головач, Т.В. Огляд сучасних методів і методик оцінювання економічних ризиків [Текст] / Т.В. Головач // Вісник Хмельницького національного університету: Наук.журнал. – Хмельницький: Вид-во ХНУ, 2014. - № 3. – С. 180-183.
2. Комишова, Г.І. Методи оцінки ризиків у проєкті [Текст] / Г.І. Комишова // Управління проектами та розвиток виробництва: Зб.наук.пр. – Луганськ: вид-во СХУ ім. В.Далія, 2010. – № 3(35). – С. 94-97.
3. Орлов, А.И. Подходы к общей теории риска [Текст] / А.И. Орлов, О.В. Пугач // Управление большими системами: сборник трудов. – М.: ИПУ РАН, 2012. - № 40. – С. 49-82.
4. Скакун, В.О. Методи та моделі управління ризиком в проєктах модернізації потенційно небезпечних об'єктів [Текст] / В.О. Скакун,

Ю.П. Рак // Управління проектами та розвиток виробництва: Зб.наук.пр. – Луганськ: вид-во СНУ ім. В.Даля, 2009. – № 1(29). – С. 11-17.

5. Анализ моделей оценки риска. ManagerLines [Электронный ресурс]. URL: <http://www.managerlines.ru/linems-668-1.html> .

6. Рудниченко, Н.Д. Нечетко-вероятностная модель оценок рисков сложных технических систем [Текст] / Н.Д. Рудниченко, В.В. Вычужанин // Информатика та математичні методи в моделюванні. – 2014. – № 3. – С. 225–232.

УДК 656.13

ПРОГРАМНІ ЗАСОБИ ІМІТАЦІЙНОГО МОДЕЛЮВАННЯ В ЗАБЕЗПЕЧЕННІ КОНТРОЛЮ ЯКОСТІ ОБСЛУГОВУВАННЯ ПАСАЖИРІВ НА МАРШРУТАХ МІСЬКОЇ ПАСАЖИРСЬКОЇ ТРАНСПОРТНОЇ СИСТЕМИ

*О.Є. Сокульський, **К.Ю. Гілевська, **Н.М. Васільцова, ***Д.Л. Панченко

**Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут»*

***Національний транспортний університет*

****Державна екологічна академія післядипломної освіти та управління*

На сьогоднішній день організація роботи на маршрутах міської пасажирської транспортної системи (МПТС) в Україні здійснюється без оцінки і контролю якості обслуговування пасажирів, що призводить до незацікавленості перевізника в його підвищенні і незадоволеності пасажирів його рівнем. Договори, укладені між муніципалітетом і перевізником, як і в радянські часи, містять тільки валові показники пасажирообороту, які ніяк не характеризують умови, в яких здійснюються транспортні перевезення з точки зору пасажирів. Це відбувається на фоні відсутності законодавчо встановлених показників та нормативів якості обслуговування пасажирів на маршрутах МПТС.

Ситуація ускладнюється недобросовісною конкуренцією з боку приватних перевізників: вони починають рух на пару хвилин раніше, ніж комунальний транспорт, і, таким чином, обслуговують максимальну кількість платоспроможних пасажирів. Результат - муніципальний транспорт обслуговує пільговиків, витрати на перевезення яких

покриваються з міського бюджету. У такій ситуації, побудова економічно обґрунтованої та прозорої системи міського транспорту, заснованої на забезпеченні певного рівня якості обслуговування пасажирів, неможливо.

Якщо узагальнити все вищенаведене, то стан речей в галузі міських пасажирських перевезень в Україні можна охарактеризувати наступним чином: комунальний перевізник, працює за принципом «менше рейсів – менше збитків», а тому пасажир повинні або змитися із низькими рівнем якості обслуговування комунальними перевізником (переповненість салону, великий час чекання на зупинці), або користуватися послугами приватних перевізників, які за більший рівень тарифу на перевезення можуть забезпечити тільки прийнятний час чекання на зупинці при повній невизначеності усіх інших показників якості обслуговування пасажирів на маршруті МПТС.

Проблема функціонування МПТС з урахуванням економічних інтересів приватного або комунального перевізника і показників якості обслуговування пасажирів [1, 2] може бути вирішена з використанням системи імітаційного моделювання. Причому, як показує аналіз предметної області, доцільно її використовувати двічі:

1) на етапі визначення інтервалу руху пасажирських транспортних засобів (ТЗ), який забезпечує дотримання нормативів якості обслуговування пасажирів та мінімізує шкідливий викид в атмосферу від роботи двигунів рухомих одиниць;

2) на етапі функціонування системи управління міським пасажирським транспортом для визначення рівня якості обслуговування пасажирів.

На першому етапі, з урахуванням обстеження пасажиропотоків на маршруті (визначають рівень потреби громадян в транспортній послугі), які нам дані як вихідні дані та які ми не можемо змінити, проводиться імітаційне моделювання процесу функціонування пасажирських маршрутів МПТС з урахуванням показників якості обслуговування пасажирів.

Імітаційною моделлю маршруту МПТС є система масового обслуговування, в якій пасажирів описуються транзактами, зупинки – чергами, пасажирські ТЗ - багатоканальними пристроями обслуговування з кількістю каналів дорівнює паспортній пасажиромісткості рухомих транспортних одиниць (автобусів, тролейбусів, трамваїв, складів метро або міської електрички). В процесі проведення серії імітаційних експериментів з різною кількістю ТЗ, підбирається та-

кий інтервал руху, який дозволить здійснювати пасажирські транспортні перевезення з урахуванням показників якості обслуговування пасажирів [3]. Якщо в транспортних підприємствах ми маємо декілька типів рухомих одиниць (РО), то можна підібрати такий тип, робота якого на маршруті зменшить шкідливий вплив на навколишнє середовище.

Автори пропонують і використовують в своїх дослідженнях в якості основних показників і їх нормативів використовувати:

1) показники комфортності (наявність в пасажирському транспортному засобі низької підлоги і широких дверей для вільного проходження інвалідних крісел і дитячих колясок і допустиме наповнення салону - не більше 75% від паспортної пасажиромісткості);

2) показники своєчасності (максимальний інтервал руху пасажирських ТЗ на годину «пік» - 10 хвилин, в інший час доби - 20 хвилин).

Модель з такими параметрами послужить надалі еталоном для порівняння з поточним станом ситуації з обслуговуванням пасажирів на маршруті МПТС. Крім інтервалу руху, на основі результатів моделювання, можна визначити і таку важливу характеристику функціонування маршруту як середнє і максимальне кількість пасажирів на зупинках.

На другому етапі на основі даних системи моніторингу руху комунального транспорту [4] обчислюється показник якості обслуговування пасажирів, як міра неузгодженості між нормативним (еталонним) режимом руху пасажирського ТЗ та його реальним рухом по маршруту.

В якості такого показника може служити запропонований в [5] інтегральний показник якості обслуговування пасажирів як сума вартісних оцінок сумарного часу очікування пасажирів РО на зупинках маршруту і сумарних пасажиро-кілометрів, які були зроблені на перегонах маршруту з порушенням комфортності поїздки пасажирів.

Для його обчислення необхідно використовувати імітаційну модель функціонування маршруту, в яку введені реальні дані руху по маршруту пасажирських ТЗ. Так як пасажиропотоки зупиночних пунктів для даного часу доби і дня тижня залишаються незмінними, то в послідовності вихідних даних для моделі можуть змінюватися тільки тривалості перегонів між зупинками, які відповідають реальній дорожній обстановці на вулицях міста.

Сучасні пасажирські ТЗ мають (або можуть бути додатково обла-

днані) GPS або ГЛОНАСС контролерами. За допомогою системи передачі даних за стандартами GSM, CDMA або супутникового зв'язку поточні координати пасажирського ТЗ та їх тимчасові мітки надходять в моніторинговий центр МПТС, який здійснює контроль за станом пасажирських транспортних перевезень на вулицях міста [6].

Імітаційне моделювання з реальними даними, які були отримані від супутникової системи моніторингу руху комунального транспорту (просторові і тимчасові мітки), дозволяє визначити кількість пасажирів, яким було відмовлено в посадці в пасажирський транспортний засіб, а також кількість пасажирів, які були обслужені з порушенням показників якості обслуговування на зупиночних пунктах і перегонах маршруту. На підставі цих даних розраховуються інтегральний показник якості обслуговування пасажирів. Значення показників якості обслуговування пасажирів, розраховані на протяжці кожного рейсу з урахуванням взаємного зв'язку між послідовними рейсами, дозволять в подальшому розрахувати його значення на маршруті, автотранспортному підприємстві, МПТС за будь-який часовий проміжок (день, тиждень, місяць, квартал, рік).

Така методика визначення стану якості пасажирських перевезень на маршруті МПТС не вимагає додаткового обладнання, крім розробки і установки програмного забезпечення, яке буде використовуватися на обчислювальних ресурсах моніторингового центру комунального транспорту. Завданням програмного комплексу буде підрахунок значення інтегрального показника якості обслуговування пасажирів згідно обраного алгоритму в будь-який момент часу і збереження його значення в базі даних.

Аналіз інтегральних показників якості обслуговування пасажирів, розрахованих за допомогою засобів імітаційного моделювання, дозволить підрозділу муніципалітету, яке відповідає за функціонування МПТС, зробити висновок про ступінь задоволеності пасажирів якістю обслуговування на міському пасажирському транспорті та виявити причини його низького рівня.

Розробка і впровадження системи контролю якості пасажирських перевезень в місті на основі системи імітаційного моделювання, як підсистеми управління муніципальним транспортом, з урахуванням проведених досліджень дозволить оцінити реальний стан рівня якості пасажирських перевезень на маршрутах МПТС, намітити і вжити заходів щодо його поліпшення.

Теоретична і практична значущість результатів дослідження полягає в тому, що вперше обґрунтовано та запропоновано науково-

методичні та технічні основи побудови системи контролю якості міських пасажирських перевезень з використанням системи імітаційного моделювання.

Література

1. Розробка оптимальної організації та функціонування міської пасажирської транспортної системи в ринкових умовах [Текст] : звіт про НДР (заключ.) / МОН України, Нац. транспорт. ун-т ; кер. Є. Г. Логаčov ; викон. : Л. Струневич, Г. Москвічова, К. Гілевська [та ін.]. – К. : НТУ, 2007. – 205 с. – № ДР 0105U000665. – Інв. № 39.
2. Лігум, Ю.С. Економічна модель якості обслуговування пасажирів на маршрутах міської пасажирської транспортної системи [Текст] / Ю.С. Лігум, Є.Г. Логаčov // Науково-економічний журнал „Актуальні проблеми економіки” – 2004. – № 7. – С. 124–140.
3. Сокульський, О.Є. Методика визначення інтервалу руху пасажирського транспортного засобу на маршруті МПТС, з урахуванням пасажиропотоків, коефіцієнту заповнення салону та часу чекання пасажиром на зупинці [Текст] / Сокульський О.Є., Гілевська К.Ю., Панченко Д.Л. // Управління проектами, системний аналіз і логістика. - К.: НТУ, 2014. – Вип. 14. – С. 223 - 232.
4. Логаčov, Є.Г. Визначення якості обслуговування пасажирів на маршрутах МПТС на підставі даних супутникової системи моніторингу комунального транспорту [Текст] / Логаčov Є.Г., Сокульський О.Є., Чумакевич В.О., Гілевська К.Ю. // Зв'язок – 2013. - № 2. – С. 69-72.
5. Логаčov, Є.Г. Визначення та використання вартісної оцінки неякісних транспортних послуг, що надаються перевізником на маршруті МПТС [Текст] / Є. Г. Логаčov, О. Є. Сокульський // Вісник Нац. транспорт. університету. – 2011. – № 24, ч. 2. – С. 183–188.
6. Глобальні супутникові системи навігації та зв'язку на транспорті [Текст] : навчальний посібник / Л.С. Беляєвський, П.Р. Левковець, А.М. Ткаченко, Є.О. Топольськов, А.А. Сердюк - К: ДажБог, 2009. - 216 с.

МАТЕМАТИЧНЕ МОДЕЛЮВАННЯ ФОТОСЕПАРАЦІЇ РУХОМОГО ШАРУ НАСІННЯ

В.В. Адамчук, акад. НААН, професор, д.т.н., В.О. Швидя, к.т.н.
*Національний науковий центр «Інститут механізації та електри-
фікації сільського господарства», Україна*

В останні роки на ринку України з'явився новий клас насіннеочисної техніки, який використовує світло у технологічному процесі (фотосепаратори). Даний клас сепараторів дає можливість забезпечити високу якість очищення при мінімізації пошкодження насіння, а також забезпечити підвищення схожості шляхом видалення пошкодженого та недорозвиненого насіння. Проте, застосовуються фотосепаратори лише у кінцевій обробці насіння. Висока вартість та обмежене застосування стримують розвиток фотосепараторів. Для підвищення функціональних можливостей і використання на інших етапах післязбиральної обробки насіння необхідно розробити математичну модель сепарації, аналіз якої дасть можливість науково обґрунтувати даний спосіб сепарації та вказати нові шляхи використання і підвищення техніко-економічних показників фотосепаратора.

В зв'язку з цим виникла наступна мета роботи: розроблення загальної математичної моделі технологічного процесу фотосепарації, аналіз якої давав би можливість визначити та обґрунтувати раціональні режими.

Технологічний процес фотосепарації складається з декількох операцій: подачі насінневої суміші до оптичної камери, розпізнавання оптичних образів насіння, видалення сторонніх домішок екстракційним пристроєм. Відповідно до структури технологічного процесу було розроблено загальну структуру математичної моделі фотосепарації (рис. 1).

Світлове випромінювання від джерела з вхідними оптичними характеристиками $Y(x_1, x_{i+1}, \dots, x_n)$, проходить скрізь рухомий шар насінневої суміші внаслідок чого змінюються його оптичні характеристики на вихідні $Y(xx_1, xx_{i+1}, \dots, xx_n)$. Зміна оптичних параметрів світлового випромінювання $(\Delta x_1, \Delta x_{i+1}, \dots, \Delta x_n)$ обумовлена взаємодією світла з поверхнею рухомого шару насіння, кінематичні, фізико-механічні, оптичні та статистичні характеристики якого виражаються функцією $F(\bar{\gamma}, \bar{v}, \bar{op}, \bar{ps})$. Виражаючи зміну оптичних характеристик

світлового випромінювання ($\Delta x_1, \Delta x_{i+1}, \dots, \Delta x_n$) частинними похідними, отримаємо загальну математичну модель взаємодії світла з рухомим шаром насіння:

$$\sum_{i=1}^n \frac{\partial Y}{\partial x_i} = F(\bar{\gamma}, \bar{v}, \bar{op}, \bar{ps}), \quad (1)$$

де x_i — i -тий оптичний параметр світлового випромінювання;

$\bar{\gamma}$ — сукупність фізико-механічних характеристик рухомого шару насіння;

\bar{v} — сукупність кінематичних характеристик рухомого шару насіння;

\bar{op} — сукупність оптичних характеристик рухомого шару насіння;

\bar{ps} — сукупність статистичних характеристик рухомого шару насіння;

n — номенклатура оптичних параметрів світлового випромінювання.

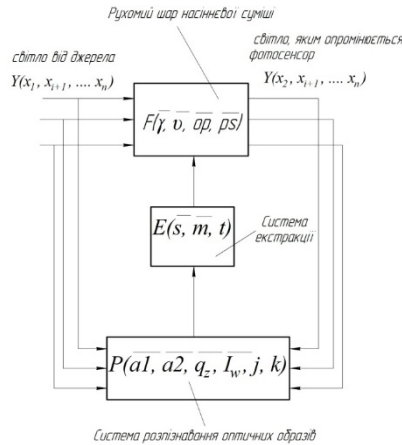


Рис. 1 – Структурна схема математичної моделі фотосепарації

По зміні оптичних характеристик світлового випромінювання ($\Delta x_1, \Delta x_{i+1}, \dots, \Delta x_n$) система розпізнавання оптичних образів (рис.1) формує матрицю (y_{11}, \dots, y_{jk}) , яка є оптичним образом насінини та

відображає оптичні характеристики її поверхні по ділянках (пікселях). На формування матриці (y_{11}, \dots, y_{jk}) , впливають як сукупність параметрів оптичної системи фотосепаратора $\overline{a1}$, так і сукупність параметрів електронної системи обробки інформації $\overline{a2}$. Сформована матриця оптичного образу насінини (y_{11}, \dots, y_{jk}) порівнюється за допомогою алгоритмів з еталонною $(et_{11}, \dots, et_{jk})$. Якщо матриця оптичного образу насінини (y_{11}, \dots, y_{jk}) не відповідає критеріям оцінки заданих у еталонному оптичному образі $(et_{11}, \dots, et_{jk})$, то генерується сигнал екстракції некондиційного насіння A . У даному процесі спостерігається дві взаємопов'язані події: формування матриці (y_{11}, \dots, y_{jk}) та її порівняння з еталонною $(et_{11}, \dots, et_{jk})$, тоді, застосовуючи формулу Байеса до цих двох подій та теорему множення умовних ймовірностей до процесів обробки світла оптичною системою фотосепаратора і електричних сигналів електронною системою фотосепаратора [1], отримуємо математичну модель роботи системи розпізнавання оптичних образів, що характеризується ймовірністю екстракції некондиційного насіння P_A , при цьому ймовірність формування матриці оптичного образу, якщо відбувається її порівняння з еталонною дорівнює 1:

$$P_A(\overline{a1}, \overline{a2}, \overline{q_z}, \overline{I_W}, j, k) = \frac{p(\overline{a2}) \cdot p(\overline{q_z}) \cdot f(\overline{I_W})}{p(\overline{a1}) \cdot p(\overline{a2} | \overline{a1}) \cdot p(y_{11}, \dots, y_{jk})}, \quad (2)$$

де j, k — кількість елементів оптичного образу насінини по горизонталі та по вертикалі, відповідно;

$p(\overline{a1})$ — ймовірність аберації оптичної системи фотосепаратора;

$p(\overline{a2} | \overline{a1})$ — ймовірність похибки електронної системи обробки інформації фотосепаратора, якщо світлове випромінювання вже було оброблене оптичною системою;

$p(\overline{a2})$ — ймовірність похибки електронної системи обробки інформації фотосепаратора;

$p(\overline{q_z})$ — ймовірність похибки алгоритму порівняння з еталонним образом;

$p(y_{11}, \dots, y_{jk})$ — ймовірність похибки алгоритму порівняння з еталонним образом;

$f(\overline{I}_W)$ — функція, що виражає інформативність w -того параметра, яка дорівнює [2]:

$$f(\overline{I}_W) = \sum_{i=1}^r p(C_i) \cdot lb[p(C_i)] + \sum_{u=1}^z \sum_{i=1}^r p(C_i, y_{w_i}) \cdot lb[p(C_i, y_{w_i})] - \sum_{u=1}^z \sum_{i=1}^r p(C_i, y_{w_i}) \cdot lb \sum_{i=1}^r p(C_i, y_{w_i}), \quad (3)$$

де r — кількість класів об'єкту розпізнавання;

z — кількість дискретних значень;

C_i — i -тий клас ознак об'єкта;

$p(C_i)$ — апіорна ймовірність класу C_i серед всіх r класів;

$p(C_i, y_{w_i})$ — спільне розподілення ймовірностей значень ознак

y_{w_i} для класу C_i .

Сигнал екстракції некондиційного насіння A (рис.1) надходить до системи екстракції, яка видаляє некондиційне насіння. Технологічний процес роботи системи екстракції оцінюється ефективністю сепарації. Застосовуючи основне рівняння сепарації [3], отримуємо математичну модель системи екстракції, що виражає її технологічну ефективність:

$$E(\overline{s}, \overline{m}, t) = 1 - e^{-\overline{p(m)} \cdot \overline{f(s)} \cdot t}, \quad (4)$$

де $\overline{p(m)}$ — ймовірність потрапляння насінини у зону дії екстрактора;

$\overline{p(s)}$ — функція, що характеризує умови сепарації;

t — час сепарації.

Таким чином, розроблена загальна математична модель фотосепарації, яка складається з рівнянь (1) – (4), описує технологічний процес роботи фотосепаратора в цілому. Аналіз і формалізація складових рівнянь: $F(\overline{\gamma}, \overline{\nu}, \overline{op}, \overline{ps})$, $p(\overline{a1})$, $p(\overline{a2} | \overline{a1})$, $p(\overline{a2})$, $p(\overline{q_z})$,

$f(\overline{I}_W)$, $\overline{p(m)}$, $\overline{p(s)}$ дають можливість встановити раціональні режими і параметри процесу. Аналіз у цілому розробленої математичної моделі дає можливість вказати досліднику шляхи вдосконалення технологічного процесу.

Література

1. Вентцель, Е.С. Теория вероятностей [Текст]: Учеб. для вузов. — 6-е изд. стер. — М.: Высш. шк., 1999.— 576с.
2. Федотов, Н.Г. Теория признаков распознавания образов на основе стохастической геометрии и функционального анализа [Текст] / Н.Г. Федотов – М.: ФИЗМАТЛИТ, 2010 – 304с.
3. Машины для послеуборочной поточной обработки семян. Теория и расчёт машин, технология и автоматизация процессов / [Под ред. Тица З.Л.] – М.: Машиностроение, 1967. – 446 с.

УДК 621.9

АВТОМАТИЗОВАНИЙ ПОШУК ОПТИМАЛЬНОЇ КІЛЬКОСТІ КЛАСТЕРІВ ПРИ ВИРШЕННІ ЛОГІСТИЧНИХ ЗАДАЧ

В.А.Бичко

Чернігівський національний технологічний університет, м. Чернігів, Україна

Вступ. При розв'язанні логістичних задач часто виникає потреба правильно визначити оптимальну кількість термінальних об'єктів (ТО). Подібні підзадачі особливо актуальні при оптимізації транспортування як пасажирів так і вантажу. [1,2] Зокрема, така задача має місце при визначенні кількості ТО, призначених для перевантажування, тимчасових складів паливних, або автозаправок. При оптимізації пасажирських перевезень це може бути кількість транзитних терміналів, транспортних зупинок або, навіть, ліфтів.

Із зрозумілих причин модель процесу перевезень буде більш життєздатна, якщо вона буде враховувати більше чинників, що впливають на кінцевий результат. В сучасних умовах швидкість отримання кінцевого результату також є запорукою конкурентоздатності створеної моделі. Але такі розрахунки робити власноруч зовсім неефективно

Виходячи з цих міркувань, набуває актуальності питання автоматизації знаходження оптимальної кількості кластерів та розташування їх центрів.

На цей час відомо багато алгоритмів кластеризації [3,4]. Але вони, як правило, пристосовані для вирішення конкретних задач з певними умовами. Мета цієї роботи полягає у формалізації математичної певної логістичної задачі [5], а також підбору та адаптації алгоритму кластеризації для її вирішення.

Отже, в цій роботі розглядається процес автоматизованого вирішення задачі по визначенню оптимальної кількості ТО з урахуванням розташування їх в метричному просторі

Вхідні данні:

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

2) Масив вузлів, що асоціюються з термінальними та кінцевими об'єкт (КО). Параметри: просторові координати вузлів; умовна вага КО.

3) Дані про затрати на перевезення вантажів та на утримання ТО.

Передбачається, що кожен КО може стати ТО. У задачі необхідно отримати оптимальний план групування КО по кластерам та визначити координати ТО з урахуванням критерію найменшої вартості перевезення від КО до ТО та затрат на утримання ТО.

Вихідні данні:

1). Масив ТО з координатами їх розташування.

2) План маршрутів перевезення між КО та ТО.

3) Оціночні характеристики вартості перевезення між КО та ТО.

В рамках даної задачі можна розглядати випадок, у якому вартість перевезення окремими сегментами шляху не однорідна, що безпосередньо повинно вплинути на результат.

Методика отримання оптимального рішення. Подібні задачі, як правило, мають характерну особливість, а саме, умова балансу декількох чинників, що впливають на ефективність сформульованої математичної моделі. Наприклад, при виборі недостатньої кількості терміналів буде утворюватися черга транспортних засобів (ТЗ), час простою в якій треба розглядати як витрати, які можна записати як:

$$Q = \sum_{j=1}^m k_j t_j \quad (1),$$

де t_j - час простою транспортного засобу (ТЗ); k_j – вартість одиниці часу експлуатації ТЗ.

З іншого боку, надмірна кількість терміналів окрім витрат на їх створення веде до витрат на їх утримання. Тобто,

$$Q_2 = \sum_{i=1}^n k_i t_i \quad (2),$$

де t_j - час простою терміналу; k_i – вартість одиниці часу експлуатації терміналу.

При розгляді процесу розвантажування або перевантажування спрощену модель характеризує наступне рівняння балансу:

$$\sum_{i=1}^n R_i = \sum_{j=1}^m C_j \quad (3),$$

де R_i - пропускна здатність терміналів за одиницю часу; C_j – вантажємність одного ТЗ.

З іншого боку задача стає складнішою, якщо в моделі врахувати умови метричного простору. Наприклад, в задачі потрібно врахувати просторове розташування ТО. В такому випадку задача пошуку оптимального числа ТО трансформується в задачу кластеризації [3] з вимогою обчислення оптимального числа кластерів та розташування їх центрів.

Аналізуючи характер залежності витрат від кількості кластерів можна прийняти за основу твердження, функція сумарних витрат є адитивною величиною двох складових:

$$\varphi(n) = \sum_{i=1}^n Q_i + \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m C_{i,j} \quad (4),$$

де Q_j - затрати на утримання одного ТО; C_{ij} - сумарні витрати на перевезення від КО до ТО.

Слід зауважити, що сумарні витрати на перевезення від КО до ТО пропорційно залежать від довжини шляху від КО до ТО:

$$\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m C_{i,j} \sim \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m L_{i,j} \quad (5),$$

де L_{ij} – довжина певного шляху від КО до ТО.

Отже, вираз (4) можна представити як співвідношення:

$$\varphi(n) \sim \sum_{i=1}^n Q_i + \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m L_{i,j} \quad (6)$$

Виходячи з міркувань, що величина $\sum Q(n)$ – лінійно зростає зі збільшенням кількості ТО, а величина $\sum L(n)$ монотонно зменшується при тих же умовах, можна очікувати, що цільова функція (6), що характеризує сумарні витрати, буде мати мінімум в точці М (Рис.1).

Виходячи з цих міркувань, створену модель на певному етапі можна спростити, а саме мінімізувати сумарну відстань від КО до ТО. Напевно у граничному випадку, коли кількість ТО дорівнює кількості КО отримаємо:

$$\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m L_{i,j} = 0 \quad (7).$$

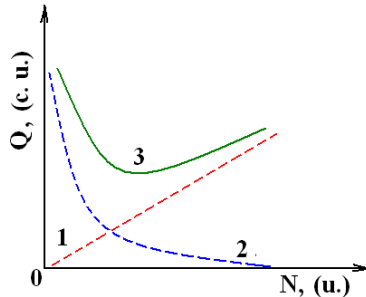


Рис. 1. Априорна витрата від кількості кластерів, де 1- сумарні витрати на утримання ТО; 2- сумарні транспортні витрати між КО та ТО ; 3- крива суперпозиції витрат.

В цьому випадку вага першого доданку (6) корегує розташування точки мінімуму.

Існують два шляхи створення кластерів: групування «зверху» та «знизу». У першому випадку спочатку визначаються центри кластерів, а потім кінцеві елементи приєднуються до кластеру. У другому випадку навпаки - кінцеві елементи по чергово з'єднуються та між ними визначається центр кластера. Потім до кластеру приєднується новий найближчий елемент та знову визначається новий центр кластеру. Така процедура триває, доки не досягнемо мінімуму цільової функції.

На наступному етапі планується реалізувати алгоритм кластеризації, адаптований для розглянутої задачі, протестувати у ньому обидва підходи групування кластерів та порівняти їх з існуючими алгоритмами, такими як ISODATA [5] та FOREL.

Література

1. Левковець, П.Р., Товкун, Д.Л. Управління перевезеннями вантажів і логістика [Текст]. - Київ: НТУ, 2002. – 144 с.
2. [Електронний ресурс] - [Режим доступу] : <https://www.arcgis.com/home/>
3. G. H. Ball, D. J. Hall Isodata, a novel method of data analysis and pattern classification [Text] // Technical report. - Stanford Research Institute, Menlo Park, California. - 1965.
- 4 Parul Agarwal, M. Afshar Alam, ,Ranjit Biswas. Issues, Challenges and Tools of Clustering Algorithms // IJCSI International Journal of Computer Science Issues. – 2011. - Vol. 8, Issue 3, No. 2, [Електронний ресурс] - [Режим доступу] : www.IJCSI.org 523
5. V. Bychko, Ramit Azad and Tanvir Ahmed Biman. Automation In Search Of Optimal Plan Resolution of Logistics Tasks With

Georeferenced [Text] //Proceedings of 11th Global Engineering, Science and Technology Conference. 18-19 December, 2015 Venue: BIAM Foundation, Dhaka, Bangladesh // Published by: Global Institute of Science & Technology, Australia.31 Blake Street, Berwick 3806, Melbourne, Victoria, Australia. - P. 302.

6. Kumar, S., Tamura, K., Jakobsen, I.B., Nei, M. Interpretation of FOREL clusters. Inter-cluster relations analyzed with MEGA2 software // Bioinformatics. 2001 Dec;17(12):1244 -5.

УДК 539.3

КОНЦЕПЦІЯ ДОСЛІДЖЕННЯ ВІРТУАЛЬНИХ МЕХАНІЧНИХ КОНСТРУКЦІЙ НА МІЦНІСТЬ

В.А. Бичко, Р.М. Жигульський

Чернігівський Національний технологічний університет, Україна

В наш час швидкість та низькі витрати інженерної розробки продукту лишаються факторами, що впливають на конкурентоспроможність розробників різноманітного устаткування. Особливо це стосується інженерних розробок у галузі створення механічних конструкцій [1].

На сьогоднішній день комп'ютерні технології дуже швидко розвиваються. Існує можливість їх використовувати в широкому діапазоні нагальних проблем. Однією з таких проблем є випробовування механічних конструкцій на міцність при певних навантаженнях. До вирішення цього завдання можна підійти двома шляхами: можна виготовити деталь і потім тестувати її за допомогою механічних навантажень, а можна за допомогою СОМ зробити віртуальну модель механічної конструкції а вже потім на цій моделі проводити іспити у віртуальному середовищі. Другий підхід досліджень з використанням віртуальної моделі є найбільш дешевим і універсальним, бо для того щоб протестувати механічну конструкцію не треба її виготовляти в великій кількості екземплярів. Багаторазові віртуальні дослідження механічних конструкцій відбуваються за рахунок варіювання параметрів факторів впливу на відновлювану модель. Крім того, віртуальна конструкція позбавлена таких недоліків, як неоднорідність матеріалу, з якого вона зроблена, оскільки такі сюрпризи, як випадкові внутрішні дислокації у реальних механічних конструкціях сильно впливають на результати досліджень [2].

В наш час існує багато програмного забезпечення яке здатне працювати з графічними об'єктами, моделювати певні ситуації. Зокрема, основними можливостями Maya 3D є створення сцени із 3D-

об'єктів, які можна взаємно зв'язати між собою і отримати дуже гарну і, з першого погляду, дуже правдоподібну сцену поломки деталі [3]. Навіть можна дуже чітко промалювати місце цієї поломки. Але створена сцена стає лише візуальним представленням ситуації, без математичних розрахунків. Одже, більшість з таких пакетів позбавлені достатнього математичного інструментарію, за допомогою якого можна змоделювати певний режим механічного впливу на конструкцію, а потім оцінити її відгук на вплив механічного навантаження. До таких середовищ розробки можна віднести: Maya 3D, AutoCad, Solid Works [4].

Також існує програмне забезпечення яке має дуже добре розвинутий математичний інструментарій, здатний здійснювати складні розрахунки. Наприклад, основними можливостями Mathlab є розрахунок вхідних даних за певними алгоритмами. Середовище Mathlab підтримує дуже багато вже реалізованих алгоритмів, до них відносяться пакети по цифровій обробці сигналів, систем управління, фінансового аналізу, аналізу і синтезу географічних карт, збору і аналізу експериментальних даних, нейронних мереж, нечіткої логіки і багато інших. Але зробивши розрахунки, ми зможемо отримати лише число, без візуального представлення, що і як відбувається.

Як правило, більшість з таких програмних пакетів позбавлена графічного інструментарію, достатнього для створення віртуальних моделей механічних конструкцій. До таких середовищ розробки відносяться: Matlab, Mathematica та MathCad.

Отже залишається актуальним питання створення засобу розробки, який інтегрував би в себе певний набір математичних засобів, що забезпечували б можливість проведення розрахунків віртуального впливу на механічну конструкцію та забезпечували б створення її віртуальної моделі. На цей час такі пакети існують, але, як правило, вони «заточені» під виконання конкретних специфічних завдань [4].

В ході даної роботи розроблюється концепція створення n-вимірного графа, з'єднані вузлами дуги якого повинні відповідати ребрам жорсткості механічної конструкції. Тоді генерація механічного впливу та відгуку конструкції повинна відтворюватися через вузли графа. Передбачається проведення досліджень як в статичному так і в динамічному режимах.

Для наведення конкретного прикладу доцільно розглянути наступну постановку задачі: оцінити критичну міцність кріплення пасажирського крісла вагону електропоїзда при різкому гальмуванні,

якщо задана вага та розташування елементів його конструкції (рис.1), а також початкова швидкість та час гальмування вагону.

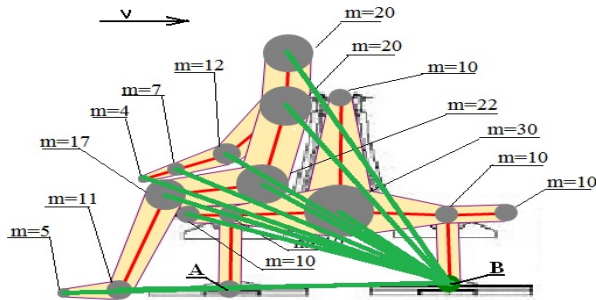


Рис. 1. Схема розташування механічної конструкції крісла з пасажиром, де А- точка кріплення крісла, яке досліджується на деформацію, В- точка опори крісла; V – напрямок руху електропотягу.

При створенні моделі об'єкту дослідження брався до уваги вплив пасажирів, що сидять проти напрямку руху вагону оскільки пасажир, який сидить за напрямком руху не впливає на процес при швидкому гальмуванні з очевидних причин.

Прийнявши до уваги фізичні сили та їх моменти, що діють на механічну конструкцію при гальмуванні можна створити фізичну модель процесу, фрагмент якої представлений на рисунку 2.

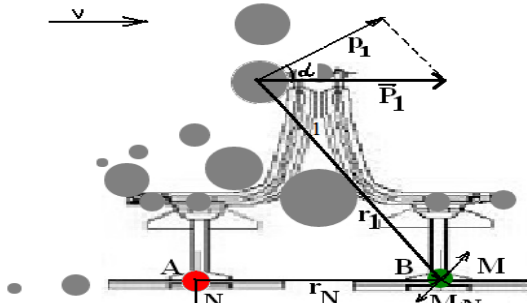


Рис. 2. Фрагмент схема фізичної моделі процесу гальмування, де А- точка кріплення крісла, яке досліджується на деформацію, В- точка опори крісла; P_1 - вектор імпульсу елемента конструкції ; p_1 - проекція вектора імпульсу на дотичну кола обертання.; r_1 - плече ; М- сумарний момент сил, що діють в напрямку деформації кріплення ; M_N –момент реакції опори; r_N - плече реакції опори; V – напрямок руху електропотягу.

Отже враховуючи сили, що діють на систему можна знайти проекцію імпульсу, елемента конструкції навколо осі обертання.

$$p_i = \vec{P}_i * \cos(\alpha) = m_i \vec{v} * \cos(\alpha_i) \quad (1)$$

де P – імпульс, який має певний фрагмент механічної конструкції; m – маса певного фрагменту механічної конструкції; v - початкова швидкість конструкції; α – кут між напрямком вектору швидкості та дотичною, на яку проектується вектор імпульсу.

З іншої сторони враховуючи, що

$$\frac{\partial p_i}{\partial t} = \vec{F}_i \quad (2)$$

можна знайти силу, що діє на елемент конструкції під час гальмування:

$$p_i = \vec{F}_i * \int_1^2 \partial t = \vec{F}_i * \Delta t \quad (3)$$

Таким чином знаючи час гальмування та початкову швидкість можливо знайти момент сил елемента конструкції, а також сумарний момент сил.

$$\vec{M}_i = r_i \times \vec{F}_i \quad (4)$$

Виходячи з міркувань необхідності збереження рівноваги отримаємо кількісну характеристику реакції опори N , що має компенсувати вплив сумарного моменту сил M_i , що діють у напрямку розриву кріплення.

$$\sum_i M_i = r_N \times \vec{N} \quad (5)$$

Одже, задача зводиться до обчислення моментів сил, що утворюються елементами конструкції при гальмуванні вагона. Враховуючи їх різноманітне розташування та різні фізичні властивості, доцільно було б автоматизувати процес розрахунку моментів сил.

На даному прикладі було показано схему розрахунку кріплення конструкції при динамічному впливі на нього. З огляду на наведені розрахунки, задача не є складною для вирішення, якщо розглядати вплив кожного фрагменту механічної конструкції окремо. Але враховуючи розташування та неоднорідність кожного елемента конструкції можна стверджувати, що така задача є громіздкою для вирішення власноруч. Дещо полегшують розв'язання таких задач інтегральні методи обчислень. Але такі методи ефективні для систем з

однорідним середовищем або для систем з визначеною функціональною залежністю її складу. Однак, у загальному випадку конструктивні особливості механічних систем або не відповідають вимогам, при яких застосовуються інтегральні методи обчислень, або застосування цих методів для розв'язання таких задач є занадто складною процедурою.

Набагато простіше отримати кількісний результат аналогічних задач застосовуючи автоматизовані методи обчислень, приклад яких був наведений вище.

В подальшому планується удосконалити комп'ютерну систему, що здатна вирішувати такі задачі шляхом розширення функціональних можливостей.

Література

1. Садовый, А.А. Прочность, разрушение и диссипативные потери при интенсивных ударноволновых нагрузках [Текст] // Сборник научных статей / С. В. Михайлов. – Саров: ФГУП РФЯЦ-ВНИИЭФ, 2009. – 420 с.
2. Satish. [Електронний ресурс] Material Science / V. Kailas - Режим доступу http://www.nptel.ac.in/courses/112108150/pdf/Lecture_Notes/MLN_06.pdf
- 3 Steve Christov Learning maya [Text] / Deion Green, Bob Gundu, Robert Magee, Elizabeth Mastrotucci, Carla Sharkey. 2 , Alias|Wavefront, a division of Silicon Graphics Limited. Printed in U S A. – 1999.
4. Алексеев, Е. Р. Matlab 7 [Текст] / Е. Р. Алексеев, О. В. Чеснокова. – М.:ИТ Пресс, 2006. – 464 с.

УДК 004.4

ЗАДАЧИ И МЕТОДЫ КООРДИНАЦИИ ОРГАНИЗАЦИОННЫХ РЕШЕНИЙ В КРИТИЧЕСКОЙ ВЕДОМСТВЕННОЙ ИНФОРМАЦИОННОЙ ИНФРАСТРУКТУРЕ

*И.П. Синицын, Е.П. Ильина, О.А. Слабоспицкая
Институт программных систем НАНУ, Украина*

Реализация принципов и механизмов электронного правительства, ставшая центральным звеном процессов информатизации общества, включает развитие критических информационных инфраструктур для ведомств, деятельность которых непосредственно связана с обеспечением и защитой сфер национальной безопасности.

Создание средств поддержки процессов принятия организационных решений в составе таких инфраструктур должно выполняться с учетом особенностей этих процессов, к которым относятся следующие.

1. Многоэтапность жизненного цикла решений с наследованием результатов ранних этапов и интеграцией результатов поздних в иерархии решений разных уровней планирования.

2. Принадлежность проблемных ситуаций многих стратегических решений сферам государственного управления и национальной безопасности, с потребностью проецирования в постановки задач для ведомства.

3. Существование решений регламентных циклов планирования с ситуативным принятием решений (из-за возникновения угроз, новых возможностей и партнерских обязательств).

4. Использование экспертного опыта специалистов разных профилей и ведомств.

5. Переопределение полномочий доступа к информации в ходе реализации процесса принятия решений.

6. Ансамблевые эффекты в поле решений (из-за целевых и побочных влияний на проблемные ситуации, объекты вмешательства в конфликты, объекты реализующих мероприятий и др.) могут приводить к противоречиям и потерям в целевой эффективности.

В связи с перечисленным, проблемы многофункциональной координации в поле решений как в ходе принятия последних, так и в контрольных точках циклов планирования, имеют принципиальное значение.

В качестве модели координации MC в поле решений DF может рассматриваться структура

$$MC(DF) = (\{CI_i, MH_i\}, i = 1, 2, 3, TS), \quad (1)$$

где CI_i – одна из трех функций координации (для достигаемых эффектов по объектам управления, для корпоративных знаний как контекстов и оснований принятия решений; для использования корпоративных ресурсов в процессах принятия решений);

MH_i – модель гармоничности поля решений по i -й функции;

TS – множество задач координации.

Модель гармоничности MH_i задает оценку удовлетворительности выполненности функции CI_i , выполненную на основе правил гармоничности RU_{ji} по метрике MH_{ji} . При этом RU_{ji} является предикатом системы рациональных требований к соотношениям элементов множества OB_{ji} онтологизированных определений [1] решений, актуальных в рассматриваемый момент, и других объектов поля решений, приписанных как гармонизируемые j -му аспекту гармонизации

i -й функции координации – AH_{ji} . Метрика MH_{ji} основывается на частотной оценке выполненности таких правил в текущем состоянии поля решений. Тогда

$$MH_i = \{AH_{ji}, \{\langle OB_{kji}, PS_{kji} \rangle\}_{k=1, \dots, N_j}, RU_{ji}, MH_{ji}\}_{j=1, \dots, M_i}, \quad (2)$$

где AH_{ji} – аспект гармонизации, OB и PS – категория гармонизируемого объекта и актуальные элементы его определения, N_j – число таких категорий для i -го аспекта, M_i – число аспектов гармонизации для функции CI_i .

Описание элементов моделей (1) и (2) приведено в таблице.

К задачам координации, решение которых необходимо при поддержке процессов принятия решений в рассматриваемой инфраструктуре, относятся:

- формирование и ведение гармонизованной системы плановых решений организации;
- моделирование и обеспечение процесса принятия ситуативно иницируемого решения, рационально гармонизованного с полем решений;
- конструирование рамочных моделей процессов принятия решений заданного класса и их коррекция на основе ретроспективы результатов;
- аудит и оптимальная коррекция поля решений в конце этапа планирования и при выработке антикризисных мер;
- разработка моделей адаптивного ролевого распределения полномочий доступа к информации в процессах принятия решений с динамическим определением ролевых назначений субъектов и их информационных потребностей.

Для поддержки рассмотренных задач координации решений в критической информационной инфраструктуре должны быть разработаны сервисы, основанные на рассмотренных методах и соответствующие следующим функциональным потребностям.

1. Проактивное управление гармоничностью, включающее разработку рамочных моделей, а также выдвижение и проверку гипотез о рисках применения тех или иных действий и приемов при выработке решения, в зависимости от параметров последнего и требований к его качеству. Результаты могут содержать:

- регламентную схему процесса принятия;
- рамочные требования с указанием аспектов, допускающих вариации;

– рекомендации по составу и действиям участников, которые повышают качество;

– параметризацию модели разграничения доступа.

Таблица 1 – Элементы модели координации системы организационных решений в критической ведомственной информационной инфраструктуре.

Аспекты гармонизации <i>АН</i>	Гармонизируемые объекты <i>ОВ</i>	Используемые методы
1. Функция координация для достигаемых эффектов по объектам управления		
Целевая бесконфликтность оказываемых воздействий Рациональная монотонность трендов изменения состояний Защищенность результатов от негативных влияний Безопасность для ядра системы решений Совместимость плановых и ситуативных решений Целевая целостность и результативность программ Полнота детализации в иерархии решений	Плановое решение Ситуативное решение Поле решений Цель и Программа Проблемная ситуация Воздействие Побочное влияние Ресурс выполнения	Анализ онтологии решений [1] Формальный вывод в системе целей Кластеризация взаимовлияний решений [1] Метризация концептуального сходства [2] Управление качеством решений [3,4] Дискретная оптимизация Алгебра операций гармонизации состояний объектов
2. Функция координации для корпоративных знаний как контекстов и оснований принятия решений		
Полнота и компромиссность оснований решения Повторная используемость Незыбкость	Ретроспектива Точка зрения на актуальное подмножество онтологии Модель экспертной группы Экспертная группа Эксперт Рамочная версия элемента решения Компромиссная версия Информационный источник	Анализ концептуальных соотношений точек зрения деловых групп Функции концептуальной ценности версий моделей и контекстов Моделирование компромиссов Выявление разногласий и анализ их деловых рисков Формирование массивов аналогов, позитивных и негативных практик

Продовження таблиці 1

		Построение оптимальных моделей экспертных групп Интеграция и обобщение многокритериальных экспертных оценок Онтологическое наследование структурных элементов в классах решений
3. Функция координации для использования корпоративных ресурсов в процессах принятия решений		
Оптимальность планов Рациональность расхода ресурса Эффективность выработки Рациональность политики доступа к информации Экономическая эффективность	Бизнес-процесс принятия решений Его субъекты Ресурс для выработки решения Роль субъекта Портфель решений План Полномочия доступа	Проектно-ориентированная формализация процесса принятия решений Бизнес-моделирование этого процесса Структурное и календарно-ресурсное планирование Оптимальное проектирование сети при отказах и динамике требований Атрибутные политики доступа Модели адаптивных систем защиты

Основой их выработки служат ретроспектива решений, деловые игры, моделирование, рекомендации ведущих специалистов.’

2. Диагностика дисгармоничностей, выявленных после данного этапа жизненного цикла решения, с рекомендациями по возможным действиям с решениями и организацией согласовательного процесса среди владельцев решений.

3. Аудит и вмешательство в процессы, протекающие в поле решений. Выполняется по регламенту, при существенных изменениях влияющих условий среды либо при смене целевых приоритетов.

4. Подведение итогов цикла планирования с выработкой рекомендаций по изменению регламентов и рамочных моделей, а также инициированием решений, обеспечивающих в новом цикле компенсацию обнаруженных негативных последствий.

Таким образом будет обеспечена необходимая поддержка деятельности по координации решений, служащая повышению эффективности деятельности лиц, принимающих решения, стейкхолдеров и лиц, ответственных за функциональные и объектные направления.

Литература

1. Ильина, Е.П. Методы и модели использования экспертно-аналитического знания для поддержки принятия решений в организации. Часть 1. Модели знания о решениях [Текст] / Е.П. Ильина // Проблеми програмування. – 2016. – № 1. – С. 89 – 101.
2. Ильина, Е.П. Формы, метрики и свойства отношения сходства между концептами в онтологиях экспертных точек зрения [Текст] / Е.П. Ильина, О.А. Слабоспицкая // Проблеми програмування. – 2005. – № 4. – С. 39–49.
3. Слабоспицкая, О.А. Портфельная модель процесса принятия решений по управлению изменениями в организации [Текст] / О.А. Слабоспицкая // Проблеми програмування. – 2015. – № 1. – С. 78–90.
4. Ильина, Е.П. Управление качеством организационных решений на основе формализованного корпоративного знания. Ч. 2. Качество организационных решений и его поддержка [Текст] / Е.П. Ильина // Математичні машини і системи. – 2014. – № 2. – С. 84–96.

УДК 621.3.019.3

МОДЕЛИРОВАНИЕ НАДЕЖНОСТИ БОРТОВОГО ВЫЧИСЛИТЕЛЬНОГО КОМПЛЕКСА СПЕЦИАЛЬНОГО НАЗНАЧЕНИЯ

А.В. Федухин*, В.П. Пасько**

*Институт проблем математических машин и систем НАН Украины,
Украина

**АЕС «Киев-облэнерго», Украина

Для построения высоконадежных вычислительных комплексов специального назначения используется аппаратная избыточность. Наиболее экономичными являются двухканальные структуры. Основным достоинством двухканальных самопроверяемых структур [1-3] является высокая глубина контроля вычислительных каналов и возможность диагностики отказавшего канала; а также высокая безопасность структуры в целом. В качестве недостатков следует отметить сложность синтеза самопроверяемых схем внутреннего кон-

троля (ССВК) для вычислительного канала в целом и невысокая эксплуатационная готовность, так как любой отказ канала или ССВК переводит систему в нерабочее защитное состояние.

С целью повышения эксплуатационной готовности в [1] был предложен новый класс самопроверяемой двухканальной структуры с реконфигурацией, позже получившей название квазимостиковой. Повышение безотказности и эксплуатационной готовности такой структуры достигается ее декомпозицией, при которой каждый вычислительный канал (ЭВМ) разбивается на n условно равнонадежных микроконтроллеров, например, ЭВМ1.1 и ЭВМ1.2, ЭВМ2.1 и ЭВМ2.2, которые с помощью схем реконфигурации (СР) образуют n дублированных узлов – функциональных блоков (ФБ). Схема декомпонированной структуры, состоящей из двух узлов, приведена на рис. 1. Выходные сигналы каждого из каналов Z_1 и Z_2 сравниваются безопасной схемой сравнения (БСС). При совпадении сигналов формируется управляющее воздействие на управляемый объект (УО).

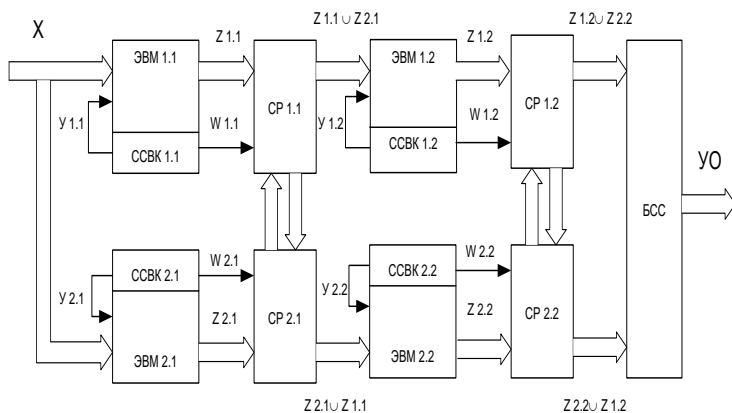


Рис. 1 Самопроверяемая двухканальная квазимостиковая структура

Для анализа надежности квазимостиковой структуры был использован специально разработанный пакет программного статистического моделирования надежности сложных систем – **RELIABmod v.2.0** (рис. 2)[2].

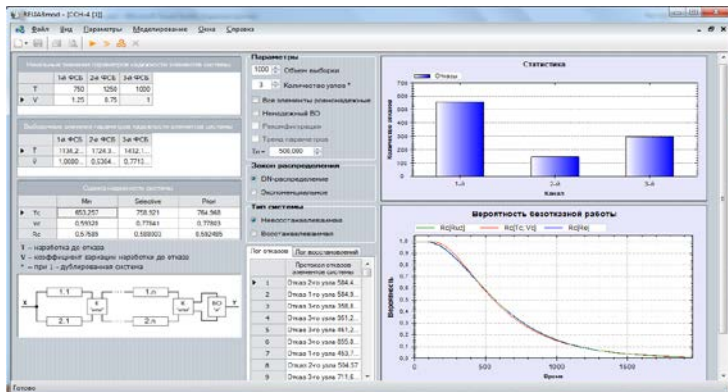


Рис. 2 Экранная форма пакета программ RELIAVmod v.2.0

Моделирование осуществлялось методом «слабого звена» с использованием генератора случайных чисел, распределенных в соответствии с DN -распределением [4]. Одновременно с моделированием проводился аналитический расчет надежности структуры ВФ-методом [4]. Результаты моделирования и расчета приведены ниже (рис. 3).

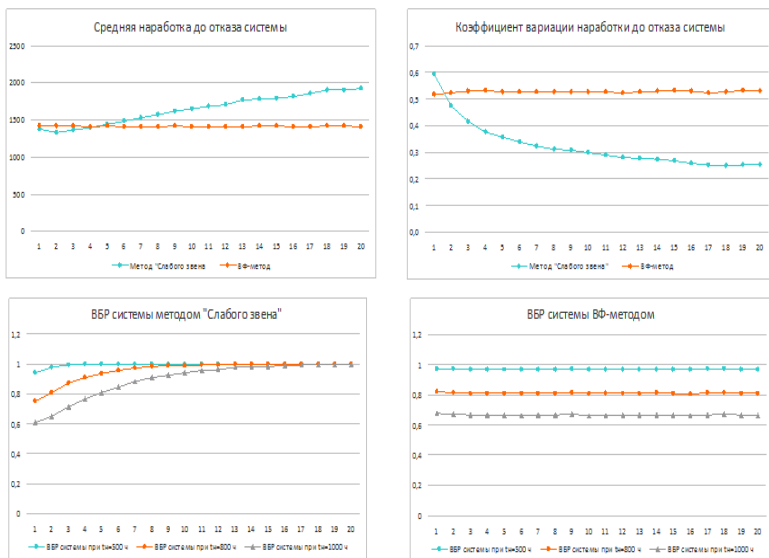


Рис. 3. Результаты моделирования и расчета надежности квазимостовидной структуры

В процессе исследований установлено, что уже при количестве узлов $n > 4$ средняя наработка до отказа квазимостиковой структуры превышает аналогичный показатель для простой дублированной структуры. Использование декомпозиции ЭВМ структуры на ряд микроконтроллеров и образование из них, так называемых узлов, приводит также к значительному увеличению и вероятности безотказной работы структуры.

Интересным является тот факт, что с увеличением количества узлов коэффициент вариации наработки до отказа структуры существенно уменьшается, что наряду с ростом средней наработки до отказа также является причиной роста вероятности безотказной работы структуры.

Результаты статистического моделирования структуры по методу "слабого звена" и аналитического расчета ВФ-методом с использованием данных моделирования надежности элементов существенно отличаются. Гипотеза равенства коэффициента вариации наработки до отказа последовательной системы, состоящей из равнонадежных элементов, коэффициенту вариации наработки до отказа элемента не нашла своего подтверждения путем моделирования. Исследованиями установлено, что с увеличением количества последовательно соединенных узлов в квазимостиковой структуре коэффициент вариации наработки до отказа не является постоянной величиной, а имеет тенденцию к уменьшению, что и предопределяет расхождение в результатах моделирования и аналитического расчета ВФ-методом.

Использование на практике квазимостиковой структуры для проектирования бортовых отказоустойчивых систем специального назначения открывает дополнительные возможности в направлении повышения их эксплуатационной надежности при незначительном увеличении аппаратных затрат на реализацию функций самоконтроля и реконфигурации.

Литература

1. Федухин, А.В. К вопросу об аппаратной реализации избыточных структур: резервированная двухканальная система с реконфигурацией [Текст] / А.В. Федухин, Ар.А. Муха // Математические машины и системы. — 2010. — № 4. — С. 156-159.
2. Федухин, А.В. Моделирование надежности систем [Текст] / А.В. Федухин, В.П. Пасько // Методы менеджмента качества. — 2012. — № 3. — С. 50-55.

3. Федухин, А.В. Моделирование надежности восстанавливаемой квазимостиковой структуры с учетом тренда параметров надежности составных частей [Текст] / А.В. Федухин, В.П. Пасько // Математичні машини і системи. - 2014. - №3. - С. 125-135. — 2012. — № 3. — С. 50-55.
4. Стрельников, В.П. Оценка и прогнозирование надёжности электронных элементов и систем [Текст] / В.П. Стрельников, А.В. Федухин. — К.: Логос, 2002. — 486 с.

УДК 519.86; 51-77

ЗАСТОСУВАННЯ МЕТОДІВ ВЕЙВЛЕТ-АНАЛІЗУ В МАТЕМАТИЧНОМУ МОДЕЛЮВАННІ ТА ПРОГНОЗУВАННІ ДИНАМІКИ ФІНАНСОВИХ ЧАСОВИХ РЯДІВ

О. М. Пацок¹, О. С. Шевчик²

¹*Інститут математики НАН України*

²*ГО „Міжнародний інститут розвитку наукових досліджень та
вищої освіти ім. князя Острозького”*

Прогнозування динаміки фінансових часових рядів є надзвичайно актуальним завданням, оскільки воно дозволяє суб'єктам фінансових ринків досить швидко реагувати на будь-які зміни, зокрема, надає можливість своєчасно приймати необхідні рішення. Останнім часом у працях деяких науковців [1–3] було висунуто пропозиції щодо застосування методів вейвлет-аналізу для розв'язання цієї задачі. Дана група методів дозволяє досить ефективно прогнозувати процеси з нелінійною динамікою, а фінансові часові ряди переважним чином описують саме такі процеси.

Наша увага приділена валютному ринку України та його основним індикаторам – курсам гривні відносно основних іноземних валют (долара США та євро). Для прогнозування даних курсів ми використовуємо так звану кратномасштабну авторегресію, яка полягає в розкладанні часового ряду в суму апроксимуючої та деталізуючих складових за допомогою вейвлет-перетворення (т. зв. кратномасштабний розклад) і в подальшому прогнозуванні його динаміки за допомогою авторегресійної моделі. Таким чином, ми зводимо дослідження початкової нелінійної задачі до лінійної, що є суттєвою перевагою даного методу.

Наголосимо на тому, що звичайна авторегресійна модель не дає змоги отримати досить точний прогноз динаміки часових рядів, оскі-

льки в ній припускається, що кожне наступне значення ряду залежить безпосередньо від кількох попередніх значень, у той час як у розглядуваній нами моделі досліджується залежність не від самих попередніх значень, а від певним чином вибраних елементів у кратномасштабному розкладі часового ряду. Оскільки кожен із даних елементів залежить, взагалі кажучи, від різної кількості попередніх значень ряду, то ці елементи, очевидно, відбиватимуть вплив різних економічних чинників, розосереджених у часі. Саме це й дає змогу отримати досить точний прогноз, застосовуючи лінійну модель. Більше того, як стверджується в [1], якщо досліджуваний процес дійсно є авторегресивним за своєю природою, то дана модель дає змогу отримати найкращий прогноз [1, теор. 1].

Зауважимо, що в роботах [1–3] для кратномасштабної авторегресії використовувався лише вейвлет Хаара. При прогнозуванні валютних курсів нами було розглянуто й інші сім’ї вейвлетів (Добеші, симлети та койфлети), що дозволило виділити більш придатні для короткострокового прогнозування курсу гривні вейвлети – **db4**, а також **coif1** та **sym4** (відомості про різні сім’ї вейвлетів див. у [4]). Отримані нами результати дають змогу стверджувати, що використання цих вейвлетів при короткостроковому прогнозуванні (до 1 місяця) за допомогою кратномасштабної авторегресії уможливило отримання прогнозу з середньою відносною похибкою, що не перевищує 11 %.

Алгоритм застосування кратномасштабної авторегресії до прогнозування часових рядів (див. [1]) є доволі простим для програмної реалізації і складається з наступних чотирьох етапів.

Етап 1. Знаходимо кратномасштабний розклад часового ряду:

$$x_t = a_{n,t} + \sum_{j=1}^n d_{j,t}, \quad (1.1)$$

де x_t – значення досліджуваного часового ряду в момент часу t , а компоненти апроксимуючої та деталізуючої складових $a_{j,t}$ та $d_{j,t}$ розраховуються згідно з дірковим алгоритмом [5, с. 24-25] за наступними формулами:

$$a_{j,t} = \sum_{k=0}^l h_k a_{j-1,t-k \cdot 2^{j-1}}, \quad j = 1, \dots, n, \quad (1.2)$$

$$d_{j,t} = a_{j-1,t} - a_{j,t}, \quad j = 1, \dots, n, \quad (1.3)$$

де через h_k позначено k -ий елемент фільтру вейвлету (фільтр – це набір дійсних чисел $\{h_k \mid k \in Z\}$, який однозначно визначається вейвлетом; ми розглядаємо фільтри, у яких лише скінченна кількість елементів h_0, \dots, h_l відмінна від нуля).

Етап 2. Здійснюємо прогнозування шумової складової в момент часу $t + 1$ за допомогою авторегресії, тільки в якості пояснювальних змінних вибираємо не попередні значення часового ряду, а певні елементи кратномасштабного розкладу (1.1). Має місце формула:

$$x_{h,t+1} = \sum_{j=1}^n \sum_{k=1}^{p_j} \beta_{j,k} d_{j,t-(k-1) \cdot 2^j}, \quad (1.4)$$

де через $\beta_{j,k}$ позначено параметри моделі, які знаходяться за допомогою методу найменших квадратів.

Етап 3. Здійснюємо прогнозування тренду в момент часу $t + 1$, тобто за відомими елементами апроксимуючої складової $a_{n,1}, \dots, a_{n,t}$ прогнозуємо наступне значення $a_{n,t+1}$ (для цього можна скористатися поліноміальною екстраполяцією, як у роботах [1–2], або тією ж таки кратномасштабною авторегресією, як у статті [3]).

Етап 4. Знаходимо наступне значення часового ряду:

$$x_{t+1} = x_{h,t+1} + a_{n,t+1}. \quad (1.5)$$

Відмітимо, що застосування кратномасштабної авторегресії дозволяє отримувати досить непоганий прогноз і у випадку стрибкоподібної зміни валютного курсу. На рис. 1–2 наведено приклад прогнозу стрімкого падіння курсу гривні в лютому 2015 р., отриманий на основі даних 2013–2014 рр.

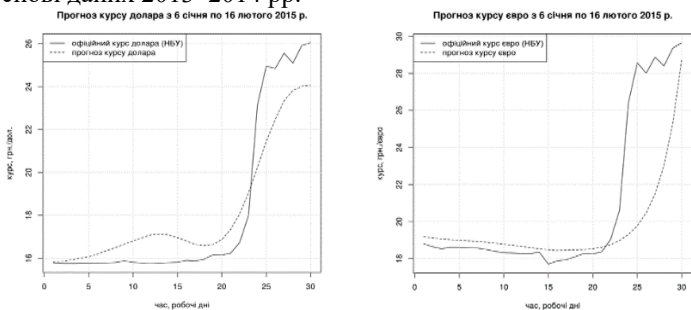


Рис. 1. Порівняльні графіки офіційного та прогнозного курсів (з поліноміальною екстраполяцією тренду)

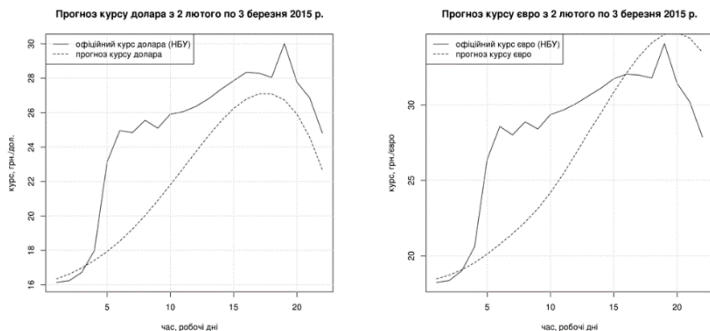


Рис. 2. Порівняльні графіки офіційного та прогнозного курсів (з використанням лише кратномасштабної авторегресії)

Середня відносна похибку прогнозу становить відповідно 5,8%, 6,7%, 10,2% та 11%. Розрахунки проведено в середовищі програмування *R* 3.0.2 (використовувалася оболонка *RKward* 0.6.1), орієнтованому на проведення статистичних розрахунків.

Література

1. Renaud, O., Starck, J.-L., Murtagh, F. Prediction Based on a Multiscale Decomposition [Text] // *International Journal of Wavelets, Multiresolution and Information Processing*. – 2003. – Vol. 1, No. 2. – P. 217-232.
2. Renaud, O., Starck, J.-L., Murtagh, F. Wavelet-Based Combined Signal Filtering and Prediction [Text] // *IEEE Transactions on Systems, Man, and Cybernetics. Part B: Cybernetics*. – 2005. – Vol. 35, No. 6. – P. 1241-1251.
3. Стрижиченко, К. А., Дмитрусенко, К. О. Прогнозування динаміки фондового ринку України з використанням методів вейвлет-аналізу [Текст] // *Вісник Хмельницького національного університету*. – 2011. – Т. 1, № 3. – С. 216-219.
4. Смоленцев, Н. К. Основы теории вейвлетов. Вейвлеты в MATLAB [Текст]. – М.: ДМК Пресс, 2005. – 304 с.
5. Starck, J.-L., Murtagh, F., Bijaoui, A. *Image Processing and Data Analysis: The Multiscale Approach* [Text]. Cambridge: Cambridge University Press, 1998. – viii+307 p.

**МАТЕМАТИЧНЕ МОДЕЛЮВАННЯ ДИНАМІКИ
ПРУЖНОГО КРІПЛЕННЯ ПАКУВАНЬ**

О.О. Акимов

*Державний науково-випробувальний центр ЗС України,
Україна*

Сировиною для виробництва волокон з високими механічними властивостями є синтетичні, мінеральні, хімічні волокна та волокноутворючі полімери. Важливою частиною машин для виробництва волокон є намотувальні механізми, які включають намотувальні ротори (бобінотримачі) на яких розміщені пакування, що забезпечують швидкість намотування нитки понад 100 м/сек. Сучасні намотувальні ротори працюють у «закритичному» режимі.

Для визначення критичних швидкостей бобінотримачів широке застосування знайшов метод «напівжорсткого шпинделю» [1], який дає значення двох критичних швидкостей для ротора з ізотропними пружними характеристиками. В сучасних конструкціях високошвидкісних бобінотримачах для підвищення точності центрування пакувань знаходять широке застосування механізми фіксації пакувань з пружними елементами у вигляді гумового кільця [2]. Фіксація бобін здійснюється за рахунок пружності гумових кілець і під дією відцентрової сили. Використання пружних кілець дозволяє досягти ефекту самоцентрування що полягає в наближенні головної центральної осі інерції бобіни до осі обертання бобінотримача. Окрім цього, пружні кільця виконують роль демпферів, які забезпечують гасіння вібрацій, зумовлених дисбалансом обертаючих мас. Гасіння енергії коливань відбувається за рахунок поглинання її внутрішнім тертям в матеріалі пружних елементів. Врахування пружності фіксуючих елементів приводить до ускладнення динамічної моделі роторної системи. Розглянемо пружне фіксування на бобінотримачі однієї бобіни.

Намотувальний ротор представимо у вигляді двох масової динамічної моделі (оправка, пакування), коливальний рух якої визначається вісьмома узагальненими координатами в двох взаємоперпендикулярних координатних площинах: $\eta_o, \xi_o, \alpha_o, \beta_o$ – переміщення центру мас оправка бобінотримача та кути нахилу головної центральної осі інерції; $\eta_o, \xi_o, \alpha_o, \beta_o$ – переміщення центру мас пакування (бобіни з тілом намотування) та кути нахилу головної центральної осі інерції.

Для складання математичної моделі використаємо рівняння Лагранжа другого роду.

Кінетична енергія системи складається з кінетичної енергії оправки бобінотримача і кінетичної енергії пакування (бобіни з тілом намотування):

$$T = \frac{1}{2} \cdot M_o \cdot (\eta_o^2 + \zeta_o^2) + \frac{1}{2} \cdot A_o \cdot (\alpha_o^2 + \beta_o^2) + \frac{1}{2} \cdot C_o \cdot \omega^2 + C_o \cdot \omega \cdot \alpha_o \cdot \beta_o + \frac{1}{2} \cdot M_\varepsilon \cdot (\eta_\varepsilon^2 + \zeta_\varepsilon^2) + \frac{1}{2} \cdot A_\varepsilon \cdot (\alpha_\varepsilon^2 + \beta_\varepsilon^2) + \frac{1}{2} \cdot C_\varepsilon \cdot \omega^2 + C_\varepsilon \cdot \omega \cdot \alpha_\varepsilon \cdot \beta_\varepsilon, \quad (1)$$

де M_o, M_ε – маса оправки бобінотримача та пакування відповідно;

C_o, C_ε – полярний момент інерції оправки бобінотримача та пакування відповідно;

A_o, A_ε – екваторіальний момент інерції оправки бобінотримача та пакування відповідно.

Потенційну енергію представимо у вигляді суми потенційної енергії деформованого в двох площинах валу бобінотримача і потенційної енергії деформованих фіксуєчих елементів:

$$U = \frac{1}{2} \cdot (m_1 \cdot (\eta_o^2 + \zeta_o^2) - 2 \cdot m_2 \cdot (\eta_o \cdot \alpha_o + \zeta_o \cdot \beta_o) + m_3 \cdot (\alpha_o^2 + \beta_o^2) + \frac{1}{2} \cdot (K_1 \cdot (\eta_{1y}^2 + \zeta_{1y}^2) + K_2 \cdot (\eta_{2y}^2 + \zeta_{2y}^2)), \quad (2)$$

де K_1, K_2 – жорсткість в радіальному напрямі першого і другого фіксуєчих елементів відповідно;

$\eta_{1y}, \zeta_{1y}, \eta_{2y}, \zeta_{2y}$ – проєкції деформацій першого і другого фіксуєчих елементів відповідно в напрямку координатних осей;

m_1, m_2, m_3 – коефіцієнти жорсткості валу та опору бобінотримача.

При дослідженні робимо наступні допущення:

- геометричне биття поверхні оправки відсутнє;
- спосіб намотування нитки безфрикційний;
- фіксуєчі елементи розташовані симетрично відносно центру мас нитконосця на відстані $a = b$;
- жорсткість фіксуєчих елементів K_1 та K_2 є однаковою, $K_1 = K_2$;

Використовуючи вираз кінетичної енергії системи (1), вираз потенційної енергії системи (2) та зв'язок між узагальненими координатами і пружними деформаціями валу та фіксуєчих елементів, за допомогою рівняння Лагранжа другого роду одержимо систему рівнянь, що описує вільні коливання бобінотримача при пружному кріпленні нитконосця та неспівпаданні центрів мас оправки і нитконосця.

$$\begin{cases}
 1. M_o \ddot{\eta}_o + (m_1 + K)\eta_o - (m_2 - K\lambda)\alpha_1 - K\eta_s = 0, \\
 2. M_o \ddot{\zeta}_o + (m_1 + K)\zeta_o - (m_2 - K\lambda)\beta_o - K\zeta_s = 0, \\
 3. A_o \ddot{\alpha}_o + C_o \beta_o \omega - (m_2 - K\lambda)\eta_o + (m_3 + K(e^2 + \lambda^2))\alpha_o - K\lambda\eta_s - Ke^2\alpha_s = 0, \\
 4. A_o \ddot{\beta}_o - C_o \alpha_o \omega - (m_2 - K\lambda)\zeta_o + (m_3 + K(e^2 + \lambda^2))\beta_o - K\lambda\zeta_s - Ke^2\beta_s = 0, \\
 5. M_s \ddot{\eta}_s - K\eta_o - K\lambda\alpha_o + K\eta_s = 0, \\
 6. M_s \ddot{\zeta}_s - K\zeta_o - K\lambda\beta_o + K\zeta_s = 0, \\
 7. A_s \ddot{\alpha}_s + C_s \beta_s \omega - Ke^2\alpha_o + Ke^2\alpha_s = 0, \\
 8. A_s \ddot{\beta}_s - C_s \alpha_s \omega - Ke^2\beta_o + Ke^2\beta_s = 0.
 \end{cases} \quad (3)$$

де $-K = K_1 + K_2$ жорсткість пружного підвісу в радіальному напрямку;

$e=a = b$ – відстань від центру мас бобіни до фіксуючих елементів;

λ – відстані між центрами мас нитконосія та оправки вповдовж осі бобінотримача.

Система рівнянь дозволяє визначити вісім критичних швидкостей для ротора з анізотропними пружними характеристиками в радіальному напрямку або чотири з ізотропними. Анізотропія в горизонтально розташованих бобінотримачах виникає в результаті нелінійної характеристики опор ротора та пружних фіксаторів, яка зумовлена дією сили ваги ротора в вертикальному напрямку. Незначна нелінійність приводить в реальних роторах до деякого розширення резонансних зон ротора, яке знаходиться в межах рекомендацій по віддаленню діапазону робочих частот від критичних швидкостей.

Математична модель дозволяє визначити критичні швидкості для «прямої» та «зворотньої» прецесії. «Зворотня» прецесія в роторі може виникнути при значній анізотропії пружних елементів з недостатньою жорсткістю і в реальних бобінотримачах мало ймовірна.

Критичні швидкості бобінотримача для «прямої прецесії» визначаються зі стандартної задачі на власні частоти за допомогою пакету Mathcad 15. Результати розрахунків зведені до таблиці. Для порівняння в таблицю включений результат визначення критичних швидкостей, визначений згідно [1] без врахування жорсткості фіксуючих елементів.

Аналіз результатів показує, що при використанні пружних фіксуючих елементів, нехтування їх жорсткістю веде до значної похибки при визначенні другої критичної швидкості.

Таблиця - Результати розрахунку критичних швидкостей

Жорсткість фіксаторів Н/м	Критичні швидкості для порожнього бобінотримача, рад/с				Критичні швидкості для напруженого бобінотримача, рад/с			
	ω_1	ω_2	ω_3	ω_4	ω_1	ω_2	ω_3	ω_4
$5 \cdot 10^5$	320	784	1334	5341				
10^6	322	1110	1883	6359				
$5 \cdot 10^6$	324	2440	4150	6477	153	426	1041	6389
10^7	324	3418	5760	8036	160	599	1436	6460
$5 \cdot 10^7$	324	2440	4154	6477	161	1274	3111	6835
Жорстке кріплення пакувань	295	5758			138	3042		

Розроблений алгоритм та проведені дослідження впливу інерційних параметрів пакування та пружності фіксуючих елементів на критичні швидкості «пружного» бобінотримача за весь цикл намотування пакування можуть бути використані при конструюванні механізмів фіксації нитконосіїв з пружними елементами.

Оптимальним значенням жорсткості фіксуючих елементів для конкретного бобінотримача є жорсткість близько $5 \cdot 10^7$ Н/м, що дозволить намотувати нитку з швидкістю до 100 м/с.

Література

1. Коритынский, Я.И. Колебания в текстильных машинах [Текст] / Я.И. Коритынский. – М. : Наука, 1986. – 283с.
2. Климов, В.А. Высокоскоростные приемно-намоточные механизмы для химических нитей [Текст] / В.А. Климов, Л.С. Мазин, И.И. Матюшев : под. общ. ред. И.И. Матюшева. – М. : Легпромбытиздат, 1991. – 256 с.

УДК 622.74: 621.928.235

ИССЛЕДОВАНИЕ КОЛЕБАТЕЛЬНО-ВРАЩАТЕЛЬНЫХ ВИБРАЦИЙ КОРОБА ГРОХОТА ВОЗБУЖДАЕМЫХ ПАССИВНЫМ АВТОБАЛАНСИРОМ

Г.Б. Филимоныхин, В.В. Яцун

Кировоградский национальный технический университет

В добывающей промышленности, производстве строительных материалов, сельскохозяйственном производстве и т.п. широко используются вибрационные машины. Среди них наиболее перспективными являются – резонансные. Работа в режиме, близком к резонансному, позволяет обеспечивать колебания платформы больших размеров и массы при минимальных затратах энергии и минимальных нагрузках на детали привода. Но резонансные режимы колеба-

ний рабочего органа вибромашины при обычных вынужденных колебаниях практически не реализуемы из-за низкой стабильности резонансного режима.

Эффективность вибрационных, в том числе и резонансных машин повышается при использовании в них двух и более частотных возбудителей вибраций. Как правило, на низшей частоте происходит основной технологический процесс (сепарация, классификация, просеивание и т.п.), а на более высоких – самоочищение сита, изменение механических свойств обрабатываемого материала и т.п. Поэтому актуально создание резонансных поличастотных вибрационных машин.

Существующие способы возбуждения поличастотных вибраций имеют известные трудности с подстройкой под резонансную частоту колебаний короба.

Поэтому нами был предложен новый способ возбуждения двухчастотных вибраций в вибрационных машинах с использованием в качестве вибровозбудителя пассивных автобалансиров (АБ) [1].

Работоспособность способа доказана 3D моделированием в компьютерной САПР Solidworks и подтверждена натурным экспериментом [2] для вибрационной машины с вертикальным поступательным движением короба.

Целью данной работы является исследование возбуждения двухчастотных вибраций шаровыми АБ при колебательно-вращательном движении короба грохота. Такое движение короба обеспечивает как высокую эффективность грохочения (75–85%), так долговечность и технологичность конструкции.

При колебательно-вращательном механизме движения короба возможен параметрический резонанс, он нежелателен. Задача состоит в поиске (методом проб) области параметров внутри которой нет параметрического резонанса и АБ гарантировано возбуждает устойчивые двухчастотные вибрации.

Была модернизирована 3D модель грохота, описанная в работе [1]. Благодаря модернизации короб, размерами 200 x 300 мм получил возможность совершать колебательно-вращательные движения (рис. 1).

3D модель состоит из таких основных частей: короба 1, сменного решета 2, податливых опор 3, шарнирной опоры 4, опор 5, вала 6, корпуса АБ 7, шаров 8 и дебаланса 9.

После налаживания и тестирования 3D модели были выделены такие основные параметры, влияющие на устойчивость двухчастотных вибраций: коэффициент жесткости опор k ; коэффициент силы

вязкого сопротивления опор B ; масса дебаланса на корпусе AB M_D ; суммарная масса шаров $M_{кш}$; масса корпуса M ; частота вращения вала ω ; коэффициент силы вязкого сопротивления движению шаров h .

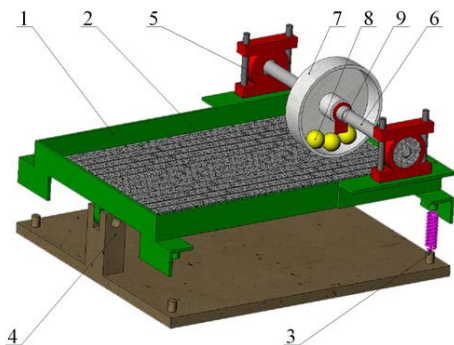


Рис. 1. 3D модель стенда грохота с колебательно-вращательным движением корпуса

В результате моделирования установлено влияние параметров грохота на двухчастотные вибрации. Так, увеличение коэффициента жесткости опор k ведет к увеличению частоты собственных колебаний центра масс корпуса. Увеличение коэффициента сил вязкого сопротивления опор B уменьшает амплитуду медленных колебаний центра

масс корпуса. Увеличение массы корпуса в диапазоне 2000–3000 г приводит к тому, что низшая частота колебаний центра масс корпуса уменьшается, однако при этом шары автоматически подстраиваются под изменение массы корпуса.

Увеличение суммарной массы шаров в диапазоне 25–32 г прямопропорционально увеличивает амплитуду медленных колебаний центра масс корпуса. Это прямопропорционально увеличивает энергию колебаний, направленную на выполнение основного техпроцесса (сепарации, классификации, просеивания и т. п.). Увеличение массы дебаланса на корпусе AB в диапазоне 13–23 г прямопропорционально увеличивает амплитуду быстрых колебаний центра масс корпуса.

Установлено, что увеличение частоты вращения ротора в диапазоне 1500–3000 об/мин прямопропорционально увеличивает амплитуду быстрых виброскоростей корпуса. Это пропорционально квадрату частоты вращения ротора увеличивает энергию колебаний, направленную на самоочистку корпуса и изменение через вибрации механических свойств обрабатываемого материала.

Изменение выделенных параметров в найденных областях позволяет: более чем в 3 раза увеличивать амплитуду медленных вибраций и более чем в 3,5 – быстрых, более чем в 15 раз соотношение между амплитудами быстрых и медленных вибраций, а соотношение между частотами – более чем в 3 раза.

Поскольку двухчастотные вибрации имеют две составляющие, возникающие соответственно от дисбаланса на корпусе АБ и от шаров, было решено исследовать каждую составляющую отдельно. Для этого было проведено моделирование работы грохота в двух режимах:

- без шаров ($M_{K2} = 0$, рис. 2, а);
- без дисбаланса на корпусе АБ ($M_D = 0$, рис. 2, б).

На диаграмме горизонтальная ось отображает время, вертикальная – проекцию виброускорения центра масс короба на вертикальную ось.

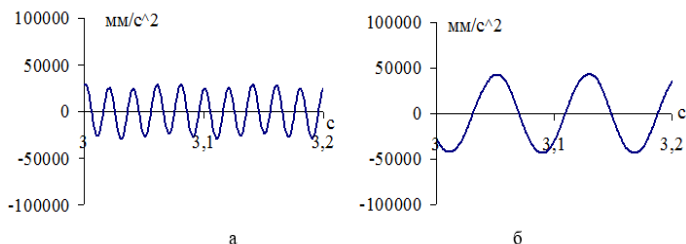


Рис. 2. Диаграмма виброускорений центра масс короба при одночастотных вибрациях от: а – дисбаланса на корпусе АБ; б – шаров

Затем, полученные данные были обработаны в системе компьютерной алгебры Mathcad и была построена суммарная диаграмма виброускорений. Сравнение построенной диаграммы с диаграммой, полученной моделированием в САПР Solidworks (при наличии как шаров, так и дисбаланса на корпусе АБ) (рис. 3), показывает, что они почти идентичны (наибольшие расхождения не превышают 3%).

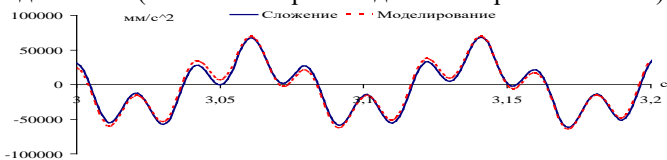


Рис. 3. Диаграммы виброускорений центра масс короба, полученные сложением одночастотных графиков (со сдвигом времени на 0,01с для быстрых колебаний) и 3D моделированием

Моделирование показало, что в найденных областях АБ работает как два отдельных вибровозбудителя. В первом шары практически равномерно вращаются с резонансной частотой колебаний короба, причем независимо от его загрузки шары автоматически подстраиваются под эту частоту, чем возбуждают медленные колебания центра масс короба (12 Гц) с большой амплитудой. Во втором – масса

на корпусе АБ возбуждает быстрые колебания центра масс короба с (любой) текущей резонансной частотой вращения ротора.

Литература

1. Филимонихин, Г. Б. Способ возбуждения двухчастотных вибраций пассивными автобалансирами [Текст] / Г. Б. Филимонихин, В. В. Яцун // Восточно-Европейский журнал передовых технологий. – 2015. – № 2/7 (76). – С. 9–14. doi: 10.15587/1729-061.2015.47116.
2. Филимонихин, Г. Б. Экспериментальное исследование двухчастотных вертикальных вибраций платформы, возбужденных шаровыми автобалансирами [Текст] / Г. Б. Филимонихин, В. В. Яцун // Вібрації в техніці і технологіях. – 2015. – № 4 (80). – С. 90–95.

УДК 681.785.55 :681.3.07

МОДЕЛЬ ОПЕРАТИВНОГО УПРАВЛІННЯ ІНТЕГРАЛЬНИМ ПРОЦЕСОМ ПІДГОТОВКИ ТА ПРОВЕДЕННЯ СІВБИ ЗЕРНОВИХ КУЛЬТУР

В. Г. Мироненко, В.В. Холявко

Національний науковий центр «Інститут механізації та електрифікації сільського господарства»

Подальший розвиток сільськогосподарського виробництва буде базуватися на створенні інтелектуальної техніки нового технологічного рівня. Її основна особливість полягає в цілеспрямованому досягненні оптимального фазового стану об'єкту, що обробляється.

Інтегральною функцією висіву зерна є створення найсприятливіших умов розвитку рослини через ефективне управління робочими процесами. Загальний алгоритм забезпечення ефективного управління робочими процесами сівби зернових культур (рис.1) передбачає створення бази даних і контроль проведення робочих процесів за трьома основними складовими – насіння, ґрунт, техніка.

Формування та ефективне використання баз даних і знань є надзвичайно важливою задачею. При її формуванні використовують два основних методи: карт-технології і сенсор-технології. Метод карт-технологій передбачає формалізацію даних на основі попередньо проведених досліджень і відомої інформації. Це стосується, в першу чергу, параметрів поля - тип ґрунту, наявність поживних речовин, вологість, щільність ґрунту та ін., а також параметрів організаційно-технічного забезпечення та природно-кліматичних умов. Метод сенсор-технологій полягає у визначенні параметрів ґрунту спеціальними датчиками у процесі виконання технологічних операцій. Ці

датчики вимірюють відповідні параметри і отримана інформація передається в базу даних, де у подальшому використовується при формуванні управляючих дій. Разом з тим, ця інформація, при умові використання систем позиціонування, може бути використана для складання місцевизначених карт поля.

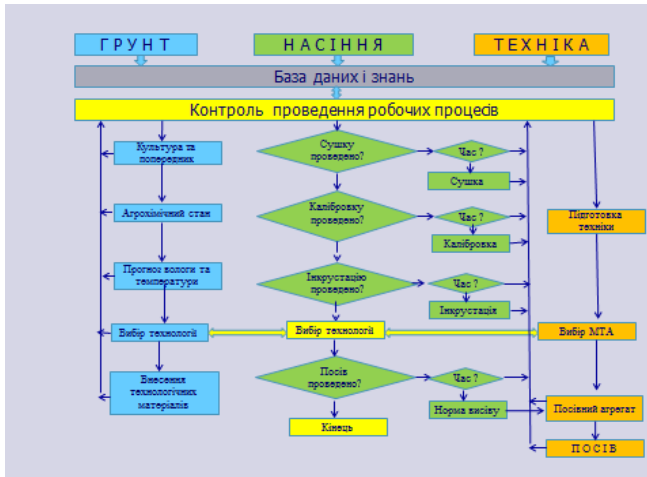


Рисунок 1 - Загальний алгоритм забезпечення необхідної якості висіву насіння

Один із визначальних факторів реалізації алгоритму - дати проведення відповідних операцій та дій. Дати визначаються вибором технологій обробки ґрунту і посіву конкретного поля, уточнюються за результатами аналізу прогнозу очікуваної вологості та температури, постійно активуються до виконання та контролюються.

Кінцевою метою реалізації запропонованого алгоритму є визначення і забезпечення відповідними технічними засобами змінних норм внесення добрив і висіву насіння на кожній мікроділянці поля, які залежать від конкретних умов (агрохімічного стану ґрунту, вологості, температури, тощо) виконання технологічного процесу.

Таким чином, запропонована система дозволяє проводити своєчасну сівбу зернових культур зі змінними нормами внесення добрив і висіву насіння, які адаптовані до реального стану поля, технічного забезпечення та агрокліматичних умов виконання робіт.

СТВОРЕННЯ КОНЦЕПТУАЛЬНОЇ МОДЕЛІ ОРГАНІЧНОГО ВИРОБНИЦТВА ПРОДУКЦІЇ РОСЛИННИЦТВА

Р.Б. Кудринецький

Національний науковий центр «Інститут механізації та електрифікації сільського господарства»

Органічне виробництво продукції рослинництва базується на об'єктивних законах біології, що визначають природний перебіг процесів розвитку рослин. Перебіг цих процесів визначає велика кількість чинників, які можна поділити на керовані та некеровані, які певним чином між собою взаємодіють і піддаються різним впливам. Керовані чинники спрямовані на одержання певного виду продукції рослинництва із заданими споживчими властивостями. В Україні вимоги до органічного виробництва продукції регламентуються стандартами Європейського Союзу. Кожне підприємство, яке претендує на право виробництва органічної продукції, підлягає сертифікації.

Практична реалізація системи органічного виробництва, як і будь-якої іншої системи виробництва сільськогосподарської продукції, забезпечується послідовним виконанням в часі і просторі комплексу взаємопов'язаних і взаємозумовлених основних і допоміжних технологічних операцій. Основні технологічні операції забезпечують зміну зовнішнього стану і якості предмета праці, а допоміжні сприяють успішному виконанню основних технологічних операцій. Зміст кожної операції визначається призначенням виробничого процесу, що у свою чергу залежить від виду продукції, яка має бути вироблена.

У рослинництві на перебіг виробничих процесів великий вплив мають методологічні чинники. Тому ці процеси у своїй більшості є нестабільними, окремі, такі як очищення і сушіння зерна, приготування кормів тощо, – циклічними.

Термін виконання кожної технологічної операції диктується природними процесами розвитку рослин і визначається їх біологічними властивостями, ґрунтово-кліматичними умовами, агротехнікою вирощування. Кожну технологічну операцію необхідно виконувати у визначені агротехнікою періоди. Оскільки періоди виконання технологічних операцій при вирощуванні різних культур в сівзміні співпадають, то виникають напружені періоди, які вимагають концентрації трудових і матеріально-технічних ресурсів для їх виконання [1].

Більшість виробничих процесів у рослинництві виконуються мобільними машинно-тракторними агрегатами та транспортними засобами.

Отже, органічне виробництво продукції рослинництва є складною системою, що включає організовану множину структурних елементів, які між собою взаємодіють, піддаються різним впливам і виконують задані функції, що спрямовані на використання природних, матеріально-технічних, трудових ресурсів для отримання сільсько-господарської продукції із заданими споживчими властивостями.

Для кількісного дослідження складної виробничої системи механізованого органічного виробництва продукції користуються системним підходом [2]. Використання системного підходу в дослідженнях складних систем різної природи базується на експерименті й орієнтується на виявлення закономірностей, які впливають із спостережень і результатів експериментальних досліджень [3].

Система органічного виробництва продукції рослинництва має вхід і вихід. Вхід системи характеризується дискретною множиною «контактів», через які системі передається вплив чинників зовнішнього середовища, а вихід системи характеризується множиною «контактів», через які виробництво продукції впливає на зовнішнє середовище. Отже, механізоване виробництво продукції рослинництва є відкритою системою. Під впливом внутрішніх і зовнішніх чинників, система органічного виробництва продукції рослинництва може знаходитись у різному стані.

В основу дослідження системи органічного виробництва продукції рослинництва можна покласти основні принципи системотехніки, які є притаманними складним системам: принцип фізичності; принцип модельованості; принцип цілеспрямованості [1].

Принцип фізичності означає, що системи властиві фізичні закони, які визначають внутрішні причинно-послідовні зв'язки її існування і функціонування.

Принцип модельованості означає, що дана система може бути відображена скінченою множиною моделей, кожна з яких відображає певну грань її суті. Це дозволяє досліджувати систему органічного виробництва продукції рослинництва за допомогою спрощених моделей.

Принцип цілеспрямованості означає, що система направлена на досягнення певного стану або посилення її здатності протистояти зовнішньому впливу. Принцип цілеспрямованості реалізується практичною діяльністю людини, її впливом на процеси, що протікають в системі виробництва продукції.

Принципи системотехніки дозволяють досліджувати систему органічного виробництва за допомогою моделей, що відображатимуть її певні важливі грані. Система органічного виробництва продукції реалізується через технології з використанням відповідних технічних засобів. Технології передбачають перелік, послідовність та часові періоди виконання певних дій, що спрямовані на перетворення предметів праці (грунту, технологічних матеріалів) з початкового стану в заданий вимогами агротехніки з використанням відповідних технічних засобів – робочих органів, машин, технологічних комплексів, з яких формується техніко-технологічна база системи органічного виробництва продукції [4]. Для заданих предметів праці і технологій з поміж множини робочих органів, машин та обладнання завжди є такі, що забезпечать виконання окремих технологічних операцій з мінімальними технологічно необхідними витратами ресурсів.

Основними завданнями техніко-технологічної бази системи органічного виробництва є забезпечення економічної безпеки довкілля, виробництво екологічно безпечної, економічно ефективної продукції.

Виходячи із методології системотехніки концептуальну модель органічного виробництва продукції в загальному вигляді можна записати таким виразом [5]:

$$\partial \dot{I} = (\hat{I}, \dot{I}, \hat{O}, \hat{E}, \acute{O}, \grave{O}, \tilde{N}, \hat{A}),$$

де O – множина технологічних операцій;

M – множина технологічних засобів, які будуть використанні для реалізації технологічних операцій;

Φ – множина умов функціонування технічних засобів (МТА);

K – множина календарних термінів виконання технологічних операцій, що визначаються зональними умовами виробництва продукції;

U – множина кліматичних умов виробництва продукції;

T – множина агротехнічних термінів виконання технологічних операцій;

C – множина попередників, що визначають зміст вимог до якості виконання технологічних операцій;

B – множина вимог до якості виконання технологічних операцій.

Виробництво продукції рослинництва ведеться у системі сівозміни, яка

включає сукупність відповідних сільськогосподарських культур, кожній з яких властива своя агротехніка вирощування. Тому концептуальну модель необхідно розробляти для кожної культури сівозміни, тобто усю систему органічного виробництва поділяють на підсистеми, що не суперечить принципам системотехніки.

Для кожної сільськогосподарської культури необхідно розробити концептуальну модель, у якій обґрунтувати способи реалізації окремих механізованих виробничих процесів, визначити сукупність машин, за допомогою яких будуть реалізовані ці способи, обґрунтувати вимоги до властивостей машин, за яких буде забезпечено досягнення заданої якості і термінів виконання виробничих процесів з мінімальними технологічно необхідними витратами ресурсів. Своєчасність виконання технологічних операцій залежить від параметрів машин, режимів їх роботи та обсягів робіт у визначені терміни. Енергоощадність технологій забезпечується використанням природних факторів та конструкційно-технологічними параметрами машин і раціональним комплектуванням машинно-тракторних агрегатів. З результатів досліджень відомо, що багатоопераційні комбіновані машини забезпечують вищу якість виконання технологічних операцій з меншими витратами енергії, ніж одно операційні знаряддя.

На етапі стратифікації концептуальної моделі проводиться розчленування технологічного процесу і комплексу машин на певну кількість рівнів. Такими рівнями є: машини і знаряддя для внесення органічних добрив та основного обробітку ґрунту; машини для передпосівного обробітку ґрунту і сіви; машини для збирання урожаю; машини і обладнання для післязбиральної обробки та зберігання урожаю.

Сформована таким чином концептуальна модель є важливим етапом реалізації системи органічного виробництва продукції. Закладені у моделі принципи переслідують мету розроблення такої технічної бази, яка забезпечить систему ефективності органічного виробництва продукції.

Література

1. Кудринський, Р. Дослідити показники економічної ефективності технологічних комплексів машин для органічного виробництва продукції рослинництва на інноваційній основі в сільськогосподарських підприємствах, що функціонують в різних природно-виробничих умовах України: звіт 2013 рік [Текст] / Р.Б. Кудринський, М.І. Грицишин, В.І. Днесь, Н.М. Перепелиця, М.Г. Цибуля, Н.М. Коньок, І.О. Недвига, Л.М. Нестеренко – Глеваха: ННЦ «ІМЕСГ», 2013.– 92с.

2. United States Department of Agriculture (2007, July 24) [Text]. Organic Farming Beats No-Till? ScienceDaily.
3. Claus G. Sørensen, Organic Farming Scenarios: Operational Analysis and Costs of implementing Innovative Technologies [Text] / Claus G. Sørensen, Niels A. Madsen, Brian H. Jacobsen. // Biosystems Engineering (2005) 91(2), 127-137.
4. Сидорчук, О. Інженерія машинних систем [Текст]. Монографія. / О.В. Сидорчук – Львів: Добра справа, 2007. – 263 с.
5. Дружинин, В. Системотехніка [Текст] / В.В. Дружинин, Д.С. Конторов – М.: Радио и связь, 1985. – 200 с.

УДК 004.021:004.92

ІНФОРМАЦІЙНЕ ПАРАМЕТРИЧНЕ 3D МОДЕЛЮВАННЯ ОБ'ЄКТІВ БУДІВНИЦТВА

К.т.н., с.н.с. М.В.Лапа¹⁾, І.С.Печонкін²⁾, А.Н.Потапенко¹⁾, Ю.Б.Лапа¹⁾

*¹⁾Чернігівський національний технологічний університет, Чернігів,
Україна,*

²⁾ТОВ «ЛІРА-софт», Київ, Україна

Ринкові умови змінюють умови будівництва і вимагають підвищення ефективності проектування будівельного виробництва. Параметри будівель і споруд, що формують їх енергоефективність, закладаються вже на стадії проектування. Багатофункціональна 3D модель є точною копією проєктованого об'єкта, кожного його елемента. Вона несе в собі повну інформацію про об'єкт - з чого побудовані його елементи, повні характеристики по кожному елементу як геометричні (діаметр, перетин, довжина, площа, об'єм тощо), так і фізичні (марка матеріалу, вага, витрата повітря, тиск, маркування, і т.п.). Крім того призначені для користувача функції перегляду моделі дозволяють миттєво робити необхідні розрізи, повороти під потрібним кутом, тимчасово приховувати зайві елементи, що дає можливість добиратися до будь-якого елемента системи (наприклад, дізнатися які арматурні стрижні закладені в будь-якій окремо взятій залізобетонній колоні і подивитися вузли їх сполуки), а також виконати необхідні вимірювання, в т.ч. визначити висотні позначки.

3D моделювання будівельного об'єкта з усією інженерною інфраструктурою виконується на підставі технічного завдання у вигляді плоских 2D креслень, різних схем, ескізів та інших необхідних матеріалів архітектурно-конструкторського розділу, а також розділів інженерних систем. Цифрова 3D модель

представляється в форматах RVT (Autodesk Revit Structures, Revit Architectures, Revit MEP), а також як доповнення в форматі DWG для призначеного для користувача перегляду в системі Autocad, або в системі ArchiCAD, Renga Architecture, КОМПАС - 3D. У 3D - режимі проектування відбувається наочно. При виборі САПР необхідно враховувати такі показники якості програмних систем як стійкість функціонування, показники супроводу, зручності застосування, ефективності та універсальності [1,2].

Таким чином інформаційна багатофункціональна 3D модель являє собою повну реалістичну візуалізацію об'єкту, містить в собі всю технічну інформацію про його складові елементи, несе в собі повну 2D інформацію, так як на її базі генеруються і виконуються всі необхідні плоскі креслення, а також роздруковуються будь-які необхідні види з будь-якої точки простору (рис.1, модель котеджу).

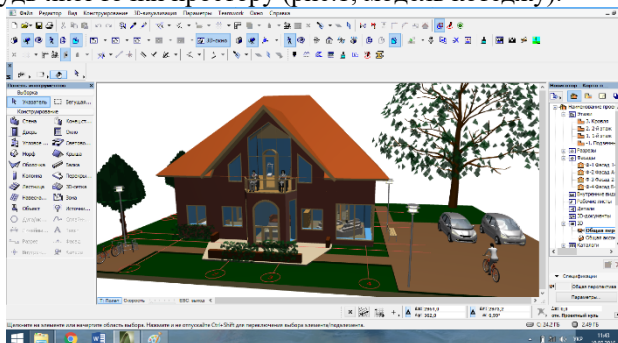


Рис.1 - 3D модель котеджу в системі ArchiCAD

При виконанні зведеного плану інженерних мереж проводиться ув'язка та чітке розміщення всіх інженерних комунікацій в тривимірному просторі будівлі. При цьому виключаються геометричні колізії у вигляді перетину елементів інженерних мереж між собою, або з конструкціями будівлі. Для зведеного плану інженерних мереж крім цифрової 3D моделі виконуються плоскі креслення для кожної підсистеми, у вигляді поверхових планів з детальними розмірами, а також ізометричні види з висотними відмітками елементів інженерних систем.

Всі функції інформаційної 3D моделі або «ВІМ» - технології дають неоціненні додаткові можливості і переваги всім учасникам будівельного процесу, роблять його абсолютно зрозумілим і прозорим, включаючи також процес експлуатації вже побудованого будинку.

Література

1. Гайна, Г.А. Інформаційна технологія управління життєвим циклом будівель [Текст] / Г.А. Гайна, П.М. Яцик, О.О. Терентьев, Р.В. Ластівка, О.Б. Полторак - // Нові технології в будівництві. – К.: НДІБВ, 2009. - С.132-134.
2. Лапа, М.В., Кислицын, А.О., Лапа, Ю.Б. Оценка качества программных систем [Текст] // Матеріали VI міжнародної науково-практичної конференції „Комплексне забезпечення якості технологічних процесів та систем”. – Чернігів: ЧНТУ, 2016. – С.317-318.
3. [Електронний ресурс]. - Режим доступу: <http://www.lira.com.ua>

УДК 517

ВИКОРИСТАННЯ ДВОЗОННОЇ МАТЕМАТИЧНОЇ МОДЕЛІ ПОЖЕЖІ В БУДІВЛІ

К.С. Багаткін

*Київський національний університет імені Тараса Шевченка,
Україна*

Побудова двозонної математичної моделі пожежі в будівлі [1] дозволяє врахувати поширення диму та тепла із приміщення з осередком пожежі до зон. Зональний метод придатний для робочих просторів чи систем просторів, які мають просту геометричну форму, розміри відрізняються не більше ніж в 5 разів або робочих зон, які розміщені на різних рівнях у одному приміщенні. Припускають, що осередок пожежі істотно менший розмірів приміщення. Кімнати об'єднані прорізами, через які здійснюється рух потоків диму, повітря та інших сумішей газів. За допомогою цієї моделі можна визначити такі характеристики як: масову втрату диму через прорізи G_{Π} та конвертивну колонку G_K із приміщення з осередком пожежі; теплові потужності, які внесені в задимлену зону конвективною колонкою Q_K , виводяться разом з димом через прорізи Q_{Π} та поглинуті конструкціями $Q_{\text{кон}}$; динаміку зміни еталпії компонентів задимленої зони Q , маси кисню $m_{\text{ок}}$, маси i -го токсичного продукту горіння m_i , оптичної кількості диму S .

Масова витрата диму із приміщення з осередком пожежі до сусіднього приміщення обчислюється так:

$$G_{\Pi} = B \cdot \xi \cdot \int_{Y_{\min}}^{Y_{\max}} \sqrt{2 \cdot \rho \cdot (P(h) - P_2(h))} \cdot dh$$

де B – ширина прорізу, m ; ξ – аеродинамічний коефіцієнт прорізу; $P(h) - P_2(h)$ – різниця тисків у приміщеннях на висоті h ; ρ – густина

диму за його температури T . Межі інтегрування Y_{\min} та Y_{\max} обираються в межах прорізу із різницею тисків $\Delta P = (P(h) - P(h)_2) > 0$.

Маса компонентів диму G_K , внесених у задимлену зону конвективною колонкою оцінюється як:

$$G_K = \begin{cases} 0,011 \cdot Q \cdot \left(\frac{Z}{Q^{2/5}}\right)^{0,566} & \text{для області факелу} \\ 0,026 \cdot Q \cdot \left(\frac{Z}{Q^{2/5}}\right)^{0,909} & \text{для перехідної області} \\ 0,124 \cdot Q \cdot \left(\frac{Z}{Q^{2/5}}\right)^{1,895} & \text{для області колонки} \end{cases}$$

де Q – потужність джерела горіння, кВт.; Z – відстань від підлоги до рівня задимлення, м. Потужність джерела горіння залежить від повноти горіння η (кг/кг), нижньої теплоти вигорання речовини Q_n (МДж/кг), питомої швидкості згорання речовини $\psi_{\text{пт}}$ (кг/(м²·с)) та зміни площі горіння $F(t)$:

$$Q = \eta \cdot \psi_{\text{пт}} \cdot Q_n \cdot F(t)$$

Динаміка зміни маси задимленої зони з часом знаходиться як різниця маси компонентів диму G_K та масова витрата диму із приміщення з осередком пожежі до сусіднього приміщення G_{Π} :

$$\frac{dm}{dt} = G_K - G_{\Pi}$$

Зміна ентальпії складових задимленої зони:

$$\frac{dQ}{dt} = Q_K - Q_{\Pi} - Q_{\text{кон}}$$

Динаміка зміни маси кисню разом із витратами на горіння обчислюється за допомогою таких характеристик як повноти η (кг/кг), швидкості ψ (кг/с) горіння горючих речовин та використання кисню L_{ox} за повне згорання:

$$\frac{dm_{\text{ox}}}{dt} = 0,23 \cdot (G_K - \eta \cdot \Psi \cdot L_{\text{ox}}) - X_{\text{ox}} \cdot G_{\Pi}$$

Зміна горіння i -го токсичного продукту обчислюється за допомогою швидкості ψ (кг/с) горіння горючої речовини, масового виходу L_i (кг/кг) i -го токсичного продукту горіння, масової концентрації i -го токсичного продукту горіння в зоні задимлення x_i (кг/кг):

$$\frac{dm_i}{dt} = \Psi \cdot L_i - x_i \cdot G_{\Pi}$$

Масова концентрація обчислюється як:

$$x_i = \frac{m_i}{m}$$

Розглянута модель дозволяє обчислити поширення диму та виділення тепла під час пожежі. Це дозволяє визначити величину даних загроз під час пожежі і врахувати їх на етапі виробництва матеріалів та проектування приміщення.

Література

1. Приказ: Об утверждении методики определения расчетных величин пожарного риска в зданиях, сооружениях и строениях различных классов функциональной пожарной опасности [Текст] : приказ Министерства Российской Федерации по делам гражданской обороны, чрезвычайным ситуациям и ликвидации последствий стихийных бедствий от 30 июня 2009 г. № 382 г. Москва // Российская газета. – 2009. – 28 авг. – С. 26.

УДК 621.396.69.019.3

МОДЕЛИРОВАНИЕ СРЕДНЕЙ НАРАБОТКИ НА ОТКАЗ НЕРЕЗЕРВИРОВАННЫХ ВОССТАНАВЛИВАЕМЫХ СИСТЕМ

Н.В.Сеспедес Гарсия, А.В. Федухин

*Институт проблем математических машин и систем
НАНУ, Украина*

В работе представлены результаты моделирования средней наработки на отказ нерезервированных восстанавливаемых систем в сравнении с расчетными значениями этого параметра. Можно отметить, что замена неисправного технического элемента или модуля аппаратуры новым (не работавшим до этого момента) не восстанавливает полностью надежностные характеристики всей системы. Таким образом, в процессе эксплуатации все время происходит ухудшение надежностных характеристик системы. И только когда все элементы будут заменены на новые, в системе устанавливаются показатели безотказности (средняя наработка между отказами, параметр потока отказов) и наступает стационарный процесс восстановления. Именно такая закономерность (уменьшение средней наработки на отказ, увеличение параметра потока отказов) представляется, если моделировать отказы элементов любой двухпараметрической функцией (Вейбулла, логарифмически нормальным, α -распределением, DM -распределением, DN -распределением и др.).

Уменьшение средней наработки между отказами в системе с начала эксплуатации, если не учитывать приработочные отказы, яв-

ляется естественным при описании распределения времени до отказа элементов в виде двухпараметрических функций, имеющих одномодалную плотность. Это естественным образом приводит к моделированию старения системы, что нельзя сказать про однопараметрическую экспоненциальную функцию. Такая же закономерность уменьшения средней наработки между отказами, как правило, наблюдается у реальных технических систем. Моделировалось функционирование систем, содержащих три типа элементов по N единиц с разными показателями среднего значения наработки до отказа и коэффициента вариации наработки до отказа элементов. Приняты следующие допущения: - отказы элементов системы обнаруживаются немедленно после их возникновения; - восстановление отказавшего элемента осуществляется мгновенно; - отказы элементов системы независимы между собой; - приработочные отказы отсутствуют.

Метод статистического моделирования надежности системы основан на принципе “слабого звена”, т.е. оценка наработки на отказ системы определяется по минимальному времени отказа элемента системы. Моделирование случайных величин (отказов) с функцией DN – распределения и моделирование надежности системы описаны в [1].

Алгоритм моделирования надежности восстанавливаемой системы, состоящей из последовательно соединенных трех типов элементов по N элементов каждого типа, приведен в [2]. Результаты моделирования заносятся в сводную таблицу, после чего производится обработка данных, т.е. выбирается минимальное значение времени отказа элементов системы, которое принимается за наработку системы до первого отказа. Далее производится уменьшение времени наработки до отказа всех элементов на время t_{ij}^{\min} . Для отказавшего элемента определенного типа генерируется новая наработка до отказа. После чего опять производится поиск минимального времени отказа элементов системы, которое принимается за наработку системы до второго отказа системы. Цикл поиска очередного отказа проводится до тех пор пока не будет определена наработка на L -ый отказ (параметр L задается произвольно под конкретные исследования). Для получения устойчивых статистических оценок параметров надежности системы статистический эксперимент повторяется W раз. После проведения необходимого числа циклов моделирования вычисляются средние наработки на 1, 2, ... L -ый отказ системы и коэффициенты вариации наработок на отказ системы.

Результаты статистического моделирования и расчета

Ниже на графиках представлены закономерности изменения средней наработки на отказ конкретных моделируемых систем. На рис.1 приведены графики для системы первого типа, состоящей из трех типов элементов. Как видно расчетные оценки как по точной формуле, так и по приближенной (феноменологической) [2] достаточно хорошо согласуются с моделируемой оценкой средней наработки на отказ системы. Явно заниженной на начальном интервале эксплуатации (до 20000 ч) представляется оценка средней наработки на отказ по экспоненциальному распределению. Для данной системы установившимся интервалом можно считать суммарную наработку порядка 37000 ч, когда все оценки практически совпадают и остаются постоянными (минимальная наработка на отказ, максимальное значение параметра потока отказов).

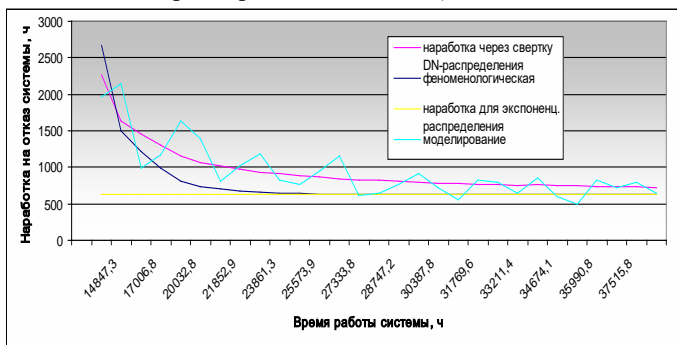


Рис.1. Система первого типа ($T_{01} = 10^5$ ч, $T_{02} = 2,5 \cdot 10^5$ ч,

$$T_{03} = 5 \cdot 10^5 \text{ ч}; V_{01} = V_{02} = V_{03} = 1; N = 100; W = 30)$$

На рис.2 представлены графики системы второго типа, имеющей на порядок больше число элементов с теми же показателями надежности элементов. Для этой системы характер закономерностей оценки средней наработки на отказ аналогичен предыдущему случаю. Еще большее расхождение оценок средней наработки на отказ системы на начальном интервале по экспоненциальному распределению. Так для суммарной наработки порядка 15000 ч оценка средней наработки на отказ по экспоненциальному распределению занижена более чем в 2 раза. Началом установившегося стационарного процесса восстановления для данного типа систем представляется суммарная наработка порядка 25000 ч.

Результаты приведенных исследований подтверждают основные закономерности поведения наработки на отказ, вытекающие из

двухпараметрических моделей надежности элементов систем. Использование более адекватных двухпараметрических моделей приводит к более точным оценкам показателей безотказности восстанавливаемых технических систем (средней наработки на отказ, параметра потока отказов), которые не являются константами и изменяются в процессе эксплуатации, отражая естественное старение технических изделий.

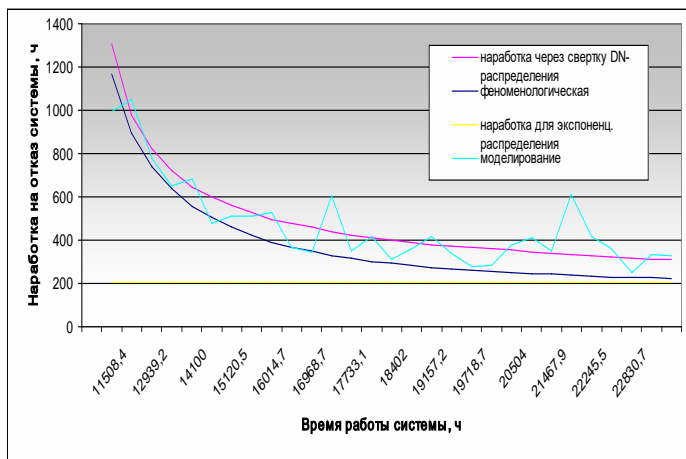


Рис.2. Система второго типа ($T_{01} = 10^5$ ч, $T_{02} = 2,5 \cdot 10^5$ ч, $T_{03} = 5 \cdot 10^5$ ч; $V_{01} = V_{02} = V_{03} = 1$; $N = 300$; $W = 30$)

Литература

1. Федухин, А.В., Сеспедес-Гарсия, Н.В. К вопросу о статистическом моделировании надежности [Текст] // Математические машины и системы.-2006.- №1.- С.156-163.
2. Стрельников, В.П., Сеспедес Гарсия, Н.В. Закономерности изменения средней наработки на отказ технических систем в процессе эксплуатации [Текст] // Математичні машини і системи.-2010.- №3.- С.153-158.

ІМІТАЦІЙНЕ МОДЕЛЮВАННЯ ВПЛИВУ МОТИВАЦІЇ ПРАЦІ НА ВИРОБНИЧУ ФУНКЦІЮ

Л.М. Клінцов

Чернігівський національний технологічний університет, Україна.

Одним з найголовніших факторів економічного відставання України є низька мотивація праці. Перехід до ринкової економіки в Україні привів до положення, коли через високе оподаткування зарплат, роботодавці зволіли тримати офіційні зарплати на низькому рівні, теж зробили й державні підприємства, у той час як ціни на товари досягли європейського рівня. Різка девальвація гривні у 2014 році, поставила масу людей на грань виживання й змусила уряд удатися до субсидій, що також знизило мотивацію до праці. Ціль даної роботи дослідити на макро рівні вплив мотивації праці на випуск продукції за допомогою імітаційної моделі. Для побудови імітаційної моделі виберемо модель широко відомої неокласичної моделі Солоу-Свена (див.[1]), створеної в середині ХХ століття. У цій моделі в загальному випадку використовується неокласична двофакторна виробнича функція $Y = F(K, L)$, де Y - агрегований випуск, K - фізичний капітал, L - трудові ресурси. У практичних завданнях широко застосовується виробнича функція Кобба - Дугласа [2]:

$$Y_t = A_t K_t^\beta L_t^\alpha \quad (1)$$

$$0 < \alpha < 1$$

Тут параметр A_t описує рівень технологій куди входить і мотивація до праці. Нижче при побудові прикладів використовується виробнича функція виду (1).

Основне рівняння моделі Солоу-Свена, що описує динаміку росту фізичного капіталу, може бути записане у вигляді:

$$\dot{K}_t = sY_t - \delta K_t \quad (2)$$

У рівнянні (2) використані наступні позначення: δ - рівень амортизації капіталу, s - норма нагромадження. Передбачається, далі, що трудові ресурси становлять постійну величину. Для дослідження впливу на випуск продукції візьмемо одушевлену виробничу функцію творця міждисциплінарної загальноекономічної теорії В.Ш Фельдблюма [3], наведену в рівнянні (3)

$$Y(t) = \Phi_t \Phi_{II} [A] \Psi \Phi_P [L]^\alpha [K]^\beta, \quad (3)$$

де $Y(t)$ – сукупне виробництво узагальненої продукції (матеріальних благ) як функція часу t , Φ_1 – психологічний фактор мотивації праці, Φ_{II} – фактор науково-технологічного прогресу, $[A]$ – концентрація природних ресурсів, V – обсяг економічного простору, Φ_p – фактор рівноваги між комплексом людина-машина й утворюючі його компоненти, $[K]$ – концентрація виробничого капіталу (виробничих фондів), α, β – показники ступеня, близькі за змістом до коефіцієнтів у макроекономічному рівнянні виробничої функції Кобба-Дугласа. На відміну від останньої, рівняння включає додаткові змінні – фактори мотивації праці, природних ресурсів, обсягу економічного простору, а також фактор рівноваги Φ_p . Звичайна виробнича функція Кобба-Дугласа стає тепер приватним випадком виведеного рівняння (при рівності одиниці цих додаткових факторів).

Особливо важлива наявність у виведеному рівнянні «людського фактору» - психологічного фактору мотивації праці. Це принципово відрізняє нове рівняння від функції Кобба-Дугласа. Тому в міждисциплінарній загальноекономічній теорії нове рівняння назване «одушевленою виробничою функцією» (ОВФ). Рівняння ОВФ пояснює той факт (на який звертали увагу найбільш проникливі економісти, зокрема американський економіст Едвард Денісон [4]), що випуск продукції може прискорюватися або сповільнюватися навіть тоді, коли виробничі фонди, число працівників і рівень техніки залишаються незмінними.

Для глибокого розкриття змісту фактору Φ_1 необхідне залучення подань антропології, психології, соціології й інших наук про людину як головний продуктивний чинник матеріального виробництва. Як біологічний вид, наділений свідомістю, людина задовольняє в праці свої фізіологічні й інтелектуальні потреби. У самому загальному змісті відомі тільки два мотиви до праці: або примус, або внутрішнє спонукання. Примусовий спосіб стимулювання може реалізовуватися двома шляхами: або через безпосередній вплив (особисте підпорядкування), або через об'єктивні (економічні умови) життя й діяльності людини. Внутрішнє спонукання (інтерес) як стимул трудової активності може задовольнятися у двох сферах: матеріальної (прагнення максимізувати добробут) і інтелектуальної, духовної (прагнення до творчого самоствердження, суспільному визнанню або одержанню задоволення від результатів праці). Таким чином, можна говорити про чотири основні способи (фактори) мотивації праці. Це позаконотичний примус (позначимо цей фактор через Φ_{11}), економічний примус (Φ_{12}), матеріальний інтерес (Φ_{13}) і нематеріальний (творчий) інтерес (Φ_{14}). Крім того, необхідно ввести в

розгляд і п'ятий фактор (Φ_{I5}), тотожний нулю, тому що можуть існувати й такі умови, при яких праця ніяк не стимулюється. У світлі фізико-хімічної аналогії економічного процесу, фактори мотивації праці - це свого роду «економічні каталізатори» трудової діяльності людей. Образно кажучи, людину можуть спонукати до праці «батіг», «пряник» або внутрішня потреба (творча захопленість, піднесене почуття обов'язку).

Нехай β_i - частка працюючого населення, що стимулюється фактором i . Тоді, відповідно до викладеного, загальний фактор мотивації праці визначиться як алгебраїчна сума приватних факторів у відповідних частках:

$$\Phi_I = \sum \beta_i \Phi_{Ii}, \quad 0 \leq \beta_i \leq 1,$$

де $i = 1, \dots, 5$ і $\sum \beta_i = 1$, причому $\Phi_{Ii} \geq 0$, $\Phi_{I5} \equiv 0$

Тепер рівняння ОВФ приймає вид:

$$Y = \Phi_{II} [A] V \Phi_{PI} [L]^\alpha [K]^\beta \sum \beta_i \Phi_{II} \quad (4)$$

Як бачимо рівняння 4 має змішану структуру, що включає мультиплікативну та адитивну складові, при цьому фактор мотивації праці визначиться як алгебраїчна сума приватних факторів у відповідних частках. Для побудови імітаційної моделі ми будемо використовувати рівняння моделі Солоу-Свена у вигляді

$$sY_t = \dot{K}_t - \delta K_t \quad (5)$$

$$\text{Де } Y_t = A_t K_t^\beta L_t^\alpha \sum_1^5 \Phi_i \quad (6)$$

Рівняння (6) - це спрощена форма рівняння (4). При використанні моделі ми будемо міняти лише фактор Φ_i який моделює мотивацію до праці. Розроблена модель представлена на рис 1.

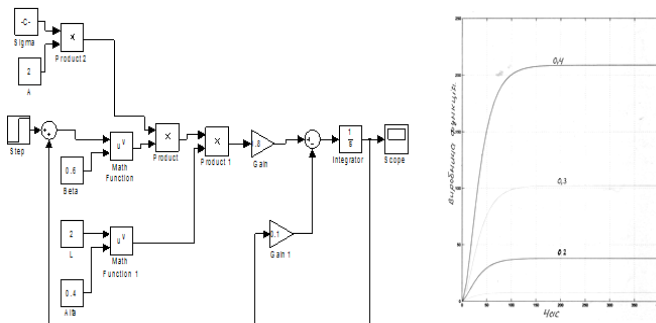


Рис. 1. Модель Солоу-Свена з урахуванням впливу фактора мотивації праці на виробничу функцію.

На графіку показано вплив факторів мотивації до праці на рівні 0,2 0,3 0,4 при стабілізації інших факторів.

Як показує приведена модель фактор мотивації до праці показує 40, 100, та 210 умовних одиниць продуктивності виробничої функції. Як видно з графіка фактор мотивації праці чинить сильний нелінійний вплив на виробничу функцію. Тобто, підйом ВВП залежить від підйому мотивації до праці, тобто уряд повинен підвищувати заробітню платню значними темпами, що прискорить вихід України з економічної кризи.

Література:

1. Основы менеджмента [Текст] / Под ред. Д.Д.Вачугова. – М.: Высшая школа, 2001. – 367 с.
2. Гончаров, В.И. Основы менеджмента [Текст]. – Минск: Современная школа, 2006. – 281 с.
3. Фельдблюм, В.Ш. К общеэкономической теории через взаимодействие наук [Текст]. – Ярославль: Типография Ярославского государственного технического университета, 1995.
4. Денисон, Э. Исследование различий в темпах экономического роста [Текст]. Пер. с англ. – М.: Прогресс, 1971.

УДК 519.242

СТАТИСТИЧНО-ДЕТЕРМІНОВАНЕ МОДЕЛЮВАННЯ БАГАТОВУЗЛОВИХ ТЕХНІЧНИХ ОБ'ЄКТІВ

А.В. Горошко

Хмельницький національний університет, Україна

Знизити трудомісткість і тривалість операцій, які необхідні для реалізації повного факторного експерименту (ПФЕ) при створенні математичних моделей багатовузлових технічних об'єктів можна шляхом побудови гібридних статистично-детермінованих моделей, а також шляхом обґрунтованого вибору мінімальної кількості n дублювання кожного досліджуваного з деякою заданою надійністю P .

Розглянемо об'єкт, який містить незалежні вузли, такі, що варіювання первинних факторів будь-якого із них змінює вихідні характеристики тільки цього вузла. Ставиться задача шляхом застосування ПФЕ змодельовати вихідну характеристику всього виробу у разі, коли взаємний вплив вузлів на неї відомий заздалегідь. При цьому будемо розглядати виробу, конструкція і традиційна технологія виготовлення яких не дозволяє і (або) не передбачає проміжний контроль окремих вузлів. В той же час можливе вимірювання значень

модельованої функції y при довільних наборах значень первинних факторів всіх вузлів.

Шукану модель можна подати у вигляді відомої функції

$$y = f(\varphi_1, \varphi_2, \dots, \varphi_k), \quad \varphi \in \mathbf{R}^k, \quad i = \overline{1, k}, \quad (1)$$

що має властивість $\delta y / \delta \varphi_i \neq 0$ в деякому околі точки $(\varphi_{10}, \varphi_{20}, \dots, \varphi_{(i-1)0}, \varphi_i, \varphi_{(i+1)0}, \dots, \varphi_{k0})$, де

$$\varphi_i = \varphi_i(x_{i1}, x_{i2}, \dots, x_{i_{l_i}}), \quad i = \overline{1, k} \quad (2)$$

невідомі функції, які моделюють i -й вузол, а x_{ij} - кодовані первинні фактори.

Позначимо набір факторів $(x_{i1}, x_{i2}, \dots, x_{i_{l_i}})^T$ вектором \mathbf{X}_i , $i = \overline{1, k}$, після чого співвідношення (1) і (2) набудуть вигляду

$$y = f(\varphi_1(\mathbf{X}_1), \varphi_2(\mathbf{X}_2), \dots, \varphi_k(\mathbf{X}_k)). \quad (3)$$

Таким чином, задача полягає в тому, щоб методом АПЕ побудувати поліноміальне подання функції (3), виражене через первинні фактори. Запропонований метод розв'язання такої задачі полягає в моделюванні залежностей вихідної характеристики виробу від первинних факторів кожного вузла окремо (значення первинних факторів інших вузлів в цей час фіксуються на деякому рівні) і подальшому об'єднанні їх в рамках загальної моделі об'єкта у відповідності з відомою теоретичною залежністю.

Для реалізації запропонованої методики необхідно здійснити наступну послідовність дій.

Утворимо на початок k допоміжних функцій

$$y_i = f_i(\varphi_{10}, \varphi_{20}, \dots, \varphi_{(i-1)0}, \varphi_i(\mathbf{X}_i), \varphi_{(i+1)0}, \dots, \varphi_{k0}), \quad i = \overline{1, k}, \quad (4)$$

де φ_{j0} - фіксоване, але невідоме значення функції φ_j при невідомому фіксованому наборі первинних факторів \mathbf{X}_{j0} .

Застосовуючи k разів повний факторний експеримент (ПФЕ), отримаємо поліноміальне подання кожної функції y_i у вигляді

$$y_i = b_0 + \sum_{i=1}^{l_i} b_i x_i + \sum_{i,j} b_{ij} x_i x_j + \dots, \quad (5)$$

де b_0, b_i, b_{ij} - коефіцієнти моделі, записаної в кодованих значеннях факторів. Таким чином, шляхом реалізації $2^1 + 2^2 + \dots + 2^k$ експериментів визначимо залежності $y_i = y_i(\mathbf{X}_i)$. Далі, підставляючи отримані функції по чергово у ліву частину (4), виразимо всі $\varphi_i(\mathbf{X}_i)$ через $y_i(\mathbf{X}_i)$ і $k-1$ постійну φ_{j0}

$$\begin{cases} y_i(\mathbf{X}_{i0}) = f_i(\varphi_{10}, \varphi_{20}, \dots, \varphi_{(i-1)0}, \varphi_i(\mathbf{X}_i), \varphi_{(i+1)0}, \dots, \varphi_{k0}), \\ \varphi_i(\mathbf{X}_i) = g_i[y_i(\mathbf{X}_i), \varphi_{10}, \varphi_{20}, \dots, \varphi_{(i-1)0}, \varphi_i(\mathbf{X}_i), \varphi_{(i+1)0}, \dots, \varphi_{k0}]. \end{cases} \quad (6)$$

Вимірявши значення модельованої вихідної характеристики при фіксованих значеннях первинних факторів, записуємо співвідношення

$$y_0 = f[\varphi_1(\mathbf{X}_{10}), \varphi_2(\mathbf{X}_{20}), \varphi_3(\mathbf{X}_{30}), \dots, \varphi_k(\mathbf{X}_{k0})] = f(\varphi_{10}, \varphi_{20}, \dots, \varphi_{k0}).$$

Як видно із (4), $y_i(\mathbf{X}_{i0}) = f(\varphi_{10}, \varphi_{20}, \dots, \varphi_{(i-1)0}, \varphi_i(\mathbf{X}_{i0}), \varphi_{(i+1)0}, \dots, \varphi_{k0}) = y_0$.

Підставляючи вираз (6) у (1), після перетворення отримаємо функцію y , що залежить тепер від первинних факторів $\mathbf{X}_1, \mathbf{X}_2, \dots, \mathbf{X}_k$ і фіксованих невідомих чисел $\varphi_{10}, \varphi_{20}, \dots, \varphi_{k0}$, тобто

$$y = \psi(\mathbf{X}_1, \mathbf{X}_2, \dots, \mathbf{X}_k, \varphi_{10}, \varphi_{20}, \dots, \varphi_{k0}). \quad (7)$$

Оскільки при $\mathbf{X}_i = \mathbf{X}_{i0}$, $i = \overline{1, k}$ має місце $y = y_0$, то вірною є нерівність

$$y_0 = \psi(\mathbf{X}_{10}, \mathbf{X}_{20}, \dots, \mathbf{X}_{k0}, \varphi_{10}, \varphi_{20}, \dots, \varphi_{k0}), \quad (8)$$

яке дозволяє відмовитись у (7) від невідомих φ_{i0} , виразивши їх через вимірне значення y_0 , і отримати таким чином шуканий вигляд моделюючої функції.

При цьому, необхідна для реалізації описаної методики кількість експериментів $2^1 + 2^2 + \dots + 2^k$ суттєво менше кількості експериментів $2^{1+2+\dots+k}$, необхідного для реалізації стандартного ПФЕ. На рис. 1 і рис. 2 представлені порівняльні логарифмічні залежності кількості необхідних експериментів від кількості факторів при фіксованій кількості вузлів і від кількості вузлів при фіксованій кількості факторів для гібридних моделей і моделей, створених за стандартним ПФЕ.

Для обґрунтованого вибору мінімальної кількості повторень кожного дослідження при вимірюванні значення функції y використаємо

метод довірчих інтервалів для оцінки математичного сподівання і середньоквадратичного відхилення нормально розподіленої випадкової величини з заданою надійністю P .

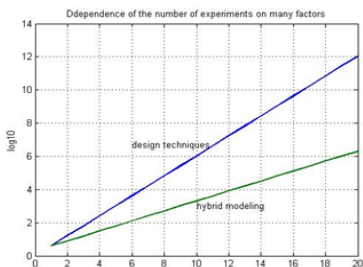


Рис. 1. Залежність кількості експериментів від кількості факторів при фіксованій кількості вузлів

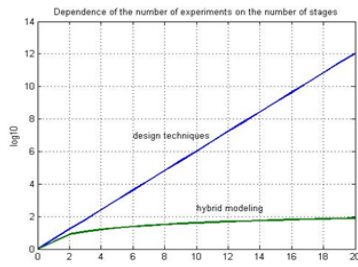


Рис. 2. Залежність кількості експериментів від кількості вузлів при фіксованій кількості факторів

Легко показати, що з надійністю P число n може бути знайдено із виразу

$$n = T^2 \sigma^2 (1 - q)^2 / \delta^2,$$

де σ - виправлене вибіркове середнє квадратичне відхилення, T - таке значення аргументу функції Лапласа $\Phi(T)$, при якому $\Phi(T) = P/2$, q - число, що визначається із таблиці [1], δ - задане число, що визначає допустиме відхилення середнього значення реалізованих дослідів від істинного значення вимірювальної величини.

Отже, запропонований метод побудови гібридних статистично-детермінованих моделей багатовузлових об'єктів, що дозволяє формувати статистичні моделі з врахуванням відомих теоретичних залежностей, дає значний виграш у кількості експериментів при постановці АПЕ у порівнянні з побудовою чистих статистичних моделей.

Ця обставина набуває особливої важливості у тих випадках, коли кількість первинних конструктивно-технологічних факторів, що впливають на значення вихідної характеристики об'єкта і кількість вузлів достатньо велика, а також, коли якість роботи виробу характеризується не одним, а декількома вихідними параметрами.

Оперативне створення таких статистично-детермінованих моделей дозволяє визначати обґрунтовані допуски на величини первинних конструктивно-технологічних факторів, виходячи із умов стабілізації вихідних параметрів у заданих межах, що досягається дослідженням отриманих функцій багатьох змінних одним із відомих математичних способів.

Література

1. Вентцель Е. С. Теория вероятностей и ее инженерные приложения. Учеб. пособие для вузов [Текст] / Е. С. Вентцель, Л. А. Овчаров // – 2-е изд., стер. – М. : Высшая школа, 2000. – 480с.

UDC 004.415:681

SMART INFORMATION TECHNOLOGY AS A PLATFORM TO OPTIMIZE RESOURCE COSTS

E. Skakalina

Poltava National Technical Yuri Kondratyuk University, Ukraine

Currently, logistics is one of the fastest-growing sectors of productive activity. This process is associated not only with the growing demand for logistics services, but also with the strengthening of mutual integration of business opportunities and logistics of simultaneous infrastructural development of the territories concerned. The most significant development of methods and algorithms of interaction of subjects of logistics processes due to the rapid development of information technologies, which resulted in a widespread network of institutional forms of business, on-line document management, the transition to electronic payment systems, virtualization of logistic processes, etc. On the basis of innovation information infrastructure logistics is the transition to a new level of intelligent process management, the formation of new logistics concept "Party Logistics". One of the main tendencies of world market development is the increasing concentration of capital for the main core activities. On the basis of innovation information infrastructure is the development of logistics management tools, formed the new logistical concepts such as "Party Logistics", which is based on the determination of the level of involvement of independent companies (logistics providers / operators) for the solution of business tasks of the customer. Currently, there 1PL-, 2PL-, 3PL, 4PL and 5PL-logistics. 5PL- level (Fifth Party Logistics) is provided by the support of modern network computer technologies [1].

Based on today's realities and contradictory experience of the implementation of "green projects", you can highlight the key applications of the concept of "Green Computing" : server virtualization and cloud computing. Now the consolidation of computing resources requires a smaller amount of hardware, simultaneously enabling high scalability and, ultimately, reducing the unit cost of electricity on separate servers. Optimization of the total number of physical devices to automate office work, a reduction of consumables, the active dissemination of remote operation

also minimizes energy costs. That is actually current technology solutions – cloud computing and data centers to a large extent and are an adequate solution for the introduction of the concept of "Green Computing".

One of directions of development of the concept of "smart city" is to optimize traffic management.

On the above directions were developed following information technologies:

- Intelligent information technology optimization of production activities by means of project management, in which the activity of the subject is regarded as a project.

- Intelligent information technology to optimize logistics activities, in which solved the problem of optimization of existing routes using ant colony optimization algorithms and the optimization problem of seasonal transport by using GA.

- Intelligent information technology risk management of investment portfolios on the basis of fuzzy logic [2].

- Intelligent information technology short-term forecasting of key financial indicators based on neural network algorithm of the DMDH.

These IIT can be used as stand-in structural divisions of vertically integrated business entities like the Federal base for the DSS and to be integrated into existing ERP and BMP systems on the horizon of strategic management.

As perspective directions of use of these IIT can be considered the possibility of their implementation within Blockchain concept.

In practice, we implemented the following integrated solutions:

1. Automated information system fleet management in the conditions of the agricultural holding, with the technical inspections of units of technological transport, with the ability to track and analysis and forecasts of all costly items.

2. Automated information control system of producing facilities in terms of the agricultural holding, given the structure of all costs for seed material, taking into account the current state of the topsoil, taking into account the cost of seasonal irrigation, fertilizing, control and certification of production assets AH. The forecast module allows for short-term forecasting of all main indicators of production and financial activities of the AH.

3. Through the use of so-called "ant algorithms" implemented a WEB application for the calculation of optimized routes and optimal schedules for units of technological transport.

4. Developed a software package to generate the set of modifications of GA [3].

5. Developed automated system "Optima-Risk-Agro" for risk management of agricultural business activities on the basis of fuzzy logic.

Results from implementation of the proposed IIT to real business entities shows the following parameters: the reduction of logistics costs in the range of 5-14% of the original; optimization of the initial reference plan seasonal work AH by project control gives the result in the range 5-7% reduction of the initial sum of costs over all resource types; accuracy short-term forecasting of key financial indicators of business entities by the neural network modification GMDH has a range of deviations of 0,78%-4,9%, which is in the presence of "noisy" source of data good result.

Given the availability of sufficient qualified programmers and IT professionals in Ukraine, the process of implementation of the proposed IIT can be considered as one of the factors contributing to new innovative thinking.

References

1. Skakalina, E. Concept 5PL logistics as an innovation component of agrolistics [Текст] // Тез. док. Пятой международной научной конференции «Математическое моделирование, оптимизация и информационные технологии». Тезисы докладов. - Кишинэу. - 22-25 марта 2016 г. – С. 310-315.
2. Свідоцтво про реєстрацію авторського права на твір № 63020. Автоматизована система "Optima-Risk-Agro" оптимізації ризиків діяльності агрохолдингів на базі апарату нечіткої логіки [Текст] / Скакаліна О.В. - Зареєстровано в Державній службі інтелектуальної власності України, м. Київ 18 грудня 2015 року.
3. Свідоцтво про реєстрацію авторського права на твір № 62774. Програмний комплекс для генерації заданих модифікацій генетичних алгоритмів [Текст] / Скакаліна О.В. – Зареєстровано в Державній службі інтелектуальної власності України, м. Київ 03 грудня 2015 року.

**NDVI ЯК ІНСТРУМЕНТАЛЬНИЙ ЗАСІБ
МАТЕМАТИЧНОГО МОДЕЛЮВАННЯ КІЛЬКІСНОЇ
ОЦІНКИ РОСЛИННОГО ПОКРОВУ**

Р.Р. Ланський

*Київський національний університет імені Тараса Шевченка,
Україна*

NDVI (Normalized Difference Vegetation Index) - нормалізований відносний індекс рослинності - простий кількісний показник кількості фотосинтетичної активної біомаси (зазвичай званий вегетаційним індексом). Один з найпоширеніших використовуваних індексів для вирішення завдань, що використовують кількісні оцінки рослинного покриву.

Обчислюється за формулою:

$$NDVI = \frac{NIR - RED}{NIR + RED}$$

де, **NIR** - відображення в ближній інфрачервоній області спектра **RED** - відображення в червоній області спектра.

Відповідно до цієї формули, щільність рослинності (NDVI) в певній точці зображення дорівнює різниці інтенсивностей відбитого світла в червоному і інфрачервоному діапазоні, поділений на суму їх інтенсивностей.

Розрахунок NDVI базується на двох найбільш стабільних (що не залежать від інших чинників) ділянках спектральної кривої відбиття судинних рослин. У червоній області спектра (0,6-0,7 мкм) лежить максимум поглинання сонячної радіації хлорофілом вищих судинних рослин, а в інфрачервоній області (0,7-1,0 мкм) знаходиться область максимального відображення клітинних структур листа. Тобто висока фотосинтетична активність (пов'язана, як правило, з густою рослинністю) веде до меншого відбиття в червоній області спектра і більшого в інфрачервоній. Використання ж таких не простих відношень, а нормалізованої різниці між мінімумом і максимумом відображень, збільшує точність вимірювання, дозволяє зменшити вплив таких явищ як розходження в освітленості знімка, хмарності, димки, поглинання радіації атмосферою та ін. [1].

Ділянки характеристичної кривої відбиття рослинності (усередненої), які використовуються для розрахунку NDVI за допомогою даних MODIS

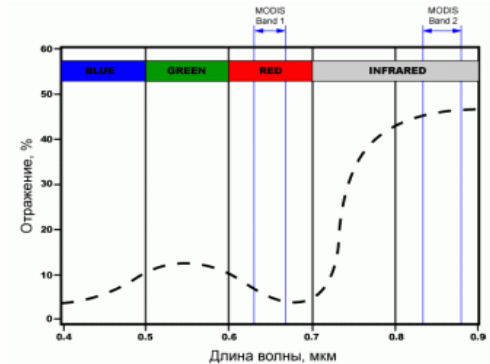


Рис. 1. Характеристична крива відбиття

NDVI може бути розрахований на основі будь-яких знімків високого, середнього або низького дозволу, мають спектральні канали в червоному (0,55-0,75 мкм) і інфрачервоному діапазоні (0,75-1,0 мкм). З часу розробки алгоритму для розрахунку NDVI у нього з'явилося досить багато модифікацій, призначених для зменшення впливу різних перешкоджаючих факторів [2]. Таких, наприклад, як поглинання аерозолями атмосфери (atmospheric - resistant vegetation index - ARVI), відображення від ґрунтового шару (soil adjusted vegetation index - SAVI) та ін. Для розрахунку цих індексів використовуються формули, що враховують відносини між відбивною здатністю різних природних об'єктів і рослинністю в інших діапазонах, крім червоного і інфрачервоного, що робить їх більш складними в застосуванні. Існують також індекси, засновані на NDVI, але коригуванню перешкоджають відразу кілька факторів, як, наприклад, EVI (Enhanced vegetation index).

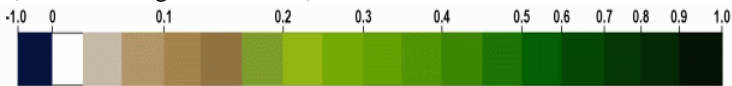


Рис. 2. Градієнтна шкала NDVI

Дискретна шкала NDVI

Для відображення індексу NDVI використовується стандартизована безперервна градієнтна або дискретна шкала, що показує значення в діапазоні від -1..1 в% або в так званій масштабованій шкалі в діапазоні від 0 до 255 (використовується для відображення в деяких пакетах обробки ДЗЗ, відповідає кількості градацій сірого, або в діапазоні 0..200 (-100..100), що більш зручно, так як кожна одиниця відповідає 1% зміни показника. Завдяки особливості відображення в

NIR-RED областях спектра, природні об'єкти, не пов'язані з рослинністю, мають фіксоване значення NDVI, що дозволяє використовувати цей параметр для їх ідентифікації:

Існує стійка кореляція між показником NDVI і продуктивністю для різних типів екосистем:

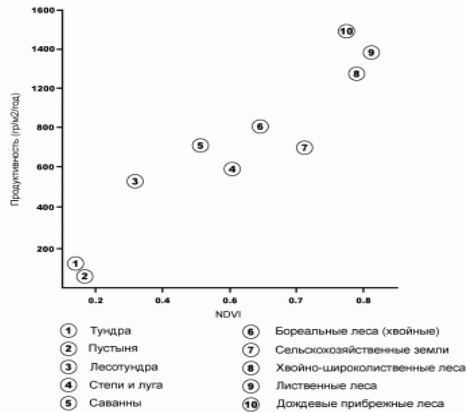


Рис.3. Кореляція між NDVI та продуктивністю різних екосистем

Будучи штучним безрозмірним показником NDVI призначений для вимірювання екологічно-кліматичних характеристик рослинності, але в той же час може показувати значну кореляцію з деякими параметрами, зовсім іншої області:

- Продуктивністю (тимчасові зміни).
- Біомасою.
- Вологістю і мінеральної (органічної) насиченістю ґрунту.
- Випаровуваністю (евапотранспірації).
- Об'ємом випадає опадів.

Завдяки всім цим особливостям, карти NDVI часто використовуються як один з проміжних додаткових шарів для проведення більш складних типів аналізу. Результатами яких можуть бути карти продуктивності лісів і сільськогосподарських земель, карти типів ландшафтів, рослинності і природних зон, ґрунтові, аридні, фіто-гідрологічні та інші екологічно-кліматичні карти. Так само на його основі можливе отримання численних даних для використання в розрахунках оцінки і прогнозування врожайності та продуктивності, біологічного різноманіття, ступеня порушення і збитку від різних природних і антропогенних лих, аварій і т.д.

Так, завдяки мінімальним тимчасовим дозволам даних MODIS / Terra, обчислення NDVI на їх основі може давати оперативну інформацію про екологічно-кліматичної обстановки та можливість відслідковувати динаміку різних параметрів з періодичністю до 1 тижня. А велике просторове охоплення дозволяє проводити моніторинг територій, співрозмірний з площами областей і цілих країн. Дані ж камер високого дозволу, типу Landsat, IRS, Aster дозволяють стежити за станом об'єктів розмірами аж до окремого поля або лісового масиву.

Слід, однак, враховувати й головні недоліки використання NDVI-індексу:

- Неможливість використання даних, які не пройшли етап радіометричної корекції (калібрування);

- Похибки, що вносяться погодними умовами, сильною хмарністю та серпанком - їх вплив можна частково скоригувати використанням поліпшених коефіцієнтів і композитних зображень з серіями NDVI за кілька днів, тижнів або місяців (**MVC - Maximum Value Composite**). Усереднені значення дозволяють уникнути впливу деяких випадкових систематичних похибок.

- Необхідність порівняння отриманих результатів з попередньо зібраними даними тестових ділянок (еталонів), в яких повинні враховуватися сезонні екологічно-кліматичні показники, як самого знімка, так і тестових майданчиків на момент збору даних.

Література

1. Baret, F., Guyot, G., and Major, D. (1989) "TSAVI: A vegetation index which minimizes soil brightness effects on LAI or APAR estimation," [Text] in 12th Canadian Symposium on Remote Sensing and IGARSS 1990, Vancouver, Canada, July 10-14.
2. Clevers, JGPW (1988) «The derivation of a simplified reflectance model for the estimation of leaf area index» [Text], Remote Sensing of Environment. - Vol 35. - PP. 53-70.

МЕТОДИКА И АЛГОРИТМ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ПАРАМЕТРОВ КОНТАКТА ЦИЛИНДРИЧЕСКИХ ТЕЛ ИЗ КОМПОЗИТОВ С УЧЕТОМ ЯВЛЕНИЯ ВЯЗКОУПРУГОСТИ

В.В. Можаровский, Д.С. Кузьменков, Т.М. Дёмова

Гомельский государственный университет им. Ф. Скорины, Беларусь

В настоящее время перспективы прогресса в машиностроении, строительстве значительно связаны с разработкой и широким применением композиционных материалов (композитов). Несмотря на то, что новейшие композиты нашли широкое применение в качестве конструкционных материалов, и были разработаны эффективные инженерные методы оценки поведения этих материалов и конструкций из них при статических нагрузках, но не существует сравнимых по эффективности методов расчета поведения конструкций из композитов при ударе по ним внешних объектами. Только сравнительно недавно была предпринята попытка сконцентрировать, усилия с целью выяснения характера реакции композитов на ударное и контактное воздействие, на базе точного теоретического анализа и тщательно разработанных испытаний. Необходимо разрабатывать новые компьютерные программы расчета контактного взаимодействия с учетом таких явлений как ползучесть и релаксация.

Рассмотрим контакт двух вязкоупругих цилиндров, считая, что ввиду малости области контакта, давление и величина зоны контакта и перемещение соответственно равны [1]:

$$p(x) = m \frac{1}{R_1} \sqrt{a^2 - x^2}, \quad -a \leq x \leq a$$

$$a = \sqrt{\frac{2PR_1}{\pi m}}.$$

$$v_1 = -\frac{P}{\pi} \left\{ S_{22} (\beta_1 + \beta_2) \left[\ln \frac{a}{2h} - \frac{1}{2} \right] + \frac{S_{22}}{\beta_1 - \beta_2} (\beta_1^2 \ln \beta_1 - \beta_2^2 \ln \beta_2) + \frac{S_{12}}{\beta_1 - \beta_2} \ln \frac{\beta_2}{\beta_1} \right\},$$

Ширину площадки контакта, при контактном взаимодействии вязкоупругого цилиндра определяем в различные моменты времени. (здесь и далее все обозначения соответствуют [1]). Для определения параметров ползучести при выбранном ядре использовалась формула:

$$a_0^2(t) = \frac{2R}{\pi} \frac{1}{\tilde{m}} \cdot [P(t)].$$

Заменив в ней модуль упругости \tilde{E}_T^{-1} на оператор, получим вязкоупругое решение при $\tilde{v} = v_1 = const$. Поскольку $P(t) = P = const$, то, сделав замену на операторы $\tilde{m} = \frac{1}{[(\tilde{\beta}_1 + \tilde{\beta}_2)\tilde{S}_{22}]}$, найдем

$$a_0^2(t) = \frac{2R}{\pi} \left\{ [(\tilde{\beta}_1 + \tilde{\beta}_2)\tilde{S}_{22}]^{(1)} \right\} \cdot [P(t)].$$

Затем используется алгебра операторов. Для дальнейшего расчета будем применять $E^*(\beta)$ - интегральный оператор из [1]. Здесь $E^*(\beta)$ - интегральный оператор вида $E^*(\beta)$

$$f(t) = \int_0^t \tau^{\alpha-1} e^{-\lambda\tau} E_{\frac{1}{\alpha}}(\beta\tau^\alpha, \alpha) f(t-\tau) d\tau; E_{\frac{1}{\alpha}} - \text{функция типа}$$

Миттаг-Леффлера; $A^*, B^*, \alpha, \lambda$ - реологические параметры.

$$\text{Опкратор действует} \cdot E^*(\beta) \cdot 1 = \int_0^t \tau^{\alpha-1} e^{-\lambda\tau} E_{\frac{1}{\alpha}}(\beta\tau^\alpha; \alpha) d\tau.$$

Выберем такое ядро, которое было бы простым, протабулированным и достаточно точно описывало бы экспериментальные данные. Возьмем $\beta=0, A=A\Gamma(\alpha)$. Тогда

$$E^*(0) \cdot 1 = \int_0^t \tau^{\alpha-1} e^{-\lambda\tau} \frac{1}{\Gamma(\alpha)} d\tau \quad \text{или} \quad \tilde{E}^{-1} \cdot 1 = E_0^{-1} [1 + A \int_0^t \tau^{\alpha-1} e^{-\lambda\tau} d\tau],$$

т.е. имеем функцию ползучести с ядром Ржаницына-Колтунова. Из свойств корней характеристического уравнения, β_1, β_2 , следует, что β_2 достаточно малое число для армированных волокнистых тел, принимаем его приближенным равным нулю ($\beta_2 \approx 0$), при этом

$$\text{считая, что } \beta_1 = \sqrt{\frac{E_2}{G}}. \text{ Рассмотрено продольное расположение волокон.}$$

Определялись упругие постоянные при исследовании ползучести армированного покрытия. Составлен алгоритм и программа

определения параметров контакта цилиндрических тел из композитов.

Проводились экспериментальные исследования ползучести резины, применяющейся для изготовления шины колеса, при контактном взаимодействии. На рисунке 1 показан график ползучести и установка для проведения эксперимента, при вдавливании жесткого цилиндрического индентора радиусом 9 см шириной 1 см и нагрузкой 100 Н.

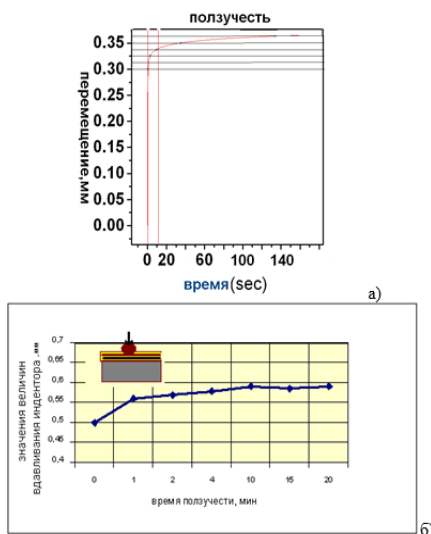


Рисунок 1. а) кривая ползучести при вдавливании жесткого цилиндрического индентора радиусом 9 см, шириной 1 см и нагрузкой 100 н; б) ползучесть армированной резины

Испытания проводились на испытательном стенде «Instron».

Составлен алгоритм и компьютерная программа определения параметров контакта вязкоупругих цилиндров из композитов, определялись параметры ядер ползучести и релаксации.

Литература

1. Можаровский, В.В. Прикладная механика слоистых тел из композитов [Текст] / В.В. Можаровский, В.Е. Старжинский // - Мн.: Наука и техника, 1988.– 290 с.

**ЧИСЛЕННЫЙ АНАЛИЗ НАПРЯЖЕННО-
ДЕФОРМИРОВАННОГО СОСТОЯНИЯ
КОМБИНИРОВАННОЙ КРУГЛОЙ ПЛАСТИНЫ С УЧЕТОМ
ЭФФЕКТА ТЕРМОУПРУГОСТИ**

К.С.Курочка, Е.В.Комракова

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

Одним из базовых элементов применяемых во многих конструкциях являются пластины. Воздействие динамических нагрузок на пластины будет происходить значительный их нагрев, что приводит к необходимости учета изменения физических свойств материала пластин при изменении температуры. С этой целью необходимо разработать математическую модель, учитывающую особенности деформирования материалов пластин, т.е. необходимо в стандартную модель добавить учет температур [1]. Эту задачу будем решать путем разделения общей системы уравнений на обычное уравнение нестационарной теплопроводности и уравнений, описывающих задачу о термоупругих напряжениях при заданном температурном поле [2].

Уравнение нестационарной теплопроводности, при условии наличия внутренних источников теплоты q_v , применительно к однородным телам имеет вид [1]:

$$\frac{\partial t}{\partial \tau} = \frac{\lambda}{c\rho} \left(\frac{\partial^2 t}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 t}{\partial y^2} + \frac{\partial^2 t}{\partial z^2} \right) + \frac{q_v}{c\rho} \quad (1)$$

Система уравнений для нахождения напряжений имеет следующий вид [3]:

– уравнения равновесия Навье:

$$\sigma_{ij,j} + F_i = 0; \quad (2)$$

– уравнения Коши:

$$\varepsilon_{ij} = \frac{1}{2} (u_{i,j} + u_{j,i}); \quad (3)$$

– уравнения совместности деформаций Сен-Венана:

$$\varepsilon_{ki,jl} + \varepsilon_{lj,ik} + \varepsilon_{li,jk} + \varepsilon_{kj,il} = 0, \quad (4)$$

где σ_{ij} – компоненты тензора напряжений;

ε_{ij} – компоненты тензора деформаций;

u_i – компоненты вектора смещений;

F_i – компоненты вектора объемных сил;

$i, j, k, l=1,2,3$.

В выражении (2) и далее по повторяющимся индексам проводится суммирование.

Для замыкания системы (2-4) с учетом тепловых деформаций применим соотношение Дюамеля-Неймана, полученное из опытного факта аддитивности упругих и температурных деформаций:

$$\sigma_{ij} = E_{ijkl}(\varepsilon_{kl} - \alpha_{kl} \cdot \Delta T); \quad (5)$$

где α_{kl} – тензор коэффициентов температурного расширения;

ΔT – изменение температуры;

E_{ijkl} – тензор упругости.

Численному исследованию подвергалась пластина из двух концентрических соприкасающихся колец (рисунок 1) из материалов с разными теплофизическими свойствами. Задавались геометрические параметры пластины, а также граничные условия – температура внутри пластины (T_0) и вне её (T_1).

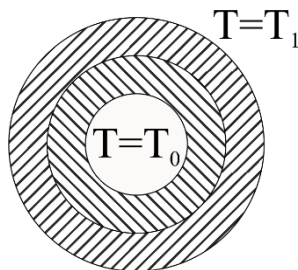


Рисунок 1 – Форма тела и граничные условия

Расчет проводился на основе метода конечных элементов [4]. Ввиду симметрии тела численный анализ проводился для четвертинки пластины. При расчете учитывалась зависимость теплофизических характеристик материала пластины от температуры. Вычисление необратимой работы внутренних сил при деформации (т.е. величина тепловых источников внутри тела) вычислялась по формуле из [3].

Ввиду того, что вычислительный алгоритм предполагал, что температура T_0 могла меняться в процессе вычислений, в том числе и циклично, вычисления проводились с дискретизацией как по вре-

мени, так и по пространству. Для верификации разработанного программного продукта проводился расчет вышеуказанной пластины в случае, когда внутренний материал брался более жестким и с меньшим коэффициентом линейного расширения, чем внешний. В этом случае как радиальные, так и тангенциальные компоненты тензора напряжений отрицательны, как и должно быть с физической точки зрения.

Проведенные расчеты показали, что высокая температура может привести к значительному изменению физических свойств материала, в результате чего деталь становится менее прочной, что приводит к более быстрому её износу и поломке. Учет изменения температуры имеет актуальность только при длительном воздействии динамической нагрузки и при пластической деформации.

Литература

1. Писаренко, Г.С. Сопrotивление материалов [Текст]. – Киев: Вища шк. Головное изд-во, 1979. – 694 с.
2. Коротких, А.Г. Теплопроводность материалов [Текст]. – Томск: Изд-во Томского политического университета, 2011. – 452 с.
3. Голованов, А.И. Теоретические основы вычислительной нелинейной механики деформируемых сред [Текст]. – Казань, 2008. – 164 с.
4. Сегерлинд, Л. Применение метода конечных элементов [Текст]. – М.:Мир, 1979. – 392 с.

УДК 697. 922

МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССА САМООРГАНИЗАЦИИ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СЕТИ «УМНЫХ» ЭЛЕКТРОНАГРЕВАТЕЛЬНЫХ ПРИБОРОВ, СУММАРНАЯ МОЩНОСТЬ КОТОРЫХ ПРЕВЫШАЕТ ЛИМИТИРОВАННУЮ МОЩНОСТЬ ЭЛЕКТРОПОТРЕБЛЕНИЯ ОБОГРЕВАЕМОГО ОБЪЕКТА

*А.М.Заславский, В.В.Ткачѳв, П.Ю.Огеенко
Национальный горный университет, Украина*

Объектом моделирования является рассредоточенная децентрализованная система электрообогрева помещений, разрабатываемая в качестве альтернативы традиционным (централизованным) способам отопления. Интеллектуальными элементами системы являются «умные» соединители (смартконы), обеспечивающие разъѳмное подключение электронагревательных приборов к розеткам электро-

питания, а также контроллер сети, осуществляющий измерение в реальном времени мощности электропотребления объекта электрообогрева. Обмен информацией между элементами интеллектуальной сети осуществляется по сети электропитания объекта.

В процессе самоорганизации интеллектуальной сети происходит декомпозиция множества нагревательных устройств на два подмножества – использующих ресурс (электроэнергию) и отказывающихся от ресурса с целью поддержания комфортного распределения температур в зонах обогрева при условии ограничения суммарной мощности электропотребления (меньшей, чем суммарная установленная мощность нагревательных приборов) на случайно формируемом уровне.

Целью моделирования является анализ технико-экономической перспективы создания децентрализованной системы «умного» электроотопления помещений и обработка алгоритмов её самоорганизации.

Распределение температур в зонах обогрева моделируется [1,2] системой дифференциальных уравнений, описывающих потоки тепла между нагревательными приборами, обогреваемыми зонами и окружающей средой

$$C_i^H \frac{dT_i^H}{dt} = P_i^H - (T_i^H - T_i^R) \sigma_i^H, \quad (1)$$

$$C_i^R \frac{dT_i^R}{dt} = (T_i^H - T_i^R) \sigma_i^H + P_i^R - (T_i^R - T_j^R) \sigma_{ij}^R, \quad (2)$$

где C_i^H и C_i^R - соответственно, теплоёмкость нагревателя и зоны обогрева, $P_i^H(t)$ - мощность нагревателя, $T_i^H(t)$ и $T_i^R(t)$ - соответственно, температура нагревателя и зоны обогрева, $P_i^R(t)$ - мощность потока тепла от источников в зоне обогрева (помимо нагревателя), σ_i^H - коэффициент теплоотдачи нагревателя, σ_{ij}^R - коэффициент теплопередачи между зонами, i, j - номера зон обогрева, включая наружную среду $j = 0$.

Изменение состояния (включён/выключен) нагревательного прибора моделируется конечным автоматом с билинейной тактикой, ал-

горитм поведения которого является модификацией автомата с линейной тактикой, предложенного М.Л. Цетлиным [3]. Билинейная тактика поведения автоматов, участвующих в коллективном распределении ресурса, обеспечивает быструю (полиномиальную) сходимость процесса декомпозиции коллектива к равновесию по типу Нэша, при котором неиспользуемая мощность в сети электропитания не превосходит наименьшую мощность в подмножестве нагревателей, оставшихся не подключёнными к сети. Блок-схема алгоритма декомпозиции показана на рис.1.

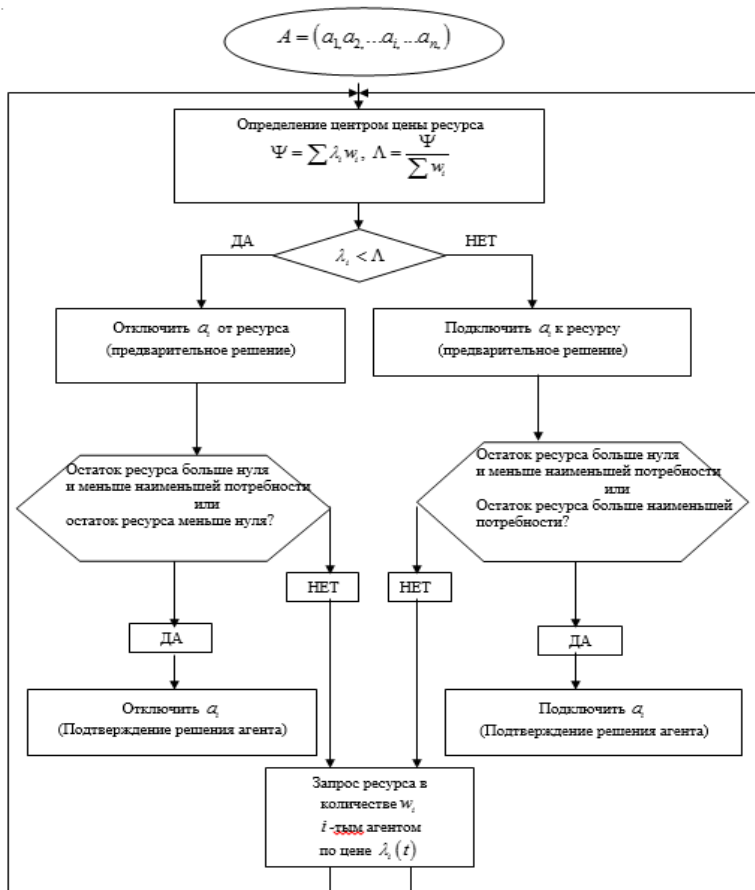


Рис.1. Алгоритм декомпозиции коллектива «умных» нагревательных устройств

Результаты моделирования «умного» электрического отопления 3-х комнатной квартиры общей площадью 60кв.м с учётом случайно

изменяющегося лимита мощности, используемой на обогрев, в пределах до 3,0 кВт и температуры наружного воздуха от -100С до 00С, показали, что система обеспечивает поддержание комфортных температур (200С...220С) во всех комнатах при таком суммарном потреблении электроэнергии, стоимость которой (по тарифу на 2017г.) не превышает стоимость центрального отопления (при оплате за кВт.м, без счётчика тепла). Моделировалась система, включающая четыре электронагревателя, из которых два мощностью 1500Вт и два мощностью 1000Вт. Мощность, используемая на отопление, лимитировалась допустимой мощностью электропотребления квартиры 3,5кВт за вычетом случайно изменяющейся нагрузки, создаваемой включением и отключением различных бытовых электроприборов, (холодильник, освещение, электропечь, телевизор и т.п.).

Литература

1. Абрамчук, С.И. Энергетическая эффективность электрического обогревателя [Текст] / Абрамчук С.И., Пуговкин А.В.// Доклады ТУСУР. – 2014, № 4 (34) . – С. 211-214.
2. Пуговкин, А.В. Математическая модель теплоснабжения помещений для АСУ энергосбережения [Текст] / Пуговкин А.В., Купреков С.В., Абушкин Д.В., Заречная И.А, Муслимова Н.И. // Доклады ТУСУР. – 2010, № 2 (22), часть 1. – С. 293-298.
3. Цетлин, М.Л. Исследования по теории автоматов и моделирование биологических систем [Текст] / М.Л. Цетлин. – М.: «Наука», 1969. – 316 с.

УДК 004.94

ИДЕНТИФИКАЦИЯ ИМИТАЦИОННОЙ МОДЕЛИ «ЭЛЕКТРИЧЕСКИЙ ОБОГРЕВАТЕЛЬ - КОМНАТА» С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ КОМПЬЮТЕРНЫХ ИНСТРУМЕНТАЛЬНЫХ СРЕДСТВ

А.В. Бубликов, С.Н. Проценко, О.В. Карпенко
*Государственное высшее учебное заведение «Национальный
горный университет»*

На сегодняшний день доля АЭС в производстве электроэнергии в Украине составляет более 50%. С учетом этого факта, а также принимая во внимание дефицит газа и угля, как альтернативных источников тепловой энергии, особую актуальность приобретает электрическое отопление помещений. Переход к электрическому отопле-

нию помещений зданий требует не только модернизации электрических сетей в здании, но и внедрение систем интеллектуального управления распределением электроэнергии для повышения прогнозируемости потребления электроэнергии и снижения нагрузки на электростанции в пиковые часы. По этой причине актуальным является изучение эффективности применения инструментов имитационного моделирования для исследования процессов нагрева/охлаждения помещений с целью создания алгоритмов интеллектуального управления распределением электроэнергии в здании.

Простейшей имитационной моделью, которая описывает динамику температур поверхности обогревателя и комнаты и которая входит в основу методики испытания отопительных приборов [1], является система дифференциальных уравнений первого порядка:

$$\begin{cases} \tau_o \cdot \frac{dT_o}{dt} = \frac{P_o}{\sigma_o} - (T_o - T_k); \\ \tau_k \cdot \frac{dT_k}{dt} = (T_o - T_k) \cdot \frac{\sigma_o}{\sigma_k} + \frac{P_{дон}}{\sigma_k} - (T_k - T_{в.с.}), \end{cases} \quad (1)$$

где $P_{дон}$ – мощность потока тепла от дополнительных источников в комнате (кроме обогревателя); σ_k – коэффициент теплопередачи комнаты по отношению к внешней среде; $T_{в.с.}$ – температура внешней среды (на улице); T_o – температура поверхности обогревателя; P_o – мощность обогревателя; T_k – температура комнаты; σ_o – коэффициент теплопередачи обогревателя; τ_o – постоянная времени обогревателя; τ_k – постоянная времени комнаты.

В системе уравнений (1) входной (управляющей) величиной является мощность обогревателя P_o (равна либо номинальной электрической мощности обогревателя, когда он включен, либо нулю, когда он выключен). Выходными величинами (которые определяются с помощью модели) являются температура поверхности обогревателя T_o и температура комнаты T_k . Технологическими параметрами имитационной модели (1), которые известны, являются температура внешней среды $T_{в.с.}$, начальная температура поверхности обогревателя и комнаты, а также мощность потока тепла от дополнительных источников в комнате $P_{дон}$ (1,33 кВт). Неизвестными технологическими параметрами имитационной модели (1) являются постоянные времени обогревателя (τ_o) и комнаты (τ_k), а также коэффициенты теплопередачи обогревателя (σ_o) и комнаты по отношению к внешней среде (σ_k).

Существуют расчетные методики определения неизвестных технологических параметров имитационной модели (1) на основе экспериментальных данных [2], однако нами рассмотрена возможность применения для этой цели инструментальных средств программы Matlab, что является более быстрым и удобным способом параметрической идентификации. Параметрическая идентификация проводилась по выборкам изменения температур комнаты и поверхности обогревателя во времени, полученным в лабораторных условиях в режимах обогрева и охлаждения (серые линии на рис.2,б и рис.2,в с применением линейной интерполяции).

Для обогрева комнаты использован масляный обогреватель мощностью 0,5 кВт. На момент эксперимента температура внешней среды была 5 °С, а начальные температуры комнаты и поверхности обогревателя были равны 20,4 °С. Шаг замера температур во времени был взят 5 мин.

Рис. 1. Схема имитационной модели «обогреватель-комната» в приложении Simulink программы Matlab

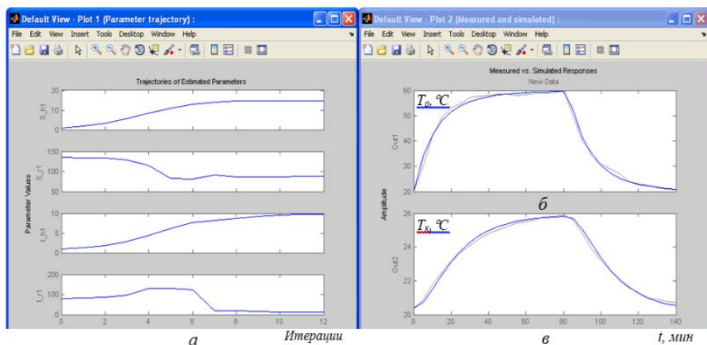


Рис. 2. Результат параметрической идентификации имитационной модели «обогреватель-комната»: *а* – изменение неизвестных параметров в процессе оптимизации; *б* и *в* – изменение во времени температуры, соответственно, поверхности обогревателя и комнаты (серая линия – экспериментальная кривая, темная линия – результат моделирования с установленными оптимальными параметрами модели)

В процессе параметрической идентификации имитационной модели «обогреватель-комната» с применением инструмента приложения Simulink «Control and Estimation Tools Manager» установлено, что постоянная времени обогревателя равна 9,72 мин, его коэффициент теплопередачи равен 14,72 Вт/°С, постоянная времени комнаты равна 12,97 мин, а ее коэффициент теплопередачи равен 87,4 Вт/°С.

Выводы:

1. Применение инструмента приложения Simulink «Control and Estimation Tools Manager» для параметрической идентификации имитационной модели «обогреватель-комната» продемонстрировало достаточно высокую точность идентификации – среднее отклонение экспериментальных значений температуры поверхности обогревателя от графика модели составляет 1,3 °С при максимальном отклонении 3,9 °С, тогда как среднее отклонение экспериментальных значений температуры комнаты от графика модели составляет 0,11 °С при максимальном отклонении 0,21 °С.

2. Для определения оптимальных значений неизвестных технологических параметров имитационной модели «обогреватель-комната» понадобилось 12 итераций и менее 10 с. Учитывая существенную инерционность процессов нагрева и охлаждения комнаты и поверхности обогревателя, а также высокое быстродействие и точность инструмента приложения Simulink «Control and Estimation

Tools Manager» при параметрической идентификации рассматривается возможность использования этого инструмента для модельно-ориентированного управления электрическим обогревом помещений в режиме реального времени.

Литература

1. Действующая методика испытания отопительных приборов / В.И. Сасин, Г.А. Бершидский, Т.Н. Прокопенко, Б.В. Швецов [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.pkf-sk.ru/articles.php?id=365.html>, свободный (дата обращения: 22.11.2014).
2. Абрамчук, С.И. Энергетическая эффективность электрического обогревателя [Текст] // С.И. Абрамчук, А.В. Пуговкин // Доклады ТУСУРа. – 2014. – № 4. – С. 211-214.

УДК 004.94, 004.942

ІНТЕЛЕКТУАЛЬНИЙ МОНІТОРИНГ МОБІЛЬНОГО РОБОТА

Голуб С.В., Харченко О.В.

Черкаський національний університет імені Богдана Хмельницького, Україна

Функція моніторингу мобільного робота призначена для забезпечення інформацією процесів порівняння стратегій його поведінки шляхом організації неперервних спостережень за оточуючим середовищем та обробки його результатів. Для спостереження використовуються ультразвукові, інфрачервоні, та звукові датчики, відеокамери. Вихідні сигнали засобів спостереження утворюють масив вхідних даних для синтезатора моделей, що формує структуру глобальної функції перетворення інформації (ГФП). Ієрархічне поєднання моделей ГФП відображає ситуацію, в якій на поточний момент знаходиться робот. Аналітичні сигнали давачів перетворюються в чисельні характеристики стану робота. Таким чином моделі нижніх рівнів ієрархії, що є елементами структури ГФП, послідовно розв'язують задачі ідентифікації функціональних залежностей. Моделями верхніх рівнів за значеннями характеристик стану, генеруються керуючі дії виконавчими механізмами робота – двигунами.

В залежності від завдань, що виконує робот, формуються кілька ГФП, що поєднуються в базу модельних знань (БМЗ) [1]. І тоді ке-

руючі впливи для виконавчих механізмів генеруються за результатами роботи кількох різнорідних джерел інформації, консолідованих в структурі БМЗ.

Об'єктом дослідження даної роботи є процес навчання інформаційно-аналітичної системи мобільного робота, зокрема синтезу моделей, що є елементами ГФПІ. Це багатопараметричні функціональні залежності характеристик стану об'єкту від множини аналітичних сигналів отриманих від датчиків.. Для отримання цих функціональних залежностей застосовуються методи індуктивного моделювання, нейромережі, генетичні алгоритми. Використовуються технології багатопараметричного та багаторівневого моделювання.

Використовуючи методи та засоби, що входять до технології багаторівневого перетворення даних [2], з'являються можливості за їх допомогою розв'язувати нові задачі мобільним роботом. Але, як показали результати досліджень, без додаткових заходів із адаптації до специфічних умов нової предметної області можливості цієї технології не будуть повністю розкриті.

Специфічність цих нових умов у необхідності консолідувати інформацію, що отримує робот із різнорідних джерел системи технічного зору. Необхідно перетворити до типового вигляду масиву вхідних даних (МВД) сигнали від ультразвукових та інфрачервоних давачів, відео- та аудіо- файли.

Була сформульована гіпотеза про те, що підвищити інформативність масиву вхідних даних можливо шляхом декомпозиції локальних метричних карт, що утворюються кожним із давачів мобільного робота.

Для експериментальної перевірки цієї гіпотези розв'язувалась задача формування МВД мобільного робота. Застосована декомпозиція локальної метричної карти та вхідних сигналів із ультразвукових датчиків. Гіпотеза буде підтверджена тоді, коли сформований таким чином МВД дозволить забезпечити прийнятні значення характеристик адекватності моделей — середньоквадратичне відхилення результатів моделювання від еталонних даних.

Локальна метрична карта окремого ультразвукового датчика ділить площу, яку він покриває, на 4 області. Дані з ультразвукового датчика записуються в локальній метричній карті за допомогою простої адитивної моделі.

В таблиці 1 наведено результати декомпозиції локальної метричної карти, за допомогою якої описані відстані до об'єктів на цій карті.

Таблиця 1. Показники сигналів відстаней

Кут повороту	Лівий датчик	Центральний датчик	Правий датчик
1.00	2.00	3.00	4.00
0.00	1.00	3.00	5.00
-0.83	3.00	1.00	-1.00
-1.83	1.60	0.20	-1.20
-2.33	1.50	0.80	0.10
-2.83	1.40	1.40	1.40
-3.33	2.50	2.10	1.70
...
-4.33	1.58	0.58	-0.43

Для випробування ці дані використані в якості МВД мобільного робота. В процесі синтезу моделі розв'язувалась задача ідентифікації залежності відстані від робота до об'єкта вів сигналу ультразвукового давача

В процесі синтезу моделей реалізовано послідовне випробування індуктивних моделей, нейромережі із зворотнім розповсюдженням помилки, гібридних алгоритмів на основі багаторядного алгоритму МГУА та генетичного алгоритму із наступним вибором кращої моделі.

На рисунку 1 подані результати порівняння дійсних відстаней до об'єкта та змодельованих за випробування отриманої моделі.



Рис. 1. Результати порівняння модельованих та реальних показників.

Дана робота демонструє дослідження формування локальних метричних карт які використовуються для побудови ієрархічних математичних моделей для прийняття рішень в багаторівневій структурі мобільного робота.

Проведена параметрична оптимізація дозволила покращити результати моделювання на 14%.

Література

1. Жирякова, І.А., Голуб, С.В. Новый підхід до формування бази модельних знань [Текст] // тези доповіді міжнародної науково-практичної конференції "Інформаційні технології та комп'ютерне моделювання". - Івано-Франківськ - Яремче, 23-28 травня 2016. - С. 40-42.
2. Ивахненко, А.Г., Зайченко, Ю.П., Дмитров, В.Д. Принятие решения на основе самоорганизации [Текст]. – М.: Сов. Радио, 1976.
3. Bar-Shalom, Y. and Fortmann, T. E.: 1988. Tracking and Data Association, Academic Press [Text].

УДК 517

ВОССТАНОВЛЕНИЕ ФОРМЫ И ПАРАМЕТРОВ ДВИЖЕНИЯ ТВЕРДОГО ТЕЛА ПО ПОЛЮ ВИДИМЫХ СКОРОСТЕЙ НА ИЗОБРАЖЕНИИ

Е.И.Кугушев, Е.Ю.Зуева

МГУ им.М.В. Ломоносова, Россия

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

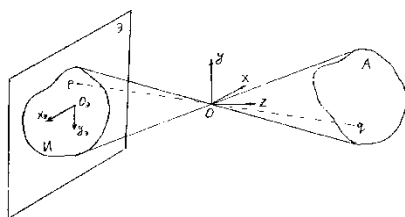
Настоящая работа относится к области технического зрения и посвящена исследованию возможности определения параметров пространственного движения и формы твердых тел на основе меняющегося во времени изображения. Задача исследования реальных предметов, сцен или процессов по последовательности их изображений изучается уже давно и имеет много аспектов [1,2]; в данной работе мы постарались дать полное рассмотрение в модельной геометрической постановке.

Зрительная система преобразует световое излучение объекта в зависящую от времени и экранных координат функцию яркости, которую будем рассматривать как непрерывную. Изменение поля яркостей во времени можно интерпретировать как движение точек изображения по экрану. Вектора скоростей этого движения образуют поле - так называемый оптический поток. Существует уравнение, связывающее оптический поток с изменением поля яркостей, но

оно не определяет оптический поток полностью, для полного определения требуются дополнительные предположения и условия [3]. Эти условия могут быть очень разнообразными и подбираются, исходя из специфики задачи. На оптический поток влияют не только реальные форма объекта и параметры его движения. Функция яркости зависит также и от условий освещения, особенностей самой зрительной системы, случайных помех. В модельной постановке предполагается, что влияние этих факторов несущественно или может быть скомпенсировано; это вполне возможно, например, при стабильном освещении и известных систематических искажениях зрительной системы.

В данной работе мы предполагаем, что оптический поток известен. Поле видимых скоростей назовем геометрическую проекцию реального пространственного движения объекта на плоскость изображения. Будем считать, что оптический поток и поле видимых скоростей совпадают. Это позволяет сосредоточиться на геометрических и механических аспектах задачи.

Постановка задачи. Будем рассматривать два варианта оптических систем – центральную и параллельную.



Обычные видеокамеры описываются центральными системами, наблюдение удаленных объектов, например, с помощью телескопа - параллельными. На рисунках представлены центральная и параллельная зрительные системы. Объект А проектируется на плоскость экрана Э, порождая изображение И, q – точка видимой поверхности А, p – ее изображение. Для центральной системы, камера считается неподвижной, и с ней связана абсолютная декартова система координат с центром в объективе камеры O . и осью Z , совпадающей с оптической осью системы и направленной

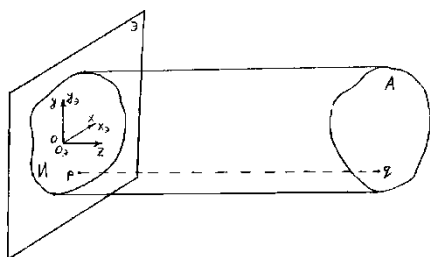


Рис.1 Системы координат

в сторону наблюдения. Расположение осей Ox и Oy несущественно. Центр экранной системы координат $Oэ$ является проекцией центра абсолютной системы, оси $Xэ$ и $Yэ$ являются проекциями соответствующих абсолютных осей с противоположным знаком. Для параллельной системы, абсолютная декартова система координат связана с экраном, ось Z направлена в сторону наблюдения. Координаты изображения точки на экране - $(xэ, yэ)$, вектор оптического потока в данной точке обозначим (u, v) .

Выпишем уравнения, связывающие оптический поток с движением и формой твердого тела. Рассмотрим ситуацию в фиксированный момент времени t . Пространственное движение твердого тела в этот момент определяется вектором смещения $T(Tx, Ty, Tz)$ и вектором вращения $\omega(\omega x, \omega y, \omega z)$. Для любой точки видимой части поверхности твердого тела $q(x, y, z)$, ее скорость в абсолютном пространстве в координатной записи будет иметь вид:

$$\begin{aligned} x' &= T_x + \omega_z z - \omega_y y \\ y' &= T_y + \omega_x x - \omega_z z \\ z' &= T_z + \omega_y y - \omega_x x \end{aligned} \quad (1)$$

Форма видимой части поверхности может описываться через абсолютные координаты $f(x, y, z) = 0$, где f – некоторая функция. Можно описать ее также параметрически, через координаты изображения:

$x = xэ Z(xэ, yэ)$, $y = yэ Z(xэ, yэ)$, $z = Z(xэ, yэ)$, где $Z(xэ, yэ)$ – некоторая функция, которую будем считать непрерывной.

Вышесказанное относится к системам обоих типов. Дальнейшее рассмотрение ведем по отдельности.

Центральная система. Направления и масштаб экранных осей выберем таким образом, чтобы координаты любой точки q пространства и ее проекции p были связаны соотношениями $xэ = x/z$; $yэ = y/z$. (2)

Дифференцируя (2) по времени, получим $u = x'/z - xz'/z^2$, $v = y'/z - yz'/z^2$.

Подставив в эти соотношения (1) и (2), получим

$$\begin{aligned} u &= (T_x - T_z xэ) 1/z - \omega_x xэ yэ + \omega_y (1 + xэ^2) - \omega_z yэ \\ v &= (T_y - T_z yэ) 1/z - \omega_x (1 + yэ^2) + \omega_y xэ yэ + \omega_z xэ \end{aligned} \quad (3)$$

Параллельная зрительная система. Координаты точки и ее изображения связаны простым соотношением $xэ = x$, $yэ = y$. Соответственно, $u = x'$, $v = y'$. Подставляя в эти соотношения (1), получим

$$\begin{aligned} u &= T_x + \omega_y z - \omega_z y \\ v &= T_y + \omega_z x - \omega_x z \end{aligned} \quad (4)$$

Восстановление по оптическому потоку параметров движения и структуры твердого тела состоит в определении векторов T и ω и функции Z , удовлетворяющих системам уравнений (3) и (4).

Выводы. Приведем результаты анализа выписанных уравнений. О форме твердого тела и его пространственном движении, если использовать только информацию о его видимом движении и не привлекать дополнительных предположений, можно утверждать следующее. Для обеих рассматриваемых зрительных систем восстановление видимой поверхности тела возможно только с точностью до преобразования подобия. Такое восстановление будем считать однозначным. Для некоторых видов поверхностей могут возникать двубавочные неподобные решения – двойники. В этих случаях, для того, чтобы отбросить ложные решения, необходимо прибегать к дополнительным соображениям – физической реализуемости, непрерывности движения и другим.

Центральная зрительная систем. Форма видимой поверхности тела восстанавливается тогда и только тогда, когда в движении присутствует поступательная составляющая. Если же поступательная составляющая отсутствует, то форма видимой поверхности тела вообще не влияет на поле видимых скоростей. При наличии поступательного движения, задача восстановления может иметь не единственное решение только тогда, когда видимая поверхность твердого тела – плоскость или квадратичная поверхность, проходящая через центр проекции. При невырожденном движении, для плоскости решение всегда неоднозначно, для квадратичной поверхности в некоторых случаях. В любом случае существует не больше трех классов существенно различных решений (двойников). Возможны случаи, когда двойники существуют на протяжении некоторого ненулевого промежутка времени.

Параметры движения. Для центральной зрительной системы поле видимых скоростей движения твердого тела позволяет всегда однозначно восстановить вектор мгновенной угловой скорости и направление вектора мгновенного поступательного движения. Модуль вектора восстановить нельзя.

Параллельная зрительная система. Форма видимой поверхности тела восстанавливается однозначно тогда и только тогда, когда видимая поверхность тела – не плоскость, и в движении тела присутствует мгновенное вращение с вектором угловой скорости, не параллельным оптической оси зрительной системы. Если видимая поверхность тела – плоскость, то ее восстановление не однозначно.

Если тело вращается только вокруг оптической оси зрительной системы, то форма видимой поверхности тела вообще не влияет на поле видимых скоростей.

Параметры движения. По полю видимых скоростей движения твердого тела всегда можно однозначно восстановить составляющую ω_z мгновенного вращения тела вокруг оптической оси зрительной системы. Если видимая поверхность тела – не плоскость, то можно однозначно найти отношение двух других компонент мгновенного вращения. (т.е. вектор $(\lambda\omega_x \lambda\omega_y)$, где λ - неизвестное число). Что касается вектора мгновенного поступательного движения тела, то его составляющую вдоль оптической оси найти нельзя, т.к. ее значение не влияет на поле видимых скоростей. Две другие составляющие поступательного движения (сдвиг в плоскости экрана) также не восстанавливаются однозначно. Однако, если поверхность тела – не плоскость, то все допустимые значения вектора (T_x, T_y) удовлетворяют условию $T_x\omega_x + T_y\omega_y = \text{const}$.

Форма экрана. Перечисленные выше выводы справедливы для любой формы поверхности экрана зрительной системы.

Литература

1. Хорн, Б.К.П. Зрение роботов [Текст] // Пер с англ. И.М.Бродской, Е.Ю.Зуевой, А.Ю. Каргашина под редакцией Е.И. Кугушева, Ю.А. Садова. - Москва: «Мир», 1989. - 487с.
2. КУГУШЕВ, Е.И., Зуева, Е.Ю. ПОЛЕ ВИДИМЫХ СКОРОСТЕЙ В ЗРИТЕЛЬНОМ АНАЛИЗЕ ДВИЖЕНИЯ [Текст] // ПРЕПРИНТ ИПМ АН СССР. - № 68. – 1987. - 27 с.
3. Зуева, Е.Ю., Кугушев, Е.И. Уравнение оптического потока в зрительном анализе движения [Текст] // ПРЕПРИНТ ИПМ АН СССР. - № 64. – 1988. - 28 с.

UDC 631.15: 528.8: 004.9

THE USING OF UNMANNED AIRCRAFT SYSTEM AS A DATA SOURCE FOR GIS IN PRECISION AGRICULTURE

O.E. Zhytnyk

Chernihiv National University of Technology, Ukraine

Nowadays there is a large number of geographical information systems (GIS) designed to solve many issues related to the spatial location of objects. That is why such systems are widely used in cartography (to create maps), geology (to show minerals spread areas), ecology (for the reduction of forest land research, forest fires proliferations monitoring,

floods observation), meteorology (to watch the movement of cyclones and anticyclones) and many other fields. It should be noted that geographical information systems is also used successfully in agriculture. This primarily relates to precision agriculture, where such technologies help significantly reduce yield losses and keep reserves of fuel and fertilizers.

Although Ukraine has exemplary geographical prerequisites for getting one of the best harvests of crops in the world (e.g., sugar beet, soybean, sunflower, etc.) but, unfortunately, it is achieved by more quantitative than qualitative component. First of all, this is due to the lack of advanced technologies of the industry, including computerization. But the situation has become to improve recently and Ukrainian farmers have gradually begun to pay their attention to a lot of advanced know-how in the field of IT for its possible involvement in their farms.

Thus an increased demand for geographical information systems is appeared in the Ukrainian market. Some competitive domestic examples of such systems have already been created. They are oriented to both the national and the foreign market. But to detect a dynamics of the crops and/or soil state all of these systems use images taken from a spacecraft. Usually they are paid, so it forces farmers to buy these bitmaps from time to time, or subscribe to a periodic receiving. Also, images from satellites do not guarantee sufficient desired resolution, but if not, these photos would have a very high cost.

The use of unmanned aerial vehicles (UAVs) can be a more convenient solution, because it can provide farmers with information from images taken directly from a small height. These data are more accurate and provide tangible detailed objects on farmland. Thus there is no need to pay for each image because the UAV is the property of a farmer and he can use it with that frequency, which he considers that it is the most appropriate for his business. Hence images of fields may be taken at any time and with any periodicity. Farmers have to do the costs only for fuel and its maintenance. Also, one of the advantages of UAVs is the fact that if the farmer does not need to monitor the whole field, he may use unmanned aerial vehicle only on certain areas. Furthermore, the cloudiness does not obstruct to take bitmaps because altitude of the UAV is lower than the lowest altitude of clouds locations. Besides unmanned aerial vehicles have certain drawbacks in comparison with the space ones. First of all, it should be said about coverage area per one shot: if a satellite can receive data from a specific area in one photograph, the unmanned flying apparatus will need to make more shots for full coverage of this territory. Instead, such resolve is quicker than the old method of point sampling, which provides agronomist when he moves on the field.

Because of a large number of advantages the UAVs using can be considered as a rational solution to the problem of remote sensing in agriculture. Further work with the collected data can be carried in a GIS by combining all images in one general map of the fields with its further processing or by finishing of each image separately. Based on previous statements in the near future it is arranged to create new own GIS, the main features of which would be its direction to the interaction mostly with images made via the UAV and its focused specialization aimed at the crops observations conducting.

References

1. Lytvynov, V.V., Zhytnyk, O.E. Background for the Use of Remote Sensing in Agriculture in Ukraine [Text] // Computer Simulation and Optimization of Complex Systems. – Dnipropetrovsk: DVNZ UDHTU, 2015. – Part 2. – pp. 58-60.
2. Shiyani, B. J., Shiyani, D.V. The Intensive and the Extensive Factors of Agricultural Production [Text] // The New Economic Paradigm Formation of National Food Safety Strategy for Ukraine in the XXI Century. - K .: IAE UAAN. - 2001. – P. 563-566.

УДК 519.876.2:62-50(047)

ПРОДУКЦИОННАЯ МОДЕЛЬ ДИАГНОСТИРОВАНИЯ СИСТЕМ УПРАВЛЕНИЯ

А.С.Кулик

Национальный аэрокосмический университет им. Н.Е.Жуковского «ХАИ», Украина

Системы управления объектами и процессами представляют собой гетерогенные комплексы, состоящие из функциональных блоков различных по назначению и принципу действия. Для обеспечения работоспособности систем управления на всех этапах жизненного цикла требуется проведение диагностирования с целью выявления причин дестабилизации для последующего эффективного их парирования.

Среди актуальных задач диагностирования динамических систем особое место занимает задача формирования единой, структурно однородной базы разнотипных знаний о причинах дестабилизации работоспособности и формирования логической схемы получения диагноза, другими словами, нерешенной в научном плане представля-

ется задача синтеза знание-ориентированного модуля диагностирования функционального состояния динамической системы при событийной неопределённости дестабилизирующих воздействий.

Процессы управления, как правило, описываются развитыми тематическими инструментальными средствами, позволяющими обеспечить требуемую адекватность в реакциях на типовые управляющие и возмущающие воздействия. Изменения технического и функционального состояний систем управления, вызванные неисправностями, сбоями, поломками, отказами и другими причинами в ряде случаев удаётся выявить посредством восстановления причинно-следственных связей нарушения работоспособности и описать аналитически реакции на такие дестабилизирующие воздействия объектов управления [1]. В большинстве случаев причины изменения технического и функционального состояний систем управления представляют собой неопределённые события, которые появляются на всех этапах жизненного цикла. На практике распознавание и нейтрализация таких событий происходит с привлечением профильных специалистов, как правило, методом «мозгового штурма» и посредством моделирования нештатной ситуации и средств её парирования.

Исходными знаниями для решения задачи синтеза знание-ориентированного модуля диагностирования динамической системы могут быть диагностические модели, знания специалистов, распознавших причины нештатной ситуации, а также знания, получаемые в процессе текущего диагностирования системы управления. Три типа этих знаний разнородны по содержанию и по форме представления. Для того, чтобы воспользоваться этими знаниями для автоматизации процесса диагностирования систем управления в реальном масштабе времени необходима алгоритмическая структура, позволяющая использовать эти разнотипные знания, а также манипулировать ими для получения диагноза. Наиболее приемлемой представляется структура продукционного типа в форме дихотомического дерева [2].

В докладе представлено трёхуровневое решение задачи диагностирования систем управления. На первом уровне по доступным измерениям сигналам происходит обнаружение отклонений в работоспособности систем управления. На втором уровне диагностирования локализуется причина дестабилизации работоспособности. Идентификация видов дестабилизации систем управления производится на третьем уровне. Для каждого уровня диагностирования формируется с помощью, имеющихся на текущем этапе жизненного

цикла системы управления разнотипных знаний, соответствующая дихотомическая ветвь, в узлах которой находятся двузначные предикаты z_i , сформированные с помощью продукционных правил вида «ЕСЛИ – ТО». Согласованное с логикой последовательного снятия неопределённости, объединение ветвей порождает дихотомическое дерево, представляющее продукционную модель диагностирования систем управления. На рисунке представлена структура продукционной модели диагностирования.

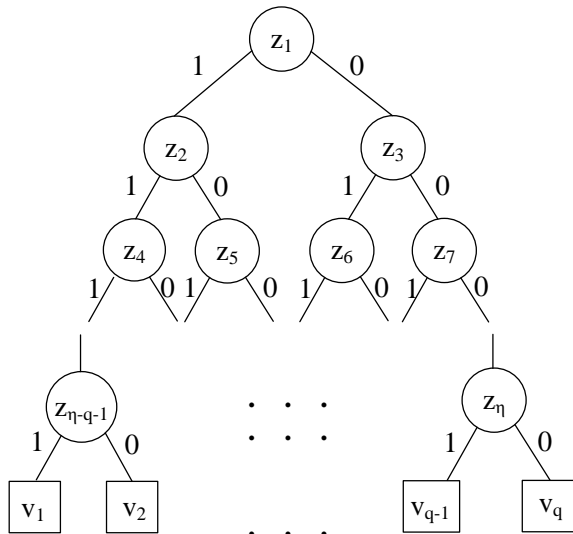


Рис.1. Структура продукционной модели диагностирования

Оптимизацию дихотомического дерева предлагается производить по таблице, отражающей связь видов дестабилизации $v_j, j = \overline{1, q}$ с предикатами $z_i, i = \overline{1, \mu}$ с помощью булевой переменной σ_{ji} .

Таблица

Виды	Предикаты			
	z_1	z_2	...	z_μ
v_1	σ_{11}	σ_{12}	...	$\sigma_{1\mu}$
v_2	σ_{21}	σ_{22}	...	$\sigma_{2\mu}$
.
.
v_q	σ_{q1}	σ_{q2}	...	$\sigma_{q\mu}$

С использованием следующей рекуррентной процедуры можно сбалансировать дихотомическое дерево по технико-экономическим критериям [3]:

$$\left\{ \begin{array}{l} M_1 = \{z'_{i1}\}; \\ M_2 = \{\min_{\{z'_{i2}\}}[\{z'_{i2}\} \wedge M_1]\}; \\ \vdots \\ M_q = \{\min_{\{z'_{iq}\}}[\{z'_{iq}\} \wedge M_{q-1}]\}, \end{array} \right. \quad (1)$$

где z'_{i1} – предикаты z_i , принимающие значение «1» в первой строке таблицы; M_1 – множество предикатов, принимающих значение «1» в первой строке; \wedge – символ конъюнкции; M_q – множество минимальных совокупностей предикатов.

Исследование продукционной модели диагностирования производилось на макете микроспутника с электромаховичными приводами пирамидальной структуры (рис. 2). Рассматривались различные виды



Рис.2. Макет микроспутника с электромаховичными приводами пирамидальной структуры

дестабилизации, приводящие к изменению результирующего вектора кинетического момента. В результате исследований была сформирована продукционная модель диагностирования блока электромаховичных приводов пирамидальной структуры, позволяющая распознавать 60 видов дестабилизации работоспособности.

Литература

1. Кулик, А.С. Диагностические модели объектов автоматического управления [Текст] / А.С. Кулик // 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 : ЧТНУ, 2015. – С. 214–216.
2. Рассел, С. Искусственный интеллект: современный подход, 2-е изд.: Пер. с англ. [Текст] / С. Рассел, П. Норвиг. – М. : Издательский дом "Вильямс", 2006. – 1408 с.
3. Кулик, А.С. Элементы теории рационального управления объектами [Текст] / А.С. Кулик. – Х. : Нац. аэрокосм. ун-т им. Н.Е. Жуковского «ХАИ», 2016. – 255 с.

УДК 517.957

ПОБУДОВА МАТЕМАТИЧНОЇ МОДЕЛІ ПОЛЬОТУ КВАДРОКОПТЕРА

Халус О.А., Терентьев Р.А.

*Національний технічний університет України «Київський
політехнічний інститут»*

Сьогодні все більш різноманітні галузей починають використовувати безпілотні літальні пристрої (БПЛА), квадрокоптери.

Але такі квадрокоптери є дорогими, і одна з причин такої ціни — дуже велика націнка на контролери польоту, яка сягає від 200 доларів. Хоча більшість контролерів польоту виготовляють на мікроконтролері Atmega, на такому ж як і відкрита платформа Arduino. Якби вони були дешевшими та легшими в керуванні, то швидше розвивались, знаходились нові сфери їх застосування.

Для того щоб зібрати квадрокоптер на платформі Arduino, потрібні основні компоненти. Але цього не достатньо, для того щоб можна було літати на власно зібраному пристрої. Потрібно ще реалізувати програмне забезпечення. А для цього потрібно побудувати математичну модель польоту квадрокоптера використовуючи модель руху твердого тіла в просторі.

Розглянемо квадрокоптер [1], з відомими фізичними параметрами, рухом якого можна керувати, змінюючи швидкості обертання гвинтів. Апарат рухається відносно не рухомий системи відліку, пов'язаної з Землею і заданої перпендикулярними один одному координатними осями та, причому вісьспрямована протилежно вектору

сили тяжіння. З квадрокоптера пов'язана будівельна система координат, центр якої розміщений в центрі мас апарату, а осі та паралельні їй сонаправлені з осями нерухомої системи. Кутове положення апарату задаємо трьома кутами Крилова: кутами крену, тангажу і нишпорення, визначальними обертання навколо осей тавідповідно. Опишемо математичну модель даного апарату.

В будівельній системі лінійні швидкості задані вектором \mathbf{v} а кутові — вектором

$$\begin{bmatrix} V_{x,b} \\ V_{y,b} \\ V_{z,b} \end{bmatrix}, \mathbf{v} = \begin{bmatrix} p \\ q \\ r \end{bmatrix}.$$

Матриця повороту від будівельної системи до інерціальної системі має вигляд.

Матриця повороту ортогональна, отже матриця повороту від нерухомої системи відліку до будівельної системі зв'язок між лінійними швидкостями в інерціальній і будівельній системах задається співвідношенням:

$$R = \begin{bmatrix} \cos(\psi)\cos(\theta) & \cos(\psi)\sin(\theta)\sin(\varphi) & \sin(\psi)\cos(\varphi) & \cos(\psi)\sin(\theta)\sin(\varphi) + \sin(\psi)\sin(\varphi) \\ \sin(\psi)\cos(\varphi) & \sin(\psi)\sin(\theta)\sin(\varphi) + \cos(\psi)\cos(\varphi) & \sin(\psi)\sin(\theta)\cos(\varphi) & \cos(\psi)\sin(\varphi) \\ \sin(\theta) & \sin(\varphi)\cos(\theta) & \cos(\varphi)\cos(\theta) & \end{bmatrix}^{(1)}$$

Опишемо динамічні рівняння руху. Позначимо вектор швидкості квадрокоптера в інерціальній системі відліку як \mathbf{V} Другий закон Ньютона матиме вигляд де:

- загальна маса пристрою;
- сумарний вектор сили, прикладений до нього.

Для переходу з нерухомої системи координат в рухому, тобто будівельну систему, перепишем закон у вигляді де:

- лінійне прискорення пристрою, відносно будівельної системи координат;
- кутова швидкість обертання будівельної системи щодо інерціальної системи.

Так як керуюча сила обчислюється і прикладається в будівельній системі, то отриманий вираз слід записати в цій системі координат:

$$\begin{bmatrix} \dot{V}_{x,B} \\ \dot{V}_{y,B} \\ \dot{V}_{z,B} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} rV_{y,B} - qV_{z,B} \\ pV_{z,B} - rV_{x,B} \\ qV_{x,B} - pV_{y,B} \end{bmatrix} + \frac{1}{m_t} \begin{bmatrix} f_x \\ f_y \\ f_z \end{bmatrix},$$

Другий закон Ньютона для обертального руху в земній нерухомій системі координат має вигляд

де:

1. L – кутовий момент,
2. M – момент обертальної сили

$$\frac{dL}{dt} = d_B \frac{L}{dt} + w * L = M.$$

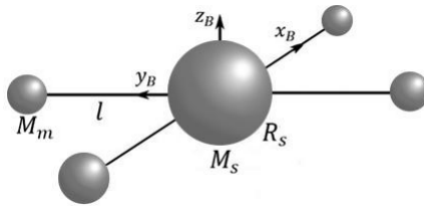


Рисунок 1 - Схематичне зображення квадрокоптера

У неінерціальній системі де- тензор інерції. Будемо вважати квадрокоптер кулею з радіусом та масою на відстані від центру якого розташовані матеріальні точки з масою

Можна вважати квадрокоптер симетричним тілом, у якого головні осі інерції збігаються з осями будівельної системи координат.

$$\begin{bmatrix} \dot{p} \\ \dot{q} \\ \dot{r} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \frac{J_y - J_z}{J_x} qr \\ \frac{J_z - J_x}{J_y} pr \\ \frac{J_x - J_y}{J_z} pq \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} \frac{1}{J_x} \tau_\phi \\ \frac{1}{J_y} \tau_\theta \\ \frac{1}{J_z} \tau_\psi \end{bmatrix}.$$

Модель квадрокоптера, має шість ступенів свободи, описується рівняннями, однак її необхідно доповнити виразами, які описують сили і обертальний момент, що діють на пристрій [1].

В результаті математична модель квадрокоптера набуває такого вигляду:

$$\left\{ \begin{array}{l} \ddot{x} = (\cos(\psi)\sin(\theta)\cos(\varphi) + \sin(\psi)\sin(\varphi))\frac{F}{m_t} \quad \text{sign}(\dot{x})c_d \frac{\rho\dot{x}^2}{2} S_x . \\ \ddot{y} = (\sin(\psi)\sin(\theta)\cos(\varphi) - \cos(\psi)\sin(\varphi))\frac{F}{m_t} \quad \text{sign}(\dot{y})c_d \frac{\rho\dot{y}^2}{2} S_y \\ \ddot{z} = \cos(\varphi)\cos(\theta)\frac{F}{m_t} - g \quad \text{sign}(\dot{z})c_d \frac{\rho\dot{z}^2}{2} S_z \\ \ddot{\varphi} = \frac{1}{J_x} \tau_\varphi \\ \ddot{\theta} = \frac{1}{J_y} \tau_\theta \\ \ddot{\psi} = \frac{1}{J_z} \tau_\psi \end{array} \right.$$

Висновок. У роботі представлена і послідовно виведено математичну модель квадрокоптера, вхідними впливами в якій є швидкості обертання гвинтів. На основі моделі синтезовано стабілізуюче управління, яке ґрунтується на лінеаризації нелінійних рівнянь зворотним зв'язком. Отримана система управління дозволяє повертати на заданий кут і переміщатися в задану в просторі точку.

Література

1. Arduino Board Mega2560 [Електронний ресурс] // Режим доступу: <https://www.arduino.cc/en/Main/arduinoBoardMega2560>

**ЗАСТОСУВАННЯ КОНТРОЛЕРА ARDUINO MEGA 2560 У
СИСТЕМІ УПРАВЛІННЯ БЕЗПЛОТНИМ ЛІТАЮЧИМ
АПАРАТОМ**

Халус О.А., Терентьев Р.А.

*Національний технічний університет України «Київський
політехнічний інститут»*

Дуже багато людей в деталях уявляють собі, як влаштований автомобіль. Багато хто навіть будують власні машини, іграшкові і справжні, зробивши це своїм хобі. Досить один раз розібрати автомобільний двигун, щоб побачити (і назавжди запам'ятати) клапани, через які циліндр наповнюється паливом і повітрям, камеру згоряння, в якій запалюється суміш, шатуни і колінчастий вал, які змушують обертатися маховик.

Якщо ви розберете пульт від телевізора, ви побачите мікросхеми та електронні компоненти. Їх зовнішній вигляд мало що розповість вам про те, як все це працює. Приблизно так само в розібраному вигляді виглядають комп'ютерна миша, мобільний телефон або аудіоплеєр. Щоб самостійно збирати, а тим більше проектувати сучасну електроніку, потрібно володіти глибокими знаннями в області електротехніки, уміти на всі лади схилити закон Ома, розбиратися в програмуванні і дружити з паяльником. Тому хобі, пов'язані з електронікою, як правило, залишаються долею людей із спеціальною освітою.

Контролер - це мініатюрний комп'ютер з набором входів і виходів, що працює по заздалегідь написаній програмі. Мікросхема-контролер обов'язково присутній в вищезазначених телефонах, плеєрі і пультах, так само як в практично будь-якому сучасному електронному пристрої.

Контролер - річ сама по собі універсальна. До входів можна підключити як звичайні кнопки (пульт), так і температурні датчики (кондиціонер), модулі бездротового зв'язку (телефон) і навіть електрогітару (цифровий процесор ефектів). Виходи також можуть управляти чим завгодно. Завдання контролера - вимірювати електричну напругу на входах і подавати напругу на виходи відповідно до програми.

Arduino - один з найпоширеніших контролерів. Він надзвичайно зручний для побудови прототипів електронних пристроїв і тому користується популярністю серед любителів, студентів і цілком серйозних винахідників по всьому світу. На те є кілька вагомих причин.

По-перше, Arduino ДІЙСНО універсальний. За допомогою спеціальних плат розширення його можна навчити спілкуванню з іншими пристроями по Wi-Fi, Bluetooth iGPRS, SMS-отримувати повідомлення та телефонні дзвінки. Вбудовані бібліотеки протоколів дозволяють Arduino спілкуватися з сервоприводами і сенсорами, поширеними в сучасній робототехніці. Відкрита архітектура софта і заліза дозволяє більш просунутим користувачам з легкістю налаштувати його під будь-які потреби.

По-друге, Arduino використовує дещо спрощений мова програмування, з яким легко освоїтися навіть початківцям. Контролер являє собою не просто мікросхему, а плату з готовою схемою живлення і інтерфейсами для підключення до комп'ютера, вхідним і вихідним компонентам.

Нарешті, Arduino дешевий. Чи не настільки, щоб використовувати його в оптовому промисловому виробництві (для цього краще застосовувати окремі чіпи), але як раз настільки, щоб будь-який винахідник, дизайнер або програміст, у якого є оригінальна ідея, міг придбати контролер і створити на його основі діючий прототип.

Arduino Mega побудована на мікроконтролері ATmega2560. Плата має цифрових входів / виходів (14 з яких можуть використовуватися як виходи широтно-імпульсна модуляція(ШИМ)), 16 аналогових входів, 4 послідовних порту UART, кварцовий генератор 16 МГц, USB конектор, роз'єм живлення, роз'єм ICSP і кнопка перезавантаження. Для роботи необхідно підключити платформу до комп'ютера за допомогою кабелю USB або подати живлення за допомогою адаптера AC / DC, або акумуляторною батареєю [1].

Живлення

Arduino Mega може отримувати харчування як через підключення по USB, так і від зовнішнього джерела живлення. Джерело живлення вибирається автоматично.

Зовнішнє живлення (НЕ USB) може подаватися через перетворювач напруги AC / DC (блок живлення) або акумуляторною батареєю. Перетворювач напруги підключається за допомогою роз'єму 2,1 мм з позитивним полюсом на центральному контакті. Провід від батареї підключаються до висновків Gnd і Vin роз'єму живлення (POWER).

Платформа може працювати від зовнішнього живлення до 6 в 20 В. При напрузі живлення нижче 7 В, 5В висновок може видавати менше 5 В, при цьому платформа може працювати нестабільно. При

використанні напруги вище 12 В регулятор напруги може перегрітися і пошкодити плату. Рекомендований діапазон від 7 В до 12 В [2].

Плата Mega2560, на відміну від попередніх версій плат, не використовує FTDI USB мікроконтролер. Для обміну даними по USB використовується мікроконтролер Atmega8U2, запрограмований як конвертер USB-послідовний.

VIN. Вхід використовується для подачі живлення від зовнішнього джерела (за відсутності 5 В від роз'єму USB або іншого регульованого джерела живлення). Подача напруги живлення відбувається через даний висновок. Якщо харчування подається на роз'єм 2.1mm, то на цей вхід можна живитися.

5V. Регульований джерело напруги, що використовується для живлення мікроконтролера і компонентів на платі. Харчування може подаватися від виведення VIN через регулятор напруги, або від роз'єму USB, або іншого регульованого джерела напруги 5 В.

3V3. Напруга на виводі 3.3 В генерується мікросхемою FTDI на платформі. Максимальне споживання струму 50 мА.

GND. Висновки заземлення.

Пам'ять

Мікроконтролер ATmega2560 має: 256 кБ флеш-пам'яті для зберігання коду програми (4 кБ використовується для зберігання завантажувача), 8 кБ ОЗУ і 4 КБ EEPROM [3].

Входи і Виходи

Кожен з 54 цифрових висновків Mega, використовуючи функції pinMode (), digitalWrite (), і digitalWrite (), може налаштовуватися як вхід або вихід. Виводи працюють при напрузі 5 В. Кожен вивод має навантажувальний резистор (стандартно відключений) 20-50 кОм і може пропускати до 40 мА. Деякі виводи мають особливі функції:

а) Послідовна шина: 0 (RX) і 1 (TX); Послідовна Шина 1: 19 (RX) і 18 (TX); Послідовна Шина 2: 17 (RX) і 16 (TX); Послідовна Шина 3: 15 (RX) і 14 (TX). Висновки використовуються для отримання (RX) і передачі (TX) даних TTL. 0 і Висновки 1 підключені до відповідних висновків мікросхеми послідовної шини ATmega8U2.

б) Зовнішнє переривання: 2 (0 переривання), 3 (1 переривання), 18 (5 переривання), 19 (4 переривання), 20 (3 переривання), і 21 (2 переривання). Дані висновки можуть бути налаштовані на виклик переривання або на молодшому значенні, або на передньому чи задньому фронті, або при зміні значення. Детальна інформація знаходиться в описі функції attachInterrupt ().

с) ШИМ: 2 до 13 і 44–46. Будь-який з висновків забезпечує ШИМ з роздільною здатністю 8 біт за допомогою функції `analogWrite ()`.

д) SPI: 50 (MISO), 51 (MOSI), 52 (SCK), 53 (CC). За допомогою даних висновків здійснюється зв'язок SPI, наприклад, використовуючи бібліотеку SPI. Також висновки SPI можуть бути виведені на блоці ICSP, який сумісний з платформами Uno, Duemilanove і Diecimila.

е) LED: 13. Вбудований світлодіод, підключений до цифрового висновку 13. Якщо значення на виведення має високий потенціал, то світлодіод горить.

ф) I2C: 20 (SDA) і 21 (SCL). За допомогою висновків здійснюється зв'язок I2C (TWI). Для створення використовується бібліотека `Wire` (інформація на сайті Електропроводка). Розташування висновків на платформі Mega не відповідає розташуванню Duemilanove або Diecimila.

На платформі Mega2560 є 16 аналогових входів, кожен дозволом 10 (Біт тобто може приймати +1024 різних значення). Стандартно висновки мають діапазон вимірювання до 5 В щодо землі, проте є можливість змінити верхню межу за допомогою виведення AREF і функції `analogReference ()`.

Програмування

Платформа програмується за допомогою середовища розробки Arduino. Детальна інформація знаходиться в довіднику і інструкціях.

Мікроконтролер ATmega2560 поставляється з записаним завантажувачем, що полегшує запис нових програм без використання зовнішніх програматорів. Зв'язок здійснюється оригінальним протоколом STK500.

Є можливість не використовувати завантажувач і запрограмувати мікроконтролер через висновки блоку ICSP (внутрішньосхемне програмування). Детальна інформація знаходиться в даній інструкції.

Код прошивки для контролера ATmega8U2 доступний для вільного скачування. Контролер ATmega8U2 має власний DFU завантажувач, який може бути активований замиканням джампера на звороті плати (поруч з картою Італії) і перезавантаженням контролера. Для запису нової прошивки можливо використовувати Atmel's FLIP (під Windows) або DFU програматор (на Mac OS X або Linux). Також можна переписати прошивку зовнішнім програматором, використовуючи ISP вхід.

Література

1. Arduino Board Mega2560 [Електронний ресурс] // Режим доступу:

<https://www.arduino.cc/en/Main/arduinoBoardMega2560>
2, Arduino Board Mega2560 Аппаратная платформа [Электронный ре-
сурс] // Режим до-
ступу: <http://arduino.ru/Hardware/ArduinoBoardMega2560>
3. Платы Arduino [Электронный ресурс] // Режим доступа:
<http://arduino.ua/ru/hardware/Mega2560>

УДК 004.052

**ПРИМЕНЕНИЕ СТРУКТУРНО-ФУНКЦИОНАЛЬНОГО И
СИСТЕМНО-ФИЛОСОФСКОГО ПОДХОДОВ К
ПОСТРОЕНИЮ КОМПЛЕКСА ИМИТАЦИОННЫХ
МОДЕЛЕЙ ДЛЯ ОЦЕНКИ СВОЙСТВ И ПАРАМЕТРОВ
РАЗВИТЫХ ГАРАНТОСПОСОБНЫХ СИСТЕМ**

Т.З. Фидаров

*Институт проблем математических машин и систем НАН Укра-
ины*

Большинство результатов работ по прогнозированию функционирования, развития, а также оценке безопасности, производительности и других важнейших свойств и параметров гарантоспособных компьютерных систем (ГКС), применяемых в критически важных объектах (КВО) экономики (космические и авиационные системы, системы высокоскоростного передвижения (поезда, автомобили), магистральные сети связи, системы телерадиовещания, промышленные предприятия, предприятия нефте- и газодобычи, электростанции, транспортная инфраструктура и т. п.), - получены в основном с использованием аналитических и логико-вероятностных моделей и методов [1-3].

Наметившееся ныне распространение аналитических, а также близких к ним моделей и методов на решение актуальных задач в проблемной области (ПрО) ГКС (особенно, для обеспечения требуемой от них комплексной безопасности на планах safety и security), также во многом связано с приемлемой на практике точностью оценок, получаемых с использованием таких моделей и методов.

Однако, разные КВО, как правило, имеют различные по структуре и способам организации функционирования информационно-технологические (ИТ) системы и средства, а также то, что универсальные критерии защищенности ИТ-инфраструктур для разных КВО отсутствуют. Поэтому, такие характеристики указанными методами обычно определяют по аналогии с КВО, сходными с изучаемыми.

мыми объектами по назначению и архитектуре [3, 4]. В качестве выхода из такой ситуации, в данной работе предлагается использование развивающегося комплекса имитационных моделей (ИМ), - что позволит достаточно просто модифицировать структуру, функции и критерии эффективности моделей различных КВО, а также достаточно успешно решать подобные задачи с учётом особенностей структур и организации конкретных КВО, сохраняя полученные от отдельных ИМ результаты в специальной библиотеке ИМ.

Однако, сложность решения задач разработки и практического использования ГКС в КВО, особенно, при их работе в составе развитых компьютерных корпоративных систем сетевого и Интернет-вещей (Internet of things (IoT)) назначения, а также при управлении с помощью ГКС достаточно опасными процессами, когда при возникновении технологических отклонений (нарушений) в некоторых узлах (звеньях) системы могут возникать аварийные (чрезвычайные) ситуации и/или аварии, - требует, чтобы при решении задач управления такими объектами с помощью аналитических и логико-вероятностных методов, - в эти модели вводился ряд упрощающих предположений, влияющих на адекватность описания работы таких объектов.

Такие предположения, однако, наряду со снижением адекватности моделирования (исследования) как реальных процессов функционирования самих ГКС, так и совокупности связанных с ней оборудования и программного обеспечения удалённых звеньев КВО, в условиях значительной непредсказуемости возникновения и реализации как внутри, так и вне КВО, - потенциально опасных для ГКС угроз как в любой из моментов их функционирования, так и на периоде их жизненного цикла работы, обычно значительно повышают требования заказчиков таких систем как к точности, так и к оперативности получения и использования оценок параметров, характеризующих свойства, точность, надёжность и безопасность функционирования важнейших узлов ГКС.

В таких условиях, цена возможных ошибок в адекватности моделирования и/или в оперативности получения нужных оценок параметров функционирования ГКС и её отдельных узлов, - может обернуться значительным ущербом, который порой может существенно превысить стоимость не только самой исследуемой ГКС, но и грозит опасностями для жизни и здоровья персонала КВО и людей, проживающих в зоне возможного поражения при авариях на КВО, а также грозит опасностями для состояния окружающей КВО внешней среды. Предлагаемый выход из такой ситуации и состоит в создании

с использованием современных ИТ, - адекватного комплекса конструирования ИМ с учётом конкретных особенностей ГКС и окружающей их инфраструктуры, построенных с помощью специализированных программных систем имитационного моделирования (СИМ).

Для создания подобного комплекса ИМ следует разработать и использовать единую методологию, основные принципы, а также средства реализации которой и являются темой доклада.

1. Основные принципы развития и формирования методологии построения ГКС. В отличие от «чисто» системного подхода к созданию и использованию ГКС, который ныне повсеместно используется при их разработке и эксплуатации, предлагается использовать и развивать системно-философский подход (СФП) [5]. Особенность применения СФП применительно к формированию важнейших свойств разрабатываемой и исследованию параметров функционирующей ГКС состоит в том, что при разработке и эксплуатации ГКС требуется учитывать возможности порой непредсказуемого (вероятностной и более сложного варианта природы [6]) влияния как самой внешней среды (природные и личностные факторы) на функционирование ГКС, так и возможности влияния на функционирование ГКС результатов возникающего при этом синергетического эффекта от взаимодействия ГКС с внешней средой, которые проявляются в ГКС во многом в виде ошибок взаимодействия [4]. Кроме того, в плане применения СФП следует при построении ГКС также учитывать необходимость использования эффективных приёмов и средств для повышения уровня самоорганизации функционирования ГКС, её отдельных блоков и её инфраструктуры.

2. Структурно-функциональные особенности построения ИМ ГКС. Реализация указанных ранее свойств ГКС требует применения некоторых особых структурно-функциональных приёмов и решений. В частности, следует уделять больше внимания контролю за уровнями и точности передачи сигналов на стыке обмена ГКС – внешняя среда. Подобные и другие рекомендации для совершенствования структуры и организации ГКС и их инфраструктуры можно будет давать только в результате имитационного моделирования систем с заданной заранее архитектурой и предназначением, поэтому построение подобных моделей и их эффективное использование, - позволят решать подобные и даже, порой не всегда заранее прогнозируемые специалистами задачи.

3. Выбор специализированных языков и систем имитационного моделирования. Проблема выбора СИМ с возможностями,

определяемыми спецификой практических задач различных исследований, - стояла ещё со времён возникновения метода ИМ. Наиболее адекватным инструментом для моделирования технических систем с наличием в них сложной разветвлённой структуры и необходимостью исследования протекающих в них параллельно и разветвленно (по территории) процессов, со времён 70-х годов прошлого века была система АЛСИМ-БЭСМ [7]. Однако, к сожалению, до сих пор с использованием современных технических и технологических средств, - подобной системы так и не было создано. Как показал анализ, проведенный автором, в настоящее время, для решения поставленной в данной работе проблеме имитационного моделирования, более-менее соответствует лишь система AnyLogic, достоинства и недостатки которой будут приведены в докладе.

Однако, более низкие, в сравнении с системой АЛСИМ-БЭСМ структурно-функциональные возможности системы AnyLogic, - несмотря на наличие современных средств визуализации и организации библиотек ИМ, делают задачу построения предлагаемого комплекса ИМ существенно более сложной.

Литература

1. Харченко, В.С. Гарантоспособность и гарантоспособные системы: элементы методологии [Текст] // Радіоелектронні та комп'ютерні системи. – 2006. – №5. – С. 7-19.
2. Харченко, В.С. Парадигмы и принципы гарантоспособных вычислений: состояние и перспективы развития [Текст] // Радіоелектронні і комп'ютерні системи. – 2009. – №2(36) – С. 91-100.
3. Игнатов, В. А. Оптимальное обеспечение гарантоспособности телекоммуникационных и компьютерных сетей [Текст] / В. А. Игнатов, Н. Н. Гузий, М. А. Сора́я // Вісник НТУУ «КПІ». Інформатика, управління та обчислювальна техніка: збірник наукових праць. – 2011. – № 53. – С. 195–202.
4. Харченко, В.С. Гарантоздатні системи та багатроверсійні обчислення: аспекти еволюції [Текст] / В.С. Харченко // Радіоелектронні і комп'ютерні системи. – 2009. – №7 (41). – С. 46 – 59.5.
5. Armstrong, D.M. Materialist Theory of Mind [Text]. - London, 1968. - 226 p.
6. Горбань, И.И. Феномен статистической устойчивости [Текст]. - Киев: Наукова думка. – 444 с.
7. Система моделирования АЛСИМ-БЭСМ [Текст]. – Киев: ИК АН УССР, 1974. – 202 с.

**ИМИТАЦИОННАЯ МОДЕЛЬ АККУМУЛИРУЮЩЕГО
БУНКЕРА В РЕЖИМЕ ПОДДЕРЖАНИЯ ЗАДАННОГО
ОБЪЕМА ГРУЗА В СЛУЧАЕ ДВУХСКОРОСТНОГО
ПИТАТЕЛЯ**

Ю.В. Бабенко

Национальная металлургическая академия Украины

Аккумулярующие бункеры предназначены для обеспечения независимой работы смежных технологических звеньев транспорта в периоды их аварийных отказов в работе или остановок по той или иной причине, а также для уменьшения влияния простоев конвейерных линий на работу очистных и подготовительных забоев. Применение аккумулярующих бункеров в системах подземного конвейерного транспорта позволяет значительно повысить пропускную способность и надежность их работы. В работах [1,2] разработаны математические модели функционирования аккумулярующего бункера в режиме поддержания заданного объема груза в случаях одно- и двухскоростного питателей.

Целью данной работы является разработка имитационной модели функционирования аккумулярующего бункера с двухскоростным питателем, которая позволит не только промоделировать поведение бункера в различных, в том числе и аварийных, условиях, но и исследовать влияние его отдельных параметров. Преимуществом имитационной модели является возможность проверки созданных ранее математических моделей, а также проведение исследования влияния простоя бункера на эффективность его работы. В пакете имитационного моделирования Anylogic Free Release создана имитационная модель аккумулярующего бункера. На основании разработанной имитационной модели проведены исследования зависимости среднего объема груза в аккумулярующем бункере в случае двухскоростного питателя от производительности большей скорости питателя при различных значениях параметров потока отказов надбункерной конвейерной линии $\lambda_1 = 0,02; 0,03; 0,04 \text{ мин}^{-1}$ и при различных меньших производительностях питателя равных 0,1; 0,5; 1,0 т/мин. При этом исходные данные принимали значения: входной грузопоток $m_Q = 3,7 \text{ т/ч}$; нижний объем бункера $V_{s1} = 4 \text{ м}^3$; верхний объем $V_{s2} = 100 \text{ м}^3$; параметр потока восстановления надбункерной конвейерной линии $\mu_1 = 0,06139 \text{ мин}^{-1}$; параметр потока отказов подбункерной конвейерной линии $\lambda_2 = 0,017 \text{ мин}^{-1}$; параметр потока восстановления подбункерной конвейерной линии $\mu_2 = 0,069 \text{ мин}^{-1}$.

В таблице 1 представлены результаты имитационного моделирования при меньшей производительности питателя в 0,5 т/мин.

Таблица 1. Результаты имитационного моделирования аккумулирующем бункере в случае двухскоростного питателя

Значение большей производительности питателя, т/мин	Среднее количество груза в бункере, т			Средний исходящий грузопоток, т/мин			Среднее время простоя бункера, %		
	Параметр потока отказов надбункерной конвейерной линии, мин ⁻¹								
	0,02	0,03	0,04	0,02	0,03	0,04	0,02	0,03	0,04
4	172.063	107.422	85.934	2.791	2.471	2.258	21.12	22.85	23.19
6	69.878	63.759	58.474	2.793	2.49	2.254	23.7	24.08	24.0
8	60.874	57.185	54.642	2.8	2.463	2.247	22.59	24.24	24.93
10	58.931	56.202	53.742	2.815	2.472	2.244	22.12	23.81	23.79
12	58.428	56.674	53.546	2.798	2.515	2.255	22.27	23.18	24.3
14	57.297	55.43	52.7	2.821	2.468	2.244	21.85	23.31	24.13
16	56.857	55.375	53.038	2.805	2.533	2.236	22.06	23.28	24.36
18	56.648	55.065	52.275	2.804	2.485	2.25	21.64	22.87	23.3
20	56.857	54.374	51.836	2.828	2.476	2.228	22.29	22.1	23.59

Из таблицы 1 видно, что с увеличением большей производительности питателя среднее количество груза в аккумулирующем бункере уменьшается. При этом среднее количество груза в бункере стремится к величине, близкой к полусумме максимального и минимального объемов груза в бункере. Кроме того, при увеличении параметра потока отказов надбункерной конвейерной линии λ_1 среднее количество груза в бункере V_c уменьшается. Среднее время простоя бункера, связанное с отсутствием груза в бункере или поломкой одной из линий (над- или подбункерной) составляет в среднем 22%, что совпадает с реальными значениями данного параметра в аккумулирующих бункерах. Полученные результаты исследований с достаточной точностью совпадают с результатами математического моделирования.

Литература

1. Кирия, Р. В. Математическая модель функционирования аккумулирующего бункера в режиме поддержания в нем объема груза в заданных пределах [Текст] / Р. В. Кирия, Т. Ф. Мищенко, Ю. В. Бабенко // Наукові вісті «Сучасні проблеми металургії». – Дніпропетровськ: НМетАУ, 2012. – № 15. – С. 85–96.
2. Кирия, Р.В. Математическая модель функционирования аккумулирующего бункера в режиме поддержания заданного объема груза в случае двухскоростного питателя [Текст] / Р.В. Кирия, Т.Ф. Мищенко, Ю.В. Бабенко // Системные технологии. Региональный межвузовский сборник научных трудов – Выпуск 2 (103). – Днепропетровск, 2016. – С. 103-113.

**МОДЕЛИРОВАНИЕ РАБОТЫ И ОТЛАДКА АЛГОРИТМА
ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ КОНТРОЛЬНО-
ИНФОРМАЦИОННОЙ СИСТЕМЫ ДЛЯ
ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНЫХ ПЕРЕЕЗДОВ «БЛАГОВЕСТ»**

Муха А.А. Гедз А.В.

Институт проблем математических машин и систем НАНУ

Разработка систем повышения безопасности сопровождается сложностью их испытания в реальных условиях. Очень часто установка для испытаний системы на объект становится возможной либо после завершения полного цикла разработки и отладки, либо сопряжена со сложной процедурой согласований. Также очень распространен случай, когда события, которые обрабатывает система не представляется возможным воспроизвести в лабораторных условиях, например движение поезда с заданными параметрами по сложному алгоритму.

Исходя из упомянутых рассуждений при разработке контрольно-информационной системы для железнодорожных переездов серии «Благовест» [1], было проведено имитационное моделирование прохождения поезда через датчики системы. Целью моделирования было повышение уровня безопасности и проверка функционирования согласно алгоритму работы. Также, задачей моделирования системы являлось исключение из ее алгоритма работы конфликтных состояний, которые могут возникать вследствие отказов элементов системы.

Имитационная модель представляет собой программу описания сигналов датчика используемого в системе, а также последовательности их воспроизведения соответственно дорожным ситуациям возникающим на переезде. Модель реализована в микроконтроллере Рис.1. и использовалась для генерации сигналов датчиков системы.

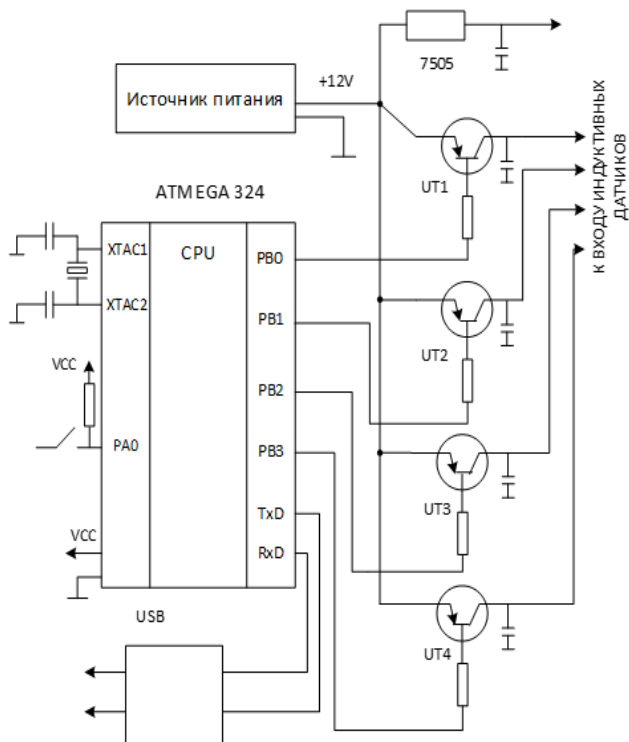


Рис.1 Схема контроллера блока имитации сигналов

С помощью модели осуществлена отладка внедренных методов анализа сигнала системой и выявления отказавших компонентов системы. Построенная проверочная имитационная модель позволила выявить ситуации с несоответствием реагирования системы на сигналы датчиков, оптимизировать идентификацию сигнала системой и отладить алгоритм обработки дорожных ситуаций возникающих на переезде.

Литература

1. Федухин, А.В., Муха, А.А. Информатизационные системы как средство повышения безопасности движения по железнодорожным переездам [Текст] // Математические машины и системы. - 2015. - №4. - С.145-151.

АППРОКСИМАЦИЯ ДУГ КРИВЫХ ПАРАМЕТРИЧЕСКИМИ СПЛАЙНАМИ КАК МЕТОД ОЦЕНКИ СОСТОЯНИЯ СЛОЖНОЙ СИСТЕМЫ

В.В. Вишнеvский, Т.Н. Романенко

*Институт проблем математических машин и систем НАН
Украины*

Часто на практике мы сталкиваемся с такими сложными системами, для которых пока трудно предложить математические или имитационные модели. Однако для оценки состояния такой сложной системы можно использовать измерение неких косвенных характеристик и по ним пытаться относить состояние системы к тому или иному классу. Наиболее характерным примером такого процесса может служить медицинская диагностика состояния человека. Все мы в той или иной мере сталкивались с такими процессами и знаем, что классификация состояния нашего здоровья медицинскими специалистами, к тому же, часто проводится по визуально оцениваемым измерениям физиологических характеристик нашего организма.

В данном докладе мы хотим представить разрабатываемую нами технологию автоматической классификации состояния системы, которая подходит для тех случаев, когда информация о состоянии системы может быть сведена к оценке формы дуги кривой линии. Следует заметить, что к оценке дуги кривой можно свести довольно много задач, связанных с обработкой биологических и медицинских сигналов. Так, например, к такому типу задач относятся: классификация спектрограмм, кардиограмм, спирограмм, реограмм и т.д. При этом, возможно рассматривать задачу классификацию формы дуг кривых в одно-, дву- и трехмерном пространстве координат. Сформулируем задачу такого описания математически.

Итак, предположим, что нам известно, что сложная система может быть оценена путем измерения в динамике некоторых характеристик и мы получили дискретные экспериментальные данные $X = \{x(m)\}$, $m = 0, M$ для одномерного, $X = \{x(m)\}$, $Y = \{y(m)\}$ для двумерного и $X = \{x(m)\}$, $Y = \{y(m)\}$, $Z = \{z(m)\}$ для трехмерного случаев, которые исследователем воспринимаются как дискретные отсчеты некоей дуги кривой: одномерной, плоской или пространственной. Тогда нам важно классифицировать форму этой дуги кривой, но закон ее построения в общем случае не известен.

Исходные экспериментальные данные могут быть заменены аналитическими кривыми, хорошо совпадающими по форме с кривой исходного контура и в то же время инвариантными относительно изменения масштаба, количества измерений, уровня помех. Такие кривые задаются функциями $x(k)$, $y(k)$, которые представляют собой полиномы r -ной степени от параметра k :

$$x(k) = a_0 k^r + a_1 k^{k-1} + \dots + a_{r-1} k + a_r, \quad (1)$$

$$y(k) = b_0 k^r + b_1 k^{k-1} + \dots + b_{r-1} k + b_r.$$

Выбор r -ной степени полиномов зависит от сложности аппроксимируемых контуров.

Реализация такого подхода позволяет отобразить все существенные особенности формы кривой, исключив влияние помех. Кроме того, вместо описаний контуров в пространстве можно рассматривать аппроксимирующие их полиномы в пространстве их коэффициентов. Существенным преимуществом такого описания является его инвариантность относительно количества измеренных сигналов в каждом массиве экспериментальных данных.

В качестве аппроксимирующего параметрического сплайна можно использовать кривую Безье, канонический сплайн (cardinal spline) [2].

Итерационный алгоритм аппроксимации дуги кривой для всех трех пространственных случаев нами подробно описан в [1]. В развитие решения задачи собственно аппроксимации, интересно отметить другое обстоятельство. Управляющие точки параметрических сплайнов оказались весьма эффективной системой информационных признаков для решения собственно задачи классификации состояния системы. Причем в качестве классификатора можно ис-

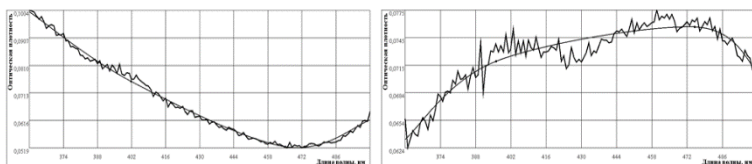


Рис. 1. Примеры аппроксимации спектрограмм каноническими сплайнами

пользовать как статистические решающие правила, так и нейронные сети, поскольку исходных данных для обучения сети в таких задачах, обычно, очень много.

Предлагаемый подход мы уже несколько раз применяли для решения прикладных задач, где необходимо было решить задачу классификации на два класса.

Первым таким удачным применением была задача классификации спектрограмм специальных препаратов крови с целью выявления риска онкологического заболевания по методу «Онкотест» [3]. Для решения этой задачи наш алгоритм был экспериментально проверен для более 1000 реальных графиков спектрограмм медицинских препаратов крови, полученных по методу «Онкотест». На рис. 1 представлены примеры аппроксимации спектрограмм. Как видно из рисунка, по оси абсцисс отображена длина волны, причем интервалы между отдельными отсчетами по этой оси равны, что позволяет заменить значения длины волны на номер отсчета и рассматривать спектрограмму как пример одномерной последовательности экспериментальных данных, которые могут быть аппроксимированы параметрическим сплайном.

Использование управляющий точек такого сплайна совместно с нейросетевым классификатором типа «многослойный перцептрон» позволило построить полностью автоматизированную информационную технологию скрининга онкологических заболеваний по методу «Онкотест».

В настоящее время мы используем аналогичный алгоритмический подход для аппроксимации электрокардиограмм в ортогональных отведениях. Так как каждый отсчет такой электрокардиограммы характеризуется тремя значениями, ее можно использовать при аппроксимации как пример трехмерной последовательности экспериментальных данных (трехмерной дуги), которая также может быть успешно аппроксимирована параметрическим сплайном.

На рис. 2 изображена часть электрокардиограммы в виде трехмерной дуги, построенная по трем ортогональным отведениям, и аппроксимирующий ее канонический сплайн. На рис. 3 приведены два аппроксимированные каноническими сплайнами фрагмента цикла электрокардиограммы в ортогональных отведениях для двух различных пациентов. Такое представление элемента кардиоцикла позволяет предположить, что кардиограмму можно использовать не только для диагностических задач, но и для идентификации пациента [4].

Таким образом, параметрические сплайны могут быть использованы для построения автоматизированных алгоритмов оценки состояния сложной системы в тех случаях, когда удастся свести задачу классификации состояния системы к задаче классификации параметров формы дуги кривой.

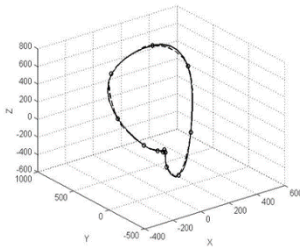


Рис. 2. Пример аппроксимации электрокардиограммы в ортогональных отведениях каноническим сплайном

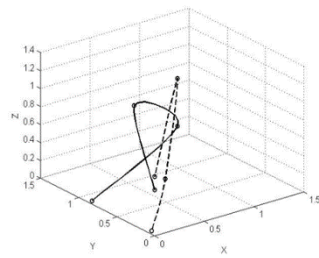


Рис. 3. Результаты аппроксимации электрокардиограмм в ортогональных отведениях двух различных пациентов

Литература

1. Вишневский, В.В., Калмыков, В.Г., Романенко, Т.Н. Аппроксимация одно-, дву- и трехмерных дуг кривых параметрическими сплайнами [Текст] // Математичні машини і системи. - 2015. – №4. – С.57-64
2. Петцольд, Ч. Программирование для Microsoft Windows на С#: в 2-х т. [Текст] / Петцольд Ч.; пер. с англ. – М.: Русская редакция, 2002. – Т. 2. – С. 632 – 641.
3. Вишневский, В.В. Программно-аппаратный комплекс «Онкотест-WM-01» [Текст] / В.В. Вишневский, В.А. Владимиров, Т.Н. Романенко // Тезисы доклада II международной школы-семинара «Телемедицина – опыт и перспективы». – Донецк, 2006. – Т.4, №2. – С. 62-65.
4. Вишневський, В.В., Романенко, Т.М., Кізуб, Л.А. Біометрична ідентифікація за допомогою електрокардіограми [Текст] // Матеріали п'ятої міжнародної науково-практичної конференції «Інформаційні технології та комп'ютерна інженерія». – Івано-Франківськ-Вінниця, 2015. – С.130-131.

УДК 005.8:316.422

МОДЕЛЮВАННЯ СИСТЕМ УПРАВЛІННЯ НА ОСНОВІ КОНВЕРГЕНЦІЇ

М.С. Дорош

Чернігівський національний технологічний університет, Україна

Для реалізації пошуку інноваційних рішень при побудові унікальних систем управління на початковому етапі можна використовувати морфологічний аналіз та синтез систем. При цьому

простір пошуку утворює морфологічну множину, а пошук рішення забезпечується за допомогою морфологічного синтезу.

Задача формування морфологічної множини є для дослідника майже найскладнішою, оскільки вимагає опису всіх можливих компонентів систем для забезпечення формування більшої кількості варіантів рішення, та, відповідно, більших можливостей при її створенні. Сьогодні найпоширенішими методами формування таких множин є методи аналогій, коли ідеї для побудови нових систем формуються в результаті конвергенції різних існуючих систем. При цьому питання виявлення їх подібності вимагає окремих досліджень.

В результаті морфологічного аналізу має бути визначена морфологічна множина (множина варіантів будови системи). Така множина повинна містити всі структурні рішення елементів системи, як реально існуючі, так і потенційно можливі, які можуть бути сформовані в результаті конвергенції елементів різних систем при їх структурному аналізі для можливості визначення міри та ступеня подібності таких систем. Задавати такі структури прямим перебором майже неможливо, оскільки потужність морфологічної множини виявляється дуже великою.

Для рішення таких задач сьогодні пропонуються використання як загальних методів: удосконалення прототипу, ієрархічне та лабіринтне конструювання, так і інших, специфічних методів. Останнім часом в морфологічному синтезі широкого використання набувають генетичні алгоритми, що імітують еволюційний процес в природі.

Вперше ідеї морфологічного підходу були викладені швейцарським астрономом Ф. Цвіккі та в подальшому були розвинуті рядом дослідників а саме, В.М. Одрінім та С.С. Картавовим, А.І. Пोलовініним та ін.

Але в існуючих публікаціях основна увага приділяється самій методології морфологічного аналізу, складанню морфологічних дерев та таблиць, а питання моделювання морфологічної множини висвітлений недостатньо, а в більшості робіт зовсім не розглядається. Крім того, в них звичайно не розрізняється моделювання морфологічної множини, та моделювання класу пристроїв, що значно звужує можливості застосування даного методу.

Для формування морфологічної множини пропонується пошук систем із схожими характеристиками (за цілями, функціями або структурою) та проведення їх порівняння за допомогою визначення ступеня та міри конвергенції цих систем [1].

Розглянемо порівняння систем C_1 і C_2 .

$$C_1 = \langle S^{C_1}, F^{C_1}, A^{C_1} \rangle; \quad (1)$$

$$C_2 = \langle S^{C_2}, F^{C_2}, A^{C_2} \rangle, \quad (2)$$

де (S – структури, F – функції, A – цілі).

На основі наукових досліджень та існуючої класифікації обраних для перенесення знань систем можна сформулювати універсальну множину (універсум). Це така множина U , для якої перетин цієї множини з будь-якою множиною X збігається з цією множиною X [2].

$$U \Leftrightarrow \forall X: X \cap U = X. \quad (3)$$

Отже, множини, що формують системи C_1 та C_2 є підмножинами універсальної множини:

$$\forall S^{C_1} : S^{C_1} \subseteq U, \quad \forall F^{C_1} : F^{C_1} \subseteq U, \quad \forall A^{C_1} : A^{C_1} \subseteq U. \quad (4)$$

$$\forall S^{C_2} : S^{C_2} \subseteq U, \quad \forall F^{C_2} : F^{C_2} \subseteq U, \quad \forall A^{C_2} : A^{C_2} \subseteq U$$

Виключення будь-якої множини з універсальної множини дорівнює доповненню цієї множини:

$$\forall S^{C_1} : U \setminus S = \bar{S}, \quad \forall F^{C_1} : U \setminus F = \bar{F}, \quad \forall A^{C_1} : U \setminus A = \bar{A}, \quad (5)$$

$$\forall S^{C_2} : U \setminus S = \bar{S}, \quad \forall F^{C_2} : U \setminus F = \bar{F}, \quad \forall A^{C_2} : U \setminus A = \bar{A},$$

Окрім цього, для пошуку нових можливостей пропонується розглянути віднімання множин систем C_1 та C_2 з врахуванням того, що в універсальній множині це:

$$S^{C_1} \setminus S^{C_2} = S^{C_1} \cap \bar{S}^{C_2}, \quad F^{C_1} \setminus F^{C_2} = F^{C_1} \cap \bar{F}^{C_2}, \quad A^{C_1} \setminus A^{C_2} = A^{C_1} \cap \bar{A}^{C_2} \quad (6)$$

Симетрична різниця множин в універсальній множині:

$$S^{C_1} \Delta S^{C_2} = (S^{C_1} \cup S^{C_2}) \setminus (S^{C_1} \cap S^{C_2}), \quad F^{C_1} \Delta F^{C_2} = (F^{C_1} \cup F^{C_2}) \setminus (F^{C_1} \cap F^{C_2}), \quad (7)$$

$$A^{C_1} \Delta A^{C_2} = (A^{C_1} \cup A^{C_2}) \setminus (A^{C_1} \cap A^{C_2}).$$

Така різниця показує можливість включення нових елементів в систему, що моделюється.

Також з'являється можливість визначати та враховувати зв'язки між елементами системи, що може значно звужувати область пошуку.

Сформовані множини дають можливість порівнювати різні варіанти систем. Порівняння систем може відбуватися тільки при наявності схожих характеристик.

Наприклад для задачі формування портфелю проектів [1]:

для C_1 (гомеостатична система) $= (\{a_{42}; a_{14}; a_{41}; a_{51}; a_{61}\}, \{f_{15}; f_{22}; f_{31}; f_{42}; f_{51}; f_{62}; f_{72}\}, \{s_{17}; s_{23}; s_{24}; s_{32}; s_{42}; s_{44}\})$.

Для C_2 (система управління проектом) $= (\{a_{12}; a_{14}; a_{41}; a_{51}; a_{61}\}, \{f_{15}; f_{22}; f_{31}; f_{51}; f_{62}; f_{72}\}, \{s_{17}; s_{24}; s_{32}; s_{42}; s_{51}\})$.

Графічно морфологічний аналіз цих систем на універсальній множині представлено на рис 1.

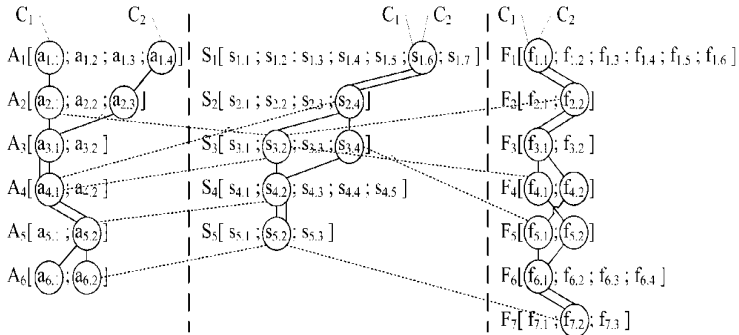


Рисунок 1 – Перетин елементів систем на універсальній множині

Пунктиром на рисунку показані можливі зв'язки елементів системи для подальшого формування цілісної ієрархічної системи.

Утворення нової системи наведено на рисунку 2.

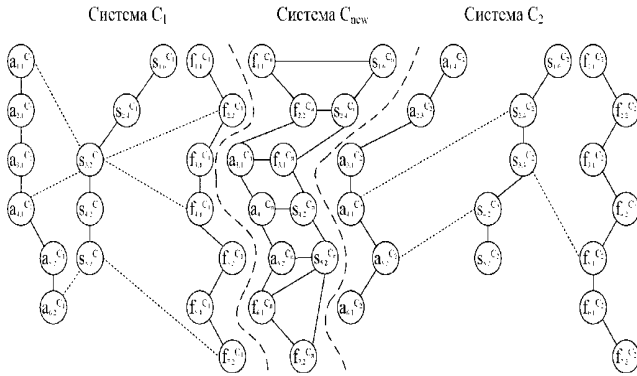


Рисунок 2. Утворення нової системи

Нова система \bar{C} може формуватися на перетині визначених систем:

$$\bar{C} = C_1 \cap C_2 = (\{a_{14}; a_{41}; a_{51}; a_{61}\}, \{f_{15}; f_{22}; f_{31}; f_{51}; f_{62}; 72\}, \{s_{17}; s_{24}; s_{32}; s_{42}\}).$$

Далі для вибору остаточної структури нової системи можна використовувати розрахунок цільової функції, або експертну оцінку сформованих варіантів систем.

При цьому необхідно не забувати про характеристики якості самої системи такі як цілісність, стійкість, керованість, детермінованість, динамічність, складність масштабність та ін..

Література

1. Бушуєв, С.Д. Формування інноваційних методів та моделей управління проектами на основі конвергенції [Текст] / С.Д. Бушуєв, М.С. Дорош // Управління розвитком складних систем. - 2015. - №23. - С. 30-37.
2. Дюженкова, Л. І., Михалін, Г. О. Елементи теорії множин і теорії чисел [Текст]. – К.: НПУ імені М. П. Драгоманова, 2003. – 128 с.

УДК 519.854.2

ЗАДАЧА ПЛАНУВАННЯ ВИКОНАННЯ ЗАВДАНЬ ЗІ СПІЛЬНИМ ДИРЕКТИВНИМ ТЕРМІНОМ НЕІДЕНТИЧНИМИ ПАРАЛЕЛЬНИМИ ПРИСТРОЯМИ

Медведська К.О., Жданова О.Г., Сперкач М.О.

Національний технічний університет України «КПІ»

1. Вступ. В сучасних умовах, коли все більш актуальною стає проблема економії ресурсів, її рішення відбувається по всім можливим напрямкам науки, техніки та виробництва. До одного з них належить задача оперативно-календарного планування, цехове планування. Вона поєднує в собі можливість економії робочих потужностей, енергії затраченої на роботу ділянки виробництва та людської робочої сили, за рахунок визначення оптимального плану загрузки робочих потужностей. В зв'язку з цим, є потреба розробки алгоритмів побудови розкладів, які можуть забезпечити високу якість одержуваних результатів і не будуть вимагати значних обчислювальних ресурсів.

2. Постановка задачі. Задано множину завдань $J = \{1, 2, \dots, n\}$ та кількість пристроїв m . Пристрої працюють 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 пристрої можна впорядкувати за швидкістю виконання завдання і цей порядок однаковий для всіх завдань: для кожного пристрою i існує коефіцієнт k_i 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. Передбачається, що всі завдання множини J надходять одночасно та мають спільний жорсткий директивний термін d , процес обслуговування кожного завдання протікає без переривань до завершення обслуговування завдань. Всі пристрої працюють без переривань. Необхідно знайти максимальний момент запуску пристроїв r_{max} , що дозволяє отримати допустимий розв'язок.

3. Загальні принципи методу пошуку з заборонами. Родоначальником алгоритму пошуку з заборонами (tabu search - TS) (1986 год) являється Фред Гловер, який запропонував принципово нову схему локального пошуку [3]. Ідея алгоритму «Пошуку з заборонами» полягає в тому, щоб не зупинятися в локальному оптимумі, як це роблять алгоритми локального спуску, а продовжувати пошук, керуючись тими ж правилами, забороняючи відвідування вже пройдених точок [3].

В якості критерію зупинки використовуються або зупинка по числу ітерацій, або необхідна точність по відношенню до заданої нижньої границі.

4. Розробка табу-алгоритму розв'язання задачі Застосуємо описаний вище принцип до розв'язання поставленої задачі. Введемо позначення: σ^0 – початковий розклад; σ^* – поточний рекордний розклад; σ – поточний розклад; K – максимальна кількість ітерацій; J – множина завдань.

Позначимо деякому допустимому розкладі σ : $Tabu_l(\sigma)$ – табу-список – список вже відвіданих станів, перехід до яких заборонений. Список має довжину l – максимальна довжина списку.

Розробка алгоритму проводилась із застосуванням методології ПДС-алгоритмів [1, 2]. Ключовим моментом якої є формулювання достатніх умов оптимальності допустимих розкладів, які визначають контури ідеального розкладу (тобто, «ідеальні» тривалості зайнятості пристроїв для задачі, що розв'язується).

Далі використовуються такі позначення: $C^* = \sum_{j=1}^n \frac{1}{\sum_{i=1}^m k_i p_j}$ – теоретично мінімально можливий час, за який усі пристрої могли б виконати усі завдання в заданому об'ємі [2]; $J_i(\sigma)$ – множина завдань, що виконується пристроєм i ; $T_i(\sigma) = \sum_{j \in J_i(\sigma)} k_i p_j$ – тривалість зайнятості пристрою i ; T_i^* – «ідеальна» тривалість зайнятості пристрою i (тривалість зайнятості пристрою i ($i = \overline{1, m}$) в ідеальному випадку, ці величини знаходяться за результатами розв'язання допоміжної

оптимізаційної задачі [2]). $Z_i(\sigma) = \max\{0; T_i(\sigma) - T_i^*\}$ – виступ пристрою i ; $E_i(\sigma) = \max\{0; T_i^* - T_i(\sigma)\}$ – резерв пристрою i ; $I_Z(\sigma)$ – множина пристроїв, для яких $Z_i(\sigma) > 0$; $I_E(\sigma)$ – множина пристроїв, для яких $E_i(\sigma) > 0$; $I_0(\sigma)$ – множина пристроїв, у яких $Z_i(\sigma) = E_i(\sigma) = 0$.

Для покращення поточного розкладу необхідно мінімізувати величину $\max_i\{Z_i(\sigma) + E_i(\sigma)\}$, $i = \overline{1, m}$ – тобто, максимальне відхилення від T_i^* . Для цього необхідно виконувати обмін завданнями між пристроями.

Вибір пристроїв для обміну завданнями. Для спрощення будемо виконувати перестановки типу 1-0 (переміщення одного завдання між пристроями), 1-1 (обмін завданнями між двома пристроями). В загальному випадку більш складний обмін множинами завдань буде реалізований деякою послідовністю ітерацій алгоритму. Введемо додатково: $f_i(\sigma) = Z_i(\sigma) + E_i(\sigma)$ – значення часткової функції відхилення, характеризує величину відхилення значення $T_i(\sigma)$ від «ідеального» $T_i^*(\sigma)$. Введемо величину $f(\sigma) = \max_i\{f_i(\sigma)\}$, $i = \overline{1, m}$ – максимальне значення функції відхилення для поточного розкладу σ .

Пристроєм h будемо називати пристрій, що має максимальне значення функції відхилення.

Пристроєм s будемо називати будь-який пристрій, окрім h обраний за наступними правилами. $\frac{T_i(\sigma)}{k_i}$ – час зайнятості пристрою i в еталонних величинах. Для усіх пристроїв $i = \overline{1, m}$ розрахуємо значення: $\beta_i(\sigma) = \frac{T_h(\sigma)}{k_h} - \frac{T_i(\sigma)}{k_i}$. Чим більше значення $\beta_i(\sigma)$, тим більше ймовірність обрати i -тий пристрій. Тоді, $P_i = \frac{\beta_i(\sigma)}{\sum_{i=1}^m \beta_i(\sigma)}$ – ймовірність вибору пристрою i . Для кожного розкладу σ та визначених пристроїв h та s , ми можемо побудувати множину сусідніх станів $N_{hs}(\sigma)$. Сформуємо її зі станів, до яких можемо перейти за один крок перестановками типу (1-0) та (1-1) між пристроями h та s у поточному розкладі. Для алгоритму табу-пошуку $N_{hs}(\sigma)$ є *околом* розкладу σ . На кожній ітерації алгоритму буде знаходитись такий найкращий стан σ' , для якого виконується: $F(\sigma') = \min_{\sigma' \in N_{hs}(\sigma) \setminus \text{Tabu}_l(\sigma)} \{f(\sigma')\}$.

Умови завершення. Для заданої задачі маємо декілька умов завершення, при досягненні хоча б однієї з них робота алгоритму завершується:

- перевищено встановлений ліміт кількості ітерацій $k = K$, де K деяка константа;
- знайдено розв'язок, що задовольняє достатній умові оптимальності $T_i(\sigma) = T_i^*$, $i = \overline{1, m}$, де $T_i^* = C^* + k_i(x_i^* - e_i)$.

Адаптований алгоритм пошуку з заборонами:

КРОК 1 Сформувати допустимий початковий розв'язок. Ініціалізувати змінні.

КРОК 2 Позначити початковий розв'язок як поточний.

КРОК 3 ДОКИ НЕ виконуються умови завершення, робити наступне:

КРОК 3.1 Обрати пристрої для обміну.

КРОК 3.2 Сформувати окіл поточного розкладу.

КРОК 3.3 ЯКЩО окіл пустий, **ТО** перейти на **КРОК 4**.

КРОК 3.4 З околу обрати найкращий розв'язок.

КРОК 3.5 ЯКЩО обраний розв'язок кращий за поточний рекорд, **ТО** оновити рекорд.

КРОК 3.6 Додати поточний розв'язок до списку заборон, збільшити лічильник ітерацій на 1.

КРОК 4 Визначити максимально пізній момент запуску завдань на виконання.

КІНЕЦЬ АЛГОРИТМУ

5. Результати Для перевірки ефективності розробленого алгоритму була проведена серія експериментів. Генерувались задачі з відомим оптимальним розв'язком. Для класифікації набору вхідних даних задачі ми використовували запис P/Q :

P характеризує відносну тривалість завдань: $P \in \{S, M, L\}$. $S - \frac{C^*}{\bar{p}} = 100,200$; $M - \frac{C^*}{\bar{p}} = 11,99$; $L - \frac{C^*}{\bar{p}} \leq 10$.

Q характеризує ступінь розсіювання довжин завдань (вони належать інтервалу $\bar{p} \pm Q\bar{p}$): $Q \in \{S, M, L\}$; для $S - Q=0,05$; $M - Q=0,25$; $L - Q=0,45$.

Представлені результати випробувань для 30 пристроїв (з коефіцієнтами продуктивності від 1/2 до 2), середня кількість завдань у задачі $n_{SS} = 1700$, $n_{MM} = 700$, $n_{LL} = 200$. Тестування проводилось на машині з процесором Intel Core i7-6700HQ, з частотою 2,6 ГГц, та 8 ГБ оперативної пам'яті DDR4.

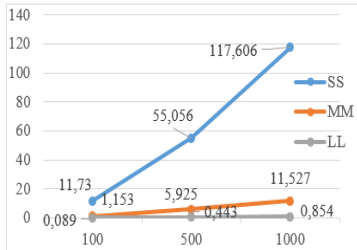


Рис.1 Середній час розв'язання однієї задачі в секундах.

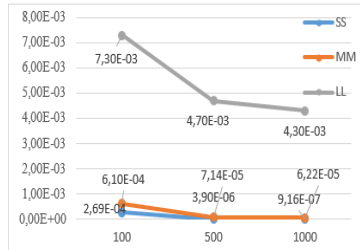


Рис.2 Середня частка відносного відхилення від оптимальності.

6. Висновки Для оцінки ефективності розробленого алгоритму була проведена серія експериментів, на підставі яких можна зробити наступні висновки:

- найкращі результати демонструє алгоритм на задачах великої розмірності, що пояснюється більшою можливістю перетасування задач;
- збільшення розсіювання тривалості завдань збільшує час, необхідний для пошуку розв'язку; це особливо помітно на задачах з короткими завданнями;
- на всіх вхідних даних алгоритм демонструє рішення близькі до оптимальності: SS – 10^{-5} - 10^{-8} ; MM – 10^{-4} - 10^{-5} ; LL – 10^{-3} ;
- збільшення K дає близьке до лінійного збільшення часу вирішення задачі;
- алгоритм «доходить» до певної кількості ітерацій після яких покращення рекорду відбувається дуже повільно (на рис. це K=500).

Література

1. Павлов, О.А. Поліноміальна складова ПДС-алгоритму розв'язання однієї задачі теорії розкладів [Текст] / О.А. Павлов, О.Г. Жданова, О.Б. Місюра, М.О. Сперкач // Технологічний аудит та резерви виробництва. - Х.: 2013. - №6/3 (14). – С.47–51.
2. Сперкач, М.О. Задача визначення максимального пізнього моменту початку виконання завдань із спільним жорстким директивним терміном паралельними приладами різної продуктивності [Текст] / М.О. Сперкач, О.Г. Жданова // Матеріали дев'ятої міжнародної науково-практичної конференції «Математичне та імітаційне моделювання систем МОДС 2014». – 23-27 червня 2014 р. – С. 108 – 112.
3. Glover, F. Tabu search - part I [Text] / F. Glover // ORSA Journal on Computing 1(3). – 1989. - PP.190-206.

**ПРОБЛЕМАТИКА МАТЕМАТИЧНОГО МОДЕЛЮВАННЯ
РИЗИКІВ НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЙ ДЛЯ ОБ'ЄКТІВ
КРИТИЧНОЇ ІНФРАСТРУКТУРИ, ОБУМОВЛЕНИХ
ЗАГОРАННЯМИ ТА ПОЖЕЖАМИ**

С.В. Жартовський, С.М. Чумаченко, В.В. Троцько, О.М Тітенко
*Український науково-дослідний інститут цивільного захисту,
Україна*

В останні роки аналітики в галузі надзвичайних ситуацій (НС) широко використовують поняття “критична інфраструктура”, під яким зазвичай розуміють об’єкти, системи, мережі або їх окремі елементи, порушення функціонування або руйнування яких призведе до найсерйозніших наслідків для соціоекологоекономічної сфери держави, негативно вплине на рівень її обороноздатності та національної безпеки. Крім того, функціонування критичної інфраструктури в мирний час пов’язується із підтриманням життєво важливих функцій в суспільстві, захистом базових потреб його членів і формування у них відчуття безпеки і захищеності.

В зв’язку із зростанням загроз виникнення надзвичайних ситуацій, ініційованих за рахунок зовнішнього впливу природного чи антропогенного характеру постає питання вдосконалення системи захисту критичної інфраструктури із застосуванням сучасних технологій математичного моделювання й інформаційно-аналітичних систем. Для моделювання виникнення і розвитку НС використовуються різні підходи. Один із них заснований на моделюванні ризиків. Загальна принципова схема такого підходу наведена на рис. 1.

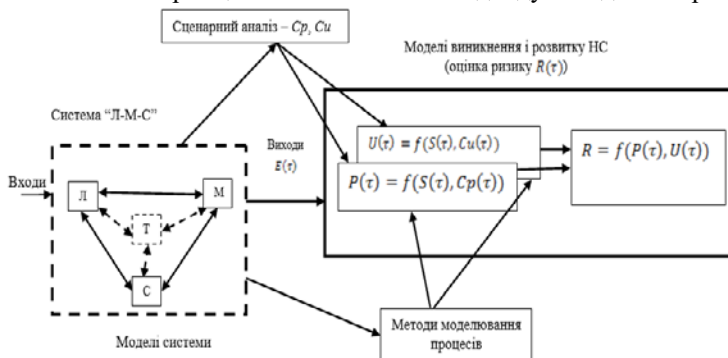


Рис. 1. Узагальнена принципова схема моделювання виникнення і розвитку аварій і НС:

Л – людина, М – машина, С – середовище, Т – техногенне середовище, Ср – сценарний аналіз визначення ймовірнісних характеристик аварій, Су – сценарний аналіз визначення характеристик збитку за аварійної ситуації.

У відповідності з наведеним підходом прийнятних ризиків $[R_i(\tau)]$ можна досягти здійсненням комплексу заходів з ефективними витратами $Z(\tau)$ на задане одночасне зниження ймовірностей $P(\tau)$ і збитку $U(\tau)$. Наведена система відношень являє собою узагальнену динамічну модель ризику для об'єкту критичної інфраструктури (ОКІ), як елементу системи “людина-технічний об'єкт-середовище”.

Модель виникнення і розвитку аварій і надзвичайних ситуацій може мати різноманітне описання, містити моделі різних процесів (фізичних, хімічних, механічних, інформаційних і т. ін.). Узагальнення цих процесів може бути виконано на різних рівнях їх опису. Модель на рис. 1 складається із двох модельних блоків. Перший блок – модель системи, що дозволяє проводити структурний і функціональний аналіз можливих станів в системі з урахуванням дії зовнішніх, внутрішніх факторів і людського фактору. Другий блок – модель побудови сценаріїв виникнення і розвитку аварій і НС та оцінки ризику. Численні відповідальні технічні об'єкти відносять, з точки зору сучасної теорії систем, до класу великих або складних систем.

Характерними особливостями таких систем критичної інфраструктури є:

- велика кількість підсистем і елементів зі складними зв'язками, досить повна формалізація яких пов'язана зі значними труднощами; непостійність структури і функцій об'єкту;

- багатокритеріальність задачі, а часто і нечітке значення самих критеріїв доцільності (економічності, надійності, безпеки та ін.);

- неповнота і недостовірність вихідної інформації;

- суттєва роль людей, що приймають рішення на всіх етапах функціонування об'єкту;

- наявність зовнішніх впливів.

З точки зору системного підходу розглянемо проблематику математичного моделювання системи захисту критичної інфраструктури від НС, обумовлених загораннями і пожежами (див. Рис. 2).

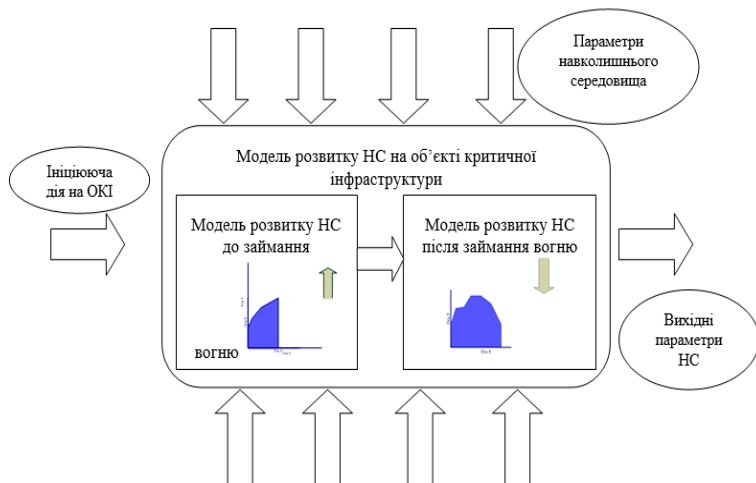


Рис. 2. Принципова схема підходу до моделювання розвитку НС на об'єкті критичної інфраструктури, що обумовлена загораннями і пожежами

Зазначений підхід реалізується сьогодні без використання єдиної загально визнаної методології моделювання розвитку НС у вигляді пожеж для визначення рівня безпеки об'єкта критичної інфраструктури (ОКІ) (або рівня протипожежного захисту об'єкта). В багатьох країнах світу проводиться розроблення аналітичних методів оцінки рівня пожежної безпеки. Вони зумовлені трьома головними причинами: по-перше, намаганням отримання максимального економічного ефекту від проведення протипожежних заходів; по-друге, покращити процес проектування ОКІ та систем протипожежного захисту шляхом забезпечення мінімально допустимого рівня пожежної безпеки при заданому рівні ризику; по-третє, можливістю аналізу небезпечних ситуацій на ОКІ з урахуванням можливості спрощеної методики проектування. Слід зазначити, що досить ефективним для цього може стати метод математичного моделювання розвитку НС на ОКІ, що викликана загораннями і пожежами, рис.3-4.

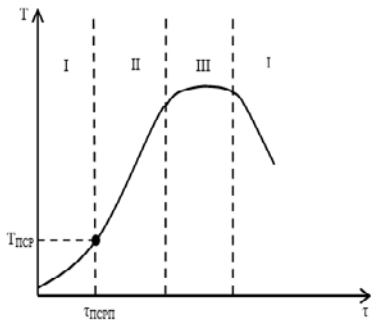


Рис. 3. Характер зміни середньо об'ємної температури пожежі в приміщенні з пожежною навантагою із деревини:
 I – початкова стадія розвитку пожежі; II – стадія пожежі, що розвивається; III – розвинута стадія пожежі; IV – стадія пожежі

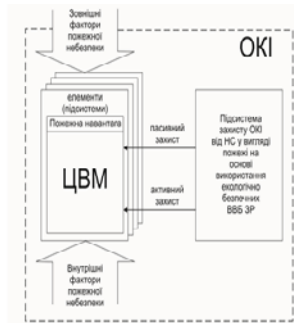


Рис. 4. Загальна схему імплементації моделювання на основі використання водних вогне-біозахисних речовин в структурі ОКІ

УДК 517.938.5

ЩОДО ПРИРОДИ ПІДПРИЄМНИЦЬКИХ РИЗИКІВ З-ЗА УМОВИ НЕЛІНІЙНОЇ ДИНАМІКИ ВИРОБНИЦТВА

Ю.В. Коляда, В.І. Трохановський

ДВНЗ «Київський національний економічний університет» ім. Вадима Гетьмана

Як для теоретичної, так і прикладної економіки існує нагальна проблема управління ризиками, яким притаманна значна волатильність, спричинена специфічними (характерними) рисами економічної системи та її надскладною поведінкою. Успішне розв'язання зазначеної проблеми немислиме без використання математичних моделей нелінійної економічної динаміки – спочатку їх якісного аналізу, потім кількісного вивчення [1], завершуючи дослідження широкомасштабним обчислювальним експериментом. Лише у такий спосіб встановлюються тенденції економічної еволюції, отримуються сценарії розвитку за тих чи інших умов, розробляються рекомендації для прийняття належних рішень.

Економіко-математична динамічна модель має вигляд [1-4]:

$$Q = -Q + F; \sigma F = -F + Q * p; \delta p = (p_e - p) - Q * F, \quad (1)$$

де змінні: Q – платоспроможний попит, F – виробнича потужність, p – умовна ціна; скаляри σ і δ відображають темпоральність зазначених змінних; величина p_e – ключовий параметр синергетичної моделі, числове значення якого відображає вплив екзо- і ендогенних факторів на поведінку об'єкта моделювання. Зауважимо, що диференціальна система (1), будучи типу знаменитої в нелінійній динаміці моделі Лоренца, належить до класу жорстких рівнянь.

Якісний аналіз [4] динамічної моделі (1) вказує на існування трьох стаціонарних точок. Результати дослідження числовими методами зазначеної моделі повідомлялись в [3]. Проведений нами широкомасштабний обчислювальний експеримент за вказаних [2] умов (стартових і числових значень коефіцієнтів моделі (1)) показав наступне.

Для $p_e = 1$, $\delta = 2.5$, $\sigma = 5$ і початкових умовах $X = (0.01 \ 0.01 \ 0.01)^T$ і $X = (-0.01 \ -0.01 \ -0.01)^T$ просторові криві динамічної моделі (1) – динамічні траєкторії економічного розвитку зображено на рис. 1а і 1б.

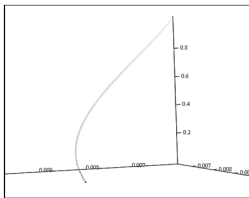


Рис. 1а

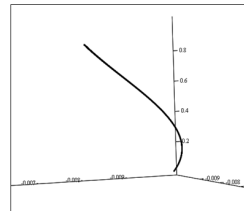


Рис. 1б

Для $p_e = 1$, $\delta = 2.5$, $\sigma = 5$; та $X = (4 \ 4 \ 1)^T$ і $X = (-4 \ -4 \ 1)^T$ динамічні траєкторії зображено на рис. 2а і 2б.

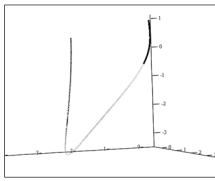


Рис. 2а

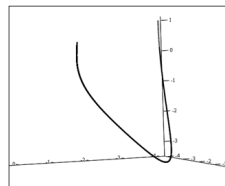


Рис. 2б

Як видно, для того ж самого p_e ключового параметра, але інших початкових умовах динамічні траєкторії, будучи симетричними, мають дві лінійні ділянки, що розділяються точкою перевалу.

Для $p_e = 10$, зберігаючи усі інші дані, динамічні траєкторії представлено на рис. 3а і 3б.

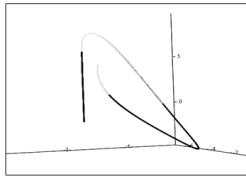


Рис.3а

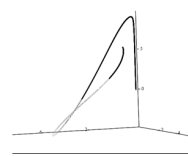


Рис. 3б

Динамічні траєкторії, зберігаючи симетрію, складаються з трьох лінійних ділянок, двох точок перевалу і квазілінійної ділянки.

Із зростанням ключового параметра з'являються коливання динамічної траєкторії.

У випадку динамічної моделі (1), але з урахуванням стохастичності (права частина диференційної системи записується

$$N(t, X) := \begin{pmatrix} -X_1 + X_2 \\ \frac{(-X_2 + X_1 \cdot X_3)}{\sigma} \\ \left[\frac{(p_e - X_3) - X_1 \cdot X_2}{\delta} \right] + 0.4 \end{pmatrix}.$$

Для $p_e = 1$, $\delta = 2.5$, $\sigma = 5$ початкових умов

$X = (0.01 \ 0.01 \ 0.01)^T$ і $X = (-0.01 \ -0.01 \ -0.01)^T$ просторові криві – динамічні траєкторії моделі (1) наведено на рис. 4а і 4б.

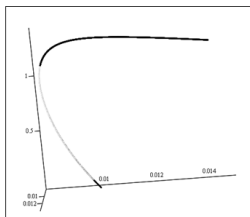


Рис. 4а

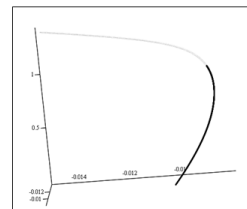


Рис. 4б

Як видно, криві взаємно симетричні. Привертає увагу, що кожна з кривих складається, по суті, з двох лінійних ділянок і так званої «точки перевалу» або вершини, де відбувається зміна напрямку руху.

Для $p_e = 1$, $\delta = 2.5$, $\sigma = 5$, $X = (4 \ 4 \ 1)^T$ і $X = (-4 \ -4 \ 1)^T$ динамічні траєкторії відповідно мають вигляд (рис. 5а і 5б).

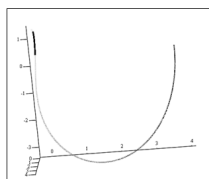


Рис. 5а

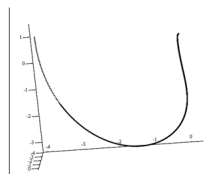


Рис. 5б

Для $p_e = 10$ спостерігається подібний характер поведінки динамічної траєкторії, але зароджується схильність до циклу.

Для $p_e = 10$ і початкових $X = (4 \ 4 \ 1)^T$ і $X = (-4 \ -4 \ 1)^T$ умов має місце циклічність просторової кривої із збереженням симетрії.

Аналогічна поведінка має місце для $p_e = 20$. Отже зростання ключового параметра p_e сприяє появі коливного процесу.

Висновок. Встановлено, що динамічна траєкторія економічної еволюції складається за певних умов: а) з ділянок лінійної поведінки, які розділяються точками перевалу, де змінюється напрямок руху; б) як ділянок прямолінійного руху, так і коливних рухів. Звісно, динамічні ризики поведінки економічної системи будуть різними.

Література

1. Коляда, Ю.В. Адаптивна парадигма моделювання економічної динаміки: монографія [Текст] / Ю.В.Коляда.–К.:КНЕУ. - 2011. – 297с.
2. Данчук, В.Д. Дослідження природи підприємницьких ризиків в умовах нелінійної динаміки розвитку економіки [Текст] / В.Д. Данчук, Л.С. Козак, М.В. Данчук // Вісник НТУ К.:НТУ, 2011. – Вип.22. – С.251-265.

3. Коляда, Ю.В. Числове дослідження синергетичної моделі економічної структури суспільства [Текст] / Ю.В. Коляда, В.І. Трохановський // Комп'ютерне моделювання та інформаційні технології в науці, економіці та освіті: зб. наук. пр. VII Всеукр. наук.-практ. конф. (Кривий Ріг, 24-25 квітня 2007р.) / відп. ред. проф. Соловйов В.М. – Кривий Ріг: КЕІ ДВНЗ «КНЕУ» ім. Вадима Гетьмана. - 2007. – С. 178-180.

4. Коляда, Ю.В. Якісний аналіз синергетичної моделі економічної структури суспільства [Текст] / В.В. Вітлінський, Ю.В. Коляда, В.І. Трохановський // Математичні методи, моделі та інформаційні технології в економіці: Міжнарод. наук.–метод. конф., (Чернівці; 1-4 квітня 2009р.) / М-во освіти і науки країни, Чернів. нац. ун-т ім. Ю. Федьковича: відп. за вип. В.С. Григорків. – Чернівці: ДрукАрт. - 2009. – С. 199-201.

UDC 004.9

DIAGNOSIS OF GAS PUMPING UNITS WITH THE HELP OF ARTIFICIAL INTELLIGENCE

V.V. Lytvynov, O.O. Lytvyn

Chernihiv National University of Technology, Ukraine

Ukrainian gas transportation system bandwidth is the second in Europe and one of the largest in the world. Total length of Ukrainian gas pipelines is over 37,000. km, pumping gas is provided by 71 compressor stations (a total of 702 gas compressor units (GCU)). The length of the main transportation system is more than 22,200 km, of which 14,000 km - pipelines of a big diameter (1020-1420 mm).

The main transit pipelines of Ukrainian gas transportation system with a diameter of 1,420 mm and a capacity to handle 30 bn m³ of gas a year -. "Soyuz" and "Urengoy- Pomary Uzhgorod " in conjunction with the compressor stations (CS) were built and introduced during the 70s, 80s of the last century.

Ensuring of continuity and high efficiency of the natural gas supply to consumers in Ukraine and abroad is the major problem of transport and storage of natural gas PJSC "Ukrtransgas". Solving of this task is impossible without the effective work of the main compressor stations - gas pumping units (GPU).

The development of effective monitoring and forecasting methods of GPU technical condition according to the basic technological parameters with the ability to detect defects at an early stage could form the basis of

the priority tasks of improving the reliability and efficiency of gas transportation systems.

Due to the complexity and multi-component of a diagnosed object the problem of detection and fault prevention consists not only in controlling the values of each parameter of the unit. Fault detection and foreseeing of faults can only be carried out by analyzing both the overall system and its structural components, which are also, in turn, complex systems. In particular, the characteristic feature of a fault can not be only the critical value of certain parameters, but also the dynamics of their changes within the permissible values of technical documentation.

The correlation of parameter changes, the presence of faults and their causes is complex. The most suitable methods to simulate this kind of dependencies are of artificial intelligence (AI) methods, allowing to describe the causal relationships between the data of a numerical and non-numerical nature. Also, the relationship between the parameters can have an implicit character, and the system operating such parameters must be capable to foresee the possibility of occurrence inaccuracies and uncertainties in the description of causal relationships.

In addition to the causal relationships between the parameters of the system and faults as well as faults and operating systems, there are also connections between parameters themselves and between failures and their causes. The presence of complex transitive dependencies determines the structure of the developing intellectual system.

At the present time hybrid intelligent systems of decision-making are becoming increasingly important, they combine various models of knowledge representation. To solve the problem of GPU fault diagnosis is being developed a software complex based on hybrid intelligent system, the structure of which is shown in Fig. 1. The main components of the system are the artificial neural network (ANN) and fuzzy inference sub-system.

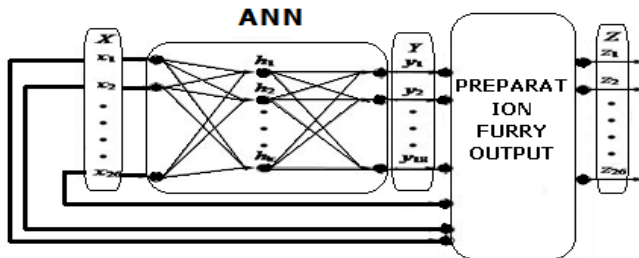


Figure 1. Block diagram of the intellectual decision on diagnosing ANN faults system.

$X = \{x_1, x_2, \dots, x_{26}\}$ - input system vector containing the numeric GPU values of parameters;

h_1, \dots, h_n - hidden layer neurons ANN;

$Y = \{y_1, \dots, y_{18}\}$ - ANN output vector and the input vector fuzzy inference subsystem that contains the degree of confidence in the presence of typical faults;

R - the base of fuzzy rules;

$Z = \{z_1, z_2, \dots, z_{26}\}$ - output vector system containing a degree of confidence in the presence of the fault.

The degree of confidence in the presence of faults and their causes lie in the interval $[0, 1]$, where 0 - the lowest level of confidence, 1 - the highest.

ANN is used to detect faults on the basis of values and the dynamics of change in GPU parameters. The resulting degrees of confidence in conjunction with pre-applied to the input parameters are used by fuzzy ANN O subsystem to identify possible causes of the fault.

ANN has the structure of a three-layer perceptron learnt by algorithm of back-propagation errors. The training set was compiled on the basis of standards for technological design of trunk pipelines [2, 4], and the views of experts - specialists in maintenance of GPU [1].

Fuzzy inference subsystem

The work of a fuzzy inference subsystem uses the apparatus of fuzzy set theory. Structural subsystem diagram is shown in Fig. 2.

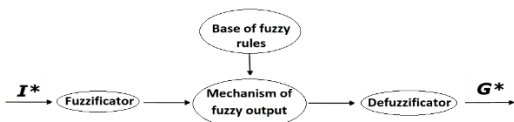


Fig. 2. Scheme of a fuzzy inference subsystem

I^* - Vector of input numerical values of the subsystem;

G^* - Vector of output numerical values of the subsystem

Thus, the subsystem of fuzzy inference allows on the basis of GPU and the degree of certainty of certain types of fault to obtain the degree of confidence in the specific operational failure or other reasons. It is being developed a smart system of decision-making for the diagnosis, allowing on the basis of the unit parameters to detect specific failures in the operation of the device, which leads to increasing of safety, provides timely repair and installation services.

References

1. Антропов, П.Г., Долинина, О.Н., Кузьмин, А.К., Шварц, А.Ю. Использование интеллектуальных систем для диагностики неисправностей газоперекачивающих агрегатов [Текст] // Современные проблемы науки и образования. – 2013. – X 6.
2. [Electronic resource]. – Access mode: <http://www.science-education.ru/ru/article/view?id=11252>. - 26.04.2016.
3. Ayoubi, M., Isermann, R. Neuro-Fuzzy Systems for Diagnosis [Text] // Journal of Fuzzy Sets and Systems. 1997. - No.2. - P. 289 - 306.
4. Brousset, C., Baudrilard, G. Neural Network for Automating Diagnosis in Aircraft [Text] // Review of Progress in Quantitative Nondestructive Evaluation, Vol. 12. -1993. - P. 797-802.
5. Da, R., Lin, C.F., Failure, A. Diagnosis Approach Using ARTMAP Neural Networks [Text] // AIAA Journal of Guidance, Control and Dynamics. Vol. 18. - 1995. - P. 696-701.

UDC 004.383.4

SIMULATION OF BODY AREA NETWORKS IN A HOSPITAL ENVIRONMENT

John N. Davies¹, A Bhalla¹, Mariya Verovko²

*1 Creative and Applied Research for the Digital Society (CARDS),
Glyndŵr University, Wrexham, UK*

*2 Dept. of Information and Computer Systems, Chernihiv National
University of Technology, Ukraine*

Hospitals commonly use Multimodal monitors at the bedside in critical care units that simultaneously measure and display the relevant vital parameters. These allow for continuous monitoring of a patient by medical staff so that changes in general condition of a patient can be alerted. In recent year the technology associated with the monitoring of these vital parameters e.g. blood pressure, heart rate, pulse oximetry, respiratory rate etc. has been implemented in smaller devices and provided with a computer network interface. It is anticipated that the quality of the monitoring devices and the reduction in cost will enable this to be common place not only in a hospital but also remotely for instance in the patients home. At present easily available device can be bought on the high street in the form of a watch that provide useful information, Heart Rate monitoring, calorie, water intake. This raises the question “is this technology suitable for use in professional hospital environment?”

Embedded in this technology is Bluetooth (IEEE 802.15.1) wireless access that enables the information to be transferred via a network. A very

simple and flexible system can be created from standard components to provide great overall benefits. By utilizing monitoring devices that use Bluetooth means that the patient does not have lots of cables attached to the body removing the problem of damaging or disconnecting when they move. Mobile phones could be used to collect the data or in the case of a hospital a Raspberry Pi or similar could be used. If each bed were fitted with a Raspberry Pi, this could monitor the patient via Bluetooth and then use WiFi to connect back to the nursing station. Once the data is available at the nursing station this opens up many possibilities for group or specialist monitoring and recording. Since this system utilizes commercially available equipment then the overall cost and installation is relatively low. Additionally with the provision of Raspberry Pi's in other areas of the hospital this would also allow for patients to move around and still be monitored.

A study [1] has been carried out to explore the possible adoption of Body Area Networks (BAN) in the healthcare industry. However there are a number of issues that need to be addressed before this can be implemented and these are addressed in this paper by simulating the overall system.

This paper investigates the feasibility of:

- Sensor / monitoring devices
- Bluetooth technology for use in Body Area Networks
- Use of WiFi to connect to central point
- Connection to campus network
- Security of information

Sensors / monitoring devices. Sensors are continually being developed, e.g. blood pressure monitor [2]. Since this is a research paper then it is expected that the availability of suitable devices will become available in the near future. Table 1 shows typical data rates based around equipment presently used in hospitals in the UK. It is anticipated that these rates are unlikely to get higher since the sensors will get more intelligent. However it is necessary to consider these to ensure the overall system is capable of handling the capacity required.

Table 1 – Data rates for typical measurement requirements

Application	Data Rates	Delay
ECG (12 leads)	288 kbps	250 ms
ECG (6 leads)	71 kbps	250 ms
EMG	320 kbps	250 ms
EEG (12 leads)	43.2 kbps	250 ms
Blood saturation	16bps	250 ms
Temperature	120 bps	250 ms

Glucose Monitoring	1600 bps	250 ms
Motion Sensor	35 kbps	250 ms
Cochlear implant	100 kbps	250 ms
Artificial retina	50-700 kbps	250 ms
Audio	1 Mbps	100 ms
Video	<10 Mbps	100 ms
Voice	50-100 kbps	100 ms

Data rates for this IEEE 802.15.1 standard is 3Mb/s and for IEEE 802.11ac from 433Mbps – 1Gbps which is well within the requirements shown in Table 1.

IEEE 802.15.1 for Body Area Network. A Body Area Network (BAN) is a wireless network of wearable computing devices [3]. BAN devices may be embedded inside the body (implants), may be surface-mounted on the body in a fixed position (Wearable technology) or may be in devices which humans can carry in different positions, in clothes pockets, by hand or in various bags [4].

IEEE 802.15.1 has a very short range of operation and this is an advantage for this particular application. However it is necessary to check whether this limitation is acceptable. A series of tests were carried out to identify the distance involved. Additionally Table 2 shows the signal loss through different materials since this is a concern when considering the placement of Raspberry Pi on a bed.

Table 2 - Comparison of signal strengths at each distance

Distance	Signal Strength	Signal Loss Through (dBm)		
	Free space (dBm)	Wood	Wall	Glass
5m	-69	4	8	3
10m	-77	5	11	3
15m	-88	3	3	2

Wireless technologies make uses electromagnetic waves the propagation of which, in free space, is governed by the Friis transmission equation [5], which is:

$$P_r = G_r G_t \left(\frac{\lambda}{4\pi d} \right)^2 P_t \quad (1)$$

where, P_r is the power received, P_t is the power transmitted, G_r is receiver antenna gain, G_t is transmitter antenna gain, λ is the signal wavelength and d is the distance of the receiver from the transmitter. Since λ , P_t , G_r and G_t are all constant values, equation (1) can be reduced to:

$$P_r \propto \left(\frac{1}{4\pi d} \right)^2 \text{ Or } P_r = K \frac{1}{d^2} \quad (2)$$

where, K is a constant. So, the power received varies inversely with the square of the distance in free space. However, Bluetooth technology in this application is used inside buildings where many other factors come into play as well. The signals can be affected by the phenomena of reflection, refraction and diffraction. These phenomena can lead to multi-path fading whereby the transmitted signal reaches the receiver through multiple paths.

By plotting a graph from Table 2 – free space, then it is found that it is governed by the linear equation: $y = 1.8x - 62.67$ and has a gradient of -1.8. Putting this relation in terms of Friis equation, we get: $P_r \propto d^{-1.8}$, which is very close to Friis' interpretation: $P_r = K \frac{1}{d^2}$. This straight line graph also shows the point of -91dBm is the maximum distance for receiving acceptable signals 15m.

Use of WiFi to connect to central point. Carrying out similar work to ascertain a model for IEEE802.11ac the equation: $y = -22.286x - 32.347$ was obtained and this provided a distance of 75.37 metres. A Raspberry Pi is capable of supporting IEEE 802.15.1 (Bluetooth) and IEEE802.11 (Wifi) and so this is feasible. If the central point (the nursing station) is a server then it is relatively easy to control the access to the BAN and WLAN.

Connection to campus network. By providing a connection to the campus network and hence the internet remote monitoring can be performed. If this connection is made via a wired connection then access to the data can be controlled.

Security of information. One of the most important issues associated with this type of application is the security of the information. A great advantage of this approach is that IEEE standard networks and TCP/IP protocols are used which enables Virtual Private Networks (VPN) to be configured with IPsec to secure the information over the network. Additionally WPA2 (wifi) and AAA for Authentication of users can be provided.

This investigation provides the raw data and equations that will allow a simulator to be built to enable results to be obtained. Clearly this is an area where there is going to be a great deal of research. Since this a flexible design that is destined for a very sensitive area it is necessary to confirm the operation before installation takes place. The simulator will enable the confirmation of the reliable operation of both the introduction of new sensors to the network and a new physical layout. Since security of the information is vital then the approach of using international standards enables the network to be easily upgradable. This makes this research and

design suitability for use in the healthcare industry for monitoring patient diagnostics.

References

1. F. Felisberto. A distributed multiagent system architecture for Body Area Networks applied to healthcare monitoring [Text] / F. Felisberto, et al. // BioMed Research International. – 2015.
 2. Z. Lin. Bluetooth low energy based blood pressure monitoring system [Text] / Z.Lin, et al. // International Conference on Intelligent Green Building and Smart Grid. – 2014.
 3. Developing wireless body area networks standard [Online] / IEEE 802.15 WPAN™. Task Group 6 (TG6). Body Area Networks. – Available: <http://www.ieee802.org/15/pub/TG6.html>. – 03.06.2016.
 4. Poslad, Stefan. Ubiquitous Computing Smart Devices, Smart Environments and Smart Interaction [Online] / Stefan Poslad. – Available: <http://www.eecs.qmul.ac.uk/~stefan/ubicom/index.html>. – 03.06.2016.
- H.T. Friis. Proc. IRE [Text] / H.T.Friis. – 1946. – Vol. 34. – pp. 254.

УДК 004.942

АВТОМАТИЗАЦИЯ ПРОЦЕССА СОСТАВЛЕНИЯ РАСПИСАНИЯ ЗАНЯТИЙ КАК ОДИН ИЗ ПОДХОДОВ ПОВЫШЕНИЯ КАЧЕСТВА ПОДГОТОВКИ СТУДЕНТОВ

Е.А. Бородина, И.Ю. Сузыма, И. В. Чирков

*Полтавский национальный технический университет имени Юрия
Кондратюка, Украина*

Основа качественной организации учебного процесса любого учебного заведения, а особенно ВУЗа, является управление учебным процессом, при этом немаловажное место занимает компьютеризация составления расписания занятий [1,2]. Существенной составляющей для участников учебного процесса является возможность удаленного доступа к необходимой информации, что могут обеспечить различные современные устройства, такие как смартфоны, планшеты, которые широко распространены в самых разных сферах деятельности человека.

Так как каждый месяц состоит из первой и второй учебной недели, которые чередуются на протяжении всего учебного года, а в начале семестра проводится курс лекций, данное обстоятельство может осложнить и внести нарушения в процесс подготовки сту-

дента. В связи с этим предлагается разработать программное обеспечение, которое предоставляет информацию о расписании по выбранному дню недели.

На первом этапе разработки программного обеспечения были реализованные следующие возможности:

- ввод расписания с внешнего файла (рис.1);
- вывод расписания с основной информацией (название пары, Ф.И.О. преподавателя, корпус, аудитория, время начала пары) (рис.2);
- возможность просмотра расписания за другой день (рис.3).

В связи с тем, что язык программирования С++ является кроссплатформенным языком, имеет высокую производительность, а также высокую гибкость, выше указанный фрагмент программы был реализован на данном языке программирование.

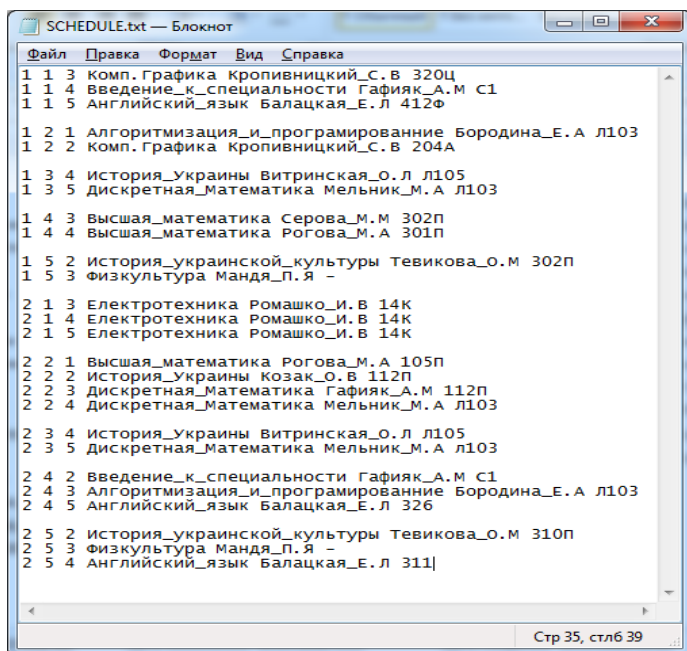


Рис.1. Структура внешнего файла для формирования расписания

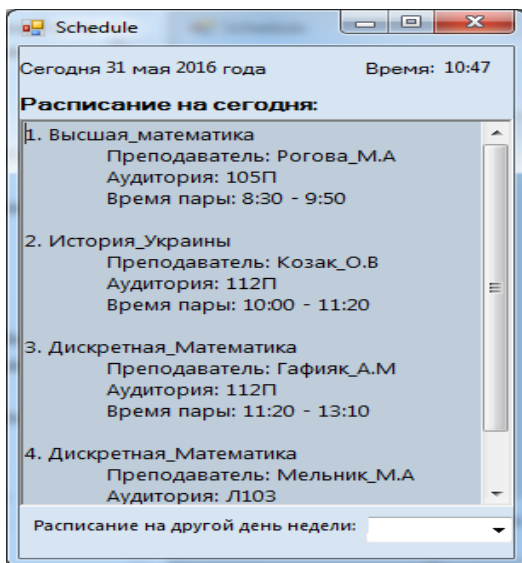


Рис.2. Расписание занятий на текущий день

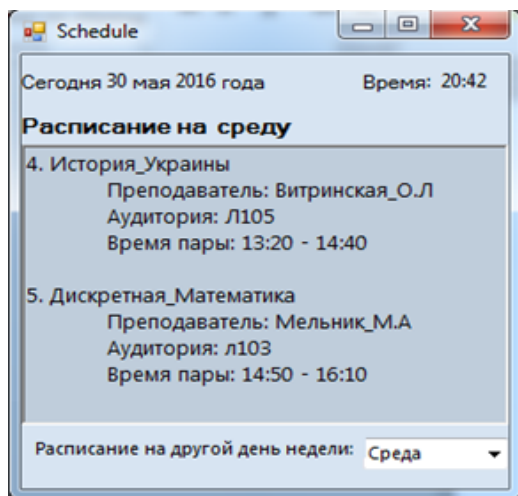


Рис.3. Расписание занятий при выборе определенного дня недели

Таим образом, реализация и усовершенствование данного программного обеспечения позволит своевременно получать информацию о расписании учебного процесса и изменениях, тем самым повысив качество подготовки студентов.

Литература

1. Автоматизация процесса составления расписания занятий на основе тензорного исчисления в учебном комплексе [Электронный ресурс] – Режим доступа к информации: http://www.nbuv.gov.ua/old_jrn/natural/AkTT/2012_9/Shostak.pdf.
2. Методы автоматизации составления расписания занятий часть 1. Классические методы [Электронный ресурс] – Режим доступа к информации: <http://cyberleninka.ru/article/n/metody-avtomatizatsii-sostavleniya-raspisaniya-zanyatii-chast-1-klassicheskie-metody>.

УДК 519.85

ПОЛИЭДРАЛЬНО-СФЕРИЧЕСКИЙ МЕТОД РЕШЕНИЯ НЕЛИНЕЙНЫХ ЗАДАЧ О НАЗНАЧЕНИЯХ

Пичугина О.С.

Харьковский национальный университет радиоэлектроники

Многочисленные практические задачи сводятся к нелинейным задачам о назначениях [1]. Мы исследуем данный класс задач, охватывающий все нелинейные задачи на множестве перестановочных матриц, т.е. задачи вида:

$$f(X) \rightarrow \min_{H_n}, \quad (1)$$

$$H_n = \{X = [x_{ij}]_{n \times n} : x_{ij} \in \{0,1\}, i, j \in J_n; Xe = X^T e = e\}, \quad (2)$$

где $J_n = \{1, \dots, n\}$, $e = (1, \dots, 1)^T \in R^n$, и предлагаем подход к решению, основанный на полиэдрально-сферическом методе решения нелинейных комбинаторных задач [2].

Поскольку переменные в (1) принимают булевы значения, а функция – произвольные действительные, т.е. осуществляется отображение $B^n = \{0,1\}^n \xrightarrow{f} R$, функция $f(X)$ - псевдо-булева. Для таких функций известно, что задача (1) может быть сведена к оптимизации мультилинейного многочлена [3], а та, в свою очередь, к оптимизации квадратичной функции, зависящей от X и дополнительных булевых переменных [4]:

$$\Phi(X, y) = (X, y)^T A(X, y) + c(X, y) \rightarrow \min, \quad (3)$$

$$(X, y) \in E = \Pi_n \times B_m \in R^N, N = n^2 + m, c \in R^N, A = [a_{ij}]_{N \times N} - \text{симметричная.} \quad (4)$$

Мы предлагаем решать задачу (1), предварительно осуществив переход к задаче (3), а для решения последней адаптируем полиэдрально-сферический метод ветвей и границ (the branch and bound polyhedral spherical method, the B&BPSM) [2]. Данный метод применим для решения выпуклых задач на полиэдрально-сферических комбинаторных множествах, позволяющих декомпозицию на две подзадачи меньшей размерности («двуслойных» множеств), для которых эффективно может быть найден как глобальный минимум на соответствующем комбинаторном многограннике, так и на гиперсфере, а также известен аналитический вид многогранника и решение линейной задачи на комбинаторном множестве.

Покажем, что задача (3) отвечает всем указанным требованиям применимости B&BPSM:

- Допустимое множество E является полиэдрально-сферическим [5], поскольку конечно и вписано в гиперсферу $S_R((a, b)) \in R^N$ с центром в точке $(a, b): a \in R^{n^2}, b \in R^m$, и радиуса R . В самом деле, выпуклой оболочкой множества Π_n является многогранник Биркгоффа, описываемый следующей системой:

$$D_n = \text{conv} \Pi_n = \{ X \in R^{n \times n} : X \geq 0, X e = X^T e = e \}, \quad (5)$$

а комбинаторный многогранник, соответствующий B_m , - это единственный m -куб:

$$PB_m = \text{conv} PB_m = [0, 1]^m. \quad (6)$$

Поскольку $\dim D_n = (n-1)^2$, множество Π_n вписано в семейство $n^2 - 1$ -сфер, среди которых минимальный радиус имеет

$$S_r(a) \in R^{n^2} : r = n - 1, a = \left(\frac{1}{n} \right)^{n^2}, \quad (7)$$

а т.к. $\dim PB_m = m$, сфера $S_{r'}(b)$, описанная вокруг B_m , единственна и имеет параметры:

$$S_{r'}(b) \in R^m : r' = 0.5\sqrt{m}, b = \left(\frac{1}{2} \right)^m. \quad (8)$$

Учитывая, что E - декартово произведение P_n, B_m (см. (3)), центр описанной гиперсферы $S_R((a, b))$ определяется из (7),(8), а радиус $R = \sqrt{r^2 + r'^2} = \sqrt{n-1+0.25m}$. Таким образом,

$$E = P \cap S_R((a, b)), P = \text{conv}E = D_n \times PB_m. \quad (9)$$

- Важным следствием «полиэдрально-сферичности» (9) множества E является его вершинная расположенность [2,6]. При оптимизации на таких множествах, не ограничивая общности, можно считать, что целевая функция выпукла [6], иначе осуществляется переход к оптимизации ее выпуклого продолжения на компакт $K \supset E$ [2,6]. Более того, выпуклые продолжения квадратичной функции (3) существуют также в классе квадратичных функций [2] (среди множества таких квадратичных мы рекомендуем выбирать те, что существенно используют комбинаторную структуру допустимого множества и т.о. непосредственно по построению формируют функцию, близкую на K к исходной). Итак, не ограничивая общности, можно считать, что рассматривается задача (3), (4), где $\Phi(X, y)$ - выпукла.

- Множество E - «двуслойное», декомпозиция которого соответствует фиксации одной переменной на уровне 0,1, при этом образованные подмножества E обладают свойствами, схожими с E , хотя и представляют собой некие обобщения множества перестановочных матриц.

- Важным условием применимости В&ВPSM является возможность эффективного решения полиэдральной и сферической релаксационных задач:

$$z^P = \min_{(X, y) \in P} \Phi(X, y), (X^P, y^P) = \underset{(X, y) \in P}{\operatorname{argmin}} \Phi(X, y); \quad (10)$$

$$z^S = \min_{(X, y) \in S_R(a, b)} \Phi(X, y), (X^S, y^S) = \underset{(X, y) \in S_R(a, b)}{\operatorname{argmin}} \Phi(X, y). \quad (11)$$

Задача (10) относится к классу задач квадратичного программирования и может быть решена соответствующими методами. Решение задачи (11) - глобальный минимум на сфере - известен и определяется с использованием минимального собственного значения матрицы A .

Поскольку задачи (10), (11) – релаксационные по отношению к задаче (3),(4), величины z^S, z^P , служат нижними оценками искомого значения z^* :

$$z^* = \min_E \Phi(X, y), (X^*, y^*) = \underset{E}{\operatorname{argmin}} \Phi(X, y). \quad (12)$$

Данная оценка $z^l = \max(z^S, z^P)$ усиливается использованием выпуклости $\Phi(X, y)$:

$$z^l = \max\left(z^S + \left(\nabla \Phi(X^S, y^S), (X^{lins}, y^{lins}) - (X^S, y^S)\right), z^P + \left(\nabla \Phi(X^P, y^P), (X^{lins}, y^{lins}) - (X^P, y^P)\right)\right), \quad (13)$$

где

$$z(x^{lins}) = \min_E \left(\nabla \Phi(X^S, y^S), (X^S, y^S) \right), \quad z(x^{lins}) = \min_E \left(\nabla \Phi(X^P, y^P), (X^P, y^P) \right). \quad (14)$$

• Для поиска (13), необходимо решить вспомогательные линейные задачи (14). Следует отметить, что на E решение произвольной линейной задачи:

$$z^{**} = \min_E (c, c') \cdot (X, y) = (c, c') \cdot (X^{**}, y^{**}) \quad (c \in R^n, c' \in R^m). \quad (15)$$

осуществляется в два этапа, на первом из которых решается линейная задача поиска перестановочной матрицы X^{**} (это может быть сделано за полиномиальное время, например венгерским методом); на втором – явно определяется вершина X^{**} m -куба y^{**} . Возможность эффективного решения линейных задач на E позволяет также легко проектировать произвольную точку на него, что существенно используется в методе при получении верхних оценок.

• Система многогранника P легко извлекается из (5),(6):

$$P = D_n \times PB_m = \left\{ (X, y) : (X, y) \geq 0, y \leq I, Xe = X^T e = e \right\}, \quad (1)$$

содержит $2m$ уравнений, одно из которых – избыточно, а также $n^2 + 2m$ неравенств.

Другие особенности задач данного класса, такие как простота ортогонального проектирования, поиска параметров описанных сфер и, соответственно, редукции задачи, существенное снижение размерности редукционных задач для значительной части ветвей и пр., являются многообещающими в практическом применении В&BPSM как для общей нелинейной задачи о назначениях (1), так и для частных случаев таких как известная квадратичная задача о назначениях, соответствующая $m = 0$.

Література

1. Burkard, R.E., Çela, E., Klinz, B. On the biquadratic assignment problem [Text] // In Blair, C.E. (Ed.) Quadratic Assignment and Related Problems: DIMACS Ser. Discrete Math. Theoret. Comput. Sci. - 1994. - vol. 16. - P. 117-146.

2. Pichugina, O., Yakovlev, S. Continuous Approaches to the Unconstrained Binary Quadratic Problems [Text] // In: Mathematical and Computational Approaches in Advancing Modern Science and Engineering. – Switzerland: Springer, 2016. - P. 119-130.
3. Hammer, P.L., Rudeanu, S., Bellmann, R. Boolean Methods in Operations Research and Related Areas [Text] // Softcover reprint of the original 1st 1968 edition. – Berlin, Heidelberg: Springer, 2014. - 331 p.
4. Ishikawa, H. Transformation of General Binary MRF Minimization to the First-Order Case [Text] // IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence. - 2011. - vol. 33. - P. 1234–1249.
5. Пичугина, О. С., Яковлев, С. В. Функционально-аналитические представления общего перестановочного множества [Текст] // Восточно-Европейский журнал передовых технологий". - 2016. – 4, № 1. - С. 27-38.
6. Яковлев, С. В. Теория выпуклых продолжений функций на вершинах выпуклых многогранников [Текст] // Ж. вычисл. матем. и матем. физ. - 1994. - 34, № 7 - С. 1112–1119.

УДК 519.2

МОДЕЛІ СТРАХУВАННЯ З ПРОПОРЦІЙНОЮ ТА ОБМЕЖЕНОЮ ПРОПОРЦІЙНОЮ ФРАНШИЗОЮ

О.М. Іванік., О.А. Михайленко, С.Е. Замковець

*Київський національний університет імені Тараса Шевченка,
Україна*

Розрахунок чистої нетто-премії є одним з основних завдань спеціалістів відділення актуарних розрахунків будь-якої страхової компанії для забезпечення її фінансової стабільності на надійності. Залежно від історичних даних та наявних вибірок можуть застосовуватися різні математичні моделі, що прогнозують майбутні збитки. Використання франшиз у програмах страхування робить їх більш гнучкими та привабливими для клієнтів з фінансової точки зору [1-3]. Представлені дослідження спрямовані на розрахунок нетто-премій для програм страхування із пропорційною франшизою та обмеженою пропорційною франшизою.

Пропорційна франшиза.

У разі пропорційної франшизи c , де $c \in (0, 1)$, кожен платіж зменшується на $c \cdot 100\%$ (страховик виплачує $(1 - c) \cdot 100\%$ від вимоги). Отже, функція виплати визначається, як

$$h_{PD(c)}(x) = (1 - c)P,$$

де P - математичне сподівання майбутнього збитку, $P = EX$

Обмежена пропорційна франшиза.

Пропорційну франшизу, як правило, поєднують з безумовною франшизою. У цьому випадку страховику не потрібно обробляти великі претензії із максимальною кількістю франшизи, щоб обмежити збереження. Для пропорційної франшизи c з мінімальною сумою m_1 і максимальною сумою m_2 ($m_1 < m_2$) функція оплати визначається так:

$$h_{LPD(c,m_1,m_2)}(x) = \begin{cases} 0, & x \leq m_1, \\ x - m_1, & m_1 < x \leq \frac{m_1}{c}, \\ (1 - c)x, & \frac{m_1}{c} < x \leq \frac{m_2}{c}, \\ x - m_2, & \text{інакше} \end{cases}$$

Основною задачею є знаходження чистої нетто-премії у математичних моделях із заданим розподілом збитків. Для цього розглянемо такі розподіли із відповідними функціями щільності:

1. Узагальнений бетта-розподіл

$$f(x) = \frac{\tau u^\alpha (1 - u)^{\beta - 1}}{xB(\alpha, \beta)}$$
$$u = \left(\frac{x}{\theta}\right)^\tau, \quad 0 < x < \theta$$

2. Логгамма розподіл

$$f(x) = \frac{\lambda^\alpha (\ln x)^{\alpha - 1}}{x^{\lambda + 1} \Gamma(\alpha)}, \quad x > 1$$

3. Узагальнений розподіл Паретто:

$$f(x) = \frac{\Gamma(\alpha + k) \lambda^\alpha x^{k - 1}}{\Gamma(\alpha) \Gamma(k) (\lambda + x)^{\alpha + k}}, \quad x > 0$$

4. Трансформований бетта-розподіл:

$$f(x) = \frac{\tau u^\alpha e^{-u}}{x \Gamma(\alpha)}, \quad u = \left(\frac{x}{\theta}\right)^\tau$$

За такими припущеннями щодо прогнозування надходження майбутніх претензій, у страхових моделях з пропорційною та обмеженою пропорційною франшизою нетто-премії будуть мати наступний вигляд відповідно.

1. Узагальнений бетта-розподіл

$$\begin{aligned}
 P_{PD(c)} &= (1-c) \frac{\theta^{2\tau-\tau^2}}{B(\alpha, \beta)} B\left(\alpha + \frac{1}{\tau}, \beta\right) \\
 P_{LPD(c, m_1, m_2)} &= \frac{\theta^{2\tau-\tau^2}}{B(\alpha, \beta)} B\left(\alpha + \frac{1}{\tau}, \beta\right) \left(1 - B\left(\alpha + \frac{1}{\tau}, \beta, \left(\frac{m_1}{\theta}\right)^\tau\right)\right) - \\
 &\quad - m_1 \left(1 - B\left(\alpha, \beta, \left(\frac{m_1}{\theta}\right)^\tau\right)\right) + \\
 &+ c \frac{\theta^{2\tau-\tau^2}}{B(\alpha, \beta)} B\left(\alpha + \frac{1}{\tau}, \beta\right) \left(B\left(\alpha, \beta, \left(\frac{m_1}{\theta c}\right)^\tau\right) - B\left(\alpha, \beta, \left(\frac{m_2}{\theta c}\right)^\tau\right)\right) \\
 &\quad + m_1 \left(1 - B\left(\alpha, \beta, \left(\frac{m_1}{\theta c}\right)^\tau\right)\right) \\
 &\quad - m_2 \left(1 - B\left(\alpha, \beta, \left(\frac{m_2}{\theta c}\right)^\tau\right)\right), \quad m_1, m_2 < \theta
 \end{aligned}$$

2. Логгамма розподіл

$$\begin{aligned}
 P_{PD(c)} &= (1-c) \frac{\lambda^\alpha}{(1-\lambda)^\alpha} \\
 P_{LPD(c, m_1, m_2)} &= \frac{\lambda^\alpha}{(1-\lambda)^\alpha} \left(1 - \Gamma(\alpha, \ln m_1 (\lambda - 1))\right) \\
 &\quad - m_1 \left(1 - \Gamma(\alpha, \lambda \ln m_1)\right) + \\
 &+ c \frac{\lambda^\alpha}{(1-\lambda)^\alpha} \left(\Gamma(\alpha, \ln \frac{m_1}{c} (\lambda - 1)) - \Gamma(\alpha, \ln \frac{m_2}{c} (\lambda - 1))\right) \\
 &\quad + m_1 \left(1 - \Gamma\left(\alpha, \lambda \ln \frac{m_1}{c}\right)\right) - \\
 &\quad - m_2 \left(1 - \Gamma\left(\alpha, \lambda \ln \frac{m_2}{c}\right)\right), \quad m_1, m_2 > 1
 \end{aligned}$$

3. Узагальнений розподіл Паретто

$$P_{PD(c)} = (1-c) \frac{\lambda^{1-\alpha} k}{(\alpha-1)}$$

$$\begin{aligned}
P_{LPD(c,m_1,m_2)} &= \frac{\lambda^{1-\alpha}k}{(\alpha-1)} \left(1 - B\left(k+1, \alpha-1, \frac{m_1}{\lambda+m_1}\right) \right) \\
&\quad - m_1 \left(1 - B\left(k, \alpha, \frac{m_1}{m_1+\lambda}\right) \right) + \\
&\quad + c \frac{\lambda^{1-\alpha}k}{(\alpha-1)} \left(B\left(k+1, \alpha-1, \frac{m_1}{m_1+c\lambda}\right) \right) \\
&\quad - B\left(k+1, \alpha-1, \frac{m_2}{m_2+c\lambda}\right) \Big) + \\
&+ m_1 \left(1 - B\left(k, \alpha, \frac{m_1}{m_1+c\lambda}\right) \right) - m_2 \left(1 - B\left(k, \alpha, \frac{m_2}{m_2+c\lambda}\right) \right)
\end{aligned}$$

4. Трансформований бетта-розподіл

$$P_{PD(c)} = (1-c) \frac{\theta}{\Gamma(\alpha)} \Gamma\left(\alpha + \frac{1}{\tau}\right)$$

$$\begin{aligned}
P_{LPD(c,m_1,m_2)} &= \frac{\theta}{\Gamma(\alpha)} \Gamma\left(\alpha + \frac{1}{\tau}\right) \left(1 - \Gamma\left(\alpha + \frac{1}{\tau}, \left(\frac{m_1}{\theta}\right)^\tau\right) \right) \\
&\quad - m_1 \left(1 - \Gamma\left(\alpha, \left(\frac{m_1}{\theta}\right)^\tau\right) \right) + \\
&+ c \frac{\theta}{\Gamma(\alpha)} \Gamma\left(\alpha + \frac{1}{\tau}\right) \left(\Gamma\left(\alpha + \frac{1}{\tau}, \left(\frac{m_1}{c\theta}\right)^\tau\right) - \Gamma\left(\alpha + \frac{1}{\tau}, \left(\frac{m_2}{c\theta}\right)^\tau\right) \right) \\
&\quad + m_1 \left(1 - \Gamma\left(\alpha, \left(\frac{m_1}{c\theta}\right)^\tau\right) \right) - \\
&\quad - m_2 \left(1 - \Gamma\left(\alpha, \left(\frac{m_2}{\theta}\right)^\tau\right) \right)
\end{aligned}$$

Франшизи мають широке використання у всіх страхових моделях. Запропоновані моделі характеризують відомі розподіли збитків та нетто-премії у програмах з пропорційною та обмеженою пропорційною франшизою. Наведені результати можуть використовуватися у наведених вище страхових моделях на практиці.

Література

1. Burnecki, K. Pure Risk Premiums under Deductibles. A Quantitative Management in Actuarial Practice [Text] / K. Burnecki, J. Nowicka-Zagrajek, A. Weron. // Research Report HSC/04/5. – 2004. – 22p.

2. Dutang, C. An R package for actuarial science [Text] / C. Dutang, V. Goulet, M. Pigeon // Journal of statistical software. – 2008. - 25 (7). - P.1-37.
3. Карташов, М.В. Ймовірність, процеси, статистика [Текст]. Посібник. – Київ: ВПЦ Київський університет, 2008. – 511 с.

УДК 519.8/.1/2

ЗАДАЧА ДИНАМІЧНОЇ ПОБУДОВИ РОЗКЛАДУ ДЛЯ РОЗПОДІЛЕНИХ КОМП'ЮТЕРНИХ СИСТЕМ

О. О. Храмов

Національний Технічний Університет України «Київський Політехнічний Інститут», Україна

В сучасному світі комп'ютерна техніка використовується для вирішення усіх типів задач, що постають перед людиною. Починаючи від базових повсякденних та обчислювальних задач і закінчуючи потужними системами прийняття рішень і надання рекомендацій – всі ці задачі досліджує напрям комп'ютерних наук. Розвиток комп'ютерних технологій дозволяє як збільшити масштаб існуючих галузей діяльності людства, таких як транспорт, виробництво, освіта та інші, так і отримати нові напрями, такі як розпізнавання зображень чи мови, вдосконалене прогнозування, дистанційна освіта та інше.

Зі зростанням масштабу розв'язуваних обчислювальних задач змінюються і підходи до розробки комп'ютерних систем та програмного забезпечення. Якщо раніше було можливим розв'язання складних задач на одному комп'ютері з одним фізичним процесором то тепер існує необхідність та можливість розв'язувати складні обчислювальні задачі на тисячах серверів, кожен з яких може мати декілька обчислювальних ядер і які можуть знаходитись в різних центрах даних по всьому світі. З появою такої комп'ютерної інфраструктури виникла необхідність в створенні нових програмних засобів – розподілених операційних та файлових систем, балансувальників навантаження, розподілених баз та сховищ даних. Відповідно виникли і нові математичні задачі, такі як оптимізація мережевих потоків, схем баз даних та задача, що розглядається в даній роботі – задача динамічної побудови розкладу.

Розглянемо постановку задачі побудови звичайного розкладу.

В початковий момент T_0 задача є еквівалентній статичній задачі побудови розкладу. Нехай маємо множину робіт $A_0 = \{a_i\}$, $i = 1 \dots n$, що складаються з однієї операції та множину однакових машин m .

Кожна робота має час виконання t_i та допустимий кінцевий термін виконання d_i . Робота не може бути завершена пізніше ніж ця дата. Роботи в початковий момент поступають в систему одночасно. Допустимим розкладом вважається розклад, де всі роботи заплановані для виконання і жодна робота не запізнюється, не переривається і в розкладі немає простоїв. [1]

Метою оптимізації є мінімізація загального часу виконання всіх робіт. Відомо, що ця задача є *NP*-повною і в загальному випадку ми можемо оптимізувати задачу для будь-якого критерію з не меншою ефективністю. [2]

Для оцінки ефективності деякого розкладу, його можна порівнювати з нижньою границею критерію для даної задачі, значення якого складає:

$$f_{\min} = \frac{\sum_{i=1}^n t_i}{m} \Rightarrow f(S) = \max\{L_j\} = \sum_j |L_j - f_{\min}| \rightarrow \min$$

де L_j – час завершення виконання всіх робіт на машині j .

В такій постановці ми отримали початкову точку для розв'язку задачі побудови розкладу, яка може бути розв'язана за допомогою будь-якого доступного методу. Але складність задачі полягає в можливості додаткового надходження задач протягом виконання існуючого розкладу, які мають бути додані до розкладу без порушення умов допустимості.

Позначимо як S_0 – початковий розклад, побудований з задач, що були доступні в момент часу T_0 .

Нехай в наступний момент часу T_1 нам надходить нова множина задач A_j які мають бути вбудовані в поточний розклад S_0 . Оскільки роботи, що вже виконуються не можуть бути перервані, то нові роботи можуть або бути розташовані в кінці розкладу, або вставлені перед роботами, які ще не почали виконуватись, якщо це дозволяє їх допустимий кінцевий термін виконання.

В загальному випадку в моменти часу T_i $i = 1...n$ ми можемо отримувати нові множини робіт, які мають бути вставлені в розклад.

Очевидним способом розв'язання проблеми динамічної побудови розкладу є формування нової статичної задачі побудови розкладу, що буде складатися з декількох груп робіт: нові отримані роботи, роботи з попередньої задачі, що були заплановані, але ще не почали виконуватися, та роботи, що на момент надходження нових, були у стадії виконання. Для таких робіт встановлюються нові значення тривалості виконання та нові кінцеві допустимі терміни виконання для того, щоб запобігти перериванню.

$$t_i^* = T - r_i + t_i$$

$$d_i^* = T + t_i$$

Також для зручності, після формування списку нових робіт, можна зсунути початок розкладу до значення 0.

Нова задача, як і початкова, є звичайною статичною задачею побудови розкладу і може бути розв'язана будь-яким зручним способом. Але зважаючи на NP -повноту такої задачі, розв'язання кожного такого кроку з нуля є неефективним.

Основною ідеєю запропонованою в даній роботі є алгоритм, що буде запам'ятовувати шляхи пошуку розв'язків задачі, починаючи з початкового розв'язку і додавання нових робіт у розклад буде швидшим і, відповідно, отримані розклади будуть ближчими до оптимальних.

Запропонований алгоритм заснований на методі гілок та меж. В результаті роботи цього алгоритму ми отримаємо дерево розв'язків, де вузлами дерева будуть готові допустимі розклади. Перевагою такого дерева є те, що в будь-який момент часу, ми можемо отримати готовий допустимий розв'язок. Також, дерево розв'язків побудовано таким чином, що кожна наступна ітерація алгоритму надасть розв'язок, кращий за попередній. [3, 4]

Дерево розв'язків будується ітераційно, де на кожному кроці розкривається найкращий вузол. Кожен вузол містить повний розклад для заданої множини робіт і значення критерію.

Коренем дерева є початковий базисний розклад, який отримується шляхом послідовного розташування робіт, відсортованих за зростанням допустимого кінцевого часу виконання. На кожному кроці обирається машина, на якій остання робота завершується найраніше і після неї вставляється поточна обрана робота. Такий простий алгоритм побудови початкового розкладу гарантує допустимість а також надає частково оптимізований розклад.

Загальний час виконання всіх робіт відповідає максимальному поточному часу завершення серед робіт в розкладі. Позначимо як M машину, на якій виконується робота a_{max} , в якій максимальний час завершення. Відповідно, для того щоб мінімізувати значення критерію необхідно замінити деяку роботу a_{iM} з тих, що виконуються на машині M на роботу з іншої машини, таку що її час виконання менший. Внаслідок такої перестановки максимальний час завершення виконання всіх робіт зменшиться на величину різниці між часом виконання двох робіт, але не більше ніж максимальний допустимий зсув початку виконання наступних робіт в послідовностях.

При надходженні нової множини робіт, до найкращого поточного розкладу, використовуючи алгоритм побудови початкового розкладу, додаються нові роботи. Зазвичай, такий алгоритм буде застосований до декількох попередніх найкращих розкладів, перш ніж розпочнеться оптимізація за допомогою замін. Це дозволяє отримати декілька потенційно гарних початкових розклади для подальшої оптимізації.

Використання алгоритму на основі гілок та меж для розв'язання динамічних задач є цікавим і гнучким способом оптимізації, оскільки, в залежності від наявних ресурсів, дозволяє балансувати між точністю та швидкістю роботи, а також дає великий простір для подальшої оптимізації. Ітеративний спосіб отримання нових розв'язків гарантує, що в будь-який момент часу ми отримаємо допустимий розв'язок, а при наявності достатньої кількості часу буде знайдено оптимальний розв'язок. При наявності достатньої пам'яті обчислювальних машин, дерево розв'язків може зберігатися для аналізу закономірностей чи для швидкого пошуку і переходу до альтернативних розв'язків при можливій зміні параметрів протягом роботи алгоритму.

Література

1. Brucker, P. Scheduling Algorithms [Text] / Peter Brucker. – New York: Springer, 2007. – 371 p.
2. Pinedo, M. Scheduling: Theory, Algorithms, and Systems [Text] / Michael Pinedo. – New York: Springer, 2012. – 676 p.
3. Russel, S. Artificial Intelligence: A Modern Approach [Text] / S. Russel, P. Norvig. – New York: Pearson, 2009. – 1152 p.
4. Brusco, M. Branch-and-Bound Applications in Combinatorial Data Analysis [Text] / M. Brusco, S. Stahl. – New York: Springer, 2006. – 222 p.

СЕКЦІЯ 3
СУЧАСНІ АСПЕКТИ МАТЕМАТИЧНОГО
ТА ІМІТАЦІЙНОГО МОДЕЛЮВАННЯ
СИСТЕМ В ІНФОРМАЦІЙНИХ
ТЕХНОЛОГІЯХ

ФОРМАЛІЗАЦІЯ ЗАДАЧІ ФОРМУВАННЯ ТЕРИТОРІАЛЬНИХ ГРОМАД

В.В. Литвин, Д.І. Угрин, А.М. Фітьо

Національний університет „Львівська політехніка”, Україна

Метою законопроекту «Про добровільне об'єднання територіальних громад» є створення потужних територіальних громад, що дозволить заощадити бюджетні кошти шляхом скорочення держапарату на місцях [1]. Адміністративними центрами потенційно можуть бути також села, селища, міста, що історично мали статус районних центрів та знаходяться на відстані понад 20 км від міст обласного значення, районних центрів, а також інші населені пункти. Необхідною умовою визначення адміністративного центру спроможної територіальної громади є наявність адміністративних будівель для розміщення органів управління місцевого самоврядування, органу правопорядку, пожежної частини, пункту швидкої допомоги, центру надання адміністративних послуг, державного казначейства тощо. На нашу думку, побудова ТГ потребує наукових підходів, а саме розроблення математичної моделі такої задачі й її адаптації до конкретних районів 25 областей України. Маючи таку математичну модель й розробивши методи її розв'язування, можна формувати ТГ на основі науково обгрунтованого підходу.

Постановка такої задачі подібна на постановку задачі про розбиття графу на підграфи [2, 3]. Ця задача відноситься, до так званого класу NP-повних задач.

Очевидно, що складовою територіальних громад (ТГ) є населений пункт (НП). НП, у свою чергу, зв'язані дорогами (до уваги беруться дороги із твердим покриттям). Відома відстань d між НП по таких дорогах. Тим самим отримуємо зважений граф, вершинами якого є НП, а ребрами дороги між НП. НП (вершини графа) характеризуються такими параметрами: тип (місто, село, селище тощо); наявність ради, школи, лікарні, дитячого садочка; кількість населення та площа населеного пункту; кількість учнів, педагогічних працівників; кількість лікарів, кількість осіб, що лікуються (на профілактиці); доходи та видатки; заклад культури, бібліотека, спортивні майданчики.

Дуги графа задають існуючі дороги з твердим покриттям. На них задано відстань від центрів НП. Деякі дуги графа є орієнтованими, а саме стрілка йде від НП в яких відсутні сільські ради до НП, в яких

наявна сільська рада і, які в даний час до неї відносяться. Для спрощення моделі будемо вважати, що такі НП утворюють єдину раду й всі разом будуть відноситись до нової сформованої ТГ. Таке спрощення моделі дає змогу враховувати сумарну кількість населення та площу земельних ділянок у раді. Як правило в селі із сільською радою є загальноосвітня школа та заклад охорони здоров'я. Також різниця між доходами та видатками, як вхідна інформація береться для цілої ради. Кількість рад у регіоні для якого формуємо ТГ позначатимемо n .

Беручи до уваги наші припущення, будемо вважати, що кожна ТГ складається із множини рад, тобто $Tg_i = \{R_1, R_2, \dots, R_{n_i}\}$. У свою чергу, кожна рада R_j складається із множини НП, серед яких є \bar{P}_{j_0} , який дає назву раді, тобто $R_j = \{P_1, P_2, \dots, \bar{P}_{j_0}, \dots, P_{n_j}\}$. Вважаємо, що кількість учнів та хворих корелюються із кількістю населення (деякий відсоток), а тому ці дані до розгляду не приймаються. Для нашої моделі суттєвими є такі дані: кількість населення (X), кількість загальноосвітніх шкіл III ступеня (Y), площа землі (Z), кількість лікарень (U), кількість дитячих садочків (V), різниця між доходами та видатками (Q).

Розглянемо обмеження на формування ТГ.

1. У ТГ повинна бути принаймні 1 загальноосвітня школа III ступеня, 1 лікарня, 1 дитячий садочок. У сукупності це обмеження запишемо так: $(\forall Tg_i): (Y_i^{Tg} > 0), (U_i^{Tg} > 0), (V_i^{Tg} > 0)$. Введемо наступне означення. Раду назвемо незалежною, якщо в ній кількість лікарень, кількість шкіл та кількість дитячих садків більше нуля. Множину незалежних рад позначатимемо \hat{R} . Отже $(Y_i > 0), (U_i > 0), (V_i > 0) \rightarrow (R_i \in \hat{R})$.

Якщо рада не є незалежною, то називатимемо її залежною (множину залежних рад позначатимемо R'). Очевидно, що незалежна рада сама по собі може утворювати ТГ, а залежна ні.

2. Сумарну кількість населення в певному регіоні позначатимемо

$$\hat{X} = \sum_{j=1}^n X_j . \text{ Сумарну різницю між доходами та видатками регіону:}$$

$$\hat{Q} = \sum_{i=1}^n Q_i . \text{ Будемо вважати, що кількість сформованих ТГ в регіоні}$$

наперед задана й дорівнює k . Тоді ще одним обмеженням на формування ТГ є приблизно однакова кількість населення у всіх ТГ, або знаходиться в деякому діапазоні: $X_{\max} \leq X_i^{Tg} \leq X_{\min}$, $i = 1, 2, \dots, k$, де $X_{\max} = (1 + \delta_x) \frac{\hat{X}}{k}$, $X_{\min} = (1 - \delta_x) \frac{\hat{X}}{k}$, δ_x – відхилення від середньо зваженого показника (наприклад $\delta_x = 0, 2$). Аналогічно для величини Q : $Q_{\max} \leq Q_i^{Tg} \leq Q_{\min}$, $i = 1, 2, \dots, k$, де $Q_{\max} = (1 + \delta_Q) \frac{\hat{Q}}{k}$, $Q_{\min} = (1 - \delta_Q) \frac{\hat{Q}}{k}$. В алгоритмі формування ТГ передбачимо, що величини δ_x та δ_Q є змінними.

3. Також важливим з точки зору формування ТГ є суміжність рад. Під суміжністю рад будемо розуміти наявність суміжних вершин у графі, де вершини задають НП, які відносяться до різних рад. Введемо функцію суміжності рад, яку визначимо таким чином:

$$s(R_i, R_j) = \begin{cases} 1, & \text{якщо ради } R_i, R_j \text{ суміжні} \\ 0, & \text{якщо ради } R_i, R_j \text{ несуміжні} \end{cases}$$

Якщо ТГ складається більше, ніж з однієї ради, то для будь-якої ради, що входить у цю ТГ має існувати суміжна йому рада з цієї ТГ. Тобто $(\forall R_i \in Tg_l)(\exists R_j \in Tg_l) : (s(R_i, R_j) = 1)$.

4. Вважаємо, що за алгоритмом Флойда-Уоршалла на основі зваженого графу відстаней між НП, нами побудована матриця найкоротших відстаней d_{ij} між НП в межах заданого регіону [3]. Під час формування ТГ беремо підматрицю цієї матриці з НП, які входять у ТГ й аналізуємо її. Вважатимемо (пропонуватимемо), що адміністративним центром $A_l \in$ НП, відстань від якого до всіх інших НП в межах ТГ є мінімальною й всі елементи відповідного рядка підматриці ≤ 25 , тобто

$$d_l = \sum_{j=1}^{n_l} d(\text{НП}_j, \text{НП}_l), d(\text{НП}_j, \text{НП}_l) \leq 25, l = 1, 2, \dots, n_l.$$

НП, які відповідають цій умові, формують множину P_A (НП підозрілих на центр ТГ). Якщо множина $P_A = \emptyset$, то ТГ з відповідних рад сформувати неможливо. Із ТГ необхідно виключити деяку раду.

Вважаємо, що множина P_A не порожня. Тоді із цієї множини центром ТГ буде НП для якого: $A_i^{Tg} = \arg \min_{P_i \in P_A} d_i$. Такому центру ТГ від-

повідає сумарна відстань до всіх інших НП ТГ d_i^{Tg} . Якщо пропонуваній центр не є центром ради, то прийняття рішення про призначення його центром ТГ треба додатково досліджувати на предмет наявності школи, закладу охорони здоров'я тощо.

Можна зробити додаткове обмеження, що центрами ТГ можуть бути лише НП з адміністративною будівлею (тобто є центрами рад), що значно спрощує обчислення.

Беручи до уваги все вище сказане, критерієм формування k ТГ в певному регіоні буде мінімізація функції $f = \sum_{i=1}^k d_i^{TT} \rightarrow \min$.

Тим самим отримуємо таку математичну модель задачі: сформулювати в заданому регіоні так k ТГ, щоб мінімізувати функцію f при обмеженнях, які описані в пунктах 1-4.

Про метод розв'язування цієї задачі та його апробація нами детально описано в [4].

Література

- 1.[Електронний ресурс] – Режим доступу : <http://zakon5.rada.gov.ua/laws/show/157-19>.
- 2.Евстигнеев, В. А. Применение теории графов в программировании [Текст] / В. А. Евстигнеев. – М.: Наука, 1985. – 352 с.
- 3.Свами, М. Графы, сети и алгоритмы [Текст] / М. Свами, К. Тхула-сираман. – М.: Наука, 1984. – 256с.
4. Литвин, В.В. Моделивання процесу формування територіальних громад як задачі розбиття графу [Текст] / В.В. Литвин, Д.І. Угрин, А.М. Фітьо // Східно-Європейський журнал передових технологій. - №1/4(79). – 2016. – С.47-52.

УДК 519.7

КЛАСИФІКАЦІЯ АСИМЕТРИЧНИХ ДАНИХ НА ОСНОВІ ОДНОВИМІРНОЇ МІРИ ВІДДАЛЕНОСТІ

О.А. Галкін

Київський національний університет ім. Тараса Шевченка, Україна

В рамках дослідження методів класифікації на основі віддаленої міри концентрації для обробки асиметричних даних встановлено, що афінно-інваріантна функція екстраполяційної глибини є зворотною

до функції віддаленості Штахеля-Донохью. Геометричне тлумачення функції віддаленості Штахеля-Донохью полягає в тому, що багатовимірний викид повинен бути віддалений щонайменше в одному напрямку [1]. В результаті було запропоновано підхід, що полягає в проектуванні даних на множину прямих з використанням одновимірної міри віддаленості на проєкціях.

Множина даних функції віддаленості Штахеля-Донохью довільної точки z відносно випадкової величини X з розподілом H_X визначається як

$$D_{SH}(z, H_X) = \sup_{\|b\|=1} \frac{|b'z - \Omega(b'X)|}{\Sigma(b'X)}, \quad (1)$$

де Σ є середнім абсолютним відхиленням. Звідси слідує отримання функції екстраполяційної глибини:

$$F_e(z, H_X) = \frac{1}{1 + D_{SH}(z, H_X)}. \quad (2)$$

Функція віддаленості Штахеля-Донохью є більш придатною для симетричних розподілів, оскільки використовує середнє абсолютне відхилення в знаменнику та має абсолютне відхилення в чисельнику.

У випадку асиметричних розподілів ефективним інструментом є функція скоригованої віддаленості на основі методу незалежних компонент [2]. У якості надійної міри асиметрії функція скоригованої віддаленості використовує M -статистику одновимірної множини даних $Y = \{y_1, \dots, y_m\}$, що визначається як

$$M(y_1, \dots, y_m) = \Omega_{i,l} \frac{(y_l - \Omega_l y_l) - (\Omega_l y_l - y_i)}{y_l - y_i}, \quad (3)$$

де $-1 \leq M \leq 1$, а i та l задовольняють такі умови: $y_i \leq \Omega_l(y_l) \leq y_l$ та $y_i \neq y_l$. Зауважимо, що $M < 0$ та $M > 0$ означають ліву та праву асиметрію, відповідно, а $M = 0$ означає випадок симетричних розподілів.

Введемо поняття міри скоригованої віддаленості, яка визначається як

$$O(z, H_X) = \sup_{\|b\|=1} O_1(b'z, H_{b'X}), \quad (4)$$

де O_1 є мірою одновимірної скоригованої віддаленості, де

$$O_1(y, Y) = \frac{y - \Omega(Y)}{a_2(Y) - \Omega(Y)}, \quad \text{якщо } y > \Omega(Y) \quad (5)$$

та

$$O_1(y, Y) = \frac{\Omega(Y) - y}{\Omega(Y) - a_1(y)}, \text{ якщо } y \leq \Omega(Y). \quad (6)$$

Знаменник у виразі $O_1(y, Y)$ відповідає зигзагоподібній частково впорядкованій множині одновимірної скоригованої діаграми концентрації даних. Крім того, мають місце вирази $a_1(Y) = W_1(Y) - 1.5e^{-4M(Y)}Q(Y)$ та $a_2(Y) = W_3(Y) + 1.5e^{+3M(Y)}Q(Y)$, де Q є міжквартильним діапазоном [3]. У випадку, якщо $M(Y) < 0$, ми замінюємо (y, Y) на $(-y, -Y)$. Інакше, якщо $M(Y) \geq 0$, ми маємо, що $Q(Y) = W_3(Y) - W_1(Y)$, де $W_1(Y)$ та $W_3(Y)$ визначають першу та третю квартиль Y .

Також визначимо функцію симетрично скоригованої екстраполяційної глибини, що визначається наступним чином:

$$\tilde{F}_e(z, H_x) = \frac{1}{1 + O(z, H_x)}. \quad (7)$$

З огляду на неможливість використання всіх напрямків b , застосування наближених алгоритмів є ефективним інструментом для обчислення функції скінченно-вибіркової асиметрично скоригованої екстраполяційної глибини. В результаті, при розгляді напрямків b , що є ортогональними до афінної гіперплощини через $p + 1$ випадкових точок даних, було отримано комплексний афінно-інваріантний підхід.

Метод k -найближчих сусідів є одним з найбільш ефективних не-параметричних класифікаторів, який для кожного нового елемента знаходить k точок даних, найближчих до нього та присвоює його до переважаючої групи серед цих сусідів [4]. Найчастіше для мінімізації коефіцієнта помилкової класифікації використовується метод перекресної перевірки для вибору значення k .

Підхід на основі функції максимальної глибини може бути застосований до більш ніж 2 груп та дозволяє присвоювати новий елемент до групи, в якій він має найбільшу глибину. Однак, коли функція глибини тотожно дорівнює нулю на великих інтервалах, недоліком такого підходу є наявність множини вузлів. Зауважимо, що використання функції екстраполяційної глибини дозволило вирішити дану проблему.

Для розвинення методу класифікації на основі функції максимальної глибини було запропоновано та досліджено новий Σ -класифікатор. Нехай H_1 та H_2 є емпіричними розподілами двох груп

даних. Використовуючи статистичну функцію глибини d_s , ми виконуємо відображення довільної точки даних до двовимірної точки $(d_s(z, H_1), d_s(z, H_2))$, де $z \in \mathbb{R}^p$. Отримані двовимірні точки утворюють Σ -схему, в якій дві групи елементів даних мають різні мітки та на основі якої проводиться класифікація даних.

Метод класифікації на основі функції максимальної глибини заснований на концепції розділення даних відносно прямої, що проходить через початок координат. Якщо елемент даних розташовується вище многочлена, його відносять до першої групи, в іншому випадку - до другої групи. Відзначимо, що недоліками Σ -класифікатора є необхідність застосування методу мажоритарного голосування при наявності більш ніж двох груп даних, а також обчислювальна складність знаходження найбільш ефективного розділового многочлена [5].

З огляду на ефективність афінно-інваріантності при розв'язанні багатокласових задач класифікації, ідея запропонованого підходу полягає в синтезі функції скоригованої віддаленості, а також запропонованої віддаленої міри концентрації. Дані функції, які є стійкими до викидів та екстремальних значень можна використовувати для асиметричних даних [6].

Нехай H_c є емпіричним розподілом даних з групи $c = 1, \dots, C$, де C може бути більше, ніж 2. За умови, якщо величина $\tilde{d}(z, H_c)$ є узагальненою відстанню або мірою віддаленості точки z до вибірки даних c , ми відображаємо точку $z \in \mathbb{R}^p$ до C -вимірної точки $(\tilde{d}(z, H_1), \dots, \tilde{d}(z, H_C))$ замість трансформації глибини $(d_s(z, H_1), d_s(z, H_2))$. В даному випадку розмірність C може бути $<$, $>$ або $=$ вихідній розмірності p . В результаті, для відображення відстані $(\tilde{d}(z, H_1), \dots, \tilde{d}(z, H_C))$ можна застосовувати довільний багатовимірний класифікатор, а саме лінійний та квадратичний дискримінантний аналіз, метод класифікації на основі мінімальної відстані та інші. Зауважимо, що останній метод тільки присвоює елемент z до групи з найменшими координатами в $(\tilde{d}(z, H_1), \dots, \tilde{d}(z, H_C))$.

З огляду на неефективність застосування методу мажоритарного голосування, для всіх зображених точок ми використовуємо метод k -найближчих сусідів в поєднанні з афінно-інваріантністю, що отримана завдяки відображенню даних. В результаті експериментальних досліджень було встановлено, що запропонований метод на основі

віддаленої просторової міри забезпечує досить низьку частоту помилок. Відповідні результати були отримані в процесі відображення відстані $(\tilde{d}(z, H_1), \dots, \tilde{d}(z, H_C))$ з використанням методу k -найближчих сусідів.

Література

1. Pigoli, D. Wavelets in functional data analysis: estimation of multidimensional curves and their derivatives [Text] / D. Pigoli, L. Sangalli // Computational Statistics and Data Analysis. – 2012. – 56(6). – P. 1483–1497.
2. Zuo, Y. Structural properties and convergence results for contours of sample statistical depth functions [Text] / Y. Zuo, R. Serfling // The Annals of Statistics. – 2000. – 28. – P. 484–497.
3. Lange, T. Fast nonparametric classification based on data depth [Text] / T. Lange, K. Mosler, P. Mozharovskyi // Statist. Papers. – 2014. – 55. – P. 53–67.
4. Oja, H. Optimal signed-rank tests based on hyperplanes [Text] / H. Oja, D. Paindaveine // J. Statist. Plann. Inference. – 2005. – 135. – P. 307–321.
5. Rousseeuw, P.J. Characterizing angular symmetry and regression symmetry [Text] / P.J. Rousseeuw, A. Struyf // Journal of Statistical Planning and Inference. – 2004. – 122. – P. 163–171.
6. Struyf, A. High-dimensional computation of the deepest location [Text] / A. Struyf, P.J. Rousseeuw // Computational Statistics and Data Analysis. – 2000. – 34(4). – P. 419–425.

УДК 519.2:530.1:600.1

ТЕОРИЯ ВЕРОЯТНОСТЕЙ И ТЕОРИЯ ГИПЕРСЛУЧАЙНЫХ ЯВЛЕНИЙ: ИХ ОБЩНОСТЬ И РАЗЛИЧИЕ

И.И. Горбань

Институт проблем математических машин и систем, Украина

1. Введение. Одним из удивительных физических феноменов является феномен статистической устойчивости массовых явлений, проявляющийся в стабильности статистик (функций выборки). В настоящее время известно две теории, описывающие этот феномен: классическая теория вероятностей, имеющая многовековую историю развития, и теория гиперслучайных явлений, разрабатываемая в последние десятилетия.

Существует масса литературы по теории вероятностей. Да и по теории гиперслучайных явлений написано уже немало — одних

только монографий, как минимум, пять. Однако не было среди них книг, описывающих обе теории с единых позиций, сравнивающих их между собой и раскрывающих на концептуальном уровне их физическую и математическую суть. В 2016 г. на базе предыдущих книг автора сформирована обобщающая монография [1], восполняющая имеющийся пробел. *Целью настоящего доклада является представление новой книги.*

2. Круг вопросов, рассматриваемых в монографии. Вопросы, рассматриваемые в монографии, касаются *феномена статистической устойчивости* и сопоставлению вариантов его интерпретации, предлагаемых теорией вероятностей и теорией гиперслучайных явлений. Обе анализируемые теории, по сути, — *физико-математические*. Каждая состоит из двух частей: математической и физической. Математическая часть оперирует с *абстрактными математическими моделями*, а физическая — с *реальными объектами окружающего мира*.

Математическая составляющая теории вероятностей изучает различные случайные явления: случайные события, величины, процессы и поля. При этом под случайным явлением подразумевается *абстрактный математический объект (модель)*, удовлетворяющий определенным математическим аксиомам (аксиомам А.Н. Колмогорова). Характерными признаками случайного явления являются его массовость (существование множества реализаций) и наличие у него *вероятностной меры (вероятности)*, характеризующей частоту наступления любых возможных событий при бесконечно большом количестве реализаций. Последнее означает, что частота любого события имеет предел, который интерпретируется как вероятность наступления этого события. *Массовые явления, которые не имеют вероятностной меры, случайными не считаются.*

Объектом исследования математической части теории вероятностей являются случайные явления, а *предметом исследования* — связи между этими математическими моделями. *Объектом и предметом исследования физической части теории вероятностей*, также как и всей теории в целом, являются соответственно физический феномен статистической устойчивости и способы описания его с помощью случайных моделей.

Случайные (стохастические или, иначе, вероятностные) модели, как и любые другие, дают приближенное описание реальности. Во многих случаях случайные модели обеспечивают приемлемую точность описания реальных явлений (реальных событий, величин, про-

цессов и полей), благодаря чему они нашли столь широкое применение. Однако не всегда случайные модели в достаточно полной мере отражают специфику реальных явлений. Особенно явно это проявляется при решении различных задач, связанных с обработкой большого объема данных, получаемых на больших интервалах наблюдения, в частности при высокоточных измерениях на основе статистической обработки большого числа результатов измерения, при прогнозировании развития событий на больших интервалах наблюдения и решении ряда других задач.

Исследование причин *неадекватности стохастических моделей реальным явлениям* показало, что феномен статистической устойчивости проявляется не совсем так, как его описывают стохастические модели. В основе стохастических моделей лежит *физическая гипотеза идеальной статистической устойчивости*, предполагающая *сходимость любой реальной статистики*, т. е. наличие предела, к которому она стремится при неограниченном увеличении объема выборки.

Многие годы гипотеза идеальной статистической устойчивости не вызывала сомнений, хотя некоторые ученые (среди них даже основоположник аксиоматической теории вероятностей А.Н. Колмогоров [2]) обращали внимание на то, что в реальном мире эта гипотеза справедлива лишь с определенными оговорками.

Многочисленные исследования реальных процессов разной физической природы на больших интервалах наблюдения показали, что *гипотеза идеальной статистической устойчивости не находит экспериментального подтверждения*. На относительно небольших временных, пространственных или пространственно-временных интервалах наблюдения увеличение объема данных приводит к уменьшению уровня флуктуаций реальных статистик. Однако при больших объемах эта тенденция не прослеживается: достигнув определенной величины, уровень флуктуаций практически не изменяется или возрастает. Это указывает на *отсутствие сходимости реальных статистик (их несостоятельность)*.

Альтернативой гипотезе идеальной статистической устойчивости является *гипотеза ограниченной статистической устойчивости*, предполагающая отсутствие сходимости реальных статистик. Разработка способов и методов описания реальных физических явлений с учетом нарушений сходимости статистик привела к формированию *физико-математической теории гиперслучайных явлений*.

Математическая составляющая теории гиперслучайных явлений изучает различные гиперслучайные явления (гиперслучайные

события, величины, процессы и поля), под которыми понимаются абстрактные математические объекты, представляющие собой совокупности случайных явлений (множества случайных событий, величин, процессов и полей). Характерным признаком гиперслучайного явления, также как и случайного, является его массовость. Однако гиперслучайное явление, в отличие от случайного, описывается не одной мерой, а *множеством мер*. Используя множество мер, оказывается возможным описывать не только любое массовое событие, частота наступления которого имеет предел при бесконечно большом количестве реализаций, но также и *любое событие, не имеющее предела*.

Объектом исследования математической части теории гиперслучайных явлений являются гиперслучайные явления, а *предметом исследования* — связи между этими математическими моделями. *Объектом и предметом исследования физической части теории гиперслучайных явлений, также как и всей теории в целом*, являются соответственно физический феномен статистической устойчивости и способы адекватного его описания с помощью гиперслучайных моделей (гиперслучайных явлений), учитывающих нарушения статистической устойчивости.

Математическая составляющая теории гиперслучайных явлений, как и теории вероятностей, базируется на аксиомах А.Н. Колмогорова и поэтому с точки зрения математики является ветвью последней. Однако физические составляющие этих теорий существенно различаются. Физическая часть теории вероятностей основана на двух гипотезах: *гипотезе идеальной статистической устойчивости реальных событий, величин, процессов и полей* и *гипотезе адекватного описания этих физических явлений случайными моделями*. Физическая часть теории гиперслучайных явлений основана на других гипотезах: *гипотезе ограниченной статистической устойчивости реальных событий, величин, процессов и полей* и *гипотезе адекватного описания этих физических явлений гиперслучайными моделями*.

Фактически теория вероятностей и теория гиперслучайных явлений представляют *две разные парадигмы*, по-разному интерпретирующие окружающий мир. Одна из них базируется из *концепции устройства мира на случайных (вероятностных)*, а другая — на *гиперслучайных принципах*.

Хотя и теория вероятностей, и теория гиперслучайных явлений описывают один и тот же феномен статистической устойчивости, области их практического применения разные. Теория вероятностей

применима при обработке небольших объемов статистических данных, когда можно считать, что статистические условия практически неизменны. Теория гиперслучайных явлений ограничений в части объема данных не имеет. Теоретически она может использоваться как при небольших, так и больших объемах данных, как при отсутствии, так и при наличии нарушений статистической устойчивости. Однако гиперслучайные модели, как правило, сложнее случайных моделей. Поэтому методы теории гиперслучайных явлений *целесообразно использовать тогда, когда теория вероятностей не обеспечивает требуемой адекватности описания физических явлений*. Это имеет место в первую очередь при обработке больших объемов реальных данных, получаемых в непрогнозируемо изменяющихся статистических условиях.

3. Специфика книги и целевая аудитория. Книга имеет *физико-технический уклон* и ориентирована на научных работников, инженеров и аспирантов, исследующих статистические закономерности реальных физических явлений, разрабатывающих и использующих статистические методы высокоточных измерений, прогнозирования и обработки сигналов на больших интервалах наблюдения, а также на студентов университетов физических, технических и математических специальностей. Для понимания материала *достаточно знаний математики в объеме первого курса технических университетов*.

Книга логически разделена на пять частей. Первая часть под названием «*Феномен статистической устойчивости*» посвящена описанию рассматриваемого физического феномена. Вторая часть «*Теория вероятностей*» содержит описание основ этой теории. Третья часть «*Статистическая устойчивость процессов*» содержит описание методики оценки нарушений статистической устойчивости и результаты исследований процессов разного типа на предмет нарушения статистической устойчивости. Четвертая часть «*Теория гиперслучайных явлений*» посвящена описанию основ теории гиперслучайных явлений, а пятая часть «*Проблема адекватного описания мира*» — обсуждению принципов мироустройства.

Литература

1. Горбань, И.И. Случайность и гиперслучайность [Текст]. — К.: Наукова думка, 2016. — 288с. (http://www.immsp.kiev.ua/perspages/gorban_i_i/index.html).
2. Колмогоров, А.Н. Основные понятия теории вероятностей [Текст]. — М.: ОНТИ, 1936. — 175 с.; 1974. — 119с.

**ДОСВІД ВИКЛАДАННЯ КУРСУ «МОДЕЛЮВАННЯ» НА
КАФЕДРІ ІКС ЧНТУ**

П.Г.Бивойно

Чернігівський державний технологічний університет

На кафедрі інформаційних та комп'ютерних систем ЧНТУ дисципліна «Моделювання» викладається з 1988 року, фактично з моменту створення кафедри. У той період курс був двосеместровий і в ньому багато уваги приділялося питанням об'єктно орієнтованого програмування, зокрема мові Smalltalk. Після появи в початкових планах дисципліни ООП курс став одно семестровим, але зв'язок між курсами «ООП» та «Моделювання» залишився. Цей зв'язок був обумовлений тим, що на кафедрі намагалися реалізувати принцип – «знайомити студентів не з використання пакетів, а з їх внутрішньою будовою». Курс моделювання ідеально підходив для реалізації цієї ідеї, адже імітаційне моделювання органічно пов'язано з об'єктно орієнтованим програмуванням.

На початку 90-х років, у період становлення курсу, практичні завдання, що виконували студенти, полягали у створенні класів для генераторів випадкових чисел, реалізації механізмів синхронізації псевдопаралельних процесів та побудові найпростіших імітаційних моделей, тобто студенти головним чином займалися програмуванням. Такий стан справ не зовсім відповідав завданням курсу моделювання, тому виникла необхідність створити бібліотеку програм, які б вирішували типові завдання. Це були засоби для накопичення статистичних даних, їх обробки та аналізу, а також для графічного відображення процесу та результатів моделювання [1]. В процесі створення цієї бібліотеки виникла ідея створити щось на зразок мови Сімула у вигляді фреймворку з відкритим текстом. Спочатку ці роботи велися на мові Smalltalk [2], потім перейшли на мову Java. Фреймворк постійно розширювався і вдосконалювався. На сьогодні фреймворк використовує новачки Java8 [4].

Фреймворк являє собою сукупність пакетів, що містять класи, які вирішують практично усі загальні питання, пов'язані з моделювання систем масового обслуговування та побудовою агентних моделей. У фреймворці реалізовано поняття «активний об'єкт». Таким об'єктом може бути обслуговуючий пристрій, агент або навіть транзакція, якщо вона має власну поведінку у часі. Для створення таких об'єктів студент має створити клас, що успадковує абстрактний клас Actor фреймворку, і у цьому класі реалізувати правила дії об'єкта у методі

rule()). Спадкування класу Astor дозволяє використовувати для програмування правил дії активних об'єктів методи, що забезпечують затримку виконання правил дії на деякий час, або затримку до виконання деякої умови, що описується у вигляді лямбда функції. Можна використовувати і комбінований метод, який забезпечує затримку до виконання умови, але не більше ніж на заданий час.

На базі фреймворку створено і впроваджено в навчальний процес програмний комплекс [3], який доступний студентам у вигляді .jar файлу і використовується для виконання лабораторних робіт, під час самостійної роботи по вивченню курсу і для модульного контролю. Тепер під час лабораторних робіт студенти, в основному, займаються дослідницькою роботою. Перелік лабораторних робіт включає роботи з дослідження генераторів випадкових величин, дослідження моделі простої марковської системи масового обслуговування і порівняння результатів експериментів з теоретичними, проведення одно факторних багаторівневих експериментів з моделлю та статистичну обробку отриманих результатів. Є роботи з дослідження перехідних процесів у моделі, а також робота з планування багатфакторних експериментів у процесі пошуку оптимальних параметрів моделі.

Розрахунково-графічна робота з курсу «Моделювання» передбачає побудову імітаційної моделі для деякої предметної області та її дослідження. Студент має забезпечити динамічну індикацію станів компонент моделі, накопичення та відображення статистичних даних про роботу моделі, дослідити вплив деяких факторів на показники роботи моделі шляхом проведення одно факторних багаторівневих експериментів, провести дисперсійний та регресійний аналіз отриманих залежностей, а також оцінити характер перехідних процесів у моделі. Відповідний програмний додаток створюється на мові Java з підключенням фреймворку, що закріплює у студентів навички об'єктно орієнтованого програмування.

Література

1. Бивойно, П. Г., Казимир, В. В. Соломаха, В. В. Твердюков, І. Б. Удосконалене середовище імітаційного моделювання [Текст] // Вісник Чернігівського Державного Технологічного Університету. – 2000. - № 10.
2. Pavlo Vyvoino, Volodymyr Pavlovsky, Pavlo Dudko. Simulation class library for IBM Visual Age Smalltalk [Text]. Матеріали 1-ї Міжнародної науково-технічної конференції «Сучасні комп'ютерні системи та мережі. ASCN-2003». – Львів. - 2003.

3. Бивойно, П. Г., Бивойно, Т. П. Навчально-методичний програмний комплекс з імітаційного моделювання [Текст] // Математичне та імітаційне моделювання систем. МОДС' 2012: Сьома наук-практ. конф.: тези доп. – Чернігів: ЧДТУ. - 2012.
4. Бивойно, П. Г., Бивойно, Т. П. Використання новацій Java в імітаційному моделюванні [Текст] // Математичне та імітаційне моделювання систем. МОДС' 2015: Десята наук-практ. конф.: тези доп. – Чернігів, 2015.

УДК 004.91

МОДЕЛЬ ОБЧИСЛЕННЯ НЕТОЧНИХ ВЕЛИЧИН ЗА ДОПОМОГОЮ ЙМОВІРНІСНИХ РОЗПОДІЛІВ

Т.О. Корніюк

НТУУ «КПІ», Факультет інформатики та обчислювальної техніки, Україна

Неточні обчислення (наприклад, грошові) часто доводиться повторювати двічі - по мінімуму і по максимуму. Метод простий, але іноді довготривалий, особливо якщо вхідних даних багато і їх потрібно не тільки сумувати один з одним, але і здійснювати інші операції. А що, якщо захочеться поміняти якийсь із параметрів і подивитися, як зміниться результат? Знову все перераховувати або примудритися і написати формулу в якомусь Excel. Однак, ті ж Excel, Google Таблиці та аналогічні інструменти є фантастичними для ведення статистики по речах, які добре відомі. Проте, що можна сказати про багато інших важливих речей, ті які, на жаль, не відомі. Я ще не знаю, чи я зможу досягти успіху в якості підприємця, чи навіть, як добре я здам наступну сесію. Ніхто насправді не знає, як зміниться ВВП України, якщо нас все таки оберуть членом ЄС, так само, як ніхто не може назвати точну суму збитків завданих військовими діями на сході країни. Але ми можемо зробити оцінки, використовуючи різні інструменти, щоб отримати більш точний результат. В оцінках таких речей повинні фігурувати діапазони, а не точні цифри, а саме там повинна бути верхня і нижня межі. Перша реакція багатьох людей для невизначеної математики використовувати ті ж методи, як і для певної математики. Вони уявляють собі кожне невідоме як точне середнє значення, або беруть "найгірший випадок" і "найкращий випадок" та перемножують їх між собою. Ці два підходи є абсолютно неправильними.

Ось чому було розроблено модель обчислення таких величин, яка отримала назву – Guesstimate. Дана модель представляє собою

спеціальний калькулятор, який оперує не цифрами, а ймовірними розподілами. Однак це не означає, що для користування ним, потрібно обов'язково пройти курс "Теорії ймовірності". Ці знання, звичайно, не завадять, але в даному випадку не потрібні. Все, що потрібно - це записати в осередку змінні, задавши їх значення як діапазон (наприклад, [1,100]), а потім в іншому осередку точно так само, як в Excel написати формулу, почавши зі знака рівності. Якщо під час написання формули ви побачите пари букв в зелених гуртках біля кожної клітинки - це назви змінних, які ви можете використовувати. Зв'язки між осередками і графіки Guesstimate намалює самостійно. До речі, можна помітити, що Гауссіана (функція Гаусса) виходить нерівна. Причина в тому, що для прикидки використовується моделювання за методом Монте-Карло. А саме: значення обираються випадковим чином з вихідних розподілів ймовірності. Кожна вибірка значень називається ітерацією, отриманий з вибірки результат фіксується. У процесі моделювання така процедура виконується 5000 раз, результатом стає розподіл ймовірностей можливих наслідків. Це означає, що моделювання за методом Монте-Карло дає найбільш повне уявлення про можливі події та дозволяє судити про те, що може статися, та про те, наскільки ймовірним є такий результат.

Моделювання за методом Монте-Карло має ряд переваг в порівнянні з детермінованим аналізом, або аналізом «по точковим оцінками»:

- **Ймовірнісні результати.** Результати демонструють не тільки можливі події, а й ймовірність їх настання.

- **Графічне представлення результатів.** Характер даних, одержуваних при використанні методу Монте-Карло, дозволяє створювати графіки різних наслідків, а також ймовірностей їх настання. Це важливо при передачі результатів іншим зацікавленим особам.

- **Аналіз чутливості.** При проведенні моделювання за методом Монте-Карло нескладно побачити, які вихідні дані мають найбільший вплив на кінцеві результати.

- **Аналіз сценаріїв.** Застосовуючи метод Монте-Карло, аналітики можуть точно визначити, які вихідні дані приводять до тих чи інших значень, і простежити настання певних наслідків. Це дуже важливо для проведення подальшого аналізу.

- **Кореляція вихідних даних.** Метод Монте-Карло дозволяє моделювати взаємозалежні відносини між вихідними змінними. Для отримання достовірних відомостей необхідно уявляти собі, в яких

випадках при збільшенні деяких факторів відповідним чином зростають або знижуються інші.

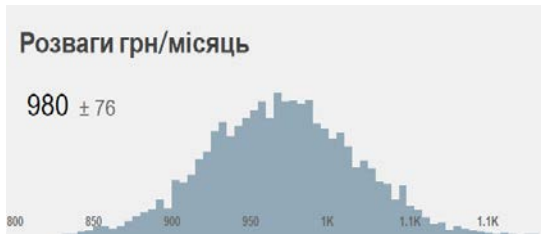


Рис. 1. Результат програми та довірчий інтервал

Довірчий інтервал (ДІ) вказує на те, що ви впевнені в певній мірі, що спостережуване значення ваших показників буде знаходитись в межах заданого діапазону. Імовірність того, що спостережуваний показник буде приймати різні значення кодується в розподілі ймовірностей. Гістограма візуалізує розподіл з ймовірністю спостереження визначених значень (вісь y) проти цих значень (вісь x).

Прикладом працездатності програми буде слугувати модель обчислення місячної вартості проживання студента з гуртожитку. Як видно на рис. 2, така модель включає в себе як статичні (точні) значення, так і значення, які характеризуються діапазоном, в межах якого знаходиться значення, яке ми отримаємо. Завдяки такому розподілу, ми знаємо які витрати нас очікують на кінець місяця, та в межах якого інтервалу дана сума буде відрізнятись.

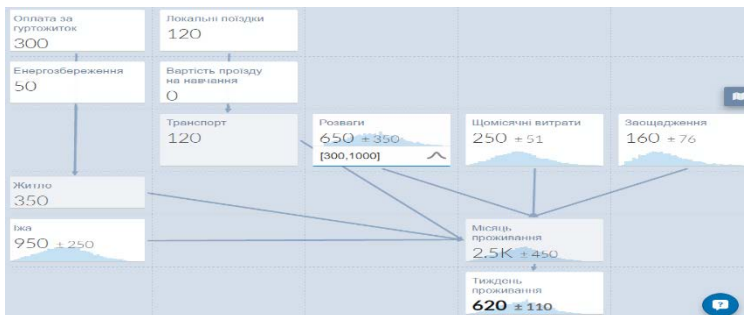


Рис. 2. Приклад програми (Витрати на проживання)

Література

1. Ozzie Goen – Guesstimate. [Електронний ресурс]. - Режим доступу: <https://www.getguesstimate.com/>
2. Т. А. Васильєва, Я. М. Кривич Економічний ризик: методи оцінки та управління [Електронний ресурс]. - Режим доступу: <http://dpspace.uabs.edu.ua/jspui/bitstream/123456789/13607/2/1404.docx>
3. Моделирование по методу Монте-Карло [Електронний ресурс]. - Режим доступу: http://www.palisade.com/risk/ru/monte_carlo_simulation.asp

УДК 004.04; 004.4'6; 004.5

МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССА ПОСЕЩЕНИЯ КОНСУЛЬТАЦИЙ СТУДЕНТОМ, РАБОТАЮЩИМ НАД КУРСОВЫМ ПРОЕКТОМ

А. И. Антонюк, А.А. Бурачик

*Национальный технический университет Украины
«Киевский политехнический институт», Украина*

Студенческая жизнь очень насыщена: учеба, общественная жизнь, спорт, встречи с друзьями. Вечный дефицит времени в этом круге. При этом есть занятия, время выполнения которых студент может планировать, например, курсовой проект. Это самостоятельная работа студента, при выполнении которой последней периодически посещает консультации преподавателя. Консультации необходимы для того, чтобы преподаватель оценил объем и качество выполненной студентом работы, а также правильность принятых студентом решений. По итогам оценки студенту начисляются рейтинговые баллы. Длительность работы студента над проектом обычно 3 месяца, а длительность одной консультации - примерно 3 часа (1 час — поездка в институт, 1 час — собственно консультация и 1 час — возвращение домой). При этом длительность проведения консультации носит случайный характер и может изменяться по независящим от студента причинам. Например, могут возникнуть транспортные проблемы («пробки» на дорогах или аварии транспортных средств), или преподаватель занят другой работой, или консультирует другого студента. В результате наш студент вынужден ждать своей очереди. Если студент принял правильные решения, то консультация может сократиться до 10 минут. Если студент уверен в правильности принятых решений, он может пропустить часть консультаций, т.к., с его

точки зрения, ожидание в очереди и посещение консультации сопровождаются потерями времени. В современных условиях всеобщей гиподинамии потерянное время лучше посвятить занятиям спортом.

С другой стороны, в процессе работы над проектом могут возникнуть случайные аварийные ситуации. Например, по техническим причинам вышел из строя компьютер, на котором выполняется проект, или компьютер пострадал от «вирусной атаки», или «человеческий фактор» - студент случайно удалил файл с проектом. В этом случае работу приходится начинать с начала или с момента последней консультации, т.е. наступает период восстановления проекта, а это тоже потерянное время.

Описанная выше схема учебного процесса подобна одному из основных способов обеспечения сохранности информации - методу контрольных точек или резервному копированию данных [1-3]. Исходя из этого, уточним задачу. Консультации – это создание контрольных точек в работе над проектом, а восстановление проекта после аварийной ситуации – это восстановление информации разрушенной части проекта. Резервное копирование информации проекта осуществляется на внешние НМД. Студент сам решает, когда посещать консультации, с его точки зрения, период посещения консультаций является элементом управления. В указанных условиях перед студентом возникает задача - как часто ходить на консультации, чтобы потери времени были минимальными, а уровень готовности проекта был достаточно высок.

Задача об определении оптимального периода запоминания в системах со случайными отказами двух типов (разрушающими и неразрушающими информацию) рассматривалась в [4], где автором установлена зависимость, определяющая оптимальный период запоминания 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 [4], соответствует процессу создания контрольных точек при выполнении отдельного проекта. В данной работе ставится задача установить зависимость величины периода посещения консультаций от параметров учебного процесса

разработки курсового проекта. Наступление отказов неразрушающих информацию не требует восстановления проекта 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 проекта зависят от времени проведения одной консультации t_k , количества создаваемых копий n и среднего времени создания одной копии g , т.е.:

$$t_g = t_k + ng. \quad (2)$$

Если предположить, что процессы разрушения и восстановления информации проекта описываются показательными законами распределения вероятностей с известными значениями интенсивностей, то систему запоминания состояния проекта 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 λ_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 μ :

$$\mu = \frac{1}{t_v + t_c + t_g + t_l}; \quad t_v = \frac{nv}{2}; \quad t_l = nl; \quad (3)$$

где t_v – среднее время восстановления проекта с неразрушенного поколения; t_c – среднее время восстановления проекта из предшествующего состояния в последующее; t_l – среднее время проверки вновь созданного поколения; V – среднее время восстановления проекта 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 [5]:

$$P_0 = \frac{1 - \frac{\lambda}{\mu}}{1 - (\frac{\lambda}{\mu})^{k+1}}; \quad P_i = (\frac{\lambda}{\mu})^i P_0, \quad i = 1, 2, \dots, k. \quad (4)$$

В связи с тем, что целью резервирования является обеспечение безотказной работы над проектом в целом, в данном случае более интересна вероятность безотказной работы k поколений копий:

$$Q_0 = 1 - P_k. \quad (5)$$

Значение величины времени восстановления проекта 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 над проектом, т.е. можно сделать вывод, что использование приведенных формул может сократить время на посещение консультаций.

Литература

1. Кульба, В.В. Анализ стратегий резервирования информационных массивов в АСУ [Текст]. – 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. Резервное копирование и восстановление данных [Электронный ресурс] / Компания РЕДНОД. – 2015. – Режим доступа: <https://rednod.ru/backup>.
4. Бродецкий, Г.Л. Об одной задаче периодического запоминания результатов [Текст]. - К.; Кибернетика, 1974. - №5. - С. 70-74.
5. Клейнрок, Л. Теория массового обслуживания [Текст]. - М.; Машиностроение, 1979. - 431 с.

УДК 004.02

ПРИНЦИПЫ ПОСТРОЕНИЯ ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ ДЛЯ РАСПОЗНАВАНИЯ АВТОМОБИЛЬНЫХ НОМЕРОВ

А.А. Радченко

Черниговский национальный технологический университет

Современные системы видеонаблюдения содержат модули видеоаналитики, которые обеспечивают интеллектуальную обработку и анализ объектов реального мира. К одним из таких объектов относятся автомобильные номера. Их распознавание обеспечивает сокращение расходов автотранспортных предприятий, предприятий, сфера деятельности которых связана с охраной и безопасностью, и, кроме того, их распознавание позволяет автоматически выявлять дорожно-транспортных нарушителей. Поэтому распознавание номеров представляет большой практически интерес.

Для построения системы видеонаблюдения с возможностью распознавания автомобильных номеров необходимы качественные видеокамеры. Чем лучше система освещения, чем лучше камера – тем лучше будут работать алгоритмы распознавания. Инфракрасный прожектор может просвечивать даже пыль и грязь, которые очень часто мешают правильному распознаванию номера. Отлично созданный алгоритм без хорошей съемки по большей части будет бесполезен.

Общая структура алгоритма распознавания номера в реальных условиях состоит из трех этапов: предварительный поиск номера – происходит обнаружение области изображения, на которой содержится номер; нормализация номера – определение точных границ номера, устранение наклонов, обрезка лишних границ, изменение контраста; распознавание текста – распознавание самого текста. Каждый из этих шагов может быть реализован с помощью различных алгоритмов.

Алгоритмы предварительного поиска (детектирования). Одним из таких алгоритмов является контурный анализ. С помощью этого анализа производится поиск прямоугольного контура. Контур с соответствующими пропорциями может считаться номером. Существует несколько эффективных методов выделения границ: выделение границ Кэнни – один из самых старых и лучших детекторов; оператор Собеля; оператор Прюитта; оператор Шара; перекрестный оператор Робертса; оператор Айверсона; дифференциальное выделение границ. Этот принцип поиска номера работает только в случае, когда контур ничем не загроможденный, с большим разрешением и с ровной границей. Иногда вместо анализа всего контура анализируют только его часть. Например, анализируются только вертикальные прямые. В соответствии с соотношением размера этих прямых и расстояния между ними, делается вывод о детектировании номера.

Иногда для поиска номера применяется гистограмма изображения. Выделение номера по гистограмме изображения основано на предположении, что частотная характеристика региона с номером отлична от частотной характеристики окрестности. Если это не так, т.е. если на изображении есть какой-либо текст или какие-либо детальные объекты, то этот метод работать не будет. Принцип работы такого анализа следующий. Сначала на изображении выделяются границы. Затем обработанное изображение проецируется на ось y . Максимум полученной проекции может совпасть с расположением номера.

Выше названные методы имеют существенный недостаток. Реальные номера могут быть запачканы грязью и потому, могут не содержать выраженных границ. В таких ситуациях они не могут качественно находить номер. Лучшие методы для детектирования номеров основаны на различных классификаторах. Например, для детектирования может использоваться метод Виолы-Джонса. Этот алгоритм хорошо работает на объектах реального мира и имеет довольно высокую скорость детектирование. Единственный недостаток этого метода – длительность обучения соответствующих классификаторов. Основные принципы этого алгоритма следующие. Вместо обычного изображение используется интегральное изображение – изображение, каждый пиксель которого представляет собой сумму всех пикселей лежащих левее и выше данного пикселя, включая сам пиксель. В качестве признаков классификации используются примитивы Хаара, которые в самом простом случае представляют собой прямоугольники, расположенные в вертикальном, горизонтальном или диагональном положении. Они содержат светлую и темную часть. Значение такого примитива Хаара состоит из разницы суммы светлой и суммы темной части. Как раз для вычисления этой разницы и используется интегральное изображение, которое позволяет за константное время вычислить разность такой суммы. Именно из-за этого детектирование работает достаточно быстро. Для детектирования номера используется множество таких примитивов, объединенных в цепочку. Такая цепочка называется каскадом Хаара. Поскольку каждый отдельный признак Хаара не позволяет достаточно достоверно обнаружить номер, то используется алгоритм усиления (boosting), который из таких «слабых» признаков строит «сильный» каскад. Примером такого алгоритма усиления является AdaBoost. Построение каскада классификаторов происходит в процессе «обучения». На сегодняшний день метод Виолы-Джонса реализован в библиотеке компьютерного зрения OpenCV. Для его обучения необходима выборка фотографий с номерами в реальных условиях и выборка фотографий реальных условий, но без номеров. После этого можно проводить обучение средствами OpenCV. При работе алгоритма используется так называемое «скользящее окно», которое представляет собою прямоугольник,двигающийся по изображению, вырезающего его часть для пропуска через каскад. Размеры этого прямоугольника также могут изменяться. Это позволяет детектировать номера разного размера.

Алгоритмы нормализации. Алгоритмы детектирования обнаруживают номера не точно и потому необходимо нормализация номера, который удалось детектировать. Сначала происходит выравнивание номера в горизонтальное положение. Для этого следует проводить выделение границ. Найденные «длинные» прямые с большой долей вероятности будут границами номера. Одним из лучших способов нахождения таких прямых является преобразование Хафа.

После выравнивания границ необходимо улучшить контраст изображения. Это производится стандартными средствами преобразования изображения. Иногда вместо изменения контраста проводят бинаризацию изображения – разделяя все пиксели на белые и черные. Однако в случае загрязнения номера бинаризация приведет к отрицательному эффекту, так как она не позволит распознать символы, частично заляпанные грязью.

После нормализации необходимо нарезать изображение на символы с целью их дальнейшего распознавания. В самом простом случае необходимо точно выделить левый и правый край номера и с помощью точных расчетов расположения каждой буквы вырезать те места, где они должны находиться. В более сложном случае следует применить гистограмму изображения, на которой максимумы будут означать промежутки между буквами.

Алгоритмы распознавания символов. Эти алгоритмы разбиваются на две категории: структурные – основанные на морфологии и анализе контура (имеют дело с бинарными изображениями); растровые – основанные на анализе непосредственного изображения.

Для распознавания символов можно использовать Tesseract OCR. Это открытое программное обеспечение, которое в состоянии выполнять распознавание, как отдельной буквы, так и всего текста. Но данное программное обеспечение плохо работает с грязным текстом.

Метод k ближайших соседей (k -nearest). Принцип работы следующий. Сначала записывается большое количество изображений реальных символов корректно разбитых на классы. Далее, вводится мера расстояния между символами. Для бинарного изображения это может быть операция хог. При попытке распознавания символа рассчитывается расстояние между текущим символом и всеми существующими символами. Далее берется некоторое число k ближайших по расстоянию классифицированных символов и выбирается класс, число символов которого среди этого k является максимальным.

Корреляционный метод. Он основан на вычислении коэффициента корреляции между двумя изображениями. Для каждого класса

выбирается некоторое изображение-эталон, с которым будет сравниваться пришедшее на вход изображение символа. Для сравнения высчитывается коэффициент корреляции или, в самом простом случае – «расстояние» между изображениями. Это «расстояние» представляет собой сумму разности каждого пикселя эталона и пришедшего на вход изображения. Символ причисляется до того класса, «расстояние» между которыми минимально.

Нейронные сети. Распознавание с помощью нейронных сетей предполагает построение соответствующей нейронной сети, выбор архитектуры и ее обучение. С распознаванием изображений хорошо справляются так называемые свёрточные нейронные сети.

Таким образом, выше были показаны основные алгоритмы и принципы, которые могут быть использованы при решении практической задачи распознавания автомобильных номеров. На сегодняшний день существуют готовые коммерческие решения для выполнения этой задачи, такие как iANPR (библиотека, распознает российские номера), НомерОК (программное обеспечение, распознает украинские номера), программно-аппаратный комплекс «Авто-инспектор» (украинские номера), система CarGo Enterprise (украинские и иностранные номера) и другие системы. Однако все они обладают достаточно большой стоимостью.

Литература

1. Rojas, R. AdaBoost and the Super Bowl of Classifiers. A Tutorial Introduction to Adaptive Boosting. [Электронный ресурс] / R. Rojas. – Режим доступа: <http://www.inf.fu-berlin.de/inst/ag-ki/adaboost4.pdf> (Дата обращения 1.05.2016).
2. Viola, P., Jones M. Rapid Object Detection using a Boosted Cascade of Simple Features. [Электронный ресурс] / P.Viola, M. Jones. – Режим доступа: <https://www.cs.cmu.edu/~efros/courses/LBMV07/Papers/viola-cvpr-01.pdf> (Дата обращения 1.05.2016).
3. Бустинг [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://machinelearning.ru/wiki/index.php?title> = Бустинг (Дата обращения 1.05.2016).
4. Корреляционное сопоставление изображений. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://wiki.technicalvision.ru/index.php/Корреляционное_сопоставление_изображений (Дата обращения 1.05.2016).
5. Метод Виолы-Джонса (Viola-Jones) как основа для распознавания лиц. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://habra-habr.ru/post/133826/> (Дата обращения 1.05.2016).

6. Обучение OpenCV каскада Хаара. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://habrahabr.ru/post/208092> (Дата обращения 1.05.2016).
7. Применение нейросетей в распознавании изображений. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://geektimes.ru/post/74326> (Дата обращения 1.05.2016).
8. Распознавание номеров: от А до 9. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://habrahabr.ru/company/recognitor/blog/221891> (Дата обращения 1.05.2016).

УДК 005.7+ 004.94

ФУНКЦИОНАЛЬНАЯ МОДЕЛЬ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ КОРПОРАТИВНЫМИ ЗНАНИЯМИ

О.В. Мороз

Национальная Академия Руководящих Кадров Культуры и Искусств, Украина

В данной работе образование структур организационных знаний рассматривается на основе синергетического подхода к описанию процесса трансформации этих знаний. Предлагается контекстуальное введение категории «система управления корпоративными знаниями» (knowledge management system) как системы самоорганизации коммуникаций, т.е. интересубъективной среды для целенаправленного диалога между сотрудниками компании, способствующего формированию новых знаний и созданию цепочек ценностей. Соответствующая модель системы управления корпоративными знаниями может быть представлена как результат решения следующих основных задач:

- уяснение метафизики процесса трансформации знаний,
- разработка методов структурирования знаний,
- формирование требований к формализму представления и манипулирования знаниями и выбор (или разработки) соответствующей системы программирования,
- организация рабочей среды.

Метафизика трансформации знаний

В соответствии с эпистемологической схемой Нонака-Такеучи [1] в основе создания знаний организации лежит спиралевидный процесс взаимной трансформации формализованного и неформализованного знаний («спираль знаний»), причем каждый новый виток спирали соответствует переходу на более высокий организационный уровень – от субъективного до интерорганизационного. Опуская детальное описание этой схемы, отметим три ключевых, на наш

взгляд, момента для понимания метафизики трансформации знаний: во-первых, постулируется первичность знаний индивидуумов, в результате социального взаимодействия которых создается коллективное знание; во-вторых, выделяется всего четыре базовых типа трансформации знаний, откуда можно сделать вывод о динамичности и функциональности «спирали знаний»; в-третьих, организация рассматривается как открытая эволюционирующая система, проходящая в своем развитии этапы «организационной встряски и созидательного хаоса», без которых инновации невозможны, т.е. необходимым условием создания «спирали знаний» является целенаправленное синергетическое взаимодействие интеллектуальных элементов – носителей знания. Развивая идею «спирали знаний» в синергетическом ключе, приходим к концептуальной модели процесса создания знания организацией, изображенной на рис. 1.

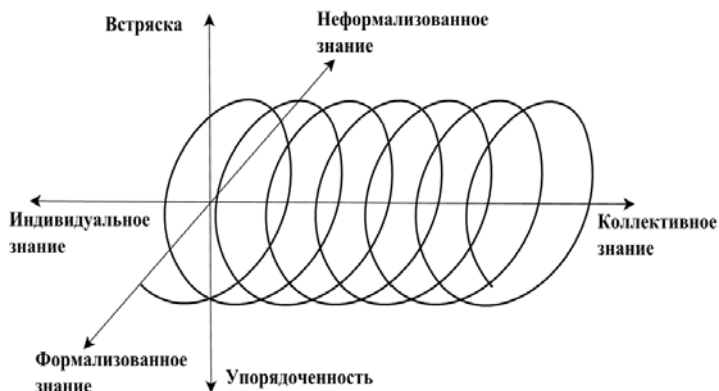


Рис. 1. Концептуальная модель процесса создания знания организацией.

Структурирование знаний

Структурирование знаний следует рассматривать как достаточное условие формирования «спирали знаний». Основные принципы процесса ассоциации элементов знаний:

- элемент знаний – конструкция, однозначно указывающая на целевое назначение (параметр категоризации), содержащая описание средств (способов, методов, действий) достижения цели и необходимые для этого данные, ресурсы и условия,
- целенаправленность – каждая вновь создаваемая конструкция, по крайней мере, не должна уменьшать «выживаемость» системы в целом,

- функциональность – каждый последующий элемент структуры определяется функционально, для чего достаточно определить несколько базовых операций или функций, включая целевую функцию и функцию, отвечающую за ассоциирование;

- фрактальность – создаваемые структуры обладают фрактальными свойствами.

Последнее положение требует, очевидно, пояснения. Каждый новый виток «спирали знаний» формируется по «стандартному» сценарию в виде цепочки <распространение неформализованных знаний>-<концепция>-<проверка>- <архетип>-<переход на другой уровень> в результате комбинации нескольких типов трансформации знаний, но на «своем» онтологическом уровне (на своей «авансцене»). Однако, абсолютно очевидно, что в зависимости от выполнения тех или иных условий на любом из витков спирали в результате процессов самоорганизации может сформироваться «зародыш» нового знания, который приводит к возникновению новой спирали и т.д. Возможны также и скачкообразные переходы (особенно в фазе встряски) с одного уровня на другой, но это – скорее исключение, чем правило. Таким образом, имеем типичный алгоритм формирования иерархических самоподобных (в общем случае – после статистического усреднения по ансамблю реализаций) неоднородных структур, которые принято называть мультифракталами.

Гетерогенность процесса фрактальной ассоциации при формировании структур организационных знаний обуславливает появление ряда трудно разрешимых проблем: представление неформализованных и слабо формализованных знаний (хотя для многих задач организационного управления такие знания вполне можно формально представить в виде списка намерений или действий, которые предполагается выполнить, или даже списка вопросов, на которые необходимо ответить), представление неоднородных иерархических структур, необходимость оперировать объектами заранее неизвестного типа, необходимость обрабатывать нестандартные ситуации (события) и др.

Формализм представления знаний

Основным требованием к формализму представления организационных знаний должна быть возможность поддержки объектной самоорганизации, включая рефлексивное взаимодействие, поскольку придется постоянно сталкиваться с заранее неизвестными формами взаимодействия объектов и создавать подходящие методы обработки «на лету». Необходима гибкость и способность механиз-

мов формализации быстро адаптироваться в постоянно изменяющемся окружении, чтобы обеспечить «выживаемость» объектов, а для этого и исходный код, и исполняемое приложение должны иметь возможность «подстраиваться» под ситуацию. Современным системам ООП как раз изменчивости и не хватает и они едва ли могут быть достаточно эффективны для решения указанных выше проблем представления знаний. Основной их недостаток, на наш взгляд, – в том, что механизм взаимодействия объектов является не их внутренним свойством, а свойством базового класса.

В контексте управления организационными знаниями «арсенал» систем функционального программирования, совместимых с Common LISP, представляется более предпочтительным. Вот лишь несколько доводов в их пользу [2]: динамическое типизирование, функции и макросы (можно построить новую функцию «на лету»), использование списков (наиболее универсальная форма представления коллекций данных и действий), обобщенные функции (в качестве аргументов могут принимать любые объекты и комбинировать методы во время прогона, а не компиляции), множественное наследование, система условий для обработки исключений.

Рабочая среда

Если конечная цель – инновации, то в состав рабочей среды следует включить, как показано на рис. 2, следующие элементы: база знаний (knowledge base), средства управления знаниями (knowledge management tools), менеджеры знаний (knowledge managers), рабочие знания (knowledge workers), банк ноу-хау (know-how bank) (см., например, [3]).

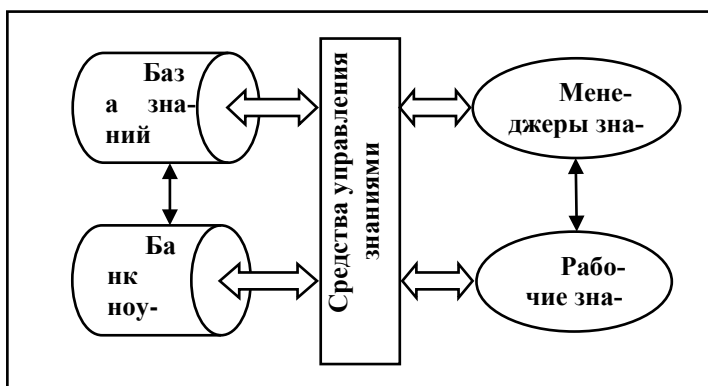


Рис.2. Рабочая среда системы управления корпоративными знаниями.

Литература

1. Нонака, Икуджиро, Такеучи Хиротака. Компания – создатель знания. Зарождение и развитие инноваций в японских фирмах [Текст] : пер. с англ. / Икуджиро Нонака, Хиротака Такеучи. – М.: ЗАО «Олимп-Бизнес», 2011. – 384 с.
2. Siebel, Peter. Practical Common Lisp [Электронный ресурс] / Peter Siebel. – Режим доступа: <http://www.gigamonkeys.com/book> – 11.05.2016 г.
3. Building Knowledge Management Frameworks and Models [Электронный ресурс] / Режим доступа: <http://www.knowledge-management-tools.net/knowledge-management-frameworks.html> – 11.05.2016 г.

УДК 519.237.5

РОБАСТНЫЕ ПЛАНЫ ЭКСПЕРИМЕНТА

С.Н. Лапач

Национальный технический университет «Киевский политехнический институт», Украина

Осознание непригодности классических планов с одновременной необходимостью планирования экспериментов подвигло исследователей-практиков к собственным действиям по разрешению проблемы, что привело к созданию трех видов робастных планов на основе многофакторных регулярных планов (МФРП), на основе ЛП_r-чисел и обобщенной свастики [1].

Не ограничивая себя рамками статистических методов, рассмотрим построение эмпирических математических моделей с точки зрения процессного подхода (или принципа Беллмана) [2]. Т.е. требования ко всем этапам определяются исходя из требований к конечному результату. Исходя из целей построения модели, мы должны определить требования к процессам и в конечном итоге к выборке. Конкретизация требований зависит от цели построения конкретной модели. Рассмотрим некоторый обобщенный случай, когда необходимо получить модель позволяющую описывать и анализировать процесс. С точки зрения исследователя модель должна быть адекватной описываемому процессу и надежной. Для конкретизации требований построим диаграмму Исикава (табл. 1). Диаграмма составлена опираясь на [3–22] и сорокалетнюю практику работы по построению регрессионных моделей.

Таблица 1. Диаграмма Исикава выявления требований при построении модели

Модель	Спецификация	Общая	Достаточное количество уровней		
		Частная	Малая закоррелированность Достаточный размер		
	Идентификация	Оценки коэффициентов	Малая закоррелированность	Способ получения оценок	
			Статистические характеристики коэффициентов	Независимость Достаточный размер	
		Выборка	Репрезентативность	Соответствие структуры	Достаточный размер
				Свойства оценок	Независимость
	Случайность	Достаточный размер			
	Независимость	Структура			
	Способы оценки	Неизвестная структура			
	Проведение исследований	Общие	Возможность пассивного эксперимента	Минимизация размера	
			Возможность наращивания размера	Возможность введения своих экспериментов	
		Частные	Устойчивость к пропуску строк плана	Устойчивость к малым изменениям значениям в плане	

Заметим, что налицо согласованность требований по ветвям спецификации и идентификации, частичный конфликт только с экспериментом: требование минимизации количества опытов против максимизации такового на других ветвях.

Обобщая полученную совокупность требований, и, не рассматривая требования к процессу обработки, мы можем видеть, что основным требованием является минимальная закоррелированность. Кроме этого: максимальное число уровней варьирования, возможность постепенного наращивания числа экспериментов и устойчивость к малым изменениям плана.

К конфликтующим требованиям относится одновременное требование как максимального числа экспериментов по одной ветви, так и минимального по другой. На самом деле максимум экспериментов означает такое их количество, которое бы обеспечило построение модели, удовлетворяющей поставленным в исследовании целям.

Разрешение этого конфликта может быть обеспечено выполнением требования возможности наращивания количества экспериментов, так как его выполнение позволяет постепенное наращивание число экспериментов от минимально возможного (насыщенный план) до достаточного для решения задачи.

Число уровней варьирования в теории ограничено числом экспериментов, а реально технической точностью установки (поддержания) значений уровней.

Обращаем внимание, что здесь у нас нет никакого разговора о пассивном и активном эксперименте. Т.е. речь идет только о свойствах матрицы выборки, а как они получены, то ли специальным

формированием матрицы и последующим её заполнением в процессе эксперимента, то ли выборкой из наблюдений, не устанавливается.

Таблица 2. Соответствие планов разного вида требований требованиям

		Вид плана		
		На основе МФРП	На основе ЛП,	Обобщенной свастики
Требования к плану	Независимость	Да	Да	Да
	Максимальное число уровней варьирования	Нет	Да	Да
	Устойчивость к малым изменениям в плане	Нет	Да	Да
	Возможная вариативность условий	Нет	Да	Частично
	Минимизация ресурсов	Нет	Да	Да
	Достаточный размер	Да	Да	Нет
	Случайность	Нет	Да	Частично

Как видно, наилучшим образом соответствуют требованиям планы на основе ЛП_т.

Литература

1. Лапач, С.Н. Статистические методы в фармакологии и маркетинге фармацевтического рынка [Текст] / С.Н. Лапач, М.Ф. Пасечник, А.В. Чубенко – К.: 1999, ЗАТ “Укрспецмонтаж” – 312 с.
2. Лапач, С.Н. Регрессионный анализ. Процессный подход [Текст] / С.Н. Лапач // Математичні машини і системи. – 2016. - № 1. - С.129–138.
3. К вопросу о построении матрицы планирования отсеивающего эксперимента [Текст] / В.Д. Барский, Л.А. Забенко, А.А. Аксенина, В.М. Беднов // Заводская лаборатория. – 1971. – №7 - т. 37 – С.721–825 .
4. Бродский, В.З. Многофакторные регулярные планы [Текст] / В.З. Бродский - М.: Изд-во МГУ, 1972. - 218 с.
5. Демиденко, Е.З. Линейная и нелинейная регрессии [Текст] / Е.З. Демиденко – М.: Финансы и статистика, 1981. – 302с.
6. Ермаков, С.М. Математическая теория планирования эксперимента [Текст] / С.М. Ермаков, А.А. Жиглявский – М.: Наука, 1987. – 320 с.
7. Дружинин, Н.К. Выборочное наблюдение и эксперимент (Общие логические принципы организации) [Текст] / Н.К. Дружинин – М.: Статистика, 1977. –176 с.
8. Кохрен, У. Методы выборочного исследования [Текст] / У. Кохрен – М.: Статистика, 1976. – 440 с.

9. Лапач, С.Н. Проблемы построения математических моделей экспериментально-статистическими методами [Текст] / С.Н. Лапач // Прогресивна техніка і технологія машинобудування, приладобудування і зварювального виробництва. Праці НТУУ “КПІ”, –Т. 2, –К.: НТУУ “КПІ”. –1998. - С.25-29.
10. Лапач, С.Н. Основные проблемы построения регрессионных моделей [Текст] / С.Н. Лапач, С.Г. Радченко // Математичні машини і системи. – 2012. - № 4. - С. 125–133.
11. Лапач, С.Н. Планирование в пассивном эксперименте [Текст] / С.Н. Лапач // Математичні машини і системи. – 2013. - № 4. - С. 156–160.
12. Лапина, З.С. Исследование границ применимости алгоритма случайного баланса [Текст] / З.С. Лапина, Р.И. Слободчикова // Заводская лаборатория. – 1971. – т.37. - №7 – С. 818-821.
13. Математическая теория планирования эксперимента [Текст] / Под .ред. С.М. Ермакова – М.: Наука, 1983. – 392 с.
14. Мешалкин, Л.Д. К обоснованию метода случайного баланса [Текст] / Л.Д. Мешалкин // Заводская лаборатория. - 1970. - № 3, - т. 36. – С. 316-318.
15. Михок, Г. Выборочный метод и статистическое оценивание [Текст] / Г. Михок, В. Урсяну – М.: Финансы и статистика, 1982. – 245с.
16. Налимов, В.В. Теория планирования эксперимента [Текст] / В.В. Налимов – М.: Наука, ГРФМЛ, 1971. – 208с.
17. Налимов, В.В. Логические основания планирования эксперимента [Текст]: 2-е изд. перераб. и доп. / В.В. Налимов, Т.И. Голикова – М.: Металлургия, 1981. –180 с.
18. Петров, Ю.В. Обеспечение достоверности и надежности компьютерных расчетов [Текст] / Ю.В. Петров – СПб.: БХВ-Петербург, 2008. – 160 с.
19. Петрович, М.Л. Регрессионный анализ и его математическое обеспечение на ЕС ЭВМ [Текст] / М.Л. Петрович – М.: Финансы и статистика, 1982. – 199 с.
20. Повышение эффективности метода случайного баланса путем применения ветвящейся стратегии и электронно-вычислительных машин [Текст] / Р.И. Слободчикова, В.Л. Фрейдлина, З.С. Лапина, В.В. Налимов// Зав. лаб. - 1966. - №1, - Т.32, – С. 53-58.
21. Сравнительный анализ алгоритмов выделения значимых факторов флотационного процесса методом случайного баланса [Текст] / Л.А. Барский , Ю.Б. Рубинштейн , Р.Н. Слободчикова, С.П. Лапина, Л.Ф. Станура // Зав. лаб. - 1968. - № 5 - Т.34. - С. 564-569.

22. Таблицы планов эксперимента для факторных и полиномиальных моделей [Текст] / В.З. Бродский, Л.И. Бродский, Т.И. Голикова, Е.П. Никитина, Л.А. Панченко – М.: Металлургия, 1972. –752 с.

УДК 004.9:371.3

МОДУЛЬ «СИСТЕМА ДИСТАНЦІОНОГО НАВЧАННЯ» ДЛЯ ПОРТАЛУ КАФЕДРИ ВНЗ

Дмитренко Т.А., Деркач Т.М., Ладатко Д.С., Даценко К.В., Данильченко О.С.

Полтавський національний технічний університет імені Юрія Кондратюка

Із розвитком інформаційних технологій перед суспільством постала важлива проблема, яка полягає у створенні перспективної нової системи освіти, яка має підготувати суспільство до життя в нових умовах цивілізації. Цим пояснюється виникнення нової форми навчання – дистанційної, поряд із формами вже відомими і традиційними – стаціонарною, заочною, екстернатом тощо. Для забезпечення вдалого проектування, розвитку та впровадження дистанційної системи навчання необхідно створити інфраструктуру відповідних освітніх закладів, провести підготовку викладачів, розробити навчальні програми тощо. Важливою складовою частиною дистанційного навчання є його реалізація за допомогою використання інформаційних технологій, а саме системи управління навчанням (з англ. Learning Managment System), які створені для розроблення, управління та поширення навчальних матеріалів он-лайн із забезпеченням спільного доступу багатьох користувачів [1].

Була поставлена задача спроектувати та програмно реалізувати систему дистанційного навчання. Цей ресурс повинен забезпечувати виконання наступних функцій:

1. Надавання користувачам інформації про систему дистанційного навчання.
2. Розробка та зручний доступ до матеріалів курсу.
3. Доступ до методичних матеріалів.
4. Проводити моніторинг засвоєння матеріалу студентами студентів та надання рекомендацій щодо поліпшення рівня знань.
5. Вивід повідомлень щодо термінів роботи з матеріалом.

Система дистанційного навчання складатиметься з наступних розділів:

- теоретична частина (лекції);

- практична частина (лабораторні роботи, практичні роботи, семінари);
- тестування;
- методична частина (методичні рекомендації, посібники).

В створеній системі буде 3 види користувачів: студент, викладач та адміністратор. Кожен з них матиме відповідні функціональні можливості у вище зазначених розділах.

Викладач:

- додавання лекцій, лабораторних та практичних робіт;
- перегляд інформації по семінарам та оцінювання роботи студентів над ними;
- можливість створення або завантаження тестів;
- архівування курсу;
- можливість завантаження методичних робіт і посібників до бази обліку кафедри;
- редагування інформації про доданий посібник.

Студент:

- проходження лекцій;
- виконання лабораторних та практичних робіт та завантаження результату;
- завантаження файлу виступу на тему семінару (відео, доповідь або презентація);
- можливість обговорення виступів інших студентів;
- складання тестів;
- використання чату та зворотнього зв'язку;
- перегляд та скачування методичних матеріалів.

Дизайн сайту повинен бути розробленим (відповідно до стилю головного порталу кафедри) в спокійних тонах, виглядати стильно і сучасно. Інформація має бути викладена таким чином, щоб скоротити тривалість читання, редагування і пошуку інформації.

Література

1. Демида, Б. Системи дистанційного навчання: огляд, аналіз, вибір /Б.Демида, С.Сагайдак, І.Копил // [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://ena.lp.edu.ua:8080/bitstream/ntb/10662/1/14.pdf>.
2. Краснова Г.А., Беляєв, М.И., Соловов, А.В. Технологии создания электронных обучающих средств [Текст]. – М.: МГИУ, 2002. – 304 с.

3. Кречетников, К.П. Особенности проектирования интерфейса средств обучения. Информационные и коммуникационные технологии в образовании [Текст] // Информатика и образование. – 2002. – № 4.
4. Осадча, К. Системи дистанційного навчання: порівняльний аналіз навчальних можливостей / Осадча К. // [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://www.academia.edu>.

УДК 517.957

МАТЕМАТИЧНА МОДЕЛЬ ГІБРИДНОГО КРИПТОГРАФІЧНОГО АЛГОРИТМУ

А.М.Проскуров

Національний Технічний Університет України «Київський Політехнічний Інститут»

Факультет інформатики та обчислювальної техніки

З появою мережевих технологій, інтернет-атаки стають все більше універсальними. Таким чином, традиційні алгоритми шифрування можуть не завжди досягати безпеки розповсюдження інформації по мережі. Альтернатива полягає в розробці алгоритму, який вирішує термінову потребу безпеки з меншою кількістю обчислювальних зусиль[1]. Ця стаття представляє повну математичну модель, необхідну для розробки криптографічного алгоритму, який включає в себе точку кривої в символі Якобі. Процес шифрування базується на безпечному багаторівневому псевдогенераторі випадкових чисел, який допомагає в маскуванні процесу генерації ключів.

Криптографічний алгоритм має бути розроблений з урахуванням балансу обчислювальної потужності і безпеки. Більшість з алгоритмів, симетричних або асиметричних, обслуговують хоча б одну з цих потреб. Отже, реалізація алгоритму, який має справу з цими двома чинниками є виснажливою та важкою, однак деякі зміни в існуючих алгоритмах, такі як включення точки кривої еліптичної криптографії в алгоритм Голдвассера-Мікалі будуть відповідати потребам.

Криптографія еліптичних кривих є перспективним асиметричним криптографічним методом з підходом відкритих ключів на основі еліптичних кривих над кінцевими полями. Основною перевагою даного алгоритму є те, що він вимагає меншого розміру ключа в порівнянні з іншими. Вона зменшує вимоги зберігання та передачі, що призводить до більш швидкої обробки. Це дуже корисно для ре-

алізації шифрування на невеликих пристроях з обмеженими ресурсами енергоспоживання, процесора та пам'яті. Сила асиметричного шифрування в алгоритмах, таких як криптографія еліптичних кривих, полягає в складності обчислення зворотної функції, використуваної для генерації ключа[2].

Криптосистема Гольдвассер-Мікалі являється алгоритмом шифрування з відкритим ключем, який заснований на ймовірнісному шифруванні. Це вельми безпечний алгоритм, оскільки зашифрований текст буде в декілька разів більшим ніж первинний відкритий текст. Так як він використовує метод ймовірнісного шифрування, заданий текст буде отримувати різний шифр кожного разу при шифруванні. Значною перевагою цього є запобігання від перехоплення повідомлень шляхом порівняння їх до набору відомих зашифрованих текстів.

Тепер перейдемо безпосередньо до опису математичної моделі гібридного алгоритму: нехай p просте число, яке вибирається випадковим чином. Еліптична крива $Y^2 = X^3 + AX^2 + B$ вибирається так, що A і B повинні задовольняти умову: $4A^3 + 27B^2 \neq 0$. Це щоб уникнути дублювання коренів. Оскільки криптографія еліптичних кривих заснована на простих полях, рівняння кривої і умови змінюються на рівняння 1 і 2 відповідно.

$$Y^2 \bmod P = (X^3 + AX^2 + B) \bmod P \quad (1)$$

$$(4A^3 + 27B^2) \bmod P \neq 0 \quad (2)$$

Призначаючи випадкове значення X , відповідне значення Y можна знайти, використовуючи рівняння [3], щоб отримати базову точку:

$$Y = \pm \sqrt{(X^3 + AX^2 + B) \bmod P} \quad (3)$$

Нехай $a = X^3 + AX^2 + B$. Тоді $Y = \pm \sqrt{a \bmod P}$. Тепер a є квадратичною остачею якщо $a^{\frac{p-1}{2}} \equiv 1 \pmod{P}$. До того ж, a не є квадратичною остачею якщо $a^{\frac{p-1}{2}} \equiv -1 \pmod{P}$. Якщо припустити що a являється квадратичною остачею, тоді $\sqrt{a \bmod P}$ обчислюється, як показано далі:

$$P - 1 = 2^s \cdot m$$

$z =$ будь-який не залишок $\bmod P$

$$c \equiv z^m \pmod{P}$$

$$u \equiv a^m \pmod{P}$$

$$v \equiv a^{\frac{m+1}{2}} \pmod{P}$$

Впливає, що v є квадратним коренем $a \pmod{P}$. Отже (X, Y) формує базову точку G . Тепер порядок n точки G знайдений так, що $n(G)=O$ через виконання скалярного множення. Скалярне множення вимагає дві важливі операції, а саме пункт доповнення і точка подвоєння.

Пункт доповнення: нехай $P(x_1, y_1)$ і $Q(x_2, y_2) \in E(K)$, де $P \neq Q$. Тоді $P+Q=(x_3, y_3)$, де координати x_3 і y_3 знайдені через рівняння 4 і 5 відповідно.

$$x_3 = \left(\frac{y_2 - y_1}{x_2 - x_1}\right)^2 - x_1 - x_2 \quad (4)$$

$$y_3 = \left(\frac{y_2 - y_1}{x_2 - x_1}\right)^2 - (x_1 - x_3) - y_1 \quad (5)$$

Точка подвоєння: нехай $P(x_1, y_1) \in E_k(a, b)$ де $P \neq -P$. Тоді $2P=(x_3, y_3)$, де координати x_3 та y_3 знаходяться з рівнянь 6 і 7 відповідно.

$$x_3 = \left(\frac{3x_1^2 + a}{2y_1}\right)^2 - 2x_1 \quad (6)$$

$$y_3 = \left(\frac{3x_1^2 + a}{2y_1}\right)^2 - (x_1 - x_3) - y_1 \quad (7)$$

Точка множення: нехай P є будь-якою точкою на еліптичній кривій (K) . Тоді операція множення точки P визначається як повторне додавання, тобто $kP=P+P+\dots+k$ разів. Отже, випадкове значення $k < n$ вибрано як приватний ключ криптографії еліптичних кривих і виконує скалярне множення з базовою точкою, щоб отримати відкритий ключ Pk , тобто $Pk=k*G$.

Крім того, прості числа p і q , які ближче всіх до координат Pk , отримані і використовуються для пошуку символу Якобі в алгоритмі Гольдвассера-Мікалі.

Інтеграція: пара (p, q) виступає в ролі приватного ключа для алгоритму Гольдвассера-Мікалі. Відкритий ключ знаходиться за допомогою $N=p \cdot q$. Тоді, у знайдено таке, що задовольняє умову Якобі,

яка подається як $\frac{y}{N} = 1$, тобто $\frac{y}{p} = \frac{y}{q} = 1$, де y є псевдо квадрат по

модулю Z_n . Тепер пара (n, y) є отриманим відкритим ключем.

Шифрування і дешифрування: припустимо, що відправник А хоче надіслати повідомлення М до приймача В. Через стандартний механізм обміну ключами А отримує від В відкритий ключ, тобто (p, q) . Транслятор перетворює повідомлення М в двійковий рядок типу $m_0 m_1 m_2 \dots m_i \dots m_n$. [3] Використовуючи псевдовипадкове число x , відповідний біт шифру c_i знаходиться як,

$$c_i = (y \cdot x^2 \bmod n) \text{ якщо } m_i = 1$$

$$c_i = (x^2 \bmod n) \text{ якщо } m_i = 0$$

Отже, $c_0 c_1 c_2 \dots c_i \dots c_n$ - згенерований рядок зашифрованих бітів. Під час дешифрування, приймач В отримує шифр від А через канал зв'язку. В використовує свій приватний ключ (p, q) , щоб розшифрувати повідомлення. Для кожного зашифрованого біту c_i символ Лежандра обчислюється як:

$$e_i = \frac{c_i}{p_i}$$

Якщо $e_i = 1$, тоді зафіксувати $m_i = 0$, в іншому випадку $m_i = 1$. Остаточо, $m_0 m_1 m_2 \dots m_i \dots m_n$ це розшифроване повідомлення у вигляді двійкового рядка.

Криптографічні алгоритми є невід'ємною частиною безпечного зв'язку через інтернет. Існуючі добре відомі алгоритми можуть не забезпечити необхідний захист у майбутньому. Гібридна крипто-система, розглянута в цій статті забезпечує захист від різного роду атак і концентрує увагу на підвищеному рівні безпеки.

Література

1. Jaydip Sen, "Cryptography and Security in Computing" [Text] 5th Ed., InTech publications, 2012. – P. 121 – 193.
2. Sravana Kumar D, Suneeth, Chandrasekhar A, "Encryption of data using Elliptic Curve over finite fields" [Text] // International Journal of Distributed and Parallel Systems (IJDPS). - Vol.3(1). – 2012. - PP. 401-408.
3. Shafi Goldwasser, Silvio Micali, "Probabilistic Encryption"[Text] // Journal of computer and system sciences. – 1984. - PP. 270-299.

ANALYSIS METHODS FOR MULTIAGENT SYSTEMS THAT EXPOSE COOPERATIVE GROUP BEHAVIOR

Zavertanyy V. V., Makarenko A. S.

NTUU "KPI" Institute for Applied System Analysis

Multi-agent approach is the common instrument in modeling of complex adaptive systems. It provides the great flexibility of agent behavior customization and feasibility of tracing any system's state at arbitrary level of detailing [1]. The new challenge of aligning the modeling results and analyzing of system states and transitions arises. To analyze complex adaptive systems the methods that are able to release the potential of multi-agent approach are needed.

Considered agent model is a common predator-prey model that is modification of Burtsev model [2]. Agent can perform the following actions: "rest", "eat", "move", "attack", "escape", "divide". Each agent is characterized by affinity marker: 3-dimensional vector which coordinates can take possible integer values in $[-2, 2]$ interval. Agents are considered as relatives if Euclidean distance between their markers are less than 0.2 threshold. If agent is attacked, he asks his neighbor relatives for help. Vectors of agents' strategies are generated using the methodology firstly presented in work [2].

Table 1. Vector of agent's strategies. Where $A \{0: \text{"rest, eat vegetation"}; 1: \text{"escape"}; 2: \text{"attack"}; 3: \text{"divide"}\}$, $i = 1, 2, 3, 4$.

Low resource, $r = 0,02r_{max}$		Half of resource, $r = 0,5r_{max}$		Many resources, $r = 0,98r_{max}$	
relative behind	non-relative behind	relative behind	non-relative behind	relative behind	non-relative behind
a_i	a_i	a_i	a_i	a_i	a_i

Each agent is stressed with six input test vectors and strategy vector is generated according to his reaction (Table 1). For example, strategy '020202' is typical hawk strategy.

The next analytical methodology also taken from work [2] is tracing genotype centroid. Consider genotype space G , its dimension equals to number of genes for each agent from population P (quantity of elements in agent's matrix of neural network – $W_{n \times m}$). Let genotype of agent A be $g \in G$, each element of g : $g_k, k=1 \dots n \cdot m$ corresponds to element of the matrix W : $w_{i,j}, i=1 \dots n, j=1 \dots m$. Thus, g defines the point in space G that corresponds to agent A . We should track its centroid C_p to analyze the movement of the whole agent's population cloud:

$$C_i = \frac{1}{N} \sum_i^N g_i \quad (1)$$

Centroid trajectory can be maintained for a long time in some compact area (gravity field) of the space G, form closed curves corresponding to a specific period cycles, accidentally wander around space or jump from one area of attraction to another. To identify patterns in these behaviors the following characteristic is used [2]:

$$d(t, T) = \sqrt{\sum_i^N (C_i(t+T) - C_i(t))^2} \quad (2)$$

Expression (2) gives the distance between the centroid locations at time t and $t + T$ [2]. Visualizing of dynamics of values $d(t, T)$ for different values of period T can get an idea of the character of centroid movement in space. For example, in case of centroid transition from one compact area (gravity field) to another, $d(t, T)$ will dramatically increase after t_1 (the moment of transition). (“Fig. 1”).

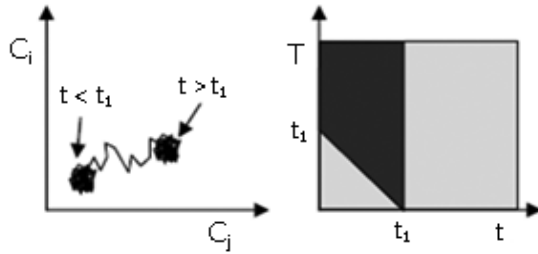


Fig. 1 Example of the different centroid behavior dynamics and visualization of $d(t, T)$ characteristic.

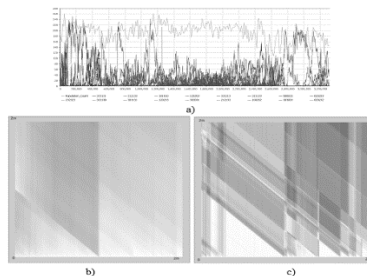


Fig. 2 Experiment with correlated transition of genotype and culture marker centroids. a – frequency of strategy series plot, b – genotype centroid transition dynamic visualization, c – marker of culture features dynamic visualization.

The strategy frequency plot and corresponding genotype transition are shown of Fig. 2. Applying such instruments to considered model we can observe and shade a light on different complex system behavior such as predator-prey cycles, competition of behavior strategies, genotype phase transitions and group formation. Deeper analysis that takes into account agent group formation and grants deeper understanding of evolution process can enhance this rich research instruments. The authors assume that enriching the agent system architecture with such advanced neuroevolution methodologies as HeperNEAT [3] will provide an opportunity not just to sophisticate its behavior but portray more detailed picture of system internal rules and dependencies.

References

1. Bousquet, F. Multi-agent simulations and ecosystem management: a review [Text] / F. Bousquet, C. Le Page. // Ecol. Modelling. – 2004. – №176. – p. 313–332.
2. Burtsev, M. S. Research into new types of self-organization and behavioral strategies: phd dis. [Text] / IAM M. V. Keldysh RAS. - M. 2005. – 120 p.
3. Stanley, K. A hypercube-based indirect encoding for evolving large-scale neural networks [Text] / K. O. Stanley, B. D'Ambrosio, J. Gauci // *Artificial Life*. – 2008.

УДК 517.8

ОПТИМАЛЬНЫЕ ДИАГРАММЫ ВОРОНОГО ВЫСШИХ ПОРЯДКОВ ОГРАНИЧЕННЫХ МНОЖЕСТВ И АЛГОРИТМЫ ИХ ПОСТРОЕНИЯ

Л.С. Коряшкина, А.П. Череватенко

Государственное высшее учебное заведение «Национальный горный университет», Украина

Как известно, диаграмма Вороного k -го порядка конечного множества точек-генераторов $\tau_i, i = \overline{1, N}$ в n -мерном евклидовом пространстве E_n ($n \geq 2$) – совокупность ячеек Вороного k -го порядка $Vor_l(\tau_{j_1}, \tau_{j_2}, \dots, \tau_{j_k})$, $l = \overline{1, L}$, $L = C_N^k$, для каждого возможного набора k центров $\tau_{j_1}, \tau_{j_2}, \dots, \tau_{j_k}$, где ячейку Вороного k -го порядка составляют точки пространства, имеющие в качестве ближайших (в вы-

бранной метрике) k соседей точки $\tau_{j_1^l}, \tau_{j_2^l}, \dots, \tau_{j_k^l}$ [1]. В различных литературных источниках $\tau_i, i = \overline{1, N}$ называются по-разному – центры, сайты, точки-генераторы или просто генераторы.

Хотя определение диаграммы Вороного k -го порядка является очевидным, ее построение связано со значительными алгоритмическими трудностями. В литературе по вычислительной геометрии для построения таких структур представлены различные подходы и алгоритмы [2 – 4 и др.]. Интересна идея метода построения и визуализации диаграммы для различных метрик и форм генераторов, которая описана в [4] и заключается в использовании естественной способности зрительной системы человека истолковывать сигналы тени и цвета как границы освещенных объектов. Сравнительная характеристика временной сложности некоторых известных алгоритмов приведена в работе [2].

В данной работе введено понятие *диаграммы Вороного k -го порядка конечного числа точек $\tau_i, i = 1, \dots, N$, оптимально размещенных на ограниченном множестве $\Omega \subset E_n$* , – совокупность ячеек

$$Vor(\tau_1, \tau_2, \dots, \tau_N) = \bigcup_{l=1, \overline{L}} Vor_l(\tau_{j_1^l}, \tau_{j_2^l}, \dots, \tau_{j_k^l}),$$

Вороного k -го порядка для которых функционал

$$F(\{\tau_1, \dots, \tau_N\}, Vor(\tau_1, \dots, \tau_N)) = \sum_{l=1}^L \int_{Vor_l} \sum_{i \in \sigma_l} (c(x, \tau_i) / w_i + a_i) \rho(x) dx$$

принимает минимальное значение. Здесь $x = (x^1, \dots, x^n) \in \Omega$;

$\sigma_l = \{j_1^l, j_2^l, \dots, j_k^l\} \in M(N, k), l = \overline{1, L}, M(N, k)$ – множество всех k -элементных подмножеств множества $N = \{1, 2, \dots, N\}$; функции $c(x, \tau_i)$ – некоторая метрика, определенная на $\Omega \times \Omega, i = \overline{1, N}$; $\rho(x)$ – ограниченная, измеримая, неотрицательная на Ω функция; $w_i > 0, a_i \geq 0, i = \overline{1, N}$, – заданные числа.

Задавая значения параметров $a_1, \dots, a_N, w_1, \dots, w_N$, вид функций $c(x, \tau_i)$ и $\rho(x)$ в выражении для функционала $F(\{\tau_1, \dots, \tau_N\}, Vor(\tau_1, \dots, \tau_N))$, можно получить различные обобщения диаграмм Вороного k -го порядка с оптимальным размещением генераторов (аддитивно-, мультипликативно взвешенные и др.). Можно также ввести понятие диаграммы Вороного k -го порядка с

ограничениями на мощности точек-генераторов, расширив приведенное выше определение дополнительными интегральными ограничениями. К тому же, функционал, определяющий качество размещения точек-генераторов, можно задавать и в другом виде.

Все упомянутые выше диаграммы, в которых точки-генераторы $\tau_i, i = \overline{1, N}$, размещаются наилучшим (в некотором смысле) образом в ограниченной области пространства, и будем называть **оптимальными диаграммами Вороного k -го порядка**.

В работе [5] показано, что диаграммы Вороного высших порядков ограниченных множеств можно получить как результаты решения непрерывных линейных задач оптимального мультиплексного разбиения множеств (ОМРМ). Поэтому в качестве математического аппарата для алгоритмов построения оптимальных диаграмм Вороного высших порядков предлагается использовать модели и методы решения задач ОМРМ с размещением центров.

Литература

1. Препарата, Ф. Вычислительная геометрия: введение [Текст] / Ф. Препарата, М. Шеймос // М.: Мир, 1989 – 478 с.
2. Bohler, C. On the complexity of higher-order abstract Voronoi diagrams [Text] / C. Bohler, P. Cheilaris, R. Klein., C.-H. Liu, E.Papadopoulou, M. Zavershynskyi// ICALP (1), Vol. 7965 of Lecture Notes in Computer Science, Springer. – 2012. – P. 208–219.
3. Lee, I. Map segmentation for geospatial data mining through generalized higher-order Voronoi diagrams with sequential scan algorithms [Text] / I. Lee, C. Torpelund-Bruin, K. Lee // Expert Systems with Applications, Volume 39 Issue 12, – 2012. – P. 11135–11148.
4. Telea, A. Visualization of Generalized Voronoi Diagrams [Text] / A. Telea, J. van Wijk // Proceeding EGVISSYM'01 Proceedings of the 3rd Joint Eurographics - IEEE TCVG conference on Visualization. – 2001. – P. 165–174.
5. Koriashkina, L.S. Continuous problems of optimal multiplex-partitioning of sets without constraints and solving methods [Text] / L.S. Koriashkina, A.P. Cherevatenko // Journal of Computational & Applied Mathematics. – 2015. – № 2 (119). – P. 15 – 32.

**МЕТОДЫ И МОДЕЛИ ВЫБОРА ОПТИМАЛЬНОЙ
АЛЬТЕРНАТИВЫ ДЛЯ ФОРМИРОВАНИЯ ЭЛЕМЕНТНОЙ
БАЗЫ КОРПОРАТИВНОЙ ИНТЕГРИРОВАННОЙ
ИНФОРМАЦИОННОЙ СИСТЕМЫ**

Ю.М. Лисецкий¹, В.Е. Снитюк²

¹*Институт проблем математических машин и систем НАН Украины*

²*Киевский национальный университет имени Тараса Шевченко*

Современные предприятия в своей повседневной деятельности не могут обходиться без корпоративных интегрированных информационных систем (КИИС), которые обеспечивают автоматизацию бизнес-процессов. Их проектирование и построение связано с необходимостью решения многочисленных задач идентификации, классификации, прогнозирования и выбора [1]. Разнообразие характеристик, параметров, функций элементов и подсистем для формирования элементной базы КИИС создает огромные сложности лицу, принимающему решения (ЛПР) и экспертам при решении задачи выбора. Сложность и важность задачи определения оптимальной альтернативы требует привлечения аналитических технологий выбора, позволяющих объективизировать процессы принятия решений.

Рассмотрим постановку задачи. Пусть S – КИИС, в конечном варианте представляющая множество элементов или подсистем $S = \{s_1, s_2, \dots, s_n\}$. Каждый элемент s_j является оптимальным (квантооптимальным) в своем классе, $j = \overline{1, n}$. Его определение и составляет сущность задачи выбора. Взаимодействие и взаимозависимость между s_i и s_j на этом этапе исследования не учитываются, $i, j = \overline{1, n}$, $i \neq j$. Предположим, что необходимо определить элемент s^* . Существует множество альтернативных элементов-претендентов $A(s) = \{s_1, s_2, \dots, s_m\}$. Все элементы множества $A(s)$ имеют набор однотипных характеристик $B(s) = (b_1, b_2, \dots, b_k)$. Значение каждой из характеристик принадлежит определенному множеству $b_j \in \Xi_j$, $j = \overline{1, k}$ и является количественным показате-

лем выполнения некоторой функции или показателем эффективности. Критерием эффективности элемента является интегральная зависимость от показателей эффективности.

Без ограничения общности будем считать, что идеальный элемент s^1 имеет наилучшие характеристики, то есть

$$\forall i \in \{1, 2, \dots, n\} B(s^1) = (\max_i b_1^i, \max_i b_2^i, \dots, \max_i b_k^i). \quad (1)$$

Если в некоторых случаях оптимальными являются минимальные или средние значения характеристик, то можно применить соответствующее преобразование и свести их к виду (1). Считаем также, что наихудший элемент s^0 имеет наименьшие значения всех характеристик, то есть

$$\forall i \in \{1, 2, \dots, n\} B(s^0) = (\min_i b_1^i, \min_i b_2^i, \dots, \min_i b_k^i). \quad (2)$$

Очевидно также, что $\forall i \in \{1, 2, \dots, k\} \forall j \in \{1, 2, \dots, m\} b_j^i \in [\min_i b_j^i, \max_i b_j^i]$. В идеальном случае искомый элемент s^* совпадает с s^1 . В практических задачах такое совпадение, чаще всего, невозможно.

Сведем данные о значениях характеристик элементов-альтернатив в матрицу $B = \{b_j^i\}_{i,j=1}^{m,k}$. Выполним нормирование элементов матрицы B , получив новую матрицу C по формуле

$$c_{ij} = \frac{b_j^i - \min_j b_j^i}{\max_j b_j^i - \min_j b_j^i}, \text{ тогда } c_{ij} \in [0, 1]. \text{ Рассчитаем элементы матрицы}$$

$$D, \quad d_{ij} = \frac{c_{ij}}{\sum_j c_{ij}}, \quad \text{тогда } d_{ij} \in [0, 1] \text{ и}$$

$$\sum_j d_{ij} = 1, \quad \forall i \in \{1, 2, \dots, m\} \quad \forall j \in \{1, 2, \dots, k\}.$$

Выбор оптимального элемента $s^* \in A(s)$ связан с необходимостью решения задачи многокритериальной оптимизации

$$b_1 \rightarrow \max_{s \in A(s)}, b_2 \rightarrow \max_{s \in A(s)}, \dots, b_k \rightarrow \max_{s \in A(s)}, \quad (3)$$

при ограничениях $b_i \in [\min_{s \in A(s)} b_i, \max_{s \in A(s)} b_i]$, $i = \overline{1, k}$. Задача (3) в нашем случае может быть сведена к поиску

$$\text{Arg min}_s d(s, s'), \quad (4)$$

где d – функция расстояния в пространстве нормированных характеристик. Поскольку в идеальном случае $B(s') = (1, 1, \dots, 1)$, то задача (4) может быть сведена к следующему:

$$\text{или } F = \sum_{j=1}^k d_{ij} \rightarrow \max_i \quad (5)$$

Такая постановка задачи имеет смысл в предположении о равнозначности характеристики и прочих равных условиях. Решая задачи (3)–(5), мы воспользовались методом аддитивной сверки задачи многокритериальной оптимизации к однокритериальной.

Другим методом является метод идеальной точки. Предположим, что такой точкой является почти всегда не существующий элемент S_{im} , значение каждой характеристики которого равно наилучшему значению характеристики среди всех соответствующих элементов, то есть $d_j = \max_i d_{ij} \quad \forall j = \overline{1, k}$. Получим новую задачу поиска

$$H = \sum_{j=1}^k (\max_i d_{ij} - d_{ij}) \rightarrow \min_i \quad (6)$$

при тех же ограничениях. Заметим, что решение задачи (6) более объективизированно, чем предыдущее, поскольку при решении задачи (6) учитываются реальные значения характеристик, а не идеализированные как в (5), хотя очевидно, что при использовании и (5), и (6) идеального объекта не существует.

На следующем этапе предположим, что не все характеристики являются одинаково предпочтительными. Припишем им весовые коэффициенты $W(s) = (w_1, w_2, \dots, w_k)$. Тогда задачи (5) и (6) будут такими:

$$F^w = \sum_{j=1}^k w_j (1 - d_{ij}) \rightarrow \min_i \quad \text{или} \quad H^w = \sum_{j=1}^k w_j (\max_i d_{ij} - d_{ij}) \rightarrow \min_i \quad (7)$$

и в их решении будут отражены соотношения между важностью характеристик, $\sum_{j=1}^k w_j = 1$.

Для того, чтобы найти коэффициенты $W(s)$, достаточно получить результаты сравнения важности характеристик. По методу анализа иерархий Саати [2] свести их в матрицы $T_i, i = \overline{1, l}$, где l – количество экспертов. Для каждой матрицы найти максимальное собственное число λ_i^{\max} и соответствующий ему собственный вектор $(w_i^1, w_i^2, \dots, w_i^k), i = \overline{1, l}$. Каждый элемент w_i^j будет указывать на важность j -ой характеристики, указанной i -м экспертом. В предположении о равнокомпетентности экспертов итоговые весовые коэффициенты будут такими:

$$w^j = \frac{\sum_{i=1}^l w_i^j}{\sum_{j=1}^k \sum_{i=1}^l w_i^j}, j = \overline{1, k}, \sum_{j=1}^k w^j = 1. \quad (8)$$

Если эксперты не равнокомпетентны, то их компетентность может быть как известна, так и неизвестна. В таких случаях значения весовых коэффициентов можно определить, как показано в [3, 4].

Таким образом, рассмотренные выше методы определения оптимального элемента или подсистемы КИИС носят «линейный» характер, то есть такой, при котором значения характеристик важны сами по себе, без учета взаимосвязей. Безусловно, можно сформулировать задачи, предложить модели, в которых будут априори заданы такие взаимозависимости. Однако в таких моделях нельзя учесть в полной мере все связи и силу связей характеристик, кроме того, определение структуры и параметров таких моделей происходит в условиях неопределенности, практически носит волюнтаристский характер. Чтобы избежать этого, вместо необходимости решения задач оптимизации типа (4) – (6), можно использовать экспертные заключения, позволяющие свести индивидуальные предпочтения к коллективному ранжированию.

Литература

1. [Лисецкий, Ю. М.](#) Формирование интегрального критерия эффективности в задачах выбора оптимального проектного варианта [Текст] / Ю. М. Лисецкий, В. Е. Снитюк // [Математичні машини і системи](#). – 2015. – № 1. – С. 157–163.
2. Саати, Т. Метод анализа иерархий [Текст] / Саати Т. – М.: Радио и связь, 1993. – 278 с.

3. Гнатієнко, Г.М. Експертні технології прийняття рішень [Текст] / Г.М. Гнатієнко, В.Є. Снитюк. – К.: Mcclaut, 2008. – 444 с.

4. Снитюк, В.Є. Модели и методы определения компетентности экспертов на базе аксиомы несмещенности [Текст] / В.Є. Снитюк В.Є., Рифат Мохаммед Али // Вісник ЧІТІ. – 2000. – № 4. – С. 121–126.

УДК 514

КОМП'ЮТЕРНЕ МОДЕЛЮВАННЯ НАЙКОРОТШОГО ШЛЯХУ СЕРЕД СТАТИЧНИХ ПЕРЕШКОД НА ПЛОЩИНІ

А.С. Баранюк

Київський національний університет ім. Тараса Шевченка, Україна

Знаходження найкоротшого шляху серед перешкод є важливим завданням навігації і має широке практичне застосування. Більшість систем, що потребують розв'язку даної задачі, мають працювати у режимі реального часу, а тому вимагають значної швидкодії.

Одним із підходів до вирішення цього завдання є використання алгоритму Лі [1] для знаходження видимих вершин, побудова графа видимості та використання алгоритму Дейкстри [2] пошуку найкоротшого шляху у графі. Такий підхід дозволяє знаходити найкоротший шлях між двома точками за час $O(N \log N)$, де N – кількість вершин многокутників, при умові, що $O(N^2 \log N)$ операцій піде на попередню обробку. Обмеженням є те, що перешкоди мають бути простими многокутниками.

За лемою про найкоротший шлях, будь-який найкоротший шлях між двома вершинами з перешкодами, що являють собою прості многокутники, є ламана, вершинами якої є вершини многокутників.

Вершина u видима із вершини v , якщо відрізок uv не перетинає жодне із ребер перешкод.

Графом видимості називають граф, вузлами якого є вершини многокутників, а між вершинами u і v є ребро тоді і тільки тоді, коли v видима із u і навпаки. Будемо використовувати зважений граф, де вагою ребра буде Евклідова відстань між парами видимих точок.

Алгоритм Лі знаходження видимих вершин для вершини v :

1. З усієї множини вершин перешкод оберемо ті, x -координата яких більша або рівна x -координаті v , додамо їх до множини V і відсортуємо за годинниковою стрілкою відносно v . Ми беремо лише праву половину тому, що видимість двостороння і точки, що видимі зліва направо, будуть видимі і в зворотному напрямку.

2. Пустимо промінь з вершини v вертикально вгору і додамо в статус всі відрізки, які він перетинає, по збільшенню відстані до них.

3. Рухаємо промінь за годинниковою стрілкою таким чином, що його початком завжди буде v , а кінцем будуть точки $w \in V$ у порядку сортування, проведеному на першому кроці.

4. Для точки $w \in V$ перевіряємо перетин відрізка vw з найближчим до v відрізком, тобто першим у статусі (відрізки у статусі мають бути відсортовані за відстанню до точки перетину із vw).

5. Якщо перетину нема, то перевіряємо, чи не є vw внутрішньою діагоналлю якоїсь із перешкод. Якщо ні, то додаємо до графа видимості.

6. Видаляємо зі статусу усі відрізки, що закінчуються у w (знаходяться ліворуч від променя) і додаємо ті, що у w починаються (праворуч від променя).

7. Якщо залишилися неопрацьовані вершини, пересуваємо промінь до наступної у порядку сортування і повертаємося до пункту 4.

В якості статусу необхідно використовувати структуру даних, що дозволяє додавати і вилучати з неї відрізки за $O(\log N)$, знаходити мінімальний елемент (найближчий відрізок) за $O(1)$ або $O(\log N)$. У цьому випадку досягається часова складність $O(N^2 \log N)$, адже для кожної з N точок виконується сортування за $O(N \log N)$, оновлення статусу (сумарно $O(N \log N)$), так як кожен відрізок додається і видаляється зі статусу не більше одного разу) і запити найближчого відрізка ($O(\log N)$ або $O(1)$ на точку, тобто сумарно $O(N \log N)$ або $O(N)$).

Наведемо повний алгоритм знаходження найкоротшого шляху:

1. Отримаємо на вхід множину перешкод, що являють собою прості многокутники.

2. Для кожної вершини кожної перешкоди за алгоритмом Лі знаходимо видимі вершини і об'єднуємо отримані результати у граф видимості.

3. Отримаємо на вхід множину пар точок, де кожна пара – це початок та кінець маршруту.

4. Для кожної пари точок, використовуючи алгоритм Лі, знаходимо видимі із них вершини (в цьому випадку необхідно шукати в обидві сторони, а не в одну, як для перешкод).

5. Додаємо отримані результати до графа видимості.

6. Використовуючи алгоритм Дейкстри, знаходимо найкоротший шлях між початком та кінцем маршруту.

7. Повертаємо результат користувачу.
8. Вилучаємо цю пару точок із графа, беремо наступну пару і повертаємося до пункту 4.

У зв'язку із тим, що перешкоди статичні, нема необхідності кожного разу перебудовувати для них граф видимості, а тому цей крок робиться лише один раз для одного набору перешкод. У разі якихось змін, необхідно перебудувати граф. Звідси отримаємо часову складність $O(N \log N)$ для пари точок початку та кінця маршруту, за умови використання $O(N^2 \log N)$ часу на попередню побудову графа видимості для перешкод.

Алгоритм простий у реалізації, не потребує процедури триангуляції, яку зазвичай використовують для подібних завдань. Існує багато типів перешкод, що рідко змінюють своє розташування (будинки, ландшафт, розташування об'єктів у приміщенні), а це дозволяє використовувати даний спосіб у різних додатках та програмних продуктах для вирішення задачі пошуку найкоротшого шляху у реальному часі. Цей підхід можна розширити на випадок, коли проходження через вершини не дозволяється чи об'єкт не є точкою, а являє собою об'ємний предмет чи істоту. Для цього попередньо можна уявно посунути границі перешкод на необхідну відстань. Алгоритм побудує шлях для ширших перешкод, що дозволить вільно проходити повз дійсні границі.

Література

1. Der-Tsai, Lee. Proximity and reachability in the plane [Text] // University of Illinois at Urbana-Champaign, 1978
2. Charles E. Leiserson, Thomas H. Cormen, Clifford Stein, Ronald Rivest. Introduction to Algorithms [Text] // MIT Press, 1990.

УДК 004.62, 004.93'1

ПЕРЕДАЧА ДАНИХ ЗА ДОПОМОГОЮ СВІТЛОВОЇ ТЕХНОЛОГІЇ Li-Fi, РЕАЛІЗОВАНА ДЛЯ МОБІЛЬНОГО ПРИСТРОЮ

Д.А.Ковальова

Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут»

Вступ. На сьогоднішній день альтернативні методи передачі даних є однією із активно досліджуваних областей науки. Лідером є технологія Li-Fi. Вона бездротова і використовує видимий світловий спектр замість радіочастотних хвиль. Li-Fi передає набагато більше

інформації, і була запропонована як рішення проблеми обмеженої пропускнуєї спроможності радіохвильових технологій [1].

Все, що ми повинні зробити для роботи технології, це поєднати LED лампу з невеликим мікрочіпом. Цей симбіоз може вирішити 4 основні проблеми бездротового зв'язку. По-перше, дані передавати легко і це в 10 000 разів швидше, ніж за допомогою радіохвиль [2]. По-друге, це дешево в обслуговуванні, адже вся необхідна інфраструктура вже існує. Тепер ми можемо використовувати його навіть в наших смартфонах, щоб взаємодіяти один з одним, навіть у тих зонах, де відсутній стільникової мережі. По-третє, однією із важливих переваг є те, що використовуючи Li-Fi, ми сприяємо суттєвому зменшенню електромагнітного забруднення. В-четвертих, видиме світло є цілком безпечним для здоров'я людини.

Опис проблеми. Один із основних алгоритмів технології – як сама кодується та передається інформація, є комерційною таємницею, тому необхідно створити власний унікальний алгоритм, що буде реалізовувати роботу Li-Fi. Для вирішення поставленого завдання необхідно оброблювати кадри потокового відео на предмет розпізнання джерела світла, що передає повідомлення [3]. Для цього необхідно використати певні алгоритми з розпізнання образів (Pattern recognition).

Розроблений алгоритм реалізовано у вигляді IOS додатку. Зважаючи на постановлену задачу та рамки характеристик пристрою, маємо наступний алгоритм.

Алгоритм дешифровки даних із потокового відео, переданих за допомогою світла.

КРОК 1. У режимі потокового відео ми беремо кожний кадр да змінюємо його розміри до 640x480.

КРОК 2. Переводимо кольорове зображення у чорно-біле. Таке перетворення значно скорочує кількість обчислень у майбутньому, адже нам необхідний лише один параметр – освітленість, що вимірюється від 0 до 255.

КРОК 3. Робимо інтерполяцію методом найближчого сусіда, для зменшення шумів.

КРОК 4. Робимо отримане зображення контрастнішим. Це допоможе позбутись зайвих об'єктів та відділити необхідні об'єкти. Отримуємо чорно-біле зображення без шумів та з відділеними областями об'єктів.

КРОК 5. Наступний етап – отримане зображення зберігаємо в оперативній пам'яті пристрою.

КРОК 6. Беремо наступний кадр із черги, повторяємо з ним всі попередні дії та порівнюємо поточний кадр із попереднім.

При порівнянні ми проходимо всі пікселі почергово и якщо різниця в кольорі більша за 30%, то запам'ятовуємо координати пікселя та поточний час в масив вхідних закодованих даних.

КРОК 7. Після того, як порівняли усі пікселі зображення, об'єднуємо сусідні пікселі у групи в нашому масиві закодованих даних.

На кожній ітерації обробки зображення в нас може утворюватися декілька таких груп. Щоб їх розділяти – при занесенні нової зони до масиву вхідних закодованих даних ми порівнюємо центр зони із деяк дельта X , Y других зон в масиві і занесені сусідні зони до багатовимірного масиву закодованих даних $M [X, Y]$. В результаті утворюється двовимірний масив $M [X, Y]$, де по X у нас зберігаються зони, а по Y – зберігаються GIF-а черги, елементами якої є інформація про годину та зміну освітлення у цих зонах. Таким чином ми виявляємо зони де було змінено освітлення. Повторюємо для всіх кадрів із буферу.

Для того щоб пришвидшити обробку інформації, ми можемо розгалузити обрахунки на потоки. Кожний потік буде оброблювати зону $M [X]$ розмірністю $0..N$, де N – кількість станів освітлення що обробила перша частина алгоритму для цієї зони.

КРОК 8. Далі алгоритм отримує перший елемент з черги, порівнює його стан з наступним, обраховує час, що пройшов між цими сигналами та порівнює з еталонним варіантом "паузи" у азбуці Морзе. У нашому випадку пауза між символами ставити 0.2 секунди, крапка – 0.2 секунди, тире 0.6 секунди, пауза між словами – 1.4 секунди. (За правилами азбуки Морзе, крапка триває $1 \times n$ тривалості паузи між символами, тире ставити $3 \times n$ тривалості крапки, пауза між символами $7 \times n$).

КРОК 9. Шукаємо відповідність латинському алфавіту. Якщо сигнал більше або менше за паузу, тобто крапка чи тире триває більше, ніж на 0.1 секунди, то вважаємо такий сигнал шумом. Якщо сигнал задовольняє вимоги, то заносимо результат до багатовимірного масиву декодованих символів $D [X, Y]$, де X – номер зони із масиву $M [X, Y]$, а Y – поточний декодованій символ.

КРОК 10. Результатом роботи алгоритму є двовимірний масив $D [X, Y]$, що містить декодовані данні з камери. Результат виводимо у рядки на екран.

Результати. Отже, отриманий алгоритм було реалізовано у вигляді чату для обміну повідомленнями. Алгоритм був протестований

на iPhone 5s, у різних умовах і має наступні результати. Маємо достатньо велику похибку у отриманні повідомлень на вулиці при денному освітленні, у темряві та у приміщенні похибка мала. Вона також сильно залежить від апаратних можливостей пристрою. На рисунку 1 зображено результати тестування додатку при різному освітленні на різній відстані.



Рисунок 1. – Результати тестування

Висновки. Таким чином, реалізований алгоритм працює у вигляді застосування для мобільної операційної системи IOS. Для коректної роботи необхідно мати два і більше смартфони (транслятор та приймач або декілька трансляторів та приймачів). У подальших планах – продовжувати розробку та покращення роботи алгоритму, зокрема розробити іншу систему кодування та декодування повідомлень, щоб покращити безпеку додатку та упередити перехват повідомлень. Також планується понизити % похибки при декодуванні повідомлень за рахунок вдосконалення частини алгоритму, що відповідає за розпізнання зображень.

Література

1. Mohsen Kavehrad Sustainable Energy-Efficient Wireless Applications Using Light [Text] // IEEE Communications Magazine – Pennsylvania State University, December 2010.
2. Sylvester C.S. Visible Light Communications [Text] // Journal on Wireless Communications and Networking 2012 2012:370 – The Hong King University of Science and Technology, December 2012.
3. Огнев, И. В. Распознавание символов в ассоциативной осцилляторной среде [Текст] // Известия высших учебных заведений – Поволжский регион. – 2006. – № 6. – С. 55–66.

**ІНТЕЛЕКТУАЛЬНА ІНФОРМАЦІЙНА СИСТЕМА
КЕРУВАННЯ ПРОЦЕСОМ ІНТЕГРАЦІЇ НАУКОВОГО ТА
ПЕДАГОГІЧНОГО ПРОФІЛІВ ВНЗ**

О. В. Скакаліна

Полтавський національний технічний університет імені Юрія Кондратюка, Україна

Наука як визначальне джерело економічного зростання й невід'ємна складова національної культури та освіти передбачає створення необхідних умов для реалізації інтелектуального потенціалу громадян у сфері науково-технічної діяльності, забезпечення використання досягнень наукових досліджень для розв'язання соціальних, економічних, культурних та інших проблем, вирішення завдання вибору наукових та технологічних пріоритетів, які забезпечать досягнення не тільки найбільш важливих цілей, а й прискорений економічний розвиток з урахуванням жорсткої конкуренції на зовнішніх ринках. Законом України "Про пріоритетні напрями розвитку науки і техніки на період до 2020 року" інформаційні та комунікаційні технології визначені як один з пріоритетних напрямків розвитку. Глобальний розвиток економічної та соціальної сфер життя суспільства мають потенціал величезного впливу на майбутнє людей. Не можна ігнорувати суттєвий вплив на загальний соціально-економічний розвиток продуктивних сил країни та регіонів євроінтеграційні процеси та згальне загострення конкурентної боротьби [1]. Розуміння і підготовка до цілого ряду нових сценаріїв розвитку має першорядне значення для вищих навчальних закладів по всьому світу. Протягом кількох наступних десятиліть, система вищої освіти стане на шляху безпрецедентних змін і перетворень, в незалежності від швидкості зміни екосистеми, в умовах якої система вищої освіти функціонує. Існує цілий ряд факторів, від розвитку технологій до урбанізації, вплив яких у найближчі роки визначить характер вищої освіти в глобальному масштабі, режим його надання. За даними ЮНЕСКО, в 2000 році 25% іноземних студентів вищих навчальних закладів по всьому світу приїхали зі Східної Азії і Тихоокеанського регіону. Їх частка збільшилася до 33% до 2012 року. У 2040 році частка іноземних студентів з цих регіонів може скласти від 43% до 47% від загальної кількості іноземних студентів. Зростуть в розмірах і стануть більш складними стратегічні партнерства освітніх установ і систем (наприклад, програма з обміну студентами університетів Монаш і Уорвік; співробітництво французької бізнес-школи INSEAD з

університетами Уортон, Цінхуа, Колумбійським університетом і Массачусетським технологічним інститутом). Масові відкриті онлайн-курси (Massive Open Online Courses - MOOC) торкнуться всіх галузей освіти, при цьому виникнуть багатогалузеві партнерства. У довгостроковій перспективі, MOOC підвищать якість своїх послуг і будуть розглядатися як додаткове джерело отримання освіти [2]. Враховуючи ці важливі аспекти, розробка та впровадження інтелектуальної інформаційної системи, яка дозволить оптимізувати процес інтеграції існуючих напрямків викладацької діяльності педагога вищого навчального закладу з його науковими інтересами на основі паспортів спеціальностей надає можливість вищому навчальному закладу більш науково обґрунтовано та в більш стислі терміни вирішувати проблеми, які виникають на шляху інтеграції до Єврозоюзу. Метою статті є створення інтелектуальної інформаційної системи на основі синтезу наукових інтересів викладача ВНЗ та існуючих напрямків його викладацької діяльності з практичною реалізацією на рівні кафедри як структурного підрозділу ВНЗ.

Головними інформаційними об'єктами в аналізованій предметній області є педагоги, їх наукові інтереси, педагогічна діяльність та інформація по класифікаторам.

Проектування бази даних. Відокремлені наступні сутності: «Педагог», «Наукові інтереси», «Педагогічна діяльність», «Область досліджень», «Наукова степінь/вчене звання», «Предмет-педагог», «Кафедра», «Напрямки по ВАК», «Напрямки по кафедрі», «Співвідношення напрямків», «Розділ», «Факультет». Інструментом програмної реалізації в роботі була обрана реляційна система управління базами даних (СУБД) MS ACCESS. Запити були реалізовані як засобами MS ACCESS, так і мовою SQL, що в свою чергу, надає можливості при модифікаціях та масштабованості проекту. В результаті маємо наступну структуру бази даних (рис.1)

Національна система освіти на сучасному етапі переживає складні процеси: необхідність інтегрування в загальноєвропейську систему освіти з одного боку та структурні перетворення всередині самої системи освіти. Враховуючи можливості щодо самостійного визначення основної частини предметів у навчальному плані в відповідності з напрямком підготовки і специфікою ВНЗ, а також вимоги до щорічного оновлення освітніх програм, сформульований та практично реалізований підхід, який дозволить визначати наявність кадрового ресурсу під запропоновані актуальні теми для освіти.

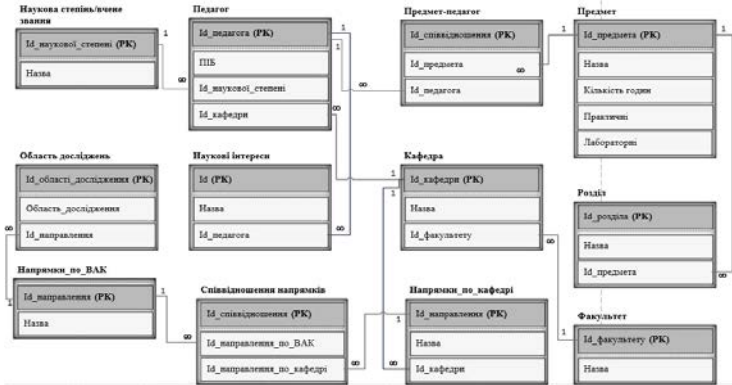


Рис. 1 – Структура БД

Схема даних БД має наступний вигляд (рис.2):



Рис. 2 – Схема зв'язків даних

За результатами дослідження система класифікації є основним методом структурування складного і багатоманітного простору дійсності. У відповідності з тематикою області дослідження визначаються умови розподілу. Запропонований підхід може бути застосований також до вирішення проблеми відповідності дисертаційних робіт паспорту заявленої спеціальності різних наукових галузей.

Література

1. Бузько, І.Р., Д'яченко, Ю.Ю., Немашкало, О.А. Інституційні реформи та організаційно-економічні механізми регулювання регіонального розвитку в умовах європейської інтеграції [Текст] // Вісник Кременчуцького національного університету імені Михайла Остроградського. - 2015. – №4 (93). - С.123-128.

2. Angel Calderon. What will higher education be like in 2040? [Електронний ресурс] – Режим доступу URL: <http://universityworldnews.com/article.php>.

УДК 517

АЛГОРИТМ ВИЗНАЧЕННЯ ТОНАЛЬНОСТІ ТЕКСТУ

В.О. Щербань

*Київський національний університет імені Тараса Шевченка,
Україна*

Існує багато різних методів машинного навчання для обробки природної мови та її аналізу. Ця важлива тема пов'язана з визначенням емоційного забарвлення тексту, який класифікується як позитивний, негативний чи нейтральний. Алгоритм застосовується в психології, соціології, політології, маркетингу. Ця тема є дуже популярною у всьому світі [1,2,3,4]. Основна проблема цієї задачі полягає в тому, що в кожній мові присутні певні невизначені по тональності слова – сленг, сарказм, багатозначні слова.

Алгоритм визначення тональності тексту починається з попередньої обробки тексту.

Попередня обробка даних. Видалення пробілів, знаків пунктуації, зв'язних слів, символів табуляції.

Слова в тексті записуємо у вектор. Ми заміняємо кожне слово в списку номером його семантичної групи. У підсумку ми отримаємо щось на кшталт «мішка слів», але з більш глибоким змістом. Для цього використовується технологія Word2Vec від Google. Тоді якщо ми даємо на вхід цій програмі великий обсяг тексту, на виході отримуємо зважений вектор фіксованої довжини для кожного слова фіксованої довжини. Далі ми об'єднуємо близькі за змістом слова. Для цього ми розділяємо всі слова на кластери. Для класифікації такої групи використовується перцептронний алгоритм [5] побудови розподілів. Тоді для розпізнавання класів необхідно знайти вектор ваг з умови:

$$X\vec{w} > 0,$$
$$X = \begin{bmatrix} \xrightarrow{T} \\ \mathbf{x}_1 \\ \xrightarrow{T} \\ \mathbf{x}_2 \\ \vdots \\ \xrightarrow{T} \\ \mathbf{x}_N \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \mathbf{x}_{11} & \mathbf{x}_{12} \cdots \mathbf{x}_{1N} & 1 \\ \mathbf{x}_{21} & \mathbf{x}_{22} \cdots \mathbf{x}_{2N} & 1 \\ \vdots & \vdots & \vdots \\ \mathbf{x}_{N1} & \mathbf{x}_{N2} \cdots \mathbf{x}_{NN} & 1 \end{bmatrix},$$

де N – кількість вибірових векторів – об'єктів в n -вимірному просторі ознак, X - матриця координат векторів \vec{x}_i розміром $N \times (N+1)$; $\vec{W} = (W_1, W_2, \dots, W_n, W_{n+1})$ - поповнений ваговий вектор; \vec{x}_i - транспоновані поповнені вектори зображень.

Реакція всієї системи пропорційна сумі взятих з деякими вагами елементів асоціативної сітки

$$R = \sum_{i=1}^{n+1} W_i X_i = \vec{W} \vec{X}$$

де X_i - реакція i -того асоціативного елемента, W_i – вага зв'язку між цим елементом і виходом. Вектори слів записуються через загальний словник всіх слів в тексті. А саме, береться вектор зі значеннями 0 або 1. Кожна фраза в тексті записується у вектор, слово – 1, якщо воно присутнє і 0, якщо відсутнє. При різних значення R відповідний вектор слів, поданий на вхід системи, розподілиться по класам Ω_i . В кінці ми отримаємо поліноміальне рівняння, яке буде описувати всі класи вибірки. Підставивши в нього вектор слів, ми отримаємо розв'язок з певного проміжку, що відповідатиме відповідному класу. Таким чином, ми розділяємо наш базовий словник слів на класи, які будуть використовуватись у визначені тональності. Отже, близьким за семантикою словам ми присвоюємо номер кластера, до якого вони належать.

Класифікація текстів. На цьому етапі ми маємо тексти, які перетворені у вектори. Далі для класифікації текстів, визначення їх тональності ми використовуємо вже написаний модуль Random Forest. При застосуванні даної програми ми маємо вказати список наших векторів, вибірку, на якій буде навчатися класифікатор, і кількість дерев. У результаті ми маємо визначені тональності кожного тексту в дробовому форматі, які можна порівняти і сказати, на скільки даний текст є негативним чи позитивним.

Даний алгоритм є популярним у світі та використовується для визначення тональності текстів у соціальних мережах. За таким принципом працює електронна пошта, яка відловлює спами та небажані текстові файли.

Література

1. I. Chetviorkin, P. Braslavskiy, N. Loukachevich, "Sentiment Analysis Track at ROMIP 2011," [Text] In Computational Linguistics and Intellectual Technologies: Proceedings of the International Conference "Dialog 2012". – Bekasovo.- 2012. - PP.1-14.
2. AA Pak, SS Narynov, AS Zharmagambetov, SN Sagyndykova, ZE Kenzhebayeva, I. Turemuratovich, "The method of synonyms extraction from unannotated corpus," [Text] In proc. of DINWC2015. - Moscow, 2015. - PP.1-5.
3. T. Mikolov, K. Chen, G. Corrado, J. Dean, "Efficient Estimation of Word Representations in Vector Space," [Text] In Proc. of Workshop at ICLR. - 2013.
4. P. Bo and L. Lee, "A Sentimental Education: Sentiment Analysis Using Subjectivity Summarization Based on Minimum Cuts," [Text] In Proceedings of the ACL. - 2004.
5. Минский, М. Пейперт, С. Перцептроны/Perceptrons [Текст]. — М. : Мир, 1971. — 261 с.

УДК 004.272.2:004.75

МОДЕЛЬ ПРОЦЕССА ВЫПОЛНЕНИЯ ЗАДАЧ В ГРИД-СРЕДЕ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ТЕХНОЛОГИИ ВИРТУАЛИЗАЦИИ

Казимир В.В., Преляя О.А., Крищенко Н.С.

*Черниговский национальный технологический университет,
Украина*

Грид-вычисления представляют собой форму распределенных вычислений, в которой виртуальный суперкомпьютер представлен в виде слабосвязанных гетерогенных вычислительных ресурсов, соединенных с помощью глобальной сети и используемых для решения вычислительных задач большой размерности. Использование простаивающих мощностей распределенных ресурсов вместо наращивания мощности локального ресурса является экономически выгодным решением. Но существует ряд проблем по использованию грид вычислений:

- сложность администрирования вычислительных ресурсов грид-среды;
- отсутствие возможности выполнения задач с правами администратора при использовании ресурсов грид окружения;

- отсутствие полнофункциональных высокоуровневых средств для подготовки и запуска вычислительных задач;
- проблема поддержки загрузки на грид ресурсах лицензионного программного обеспечения (ПО);
- несовместимость версий операционной системы (ОС), под управлением которой работает вычислительный грид ресурс, и операционной системы, требуемой для выполнения прикладной вычислительной задачи пользователей грид-среды.

Использование технологии виртуальной машины (ВМ) позволит сформировать виртуальный образ (VI) с настройками и использовать его при запуске и выполнении вычислительных задач на грид-ресурсах, что также является решением проблемы использования лицензионного ПО при решении задач в грид-среде. Важным аспектом широкого внедрения грид-технологий является обеспечение требуемого пользователем уровня качества обслуживания, что для некоммерческой среды чаще всего определяется гарантированным временем успешного завершения вычислений. А также обеспечение эффективного размещения хранилищ образов виртуальных машин и алгоритмов планирования, с целью минимизации коммуникационных затрат.

Планируется практическая реализация на базе существующего фреймворка для разработки грид-приложений [1] с использованием разрабатываемой технологии. Технология должна предоставлять следующие сервисы:

1. Формализация параметров окружения ВМ.

Перед тем как подать запрос к выполнению задачи в грид-среде, пользователем или автоматизировано выбирается ряд программно-аппаратных параметров, после чего дается возможность использовать нужные для него программные приложения в соответствующих грид-ресурсах.

2. Возможность определения необходимого образа ВМ для выполнения задания.

3. Первоначальная загрузка образа.

Также должно быть загружено образ виртуальной машины, если до этого он не был загружен при выполнении предыдущих задач. Описание задачи и саму задачу отправляют в виде виртуального образа к метапланировщику грида.

Архитектура фреймворка для создания грид-приложений с поддержкой современного промежуточного ПО грид, которая была рас-

ширена следующими модулями, а именно: модуль размещения образа, модуль планирования задачи с учетом использования VI, модуль статистика.

Модуль размещения образа: определяет вычислительный ресурс для хранения виртуального образа.

Сервисы модуля планирования задачи с учетом использования VI реализует автоматический поиск требуемого VI и выбор вычислительного ресурса для загрузки образа и выполнения задачи.

Параметры собираемые (наиболее запрашиваемые задачи на выполнения в грид-среде) модулем статистики используются при проектировании схемы репликации VI. Механизм реализации процесса загрузки на удаленных вычислительных ресурсах реализуется с помощью программной платформы OpenNebula [2].

Для оценки эффективности подхода была разработана модель процесса выполнения задач в грид-среде с использованием технологии виртуализации на базе симулятора GridSim [3]. При разработке вышеуказанной модели, имитационная модель грид-среды [4] была расширена следующими входными параметрами:

- размер VI;
- время на пересылку VI;
- время на передачу данных о задаче с виртуальной машины на грид ресурс.

Эксперименты по оценке времени на пересылку VI и передачи данных о задаче с виртуальной машины на грид ресурс проводились в реальной среде с помощью кроссплатформенной консольной клиент-серверной утилиты iperf [5]. При проведении эксперимента оценки эффективности значение параметров модели следующие: размер VI равен 1ГБ, время на пересылку VI – 190 мин., время на передачу данных о задаче с виртуальной машины на грид ресурс – 8.3 сек. А также дополненная модель состоит из одного пользователя и грид-ресурса, на котором выполняются задачи. Задачи выполняются одновременно в порядке очереди.

По полученным результатам можно сказать, что временные затраты на выполнение задачи в грид-среде с использованием виртуализации (с предустановленным виртуальным образом на удаленном ресурсе) не превышают 5 % чем затраты на выполнение задания без использования виртуализации в грид-среде. Однако отношение между временем выполнения задачи в грид среде без использования технологии виртуализации и с использованием, но без предустановленного VI на удаленный вычислительный ресурс значительно ве-

лико. Затраты на пересылку VI могут быть компенсированы посредством разработки схемы репликации хранилищ виртуальных образов, а также алгоритма планирования в грид-среде с учетом использования средств виртуализации. Задача по планированию размещения VI находится в стадии разработки.

Использование предложенной технологии позволит повысить эффективность использования грид-среды, упростить процессы конфигурирования грид-ресурсов, подготовки и формирования задачи, обеспечит возможность использования лицензионного программного обеспечения для выполнения вычислений в грид-среде.

Литература

1. Kazymyr, V. Grid workflow design and management system [Text] / Kazymyr V., Prila O., Rudyi V. // International Journal “Information Technologies & Knowledge”. – 2013 – Vol. 7, no 3. – P. 241 – 255.
2. Simple yet Powerful Turnkey Solution to Build Clouds and Manage Data Center Virtualization [Электронный ресурс]: – Режим доступа: <http://opennebula.org/> – Заголовок с экрана.
3. Buyya, R. GridSim: A Toolkit for the Modeling and Simulation of Distributed Resource Management and Scheduling for Grid Computing [Text] / R. Buyya, M. Manzur // The Journal of Concurrency and Computation: Practice and Experience (CCPE). – 2002. – Vol. 14, Is. 13–15. – P. 1179 – 1219.
4. Казимир, В. В. Методы планирования потоков задач в grid-среде [Текст] / В. В. Казимир, П. Г. Бивойно, О. А. Преляя, Т. А. Гуза // Математичні машини і системи. - 2013. - № 4. - С. 70-81.
5. iPerf - The network bandwidth measurement tool [Электронный ресурс]: – Режим доступа: <https://iperf.fr/iperf-doc.php> – Заголовок с экрана.

УДК 004.738.52

АВТОМАТИЗАЦІЯ ПРОЦЕСУ ЗБОРУ ЕЛЕКТРОННИХ ДОКУМЕНТІВ В МЕРЕЖІ ІНТЕРНЕТ

Мойсеєнко О. П., Соколенко Ю. М.,

Ткачук Н. О., Щипун О. В.

Чернігівський національний технологічний університет

На даний момент інтернет-ресурси переповнені завантаженими електронними документами, які несуть в собі гігабайти різноманітної інформації, що є корисною для великого кола людей. Цей факт викликає потребу в існуванні автоматизованих систем, які зможуть самостійно завантажувати задані формати документів із заданого списку ресурсів, з метою наступного аналізу.

Авторами був створений програмний продукт призначений для автоматизації процесів пошуку та завантаження вказаних типів файлів (включаючи архіви), на ПК користувача.

Користувачу, під час сеансу роботи з програмою, надана можливість ознайомитися зі списком завантажених файлів, датою та часом останнього оновлення і також часом, що залишився, до наступного сеансу збору документів. Перегляд файлів відбуватися за допомогою сторонніх програмних продуктів, таких як Microsoft Word, Notepad та інші.

Нижче приведена концептуальна модель з детальнішим переліком можливостей програми.

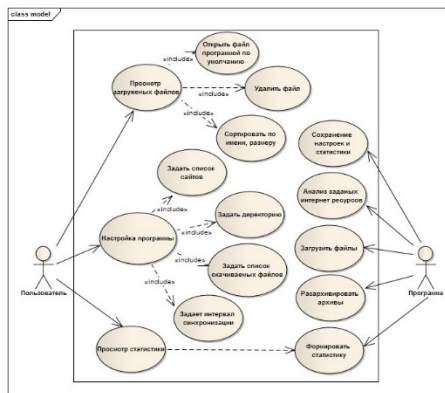


Рисунок 1.1 – Модель use case

Опис основных возможностей:

- Завантаження електронних документів(doc, docx, xls,xlsx, rtf, pdf та ін.) за прямими посиланнями з ресурсів мережі Інтернет по протоколам доступу http та https.

- Імпорт та експорт списку веб-ресурсів.

- Створення локального сховища файлів, окремо для кожного з ресурсів.

- Задання типів файлів для завантаження через вертикальну риску (наприклад, txt|doc|zip).

- Підтримка роботи з архівами .zip. Якщо завантажуються zip-архів, то з нього вилучаються вказані типи файлів.

- Підтримка історії завантажень «Список файлів».

- Сортуння завантажених файлів по фільтру.

- Збір та відображення статистичних даних (кількість просканованих веб сторінок, завантажених файлів та ін.) «Статистика».
- Перегляд цієї ж статистики у вигляді діаграм за допомогою open source рішення jfreechart.
- Перегляд докладного логу програми на вкладці «Логирование».
- На вкладці «Список ошибок» відображаються всі помилки, а також є фіксування помилок при завантаженні та скануванні методом повторної спроби.

Завдяки реалізації на мові Java, продукт може успішно функціонувати на різних ОС. При створенні проекту було використано open source рішення, а саме Jsoup. Дана бібліотека дозволяє легко та швидко аналізувати html код сторінки на наявність будь-яких елементів для завантаження. В створеному продукті аналізуються посилання на файли за їх розширенням.

Завантажені документи зберігаються за попередньо вказаним шляхом та сортуються по папкам з назвами сайтів, з яких дані файли були завантажені. Після завантаження документи можуть бути проаналізовані та опрацьовані іншими програмними продуктами.

Продукт є завершеною системою, яка здатна самостійно функціонувати в робочому середовищі з попередньо встановленою платформою Java 8.

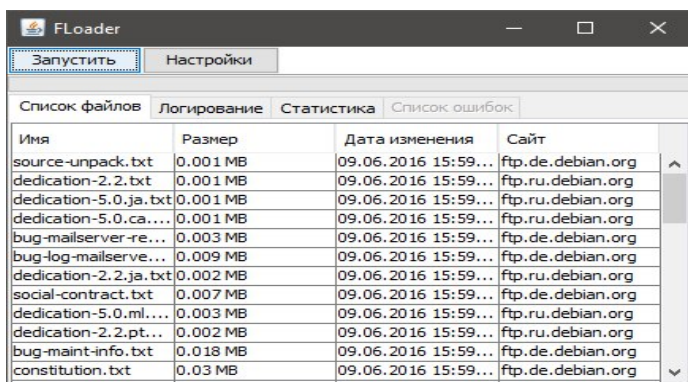


Рисунок 1.2 – Інтерфейс програмного продукту

Література

1. Moysenko, O.P. The mechanisms of teaching and evaluation of the quality of performance of the text documents classifier [Текст] / V. V.

Lytvynov, O. P. Myuseenko // Математические машины и системы. Изд-во ИПММС НАН Украины, 2014. – №4. – С. 53-59.

2. Мойсеєнко, О.П. Прийняття рішень при семантичному розборі текстового документа [Текст] / В.В. Литвинов, О.П. Мойсеєнко // Вестник ЧГТУ. Технические науки. – 2012. – №4 (61).– С. 119–123.

3. Jonathan, H. Java HTML parser. – [Електронний ресурс] / Jonathan Hedley – Режим доступу: <https://jsoup.org/apidocs/>.

УДК 004.519.217

ОСНОВНІ КЛАСИФІКАЦІЙНІ ОЗНАКИ СУЧАСНИХ МОДЕЛЕЙ ОЦІНКИ НАДІЙНОСТІ ПРОГРАМНИХ ЗАСОБІВ

¹О.А. Руденко, ²З.М. Руденко

*¹Полтавський національний технічний університет імені Юрія
Кондратюка*

*²Полтавський нафтовий геологорозвідувальний технікум Полтав-
ського національного технічного університету імені Юрія Кондра-
тюка*

Характерною ознакою нашого часу є бурхливий розвиток інформаційних та комунікаційних технологій, стрімке зростання масштабів їх використання та розширення областей застосування. Підсумком зазначених процесів стало, з одного боку, створення потужної індустрії комп'ютерної та програмної інженерії, а з іншого – збільшення впливу наслідків використання інформаційних та комунікаційних технологій (як позитивних, так і негативних) на людське суспільство.

При цьому слід особливо відзначити зростаючу роль програмного забезпечення як найважливішої складової будь-якої комп'ютеризованої системи, що визначає її досконалість. В цьому контексті слід підкреслити виключну важливість якості та надійності програмного забезпечення, оскільки від них, у першу чергу, залежать як конкурентоспроможність комерційних продуктів, так і безпека інформаційно-управляючих систем критичного застосування.

Отже, оцінка якості та надійності є актуальною задачею інженерії програмного забезпечення, що вимагає використання математично обґрунтованих методик для забезпечення високої точності та достовірності.

Основними характеристиками, на основі яких проводиться оцінка надійності, є відмови і час виявлення дефектів.

Сучасні класифікації будуються не на розподілі моделей за класифікаційними групами як це було 20-30 років тому, коли були створені класифікації Гоела [1], Полонникова-Нікандрова [2], Фатуєва [3] та інші, а на виокремленні певних досліджуваних параметрів чи методів досліджень.

У дослідженнях, метою яких є оцінка надійності програмних засобів, що проводяться останнім часом, слід відзначити наступні основні напрямки:

- знаходження функції розподілу часу відмов при врахуванні апаратних складових (можливість і час резервування, можливість виникнення незворотних відмов та ін.) [4];

- аналіз причин виникнення дефектів [5-7];

- створення програмного забезпечення для прогнозування збоїв (дефектів) [8];

- прогнозування дефектів за допомогою часових рядів [9];

- прогнозування дефектів за допомогою генетичного програмування [10].

Незважаючи на широкий спектр досліджень, спрямованих на оцінку надійності програмних засобів, характер кожного проекту ускладнює побудову моделей, що можна узагальнити. Виходячи з цього, задача зводиться до виділення основних параметрів (характеристик).

Література

1. Goel, A. L. Software reliability models: Assumptions, Limitations and Applicability [Text] / A. L. Goel // IEEE Transactions on Software Engineering, Vol. SE-11, № 12. – 1985. – P. 1411-1423.
2. Полонников, Р. И. Методы оценки показателей надежности программного обеспечения [Текст] / Р. И. Полонников, А. В. Никандров. – СПб.: Политехника – 1992. – 78 с.
3. Фатуев, В. П. Надежность автоматизированных информационных систем [Текст]: Учебное пособие // В. П. Фатуев, В. И. Высоцкий, В. И. Бушинский – Т.: ТГУ, 1998. – 104 с.
4. Mirskhulava, L. Software Reliability Prediction Model Analysis [Text] / L. Mirskhulava, M. Khunjgurua, N. Lomineishvili, K. Bakuria // International Journal of Computer, Information, Systems and Control Engineering. – 2014. – № 6 – P. 927-932.
5. Kumaresh, S. Defect Prevention Based on 5 Dimensions of Defect Origin. International [Text] / S. Kumaresh, B. Ramachandran // Journal of Software Engineering & Applications (IJSEA). – 2012. – № 3 – P. 87-98.

6. Nggada, S. H. Software Failure Analysis at Architecture Level Using FMEA [Text] / S. H. Nggada // International Journal of Software. – 2012. – № 6 – P. 61-74.

7. Ogheneovo, E. E. Software Dysfunction: Why Do Software Fail? [Text] / E. E. Ogheneovo // Journal of Computer and Communications. – 2014. – № 2 – P. 25-35.

8. Al-Rahamneh, Z. A New Software Reliability Growth Model: Genetic-Programming-Based Approach [Text] / Z. Al-Rahamneh, M. Reyalat, A. F. Sheta, S. Bani-Ahmad, S. Al-Oqeili // Journal of Software Engineering and Applications. – 2011. – № 4 – P. 476-481.

9. Raja, U. Temporal Patterns of Software Evolution Defects: A Comparative Analysis of Open Source and Closed Source Projects [Text] / U. Raja, J. E. Hale, D. P. Hale // Journal of Software Engineering and Applications. – 2011. – № 4 – P. 497-511.

10. Tsakonias, A. Predicting Defects in Software Using Grammar-Guided Genetic Programming [Text] / A. Tsakonias, G. Dounias // Proceedings of the 5th Hellenic conference on Artificial Intelligence, SETN, Syros, 2008. – P. 413-418.

УДК 004.942 + 159.9

**ПРИНЦИП ДОМИНАНТЫ А.А. УХТОМСКОГО КАК
ВОЗМОЖНЫЙ МЕХАНИЗМ ПРЕДВИДЕНИЯ: ПО
МАТЕРИАЛАМ КОНФЕРЕНЦИИ «ANTICIPATION:
LEARNING FROM THE PAST THE RUSSIAN/SOVIET
CONTRIBUTIONS TO THE SCIENCE OF ANTICIPATION»**

Е.Ю.Зуева, К.Б.Зуев

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

Институт психологии РАН, Россия

Конференция «Anticipation: Learning from the Past The Russian/Soviet Contributions to the Science of Anticipation» была организована американскими и немецкими исследователями в области Computer Science и посвящена наследию советских ученых, изучавших в первой половине XX века поведение и обеспечивающие его физиологические процессы [1]. Темой ее была объявлена антиципация – способность живых существ, в той или иной степени, предвидеть независимые от них изменения окружающей среды, а также результаты и последствия своей деятельности. В российской науке изучение антиципации не выделилось в специальную область, хотя прогноз или план включается в рассмотрение многих процессов, тем

более при автоматизации управления или моделировании поведения. В США такая дифференциация произошла, там существует специальный Институт Антиципации, его директор доктор Михай Надин (специалист в области computer science) выступил основным организатором конференции. Среди докладчиков конференции были математики, психологи, врачи, культурологи, историки науки. Рассматривались концепции Н.Н. Бернштейна, П.К. Анохина, А.А. Ухтомского, Е.Н. Соколова, А.Р. Лурия. Организаторы конференции надеялись, что изучение наследия названных авторов может способствовать появлению новых идей в когнитивной науке и технических решений в моделировании поведения.

О том, что советская физиология и психология в двадцатые – тридцатые годы двадцатого века переживала период «бури и натиска», мы уже коротко упоминали [2]. В совокупности эти работы подводили к идеям еще не возникшей тогда кибернетики [3], но по разным причинам не были достаточно оценены и проработаны следующим поколением ученых. Среди этих авторов видное место занимает А.А. Ухтомский, на конференции ему было посвящено несколько докладов. О принципе доминанты А.А. Ухтомского с кибернетической точки зрения мы тоже уже много писали [4]. Здесь нас интересует специальная тема – доминанта, как возможный механизм антиципации, рассматривавшаяся на конференции. Основные черты доминантной теории мы предполагаем известными, и будем просто упоминать их по ходу изложения.

Почему и в каком смысле поведение, как его понимает А.А. Ухтомский, подразумевает антиципацию, и как применить к объяснению антиципации принцип доминанты?

Прежде всего, поведение, по Ухтомскому, активно. Значит, как сами поступки, так и состояние среды, не полностью детерминированы естественными законами. Это означает, что исчерпывающее естественнонаучное предсказание событий невозможно, время необратимо, и поведение нужно описывать так, как это принято в исторической науке, где «координатной сеткой» является последовательность событий. Кроме того, поведение целенаправленно, и это предполагает некоторое ожидаемое будущее. «В мышлении о прошлом, о фактически свершившемся царит категория причины. В мысли о будущем и ожидаемом – категория цели. Целная человеческая мысль есть всегда попытка спроектировать новую действительность. И все знание прежнего, с точки зрения категории причинности, играет чисто служебную роль для того, чтобы лучше спроектировать новую действительность» [5].

Однако, как мы хорошо знаем, цели достигаются не всегда. Оценить, возможно ли в принципе для данной среды целевое состояние, достаточны ли наши средства для его достижения, - в этом и состоит задача антиципации. В современных искусственных системах, как правило, подразумевается, что модель окружающей среды может быть описана на формальном языке, целевое состояние является одним из возможных в этой модели, план в принципе осуществим, препятствия и нежелательные побочные последствия задаются в виде ограничений на том же самом формальном языке. Такой подход не устраивает Ухтомского, абстрактное знание для него вторично. Его интересует не логическое обоснование поступков, а сами поступки. В реальной жизни приходится строить поведение в условиях неформальной действительности, иногда очень неожиданной и всегда более широкой, чем наши сведения о ней. «Живая жизнь всегда уходит из сетей твоих пониманий, вырывается из них вперед».[5,330]. Первичны, по Ухтомскому, не теоретические знания, а интуиция и мотивы поведения, не всегда осознанные. Доминанта дает механизм для описания этих не формализованных явлений.

Что можно сказать, при таком подходе, о познании, о роли и месте когнитивной деятельности? Ухтомский не выделяет ее, как независимую. Поведенческий акт не является суммой независимых составляющих, все его компоненты подчинены текущей общей задаче. Целостность поведения определяется тем, что на данном отрезке времени весь организм управляется из единого доминантного центра. Поэтому и познание, как таковое, не является независимой деятельностью, оно присуще любой деятельности и без нее не существует. «В формировании своих интегралов опыта и своих истин человек участвует деятельно». Неотъемлемой частью познания является гипотеза, предвосхищение реальности. «Построение осязательного проекта по поводу зрительного опыта; построение зрительного проекта по поводу акустического опыта — это постоянный *физиологический факт*. *Ибо предвосхищение реальности на расстоянии, предварительное построение вероятной реальности есть типический факт мозговой жизни*»[5].

Антиципация рассматривается Ухтомским не как отдельный вид интеллектуальной деятельности, а как неотъемлемый атрибут любой деятельности, как таковой. Тут необходимо перейти к следующему шагу рассмотрения. Не только познающий и действующий организм, но и сама познаваемая действительность рассматривается Ухтомским исторически, во времени, понимается как необратимый процесс. Влиянием наших решений и действий на окружающую

среду никак нельзя пренебрегать. Познание - не открытие неподвижных, раз навсегда заданных закономерностей, а все большая, нарабатываемая за время собственной жизни и жизни предшествующих поколений, вовлеченность в жизнь окружающей действительности. Человек осознает окружающую действительность, действует в ней, изменяет ее и изменяется сам – и все это только разные стороны единого процесса. «Из известных до сих пор фактов синтезирующая мысль строит проект действительности. Хорош ли он, скажет будущее: будущее приведет к столкновению с фактами, еще не изученными и подлежащими учету. Но если проект так или иначе сложится, это значит, что для него были достаточные основания, лежащая за ним доминанта и установка имела данные для себя. И строя проект (интегральный образ действительности), человек побеждал, борясь за осуществление этого проекта, т. е. строил будущее. Через человека бытие строит свое будущее.[5]

С точки зрения Ухтомского, способность к более точному предвидению определяется глубиной связи с действительностью. При появлении новой ситуации, мы мыслим и действуем на основе имеющегося опыта, закодированного в виде *готовых к работе доминант*. Организм действует и реагирует не только «как правильно» или «как нужно» (это в большинстве случаев неизвестно), но так, как он готов и умеет действовать. Эта готовность нарабатывается исторически на основе некоторых базовых механизмов. При этом Ухтомский был убежден, что доминанты не только хранят память о ситуациях, решениях и поступках в индивидуальной жизни, но и могут передаваться по наследству. Чем адекватней для данного окружения набор имеющихся доминант, тем более точным выглядит предвидение и более успешным – поведение. «Это и есть интуиция или «ясновидение реальности»: дискурсивного оправдания истинности нет, а эмпирическое оправдание целиком впереди, т.е. для текущего момента требуется решение воли, действие, решимость, «строительство»[5].

Еще одним свойством доминантной модели, по Ухтомскому, является то, что она применима к описанию явлений на разных уровнях – отдельных органов и тканей, индивидуального организма, социума. Учение о доминанте в социальной жизни менее проработано Ухтомским, чем в отношении поведения отдельного человека. Для описания внешней для человека среды Ухтомский ввел понятие «хронотопа». Хронотоп, цепь событий (преимущественно социальных) в пространстве – времени, обнаруживает историческую зако-

номерность, где прошлое никогда не пропадает бесследно, а будущее, хотя и вытекает из прошлого, но никогда не детерминировано им жестко. Событие в жизни отдельного человека – это встреча внутреннего и внешнего, пересечение его доминанты и хронотопа («мировой линии»), практическая проверка его истин.

В заключение заметим, что при жизни Ухтомского еще не было обсуждения разделения функций между двумя полушариями мозга, и относительная роль логического и образного мышления понималась гораздо хуже, чем сегодня. В модели Ухтомского для логического мышления практически нет места, но для описания интуитивного, образного мышления она дает оригинальный и глубоко продуманный механизм.

Литература

1. Anticipation: Learning from the Past The Russian/Soviet Contributions to the Science of Anticipation Nadin [Text], Mihai (Ed.), Springer International Publishing. – 2015. - 520 p.
2. Зуева, Е.Ю., Зуев, К.Б. Алексей Ухтомский и Эрвин Бауэр – два подхода к моделированию живого [Текст] // 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. - С. 56-60.
3. Зуева, Е.Ю., Ефимов, Г.Б., А.А. Ухтомский как предшественник кибернетики в России [Текст] // Международная конференция «Современные проблемы математики, информатики и биоинформатики», посвященная 100-летию со дня рождения члена-корреспондента АН СССР Алексея Андреевича Ляпунова 11-14 октября 2011, Академгородок, Новосибирск, Россия conf.nsc.ru» [Lyp-100](#)- бстр.
4. Зуева, Е.Ю., Ефимов, Г.Б. Проблемы искусственного интеллекта и теории доминанты А.А.Ухтомского [Текст] // Математические машины и системы - №1, 2008. - С.98-105.
5. Ухтомский, А.А. Доминанта [Текст]. - М. Л., «Наука», 1966. - 271с.

МОДЕЛІ РОБОЧОГО НАВАНТАЖЕННЯ ДЛЯ ВИЗНАЧЕННЯ ПРОДУКТИВНОСТІ ОБЧИСЛЮВАЛЬНИХ СИСТЕМ

В.М. Томашевський

Національний технічний університет України «КПІ»

Для визначення продуктивності обчислювальних систем застосовуються методи вимірювання та моделювання. Методи вимірювання поділяються на апаратні, програмні та комбіновані. Ці методи використовуються за наявності обчислювальної системи, але виникає питання, з яким робочим навантаженням проводити виміри. Робоче навантаження – це сукупність усієї вхідної інформації (програм, даних, команд), що надходить у обчислювальну систему ззовні.

У загальному випадку моделі робочого навантаження поділяють на природні та штучні. Якщо модель – це просто вибіркового потік завдань, узятий із довільного робочого навантаження, то це природна модель робочого навантаження. Така модель може використовуватися тільки у вимірювальних системах. У всіх інших випадках маємо штучну модель робочого навантаження. Якщо штучна модель складається з однієї або більш програм, то вона називається штучною виконуваною моделлю й може використовуватися для вимірювання та моделювання систем.

Однією з перших штучних моделей були виконуючі суміші команд для вимірювання загального часу центрального процесора. Стандартні суміші команд, серед яких найбільш відомі суміші Гібсона та Флінна, відповідно застосовуються для комерційних і наукових задач.

Суміш команд для реального робочого навантаження є частотним розподілом типів команд, виконуваних під час обробки робочого навантаження. Набір цих частот є відносними запитами на процесорні ресурси.

Суміші можуть використовуватися й у мовах більш високого рівня, ніж машинний. Для алгоритмічних мов можна використати суміші речень, для діалогових мов – суміші команд, для мов керування завданнями – суміші керівних речень. Основні вади сумішей зв'язані із тим, що з допомогою сумішей не враховується взаємодія між виконуючою послідовністю команд і ЦП та іншими ресурсами системи. Отже, з допомогою сумішей не можна визначити дійсну пропускну спроможність системи.

Моделі робочого навантаження, придатні для діалогової системи, можуть розглядатися як категорії ядер, що складаються із сценаріїв.

Сценарій – це послідовність діалогових команд, розділених інтервалами для обміркування. Передбачається, що ця послідовність є типовим сеансом роботи користувача за терміналом.

Жодна з цих моделей не може відтворити реальне робоче навантаження та призвести до адекватної оцінки продуктивності мультипрограмних ЕОМ, оскільки в цих моделях:

- не враховується характер робочого навантаження користувача;
- не розглядається ефективність системного програмного забезпечення, зокрема робота модулів ОС;
- слабо представлені можливості апаратних засобів.

Зокрема, ігнорується інформаційна місткість системи команд, паралелізм у роботі пристроїв, своєрідність системи введення-виведення та багато інших параметрів.

Теоретичний максимум швидкодії комп'ютера за самих ідеальних умов визначає пікову продуктивність, яка є єдиною об'єктивною оцінкою. Важливо також розуміти різницю між продуктивністю процесора та продуктивністю обчислювальної системи. Остання мусить враховувати використання різних ресурсів під час виконання програм і буде різнитися для різних типів спрямованості завдань. Зазвичай, розрізняють науково-технічні, комерційні завдання, роботу з базами даних, оброблення зображень і транзакцій. Крім того, є завдання для пакетного режим (Batch Mode) та оперативного режиму обробки транзакцій (OLTP), що, також потребує різних тестових наборів завдань, які відтворюють робоче навантаження.

Отже, тест – це стандартна процедура для виміру або оцінки продуктивності обчислювальної системи. Комп'ютерний тест – це комп'ютерна програма, що строго виконує певний набір команд (робоче навантаження) та видає як результат деякий показник, що характеризує ефективність роботи комп'ютера. Показники комп'ютерних тестів, зазвичай, визначають швидкість роботи комп'ютера, тобто, наскільки швидко він справляється з робочим навантаженням. Тестові показники також можуть визначати пропускну спроможність, тобто з яким обсягом роботи справляється комп'ютер за заданий інтервал часу. З допомогою запуску одного й того ж тесту на різних комп'ютерах можна порівнювати ефективність їхньої роботи. Під benchmark (тестом) розумітимемо алгоритм або метод, програму або програмний комплекс, що відповідає низки вимог: повнота, легкість у використанні, масштабованість для різного апаратного забезпечення, переносимість (наявність мови та компілятора

під різні платформи), доступність його початкового коду, відтворюваність (отриманням аналогічних результатів у разі повторного використання).

На сьогодні є велика кількість програм, що підпадають під означення benchmark's. Для зручності тести краще поділити на декілька категорій.

«Іграшкові» (toy benchmarks) тести — маленькі, завдовжки в декілька сотень рядків початкового коду. Зазвичай вони розв'язують одну дуже відому задачу, наприклад, Решето Ератосфена, пірамідальне сортування, перемішування та багато інших.

Мікротести (micro benchmarks) — спеціалізовані, спрямовані на визначення однієї з основних кількісних характеристик апаратного забезпечення:

- продуктивність центрального процесора;
- продуктивність і пропускну здатність локальної оперативної пам'яті;
- швидкість базових операції введення-виведення;
- продуктивність і пропускну спроможність локальної обчислювальної мережі.

У групу мікротестів входять тести оцінки продуктивності операцій, що вимагають синхронізації та тести операційної системи (перемикання контекстів, системні виклики та створення процесів). Часто мікротести об'єднуються в пакети тестів. Прикладом може слугувати тест AnTuTu Benchmark — найвідоміший тест для смартфона або планшета. Він тестує відразу за декількома критеріями: швидкість картки пам'яті; обсяг вбудованої пам'яті (RAM); 2d і 3d графіку (GPU); процесор (CPU); пристрої введення-виведення (I/O) і виводить загальну оцінку тестованого пристрою в балах. Після цього можна порівняти отримані бали й результати роботи інших мобільних пристроїв.

Тести як ядра (kernels) — це фрагменти коду, узяті з реальних застосувань. Саме ці фрагменти виконуються застосуванням більшу частину часу. Ядра дозволяють визначити швидкість виконання реальної програми на різних платформах.

Синтетичні тести (synthetic benchmarks) оцінюють продуктивність на основі набору великої кількості показників і не прив'язані до якого-небудь окремого застосування. Вони використовують параметричне налаштування тесту під конкретне застосування.

Типові застосування (application benchmarks) — найчастіше використовувані програми для реалізації тих або інших завдань. До них можна віднести і псевдо-застосування — це програми, створені на

основі реальних застосувань, але адаптовані з різних причин спеціально для завдань тестування.

Пакети тестів (benchmarks suites) – колекції різних типів тестів із переважанням застосувань.

З усієї множини тестів є і такі, які спеціально спрямовані на тестування масивно-паралельних систем MPP. Найширше вони представлені у класі ядер для визначення ефективності паралельних обчислень. Це тести High-Performance Linpack (HPL) [1], тести для застосувань NAS Parallel Benchmarks (NPB) [2] і тестові пакети SPEC MPI2007 [3]. З мікротестів велику цікавість можуть представляти програми, спрямовані на дослідження сітьового оточення (наприклад, Netperf).

Специфікою ядер і застосувань є те, що вони «прив'язані» до одного з основних алгоритмів чисельних методів або базових операції, тобто до тієї частини програми, виконання якої займає найбільший час. У зв'язку з цим можна заздалегідь вибрати потрібний тест, знаючи, які завдання завантажуватимуться в обчислювальну систему. Якщо розрахунки зв'язані із застосуванням прямих методів розв'язування систем лінійних рівнянь алгебри (СЛРА), то можна використати LINPACK, у разі застосування ітераційних методів розв'язування СЛРА, потрібно використати, наприклад, ядра SP, BP з NPB і Iterative Solver Benchmark.

Є також популярний набір незалежних тестів SPC (Storage Performance Council) для аналізу продуктивності підсистем зберігання даних. Ці підсистеми включають такі компоненти, як: електронні диски, магнітні диски, магнітні стрічки, оптичні диски, медіароботів, засобів масової інформації роботи програмних систем, програмного забезпечення засобів масової інформації бібліотечних систем, систем резервного копіювання або архівних програм, ієрархічних систем керування зберіганням даних, а також адаптери, контролери та мережі, які підключають пристрої зберігання даних у комп'ютерну систему.

Основні метрики тестового набору SPC-1 – кількість операцій введення-виведення за секунду (IOPS), а також вартість операцій введення-виведення за секунду (\$/IOPS) й усереднений час відгуку (Response Time). Версія тесту SPC-2 розширена засобами аналізу ефективності обробки великих файлів і громіздких запитів до баз даних. Основна метрика – пропускна спроможність (throughput).

З додаванням у 2011 р. тестових наборів SPC-2/E і SPC-2C/E до раніше випущених розширень SPC-1/E і SPC-1C/E SPC ці тести охоплюють повний спектр стандартних тестів зберігання для отримання

показників: порівняльна продуктивність, ціна - продуктивність і енергетичні витрати використання даних. Цей всеосяжний пакет тестів стосується оперативної обробки транзакцій (OLTP), а також послідовного застосування як для складних конфігурацій зберігання так і зберігання компонентів, використання операцій введення-виведення робочого навантаження, які відтворюють функціонування реальних застосувань.

Розглянуті моделі оцінки продуктивності мають обмежену сферу застосування. Вони призначені для вирішення проблеми оцінки продуктивності ЕОМ з урахуванням специфіки майбутнього робочого навантаження. Можливості ж моделювання як інструменту дослідження наявних і проєктованих обчислювальних систем набагато ширше. З допомогою засобів моделювання розв'язуються задачі: вибору первинної конфігурації проєктованої та реконфігурації вже наявної обчислювальної системи; аналізується вплив передбачуваних змін у робочому навантаженні або в ресурсах ЕОМ на продуктивність усієї системи; прогнозуються оптимальні режими функціонування; перевіряються альтернативні стратегії проєктування та досліджуються багато інших проблем.

Умовно виділяється два класи моделей – аналітичні та імітаційні. В аналітичних моделях дуже важко врахувати функціонування програмного забезпечення, особливо роботу керівних програм ОС. Аналітичні моделі відрізняються за типами математичного апарату, що використовується, але частіше для опису обчислювального процесу використовуються марківські моделі.

Розглядають два підходи до побудови імітаційних моделей. Перший із них базується на дослідженні емпіричних даних і співвідношень, що характеризують функціонування обчислювальної системи. Цей підхід дозволяє відтворити роботу обчислювальної системи тільки в минулому часі, коли збирались емпіричні дані. Другий підхід передбачає моделювання виконуваних системою операцій у прив'язці до календаря поточних подій. Функціонування деяких ресурсів системи задається з допомогою задавання ймовірносних законів розподілу часу використання ресурсів, які вважаються незмінними в часі.

У імітаційних моделях другого типу з різним ступенем деталізації, залежно від поставленої мети, відтворюється весь механізм мультипрограмування, мультипроцесування або розділення часу. Зазвичай, використовують мови дискретно-подійного моделювання, такі як GPSS [4] і інші, які дозволяють детально моделювати процеси, що протікають у обчислювальній системі. Ступень детальності

опису залежить від мети моделювання та дозволяє відтворювати роботу прикладних і системних програм.

На сьогодні є спеціалізовані засоби моделювання обчислювальних систем і мереж із готовими до використання бібліотеками для моделювання різних конфігурацій таких систем. Одним із перших таких засобів була пакет CSS (Computer System Simulation), побудований за блочним принципом і схожий на мову GPSS.

Для моделювання модель робочого навантаження можна представити як сукупність моделей завдань. Модель кожного завдання складається з v рядків параметрів завдання, більшість із яких є запитами ресурсів для цього завдання. Найпоширенішими типами параметрів завдання є скалярний параметр і послідовність. Остання є часовим рядом скалярних змінних (детермінованих або випадкових). Наприклад, де l – число рядків друку (скаляр), а решта – послідовності, у яких l позначає довжини записів на магнітних носіях.

Аналітичні моделі здебільшого базуються на теорії масового обслуговування з використанням мереж масового обслуговування (замкнених або розімкнених), в яких робоче навантаження задається як розподіл часу надходження вимог у обчислювальну систему з ймовірностями зайняття певних ресурсів. Ці моделі найбільш узагальнені, але дозволяють у деяких випадках визначити час відгуку на запит користувача з точністю до 10 %.

Література

1. A. Petitet, R. C. Whaley, J. Dongarra, A. Cleary. HPL — A Portable Implementation of the HighPerformance Linpack Benchmark for Distributed-Memory Computers // Netlib Repository, [Electronic resource]. – Access mode: <http://www.netlib.org/benchmark/hpl/>, 2008.
2. The NAS Parallel Benchmarks // NASA Advanced Supercomputing Division, <http://www.nas.nasa.gov/Resources/Software/npb.html>, 2008.
3. SPEC MPI2007 // Standard Performance Evaluation Corporation, [Electronic resource]. – Access mode: <http://www.spec.org/mpi/>, 2008.
4. Томашевский, В.Н., Жданова, Е.Г. Имитационное моделирование в среде GPSS [Текст]. – М.: Бестселлер, 2003, – 416 с.

ПАРАЛЕЛЬНИЙ АЛГОРИТМ ІМІТАЦІЇ ПЕТРІ-ОБ'ЄКТНОЇ МОДЕЛІ

І.В. Стеценко

Київський національний університет будівництва та архітектури

Алгоритми імітації дискретно-подійних систем характеризуються значним зростанням часу виконання при збільшенні складності моделі (кількості подій, що описують її функціонування), що може призводити до суттєвих затримок в управлінських процесах та процесах прийняття рішень, де моделі процесів використовуються як складові компоненти. Тому для дослідження великих систем (транспортних, виробничих, фінансово-економічних, еколого-економічних) задача підвищення швидкості обчислень імітаційної моделі є актуальною. Побудова моделей процесів складних виробничих систем та розбудова на їх основі process-aware інформаційних систем розглядається в роботі [1].

Петрі-об'єктний підхід зменшує час виконання алгоритму імітації за рахунок переходу від перегляду стану елементарних переходів мережі Петрі до перегляду стану груп таких переходів, об'єднаних у змістові об'єкти моделі. Алгоритм імітації Петрі-об'єктної моделі викладений у публікації [1] і є універсальним для класу дискретно-подійних систем. У роботі [2] отримана оцінка складності цього алгоритму аналітичним способом та доведена її справедливості експериментально. Задача розпаралелювання цього алгоритму поставлена в даному дослідженні.

Технології паралельного програмування потребують спеціальної розробки алгоритму, який, по-перше, поділяє усі операції на ті, що можуть біти виконані послідовно, та ті, що можуть бути виконані паралельно, по-друге, визначає окремо послідовність дій кожного потоку. У багатьох прикладних задачах для досягнення значного ефекту паралельні алгоритми будуються з урахуванням специфіки вирішуваної задачі.

Сучасні бібліотеки паралельного програмування містять певні засоби автоматизації побудови паралельних обчислень такі, як розпаралелювання дій циклу або паралельне сортування елементів масиву. Проте, як показало дослідження, їх застосування до алгоритму імітації не дають значного ефекту і, навіть, сповільнюють роботу алгоритму. Це пояснюється тим, що ці дії в алгоритмі повторюються багато разів і кожного разу заново створюються нові потоки для кожного розпаралеленого циклу чи розпаралеленого сортування.

Час, який витрачається на створення потоків, не покривається пришвидшенням, здобутим за рахунок розпаралелювання.

У роботі [3] наведена класифікація існуючих способів розпаралелювання алгоритмів імітації в залежності від рівня, на якому застосовується паралелізм: програмний застосунок, функціонування імітаційної моделі, її алгоритмізація. Усі три способи використовують на різних етапах побудови моделі: розробки моделі засобами графічного інтерфейсу, дослідження моделі експериментальними методами, розробки власне алгоритму імітації. Перші два способи успішно використовуються у прикладних програмах, а третій вимагає спеціальної розробки програми, що враховує особливості конкретної моделі. При паралелізмі імітаційного алгоритму модель розбивають на фрагменти, які можуть певний час виконуватись незалежно один від одного, і запускають їх на одночасне виконання.

Паралельний алгоритм Петрі-об'єктної моделі, який запропонований, побудований за такими правилами:

1. Кожний Петрі-об'єкт здійснює імітацію в локальному часі в окремому потоці.

2. Перехід мережі Петрі об'єкта є вихідним, якщо при його запуску здійснюється вихід у спільну позицію з іншим об'єктом або здійснюється вихід у позицію іншого об'єкта.

3. Перехід об'єкта є вхідним, якщо він має спільну позицію з іншим об'єктом або у його позицію здійснюється вихід з переходу іншого об'єкта.

4. Якщо здійснюється вихід об'єкта А в об'єкт В, то об'єкт А називатимемо *previous*-об'єктом для об'єкта В, а об'єкт В називатимемо *next*-об'єктом для об'єкта А.

5. Припустимо, що модель побудована таким чином, що об'єкт А не може бути одночасно і *previous*-об'єктом і *next*-об'єктом для об'єкта В.

6. Кожний об'єкт, який має *next*-об'єкт, передає йому інформацію про моменти виходу маркерів з об'єкта і призупиняє своє функціонування при значному накопиченні такої інформації.

7. Кожен об'єкт, який має *previous*-об'єкт, здійснює імітацію в межах до наступної події входу в нього маркерів з *previous*-об'єкта, поступово просуваючи свій локальний час до повного вичерпання накопиченої інформації про вхідні події, або очікує надходження інформації про вхідні події зі свого *previous*-об'єкта.

8. Об'єкт, який має *previous*-об'єкт, при досягненні моменту часу входу маркерів в об'єкт, відновлює (запуском *reinststate*-методу)

вихід маркерів у спільну позицію з переходу previous-об'єкта та продовжує імітацію.

9. Об'єкт, який має next-об'єкт, при досягненні моменту виходу маркерів з об'єкта, відмінняє (запуском zrollback-метод) вихід маркерів у позицію next-об'єкта. Цей вихід відновить next-об'єкт у відповідний момент часу свого функціонування.

10. Об'єкт, який вичерпав час моделювання передає повідомлення про це next-об'єкту, якщо такий є, і завершує свою роботу. Разом з завершенням роботи об'єкта завершує роботу і потік, ним генерований).

11. Об'єкт, який отримав від previous-об'єкта сигнал про завершення його роботи і, водночас, вичерпав усі накопичені події, припиняє свою роботу.

Отже, функціонування кожного об'єкта відбувається у тісній взаємодії з його previous та next-об'єктами, але незалежно від інших об'єктів, що надає можливість кільком об'єктам одночасно здійснювати імітацію, не порушуючи логіку функціонування один одного. Узгодження подій в різних об'єктах відбувається за рахунок завдання безпечних інтервалів часу, в межах яких функціонування об'єкта не залежить від інших об'єктів.

Для реалізації алгоритму використовується багатопоточна технологія java та бібліотека java.util.concurrent, що надає можливість гнучкого управління потоками. Експериментальне дослідження алгоритму свідчить про його коректність та ефективність. На рисунку 1 наведена динаміка зростання часу виконання паралельного та послідовного алгоритмів імітації тестової моделі при збільшенні її складності, що визначається кількістю подій, на двох-ядерному комп'ютері.

Таким чином, побудований паралельний алгоритм імітації Петрі-об'єктої моделі,

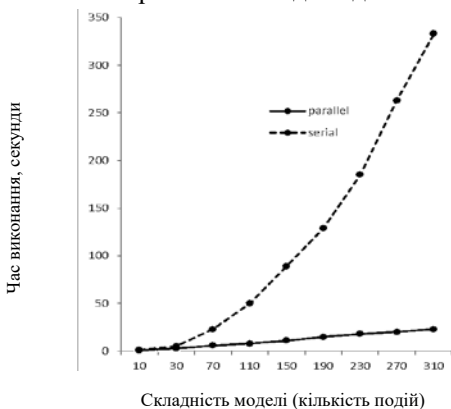


Рис. 1 – Результати експериментального дослідження ефективності паралельного алгоритму імітації

доведена його коректність з використанням тестової моделі, досліджені умови, при яких він забезпечує ефективність. Петрі-об'єктна модель має зручну для організації паралельних обчислень структуру. Одночасне відтворення функціонування об'єктів моделі в окремих потоках з урахуванням динаміки тільки об'єктів, з якими вони безпосередньо зв'язані, надає можливість досягти лінійного залежності часу виконання алгоритму від складності алгоритму. Оскільки Петрі-об'єктний підхід є універсальним для дискретно-подійних систем, то розроблений алгоритм може стати універсальним засобом для паралельної імітації таких систем.

Література

1. W.M.P. van der Aalst Process-Aware Information Systems: Lessons to be Learned from Process Mining [Text] // Transactions on Petri Nets and Other Models of Concurrency II. Special Issue on Concurrency in Process-Aware Information Systems. - Springer, 2009. - P.1-26.
2. Стеценко, И.В. Алгоритм имитации Петри-объектной модели [Текст] // Математичні машини і системи. – Київ, 2012. - №1. – С.154-165.
3. Stetsenko Inna V., Dorosh Vitaliy I., Dyfuchyn Anton Petri-object simulation: sofware package and complexity [Text] // Intelligent Data Acquisition and Advanced Computing Sysytems: Technology and Applications (IDAACS), 2015 IEEE 8th International Conference. – IEEE, 2015. – Vol.1. – P.381-385.
4. Walter, J.C. Parallel Simulation of queueing Petri Net models // Karlsruhe Institute of technology. Diploma thesis. – 2013. – [Електронний ресурс] – Режим доступу : <https://sdqweb.ipd.kit.edu/publications/pdfs/walter2013-parallel.pdf>

УДК 004.75

МОДЕЛИРОВАНИЕ ОБЛАЧНОЙ СИСТЕМЫ ВИДЕОНАБЛЮДЕНИЯ

Е.И. Дятлов

*Институт проблем математических машин и систем НАН Украины,
Украина*

Облачные вычисления становятся все более доступными и популярными. Как следствие, все ресурсоёмкие программные решения будут пытаться задействовать облачные вычисления в рамках собственных решений. Видеонаблюдение одна из важных задач в современном мире. Видеонаблюдение может предупредить преступление,

может послужить доказательством в суде, а так же сделать мир лучше с помощью интеллектуальных систем видео аналитики.

Для обеспечения непрерывной работы системы видеонаблюдения в режиме 24/7 необходимо разработать модель, которая будет соответствовать таким характеристикам: отказоустойчивая, избыточная, распределенная. Необходимо описать основные компоненты системы облачного видео наблюдения и предложить методы резервирования каждой подсистемы.

Облачная система видеонаблюдения, состоит из камер и набора сервисов, которые отвечают за различные задачи. Рис. 1 отображает основные сервисы: Connector, Processing Nodes, Database, Distributed File Storage (DFS), API.

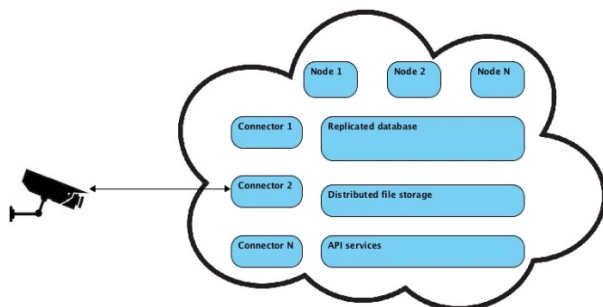


Рис 1. Общая структура сервисов

Первая служба, с которой контактирует камера после загрузки – Connector. Данный сервис предоставляет список серверов (Processing Nodes), которые могут обслужить подключение данной камеры. Один из наиболее простых способов резервировать данную службу – использование нескольких экземпляров сервиса, которых объединяет единая DNS запись типа A. Данный подход называется Round Robin DNS [1].

Как только камера получила список серверов (Cloud Nodes) она устанавливает соединение с ними в случайном порядке, согласно описанной схеме [2].

Отказоустойчивость базы данных не содержит технологических новшеств. Согласно лучшим практикам обязательно должны применяться репликации и регулярное резервное копирование.

Отдельного внимания заслуживает Distributed File Storage (DFS). Модель ее функционирования представлена на рис. 2.

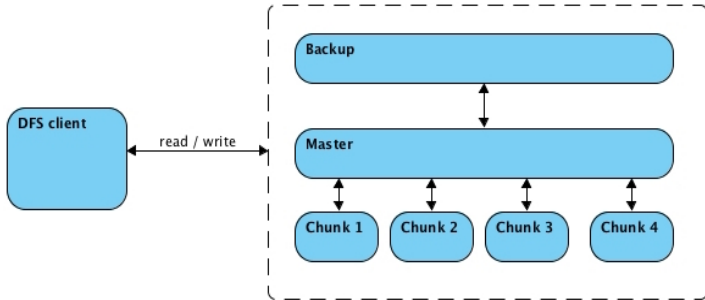


Рис. 2. Модель распределенного файлового хранилище

Основной принцип, который лежит в основе распределенного хранения данных – хранить копии файлов на различных физических серверах. Это позволяет обеспечить максимальную отказоустойчивость, т.к. даже в случае выхода из строя сервера – мы всегда имеем вторую (или даже третью) копию необходимого файла.

Основной рабочий сервис Cloud Node (рис. 3) резервируется запуском необходимого количества экземпляров сервиса, нагрузку между которыми распределяет сервис Connector.

Выводы. Согласно сервисной модели предоставления услуг описываемая модель является SaaS [4] решением. Помимо надежности облачной архитектуры, в которой может функционировать сервис, модель сервиса является сама по себе отказоустойчивой, распределенной и избыточной. Данный синтез распределенной системы на облачной основе предоставляет максимальную надежность системы в целом.

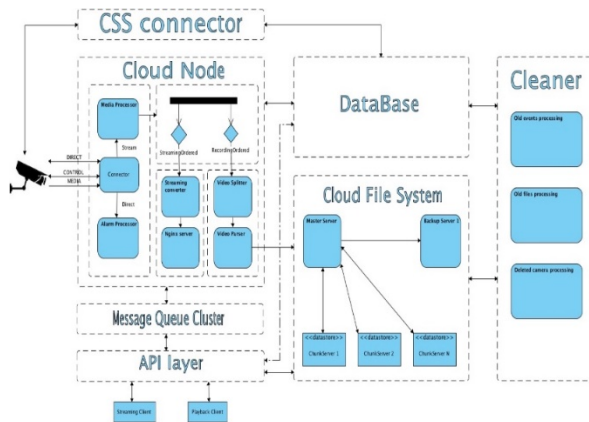


Рис. 3. Модель облачной системы видеонаблюдения

Литература

1. Ron Aitchison. Pro DNS and BIND [Text]. - Apress, 2005. ISBN-13: 978-1590594940
2. Дятлов, Е.И. Использование облачных технологий видеонаблюдения в рамках программы интеллектуального города [Текст] // Сборник конференции Inudeco'16.
3. Дятлов, Е.И. Балансировка нагрузки в распределенных вычислительных системах. Системи обробки інформації [Текст]: збірник наукових праць. – Х.: Харківський університет Повітряних Сил імені Івана Кожедуба, 2015. – Вип. 136.
4. Michael J. Kavis Architecting the cloud. Design decisions for cloud computing service models (SaaS, PaaS and IaaS) [Text]. - Wiley, 2014.

УДК 004.67 : 004.78

ПІДХІД ДО РОЗРОБКИ КОМП'ЮТЕРНОЇ СИСТЕМИ НАВЧАННЯ ІНВАЛІДІВ ЗОРУ

Є.Б. Артамонов

Національний авіаційний університет, Київ

За статистикою, в Україні живе більше 50 тисяч сліпих людей. За відсутності зору сліпим людям доводиться покладатися на інші джерела інформації, такі як звук та тактильні відчуття. Так для читання одним з найрозповсюдженіших тактильних шрифтів є шрифт Брайля.

В Україні не більше 10 % інвалідів зору володіють шрифтом Брайля, що практично унеможливує їх інклюзивну освіту у зв'язку з відсутністю достатнього різноманіття книг шрифтом Брайля [1].

Проблема незнання шрифту Брайля та складність у його опануванні загострює інші проблеми: особливості адаптації, особистісного розвитку незрячих та слабозорих людей. При цьому більшість тифлопедагогів відзначають необхідність застосування комп'ютерних технологій в процесі професійної підготовки незрячих людей під час навчального процесу [2, 3, 4].

В той же час в освітніх центрах провідних країн світу впроваджуються нові методики підвищення ефективності засвоєння навчальних матеріалів і якості навчання [5]. Створюються нові програмні та апаратні рішення, більшість з яких опираються на використання методів штучного інтелекту в інформаційних системах навчання. Ці системи здатні накопичувати навчальний матеріал, методичні

знання кращих викладачів, контролювати знання учнів, налаштувати навчальний процес під вимоги слухачів. Дані підходи можна використовувати і для навчання людей з вадами зору.

Ціль та задачі дослідження

Метою дослідження є практичний аналіз можливих підходів до реалізації апаратно-програмних систем для навчання інвалідів зору.

Задачею дослідження є обґрунтування можливості побудови адаптивних навчальних курсів для в системі освіти інвалідів зору.

Для досягнення поставленої мети були поставлені наступні завдання:

1. Дослідити існуючі підходи побудови навчальних курсів з можливістю адаптації до окремого слухача.

2. Описати можливі підходи до реалізації адаптивних навчальних курсів для інвалідів зору.

Принципи адаптивного представлення навчальних матеріалів. Для формування адаптивного контенту є сенс використовувати підходи побудови динамічних сценаріїв, які використовуються в комп'ютерних іграх та інтерактивних книжках. До них відносяться наступні принципи:

- нелінійності сюжету,
- різноманітності рішень,
- незакріпленого порядку розв'язків,
- багатоваріантних способів проходження.

Принцип нелінійності сюжету – це сюжет, який в певних місцях має розгалуження. Зазвичай користувач повинен зробити якийсь вибір і, в залежності від цього зміниться наступний матеріал.

Принцип різноманітності рішень – це нелінійність, в якій не обов'язково виконувати завдання (читати текст, розв'язувати рівняння) так, як задумав автор. У структурі закладена можливість знайти самостійне рішення. Така нелінійність вимагає врахування додаткових параметрів або відомостей про користувача.

Принцип незакріпленого порядку розв'язків – це можливість користувача самостійно обирати порядок виконання завдань, на відміну від лінійних електронних підручниках, де користувач повинен виконати спочатку перше завдання, за ним – друге, а вже потім – третє. Якщо зробити, щоб завдання генерувалися самі, і їх можна було виконувати в будь-якій послідовності, то вийде гри типу «пісочниця».

Принцип багатоваріантних способів проходження – це нелінійність, в якій щоб пройти з точки А в точку Б потрібно виконати будь-яке проміжне завдання на вибір. При бажанні можна виконати будь-

яку їх кількість, але для проходження далі досить виконати тільки одне. Часто це використовується в сюжетах, в яких одне й те саме завдання можна виконати декількома різними способами. Зазвичай спосіб вирішення ні на що в подальшому навчанні не впливає.

Технологія коректного зв'язування елементів тексту. Для вирішення питання коректного зв'язування елементів тексту, яке дозволить подавати інформацію як у повній формі, так і для реалізації принципів багатосценарного підходу було вирішено представити зміст підручника за схемою, що детально розглядалась в роботі [6], та має три рівні представлення.

Рівень перший: представляє собою текст в книзі без будь яких скорочень та оброблювань.

Цей рівень призначений для використання людьми які тільки знайомляться з даною тематикою книги.

Рівень другий: на цьому рівні текст книги проходить певну обробку (детальніше вона описана нижче) яка дозволить користувачу с поверхневим або середнім знанням тематики книги отримати найбільш точну інформацію, без потреби читати те що користувач вже знає.

Рівень третій: інформація на цьому рівні проходить найдетальнішу обробку. Користувач цього рівня вимагає лише загального уявлення про тематику книги та потребує тільки представлення окремих точних теорем та формул без будь-яких пояснень.

На кожному із трьох рівнів у користувача є доступ до пошукової системи яка дає змогу знайти в книзі все необхідне.

Програмні засоби відстеження зацікавленості змістом тексту. Питання відстеження зацікавленості читача з точки зору програмної реалізації складається з наступних рішень:

1) контроль часу знаходження на сторінці, що автоматично переводить всі елементи даної сторінки на новий рівень розкриття, також отримують більший статус всі елементи тексту, які змістовно пов'язані з елементами даної сторінки;

2) контроль переходів між елементами, які мають змістовні зв'язки – даний контроль вимагає гнучкого нарахування балів статусу розкриття окремим елементам тексту;

3) контроль побічних дій користувача, таких як рухи маніпулятором, натискання клавіш, копіювання і вставлення елементів тексту в інші програми.

На першому етапі впровадження програми основним контролюючим параметром використовувався час, який читач витрачає на ознайомлення з елементом тексту.

Після перетину визначеної величини часу для даного елемента тексту відкриваються для доступу всі пов'язані з ним елементи і починають нараховуватись додаткові бали відкриття для всіх зв'язків першого і другого рівнів (після досягнення визначеної кількості сумарних балів відкриваються і вони).

При цьому користувача усунено від гнучкого маніпулювання переходами з одного рівня на інший. Але йому надана можливість заздалегідь визначити рівень розкриття змісту тексту чи вказати на помилкові (на його думку) зв'язки.

Висновки. Потенціал підручників з можливістю адаптації матеріалів під користувачів особливо важливий в системі освіти людей з вадами зору. З огляду на великий обсяг інформації, з якою незряча людина не може ознайомитись в короткий час, є необхідність впроваджувати режим ознайомлення, який передбачає представлення навчального контенту на мінімальному рівні розкриття.

В результаті проведеної роботи було:

- розроблено загальну концепцію програмного середовища для реалізації електронних підручників з змістом, який автоматично змінюється за рівнем глибини подання інформації – на основі даного аналізу було розроблено схему розбиття тексту електронних книг на окремі модулі і створення зв'язків між цими модулями;

- вивчено залежності прямих і вторинних ознак зацікавленості текстом – результатом є визначення основних механістичних ознак зацікавленості текстом: 1) контроль часу знаходження на сторінці і 2) контроль рухів маніпулятора;

- розроблено механізми зв'язування елементів тексту, яке дозволить подавати інформацію як у повній формі, так і у реферативному вигляді;

- проведено аналіз принципів динамічного представлення навчальних матеріалів.

Література

1. Артамонов, Є.Б., Кременецький, Г.М., Длужевський, А.О., Панфьоров О.В. Підходи до реалізації апаратно-програмного навчального комплексу шрифту Брайля [Текст] // Вісник Національного технічного університету «ХПІ». Збірник наукових праць. Серія: Механіко-технологічні системи та комплекси. – Х.: НТУ «ХПІ» – 2015р. - №49(1158). – С. 85-88.
2. Кобзарь, А. В. Барьеры в обучении школьников с альтернативным развитием в США [Текст] / А. В. Кобзарь, И. С. Бессарабова // Электронный журнал "Современные исследования социальных проблем". – 2015. – №7(51). – С. 514-528.

3. Красномовець, В. А. Людський розвиток осіб з інвалідністю в Україні: оцінка стану забезпечення [Текст] / В. А. Красномовець // Наукові праці КНТУ. Економічні науки. – 2010. – № 17. – С. 367-373.
4. Лозицький, О. А. Інформаційні технології бібліотек для людей з вадами зору [Текст] / О. А. Лозицький, О. В. Пасічник // Сучасні проблеми діяльності бібліотеки в умовах інформаційного суспільства: наук.-практ. конф, 12 лист. 2009 р., Львів. – Львів: Видавництво Національного університету «Львівська політехніка». – С. 168-173.
5. Sato, S., Sasaki, Y. Automatic Collection of Related Terms from the Web [Text] // The Companion Volume to the Proceedings of 41st Annual Meeting of the ACL, Sapporo, Japan, 2003. – P. 121–124.
6. Artamonov, E.B. Concept of creating a software environment for automated text manipulation [Text] // Artamonov E.B., Zholdakov O.O. – Scientific journal “Proceedings of the National Aviation University”. – K.: NAU. – 2010. – Вип. 3 (44). – P. 111 – 115.

УДК 004.94

ЯЗЫК БЛОЧНОГО ИМИТАЦИОННОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ ДЛЯ АВТОМАТИЗИРОВАННЫХ СИСТЕМ

В.В. Литвинов, А.А. Задорожний

Черниговский национальный технологический университет, Украина

Современный язык имитационного моделирования должен предоставлять возможность создавать сложные имитационные модели с разветвленной сетевой структурой. Если говорить о блочном языке имитационного моделирования, то он, как правило, включает в себя два аспекта: функциональные блоки и управляющие блоки. Функциональные блоки предназначены для осуществления различных функциональных преобразований. Функциональные блоки могут быть представлены преобразованиями в виде формул либо в виде автоматов. Таким образом, современный язык имитационного моделирования является двухуровневым.

На рис. 1 представлена блочная модель, описанная на языке, созданном на основании комбинации сетей Петри, агрегатов и WRIGHT архитектуры.

В начальный момент модельного времени элемент «Generator activity 1» производит генерацию маркера данных, в который упаковывается вектор данных, полученный случайным образом.

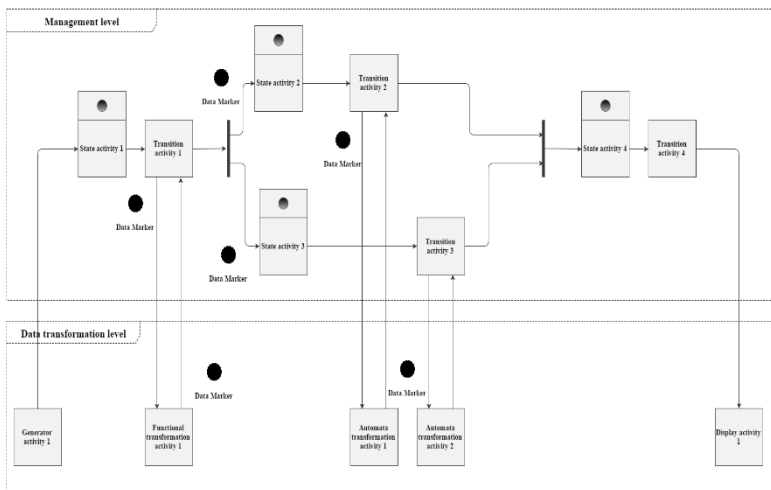


Рисунок 1 – Двухуровневая структура предложенного языка моделирования

Маркер данных мгновенно попадает в элемент «State activity 1», присоединенный к элементу «Generator activity 1» каналом данных. Если количество маркеров данных в элементе State activity достаточно, то происходит активация перехода «Transition activity 1». При активации перехода «Transition activity 1» происходит передача маркера данных элементу «Functional transformation activity 1», а выполнение перехода приостанавливается до момента возврата ему маркера данных. При поступлении маркера на вход элемента «Functional transformation activity 1» происходит извлечение данных с маркера, выполняются преобразования данных необходимые для выполнения функционального преобразования, а затем выполняется само функциональное преобразование. Полученные данные упаковываются в маркер данных и передаются по каналу данных элементу «Transition activity 1». При получении маркера данных элементом «Transition activity 1» происходит срабатывание перехода, система меняет свое состояние и происходит продвижение модельного времени. Маркер данных передается от элемента «Transition activity 1» на элемент разветвления-слияния канала данных. Происходит дублирование маркера данных и вместо одного маркера в системе при параллельном выполнении двух веток находится одновременно 2 маркера данных. Один из маркеров попадает в элемент «State activity 2», а второй в элемент «State activity 3». Происходит параллельное выполнение

двух веток. Поскольку маркеров данных достаточно как в элементе «State activity 2», так и в элементе «State activity 3», то происходит активация переходов «Transition activity 2» и «Transition activity 3». Маркеры данных мгновенно передаются элементам «Automata transformation activity 1» и «Automata transformation activity 2». Принцип работы «Automata transformation activity 1» и «Automata transformation activity 2» схож с принципом работы элемента «Functional transformation activity 1». После преобразования данных и упаковки данных в маркеры данных они передаются по каналам данных назад в элементы «Transition activity 2» и «Transition activity 3», а затем происходит срабатывания этих переходов. Слияние данных в единый маркер данных происходит в элементе разветвления-слияния канала данных, а затем маркер данных попадает в элемент «State activity 4», поскольку в этом элементе маркеров данных достаточно, чтобы сработал переход «Transition activity 4», то маркер данных попадает на элемент «Display activity 1». Этот элемент либо отображает результат на экране, либо производит протоколирование полученных данных.

Таким образом, предложенный язык моделирования позволяет моделировать не только временные аспекты поведения системы, но и аспекты, связанные с функциональными преобразованиями, протекающими в системе, что является важным с точки зрения автоматизированных систем.

Литература

1. Киндлер, Е. Языки моделирования [Текст]. - М.: Энергоатомиздат, 1985.
2. Шеннон, Р. Имитационное моделирование систем – искусство и наука [Текст]. - М.: Мир, 1978.
3. Полляк, Ю.Г. Вероятностное моделирование на электронных вычислительных машинах [Текст]. – М.: Советское радио, 1971. — 400 с.

УДК 517.9:004.3

РАЗРАБОТКА ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ СЕГМЕНТАЦИИ ИЗОБРАЖЕНИЙ НА ОСНОВЕ МЕТОДОВ КЛАСТЕРИЗАЦИИ

Л.В. Васильева, А.Ф. Тарасов, И.А. Гетьман

Донбасская государственная машиностроительная академия

Одним из элементов научных публикаций может быть снимок сканирующего электронного микроскопа, работающего в режиме

дифракции обратнорассеянных электронов (ДОЭ/EBSD), для определения параметров ориентировки зерен, текстуры в локальной области образцов, разориентировки границ зерен и т.д. [1]. Как правило, иллюстрации содержат изображения предмета исследования перед началом, в процессе и в конце исследований.

В связи с этим, составляющей частью интегрированного программного комплекса должно быть специализированное программное обеспечение, реализующее применение методов обработки изображений, в том числе металлографических, для распознавания элементов изображений и их геометрических параметров.

В тоже время обработка изображения – одна из наиболее значительных задач в распознавании образов, при котором связанные участки сегментируются в однородные области. Сегментация изображения является первым шагом на пути понимания и анализа изображения и признана одной из наиболее трудных задач, т.к. не существует общепринятых моделей или аналитических решений для сегментации изображения.

Набор предложенных методов сегментации, может быть классифицирован следующим образом: гистограмма пороговой обработки, кластеризация, выращивание областей, основывающиеся на краях, основанные на физической модели, фаззи-подход, нейросетевые методы [2].

Возможность распознавания опирается на схожесть однотипных объектов по заданным признакам. Отсюда возникает возможность разбиения всего множества объектов на непересекающиеся подмножества – классы, элементы которых имеют некоторые схожие свойства, отличающие их от элементов других классов.

Разбиение рассматриваемого множества объектов на классы Ω_i может быть задано различными способами [3]. Т.к. для рассматриваемой задачи объекты описываются векторами признаков или измерений, класс можно рассматривать как кластер. Поэтому в качестве способа разбиения выбрана кластеризация.

Техника кластеризации выделяет однородные кластеры точек в пространстве признаков (такие как RGB цветовое пространство, HSV цветовое пространство и т.п.) и метка каждого кластера рассматривается как отдельная область. Обычно используется критерий однородности, основанный на схожести цветов, т.е. расстояние от одного кластера до другого в пространстве цветовых признаков может быть меньше порогового. Недостатком этого метода является то, что он не учитывает локальную информацию между соседними пикселями.

В предложенной работе распознавание осуществляется на основе расчёта расстояния объекта до каждого из имеющихся кластеров. Если кластеры достаточно разнесены в пространстве, при распознавании хорошо работает метод оценки расстояний от рассматриваемого объекта до каждого из кластеров. Сложность распознавания возрастает, если кластеры перекрываются. Обычно это является следствием недостаточности исходной информации и может быть разрешено увеличением количества измерений объектов. Для задания исходных кластеров можно использовать процедуру обучения.

Исходя из этих соображений, разрабатывался специализированный программно-методический комплекс для реализации алгоритмов выделения на металлографическом изображении областей заданного цветового диапазона (карты ориентировок), характеризующую форму и ориентацию зерен, а также выделение контуров.

Была разработана структурно-функциональная диаграмма исследования металлографических изображений методами кластерного анализа и алгоритм реализации обработки металлографического изображения. На вход программно-методического комплекса подаются графические данные, преимущественно в формате jpeg, данные о форме, цветовом диапазоне, площади; осуществляется инициализация начальных положений центров кластеров. На следующем шаге рассчитывались координаты центров кластеров, определялась принадлежность объектов к кластерам. Изображения распознаваемых объектов представлялись в виде многомерных векторов признаков $X_k = \{x_1, \dots, x_n\}$. Принадлежность к выбранному классу определялась вычислением меры близости рассматриваемого вектора к области определения класса $\rho(x_i, x_j)$. В качестве такой меры использовалось евклидово расстояние. Определенная сложность возникает относительно выбора изначального числа кластеров. На данном этапе работы возможное число кластеров определялось итерационно по результатам ряда экспериментов и анализа полученных результатов. В качестве метода кластеризации выбран наиболее распространенный среди неиерархических методов алгоритм k-средних (k-means), для возможности использования которого необходимо иметь гипотезу о наиболее вероятном количестве кластеров [4].

Процесс вычисления центров и перераспределения объектов продолжается до тех пор, пока не выполнено одно из условий: кластерные центры стабилизировались, т.е. все наблюдения принадлежат кластеру, которому принадлежали до текущей итерации; либо число итераций равно максимально заданному числу итераций. Первичная

кластеризация данных металлографического анализа производилась по одному признаку – цвету. Исходное изображение представляется в цветовой модели RGB.

Чтобы обеспечить возможность наилучшего распределения информации в цветовом пространстве, используется карта сегментации как предварительная информация. Эксперименты показали, что использование цветового пространства Красный – Зелёный – Синий (КЗС или RGB) не подходит, поэтому использовалось пространство Цветовой тон – Насыщенность – Яркость (HSV — Hue, Saturation, Value), которое хорошо подходит для описания цветов с практической точки зрения для получения большего количества данных.

В рамках данной работы была создана программа генерации специальных тестовых изображений для программных комплексов обработки графических объектов [5].

Для оценки устойчивости разработанного программного обеспечения сегментации изображений к искажениям (шумам) к тестовому изображению были применены несколько фильтров пакета программ AdobePhotoshop: "Акварель", "Контурная резкость", "Кракелюра", "Акцент на краях", "Очертание краев", "Мокрая бумага", "Размытие диафрагмы", "Шпатель". Для чистоты эксперимента, для всех изображений, которые распознавались при помощи ПМК, задавались одинаковые параметры цветового диапазона: первая граница соответствует значению – 255 10 0 2,35, вторая граница – 0 255 0 120 (формат RGB). Рассчитывалась погрешность расчёта площади объектов заданного цветового диапазона.

Расчет относительной погрешности выполнялся по формуле:

$$\Delta = \frac{|S_o - S_\phi|}{S_o} \cdot 100 \cdot$$

где S_o – площадь изображения без применения фильтра, S_ϕ – площадь изображения с применением фильтра. Проведенный анализ показал устойчивость алгоритма (наибольшая относительная погрешность 5,9%).

Таким образом, в результате выполненной работы разработан устойчивый алгоритм цветовой сегментации изображения. Исходное изображение, представленное в цветовой модели RGB, конвертировалось в HSV модель, в результате чего была уменьшена вычислительная сложность и получен больший набор данных для исследования. В качестве метода кластеризации использован алгоритм k-средних (k-means). Эксперименты показали, что

предложенный метод перспективен для сегментации и обработки металлографических изображений.

Литература

1. Варюхин, В. Н. Возможности метода дифракции обратнорассеянных электронов для анализа структуры деформированных материалов [Текст] / В. Н. Варюхин, Е.Г. Пашинская, А.В. Завдоев, В.В. Бурховецкий. – К.:Наук. думка, 2014. – 103 с.
2. Linda G. Shapiro. Computer Vision [Text] / Linda G. Shapiro, George C. Stockman // New Jersey, Prentice-Hall, 2001. – P. 279-325.
3. Бирюков, А.С. Решение задач кластерного анализа коллективами алгоритмов [Текст] / А.С. Бирюков, В.В. Рязанов, А.С. Шмаков // Ж. вычисл. матем. и матем. физ., Т. 48 (1). - 2008 - С. 176–192.
4. Мандель, И.Д. Кластерный анализ [Текст] / И.Д. Мандель. – М.: Финансы и статистика, 1988. – 176 с.
5. Васильева, Л.В. Программа генерации тестовых изображений для программных комплексов обработки снимков металлографического анализа [Текст] / Л.В. Васильева, И.А. Гетьман, С.К. Добряк // Наук. пр. Донецького національного технічного університету. Серія: Обчислювальна техніка та автоматизація, № 1(29) – Покровськ (Красноармійськ): ДонНТУ, 2016. - С. 39–46.

УДК 004.43

МАТЕМАТИЧНЕ МОДЕЛЮВАННЯ ЗА ДОПОМОГОЮ MATHCAD

В.І. Гур'єв, І.В. Фірсова

Чернігівський національний технологічний університет

Математичне моделювання – це засіб реального вивчення об'єкта, процесу або системи шляхом заміни математичною моделлю, яка більш адаптована для дослідження за допомогою ЕОМ. Математична модель це наближене представлення реальних процесів, формалізований опис об'єкта за допомогою логіко-математичних конструкцій, схем, алгоритмів, що описують властивості об'єкта, його параметри, зв'язки.

Розрізняють наступні види математичного моделювання: вербальні, табличні, аналітичні, графічні та алгоритмічні. За побудовою вони можуть бути аналітичні та імітаційні. Аналітичні, в залежності від математичної проблеми розподіляються на типи:

- рівняння;

- апроксимаційні задачі;
- оптимізаційні задачі;
- стохастичні задачі.

Імітаційні моделі описуються набором алгоритмів, дають можливість за допомогою ЕОМ проводити обчислювальні експерименти з математичними моделями, які імітують реальні процеси. Вони дозволяють за вихідними даними отримати відомості про стан процесу у довільний проміжок часу.

Якщо описується поведінка об'єкту у даний момент часу, то така модель – статична, динамічна модель відображає поведінку об'єкту на протязі певного часу.

За станом відповідності між математичною моделлю та реальним об'єктом модель може бути ізоморфна, коли між нею та реальним об'єктом існує повна відповідність; та гомоморфна – коли існує відповідність тільки між найбільш значними складовими їхніми частинами. За формою представлення моделі поділяються на:

- інваріантні, що представляють систему рівнянь, що не пов'язана з методом розв'язання;
- аналітичні, що відображаються явними залежностями змінних;
- графічні – за допомогою схем;
- алгоритмічні, які пов'язані з вибраним чисельним методом розв'язання та його реалізацією у вигляді алгоритму.

Для нескладних математичних моделей можна знайти аналітичний розв'язок, який здобутий шляхом математичних перетворень, але точність такого розв'язку мала. Для більш складних моделей аналітичний розв'язок не завжди вдається знайти. Тому використовують чисельні методи, що дозволяють отримати якісний опис об'єкта, вони дозволяють розв'язувати задачу з використанням математичних операцій над числами, та відповідь отримують теж у вигляді чисел. Чисельні методи поділяються на наближені та точні. Наближені методи дають можливість розв'язувати задачу з певною похибкою, а точні без неї.

MathCad від самого початку створювалась для чисельного розв'язання математичних задач, вона орієнтована на розв'язання прикладних, а не теоретичних задач, коли потрібно отримати результат без поглиблення до математичної сутності задачі. Система MathCad дозволяє зручно та наочно знаходити похідні, інтегрувати, розв'язувати звичайні диференціальні рівняння, тощо. До системи MathCad вбудовано декілька чисельних методів інтегрування. Метод вибирається автоматично, для його зміни потрібно клацнути правою

мишкою по оператору інтегрування та у контекстному меню, що з'явиться (рис.1), вибрати необхідний:

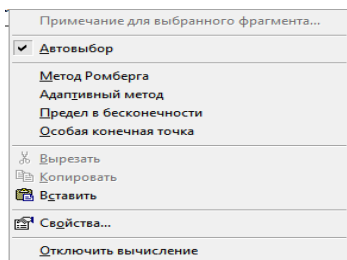


Рис. 1. Контекстне меню

Метод Ромберга використовується для обчислення інтегралів від функцій, що не мають особливостей – це основний метод системи MathCad.

Для функцій, що швидко змінюються на проміжку можна використати *Адаптивний метод*. При цьому розбиття інтервалу не постійне, а змінюється в залежності від швидкості зміни функції. Порівняно з попереднім методом він дає більш точний результат. Можна інтегрувати функції, які мають розриви. Цей метод використовується за замовчанням. Для обчислення невластних інтегралів використовуються *Предел в бесконечности та Особая конечная точка*.

Виконувати обчислення в системі MathCad можна як чисельно так і символно. До символних операцій відносяться основні операції алгебри та математичного аналізу, зокрема знаходження похідних, інтегралів, границь, перетворення виразів, тощо. Чисельні операції дають можливість знаходити корені рівнянь та систем, розв'язувати оптимізаційні задачі, деякі диференціальні рівняння, тощо.

Для символного розв'язання використовується знак \rightarrow , що знаходиться на панелі *Символьные* (рис.2).

Для чисельного розв'язання використовується знак $=$, який вставляється за допомогою клавіатури або з панелі *Калькулятор* (рис.3).

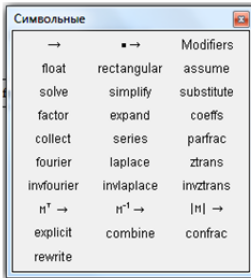


Рис.2. Панель *Символьные*

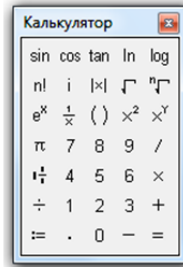


Рис.3. Панель *Калькулятор*

Приклади обчислення визначеного та невласного інтегралів, з використанням методу за замовчанням зображено на рис.4 та 5.

$$\int_0^1 \frac{e^x}{1 + e^{2x}} dx = 0.433 \quad \text{чисельне розв'язання}$$

$$\int_0^1 \frac{e^x}{1 + e^{2x}} dx \rightarrow \operatorname{atan}(e) - \frac{\pi}{4} \quad \text{символьне розв'язання}$$

Рис.4. Обчислення визначеного інтеграла

$$\int_a^\infty \frac{1}{x^2} dx \rightarrow \begin{cases} \infty & \text{if } a \leq 0 \\ \frac{1}{a} & \text{if } a = 1 \vee a \neq 0 \wedge a \geq 0 \end{cases}$$

Рис.5. Обчислення невласного інтеграла

У разі розривної функції чисельний розв'язок може видати помилку (червоний колір), тому треба використати символьний розв'язок рис. 6.

$$\int_0^2 \frac{1}{2-x} dx \rightarrow \infty$$

Это вычисление не приближается к решению.

Рис.6. Розривна підінтегральна функція

Система MathCad досить ефективна у навчальному процесі, її можна ефективно використовувати при вивченні багатьох дисциплін, зокрема: комп'ютерних числень, математичного моделювання, алгоритмів та методів обчислень, теорії ймовірностей, оптимізаційних методів, тощо.

Література

1. Бахрушин, В.Є. Математичне моделювання [Текст] : Навчальний посібник. – Запоріжжя: ГУ "ЗІДМУ", 2004. – 140 с.
 2. Гур'єв, В.І., Фірсова, І.В. Моделювання транспортної задачі за допомогою Mathcad [Текст] // Математичне та імітаційне моделювання систем. МОДС 2015: тези доповідей 10 міжнародної науково-практичної конференції (Чернігів, 22-26 червня 2015 р.) – Чернігів: ЧНТУ, 2015. – С. 229-233.
 3. Дьяконов, В. П. Mathcad [Текст]: Учебный курс. - СПб.: Питер, 2000. – 454 с.
 4. Сяєв, А.В. Вступ до системи MathCad [Текст]: Навч.посіб. – Д: Вид-во Дніпропетр. Ун-ту, 2004. – 108 с.
- Чисельне обчислення функцій, характеристик матриць і розв'язування нелінійних рівнянь та систем рівнянь: Навч. посібник / Шаповаленко В. А., Буката Л. М., Трофименко О. Г. – Одеса: ВЦ ОНАЗ, 2010. – Ч. 1. – 88 с.

УДК 004.051

MULTIPURPOSE APPLICATION LEVEL PROTOCOLS FOR MOBILE APPLICATIONS IN THE CLIENT SERVER ENVIRONMENT

Andrii Mokrohuz

Chernihiv National University of Technology, Ukraine

There are many different application level protocols, which are used for data transferring. All of them are designed to serve different purposes. For instance, Hypertext Transfer Protocol (HTTP) is used to transfer data in the Word Wide Web. It supports any type of data and works in client server environment via request response model. Another example of the application level protocol is File Transfer Protocol (FTP). Its main purpose is serving files to clients. It also works with the client-server architecture. Constrained Application Protocol (CoAP) [1] appeared couple years ago. Very simple electronic device can use it to communicate over the Internet. Protocol SPDY [2] is an alternative to HTTP and it is intended to solve some performance issues, which HTTP has. There are

many examples of the application level protocols, and almost all can be used by mobile applications. This work considers performance of some application level protocols and how they can be used with mobile applications.

The next criteria were defined to find the most appropriate application level protocols.

1. Amount of a technical data transferred.
2. Protected data transfer reliability and performance.
3. Speed of data transferred from a client to a server and from a server to a client. Client is a mobile application.
4. Popularity of the protocol in terms of software development tools.
5. Overall performance.
6. Pros and cons of an application level protocols in terms of mobile application communication with a server.

However, mobile devices have some limitation and their performance depends on many factors. For instance, performance of mobile applications and generally mobile devices depends on how fast data can be transferred, received and processed by a client application. Performance of each mobile application, which works in the Internet, can be measured, especially if it is an online application [3].

For testing purposes, online mobile application will be created to investigate performance of some application level protocols. The results of the experiments and comparison of protocols will give us clear understanding of the best protocol or protocols, which can be used to implement communication for client server architecture where client is a mobile application.

References

1. Z. Shelby, Sensinode, K. Hartke, C. Bormann, and U. B. TZI, "Constrained application protocol (coap) draft-ietf-core-coap- 17," [Electronic resource]. – Access mode: <http://tools.ietf.org/html/draft-ietf-core-coap-17>, 2013.
2. J. Erman, V. Gopalakrishnan, R. Jana and K. K. Ramakrishnan, "Towards a SPDY'ier Mobile Web?" [Text] // IEEE/ACM Transactions on Networking. – 2015. - Vol. 23, no. 6. - PP. 2010-2023.
3. V. S. Sundara Rajan, A. Malini and K. Sundarakantham, "Performance evaluation of online mobile application using Test My App" ?" [Text] // Advanced Communication Control and Computing Technologies (ICACCCT). –International Conference on, Ramanathapuram. – 2014. - PP. 1148-1152.

Такой подход имеет ряд недостатков:

- Дисциплины группируются по заданной структуре (сначала нормативная часть, потом вариативная часть);
- Нет возможности представить последовательность изучения дисциплин внутри цикла;
- Нет возможности представить взаимосвязи между циклами дисциплин;
- Нет возможности представить семестровый список дисциплин по циклам;

Большое количество цифровых данных на экранной форме усложняет работу пользователя. [3,4]

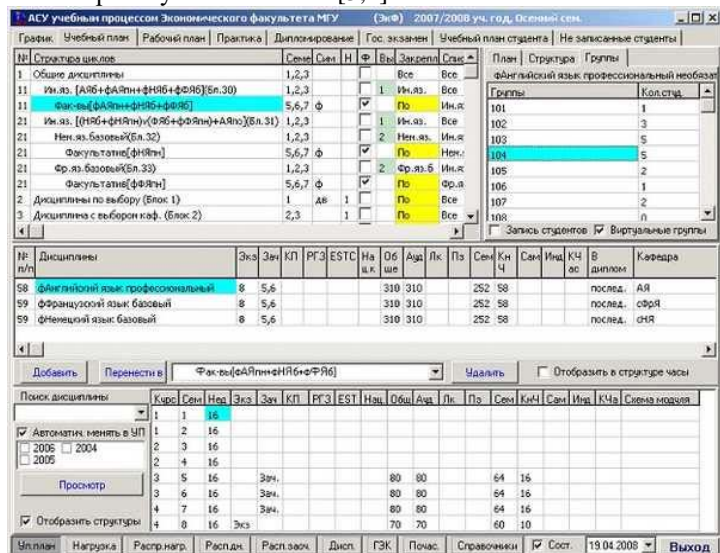


Рис. 2. Интерфейс учебного модуля «Автоматизированная система управления учебным заведением» («ООО НП МКР», Украина)

Для устранения указанных недостатков предлагается заменить табличное представление данных учебного плана на совокупность графических элементов (например, прямоугольники) размещённых в определенной последовательности на экранной форме. Каждый графический объект представляет собой дисциплину учебного плана. Геометрические размеры объекта (например, ширина) указывают на объем дисциплины в кредитах. Цвет графического объекта указывает на цикл, к которому относится дисциплина. Размещение

графического объекта на форме указывает на семестр, в котором будет изучаться дисциплина. Информация о дисциплине вызывается через контекстное меню в виде модальной формы. Через эту форму вводится и редактируется данные. Добавление новой дисциплины осуществляется по технологии “drag and drop” с использованием готовых шаблонов и указанием названия, объема и цикла.

Для решения поставленной задачи разработан прототип пользовательского интерфейса редактора учебных планов (рис 3).

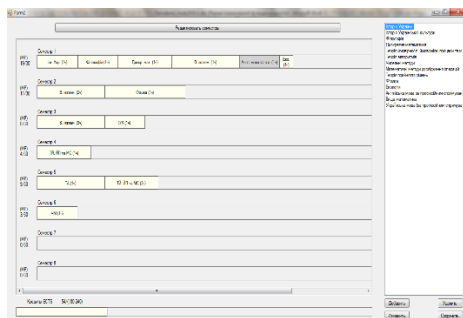


Рис.3 Главная форма редактора учебных планов.

Основные функции, реализованные в редакторе учебных планов:

- импорт данных из XLS-файла установленного формата учебного плана;
- добавление, редактирование, удаление дисциплин из учебного плана;
- перемещение дисциплин по главной форме по технологии “drag and drop”;
- формирование XLS-файла установленного формата учебного плана;
- редактирование параметров семестров.

В дальнейшем планируется добавить такие функции:

- построение структурно-логической схемы специальности;
- управление версиями учебных планов;
- проверка учебного плана на корректность.

Литература

1. Ляхов, А.Л., Демиденко, М.И. Архитектура автоматизированной информационной системы управления учебным процессом в ВУЗе [Текст] // Сб. трудов шестой дистанционной научно-практической

конференции с международным участием «Системы поддержки принятия решений. Теория и практика. СППР '2010»

2. Про затвердження норм часу для планування і обліку навчальної роботи та переліків основних видів методичної, наукової й організаційної роботи педагогічних і науково-педагогічних працівників вищих навчальних закладів [Текст]. Наказ МОН України від 07.08.2002 № 450.

3. Демиденко, М.И. Графический пользовательский интерфейс модуля управления учебными планами в автоматизированной информационной системе управления учебным процессом [Текст] // Збірник праць 63 наукової конференції професорів, викладачів наукових працівників, аспірантів та студентів Полтавського національного технічного університету ім. Ю.Кондратюка.

4. Официальный сайт ООО НП МКР. Описание методического модуля: [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://mkr.org.ua/modules_uch/index/1.

УДК 519.854.2

ПОБУДОВА РОЗКЛАДУ РОБОТИ ВИКОНАННЯ ІТ-ПРОЕКТІВ

Халус О.А., Сягайло Т.А.

Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут»

Управління ІТ-проектами – це процес планування, організації та управління ресурсами для досягнення поставлених цілей, отримання кінцевого результату для замовника. Для кожного проекту набирається команда виконавців, які володіють усіма навиками, які потрібні для його створення.

Проектом називають процес розробки продукту, обмежений часовими проміжками та бюджетом. Продуктом називають результат, який очікує отримати замовник. Процес створення продукту має наступні фази:

- отримання завдання від замовника(з описом очікуваного результату);
- аналіз отриманого завдання (оцінка наявних ресурсів та технічного обслуговування);
- пошук команди, яка повина виконати отримане завдання;
- створення задач та визначення термінів їх виконання;
- розподіл завдань між учасниками команди;
- управління проектом (розробка та тестування продукту);

– реліз проекту.

Головними цілями проектного управління є досягнення усіх поставлених цілей та виконання усіх поставлених завдань у вказані терміни.

Процес роботи поставленої задачі сформовано наступним чином: ми маємо фірму, яка займається роботою над заданою кількістю проектів. Кожний проект виконується відповідною групою розробників, може бути представленим множиною завдань, які потрібно виконати та має вказаний директивний термін. Відповідно до директивного терміну проекту, кожному завданню, яке потрібно виконати визначають тривалість та директивні терміни виконання.

Окрім розробників, що входять до складу груп (далі – виконавці першого рівня), до виконання проектів можуть залучати деяку кількість “незалежних” розробників (далі – виконавці другого рівня).

Виконавцям другого рівня передаються деякі операції проектів. До цих операцій відносяться профільовані (спеціалізовані, однотипні) завдання. Отже, для кожного з виконавців другого рівня формується підмножина операцій проектів (далі - завдань), яку він повинен виконати.

Особливості роботи виконавців другого рівня вимагають наступне: необхідно намагатися складати такі календарні плани їх робіт, щоб уникати великої кількості перерв (простоїв) між інтервалами зайнятості. З іншого боку, з урахуванням особливостей роботи виконавців другого рівня, пакет задач формується на заданий термін.

Розклад, який потрібно побудувати формується з критеріями максимізації моменту запуску та мінімізації сумарного випередження. Алгоритм побудови даного розкладу базується для початку на побудові розкладу з максимізацією моменту запуску, після чого використовують алгоритм мінімізації сумарного випередження та отриманий в результаті алгоритм перевіряють на виконання умови (1).

$$E(r) + nr = E(0) \quad (1)$$

Під час використання алгоритму, бачимо, що оптимальність розкладу за двома критеріями, без зміни моменту запуску задач розкладу та мінімізації сумарного випередження, частіше за все виконується. Тобто, у більшості випадків розклад, який є оптимальним за двома критеріями разом, є також оптимальним за двома критеріями окремо[1].

Програмний продукт було реалізовано як плагін для системи *Jira*. Система *Jira* створена компанією *Atlassian* для відслідковування помилок та управління задачами проектів. На даний момент компанія

випустила версію 6.2, але система розширюється за допомогою розробки додаткових плагінів.

Двома основними поняттями в Jira є проекти та задачі, але слід зауважити, що задачі вважають основним елементом Jira. Проекти можемо вважати кімнатами в яких можуть обговорювати розробку та в яких немає часових рамок. Кожна задача може містити в собі декілька підзадач. Система створена для того щоб кожен учасник команди мав можливість планувати, відслідковувати та випускати нове ПО. Користувач системи має можливість створювати історії та задачі, планувати спринти та розподіляти задачі між учасниками команди, розподіляти пріоритети та обговорювати роботу своєї команди, випускати нові версії та збільшувати працездатність команди, спираючись на дані які доступні в реальному часі.

Перед початком роботи з системою користувач повинен зареєструватися. Інформація, яку він повинен надати це електронна адреса, повне ім'я, пароль та пройти перевірку того, що він не є роботом. Після того, як всі дані були введені користувачем, йому на e-mail буде відправлене повідомлення з підтвердженням реєстрації.

Для створення запиту користувач повинен ввести проект в рамках якого буде побудовано запит, тип запиту(задача, помилка, покращення, додання нової можливості), назва запиту, обрати рівень безпеки, пріоритет(обирається в залежності від того наскільки важливим є швидкість виконання даного запиту). Обираються компоненти, кінцевий термін виконання запиту та опису запиту.

У випадку коли користувач який написав задачу незадовільний результатом, він може відправити її виконавцю назад, щоб він її виправив.

На рисунку 1, бачимо список задач, які повинен виконати користувач та директивні терміни їх виконанням. А на рисунку 2 – розклад виконання завдань. На рисунку 2, зображено максимальний момент початку виконання завдань, так щоб не були порушені директивні терміни. Як видно, по розфарбуванню кожного завдання, можна побачити, наскільки вчасно закінчується завдання відносно директивного терміну. Завдання FP-1 закінчує виконання в день директивного терміну, а FP-4 – на 6 днів раніше.

Watched Issues	
Key	Due
SP-3	10/Jun/16
SP-1	12/Jun/16
SP-2	16/Jun/16
SP-4	20/Jun/16
FP-2	14/Jun/16
FP-1	05/Jun/16
FP-4	16/Jun/16
FP-3	07/Jun/16
PT-1	22/Jun/16
1-9 of 9	

Рисунок 1 – Список завдань

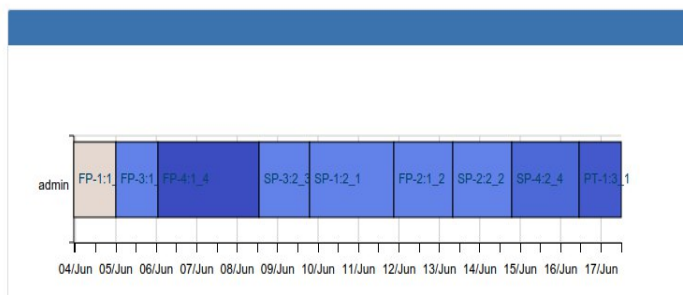


Рисунок 2 – Розклад виконання завдань

В даній статті представлено приклад реалізації виконання алгоритму максимізації моменту запуску та мінімізації сумарного випередження.

Література

1. Згуровский, М. З. Задача построения допустимого расписания с максимально поздним моментом запуска и минимальным суммарным опережением [Текст] / М. З. Згуровский, А. А. Павлов, Е. А. Халус // Системні дослідження та інформаційні технології - 2015

BOUNDED CONTEXT IN STRATEGIC DOMAIN-DRIVEN DESIGN

Ihor Karpachev

Chernihiv National University of Technology, Ukraine

1. Bounded context definition

A Bounded Context is the boundary that surrounds a particular model. This keeps the knowledge inside the boundary consistent whilst ignoring the noise from the outside world. It is a central pattern in Domain-Driven Design. It is the focus of DDD's strategic design section, which is all about dealing with large models and teams. DDD deals with large models by dividing them into different Bounded Contexts and being explicit about their interrelationships (see Figure 1).

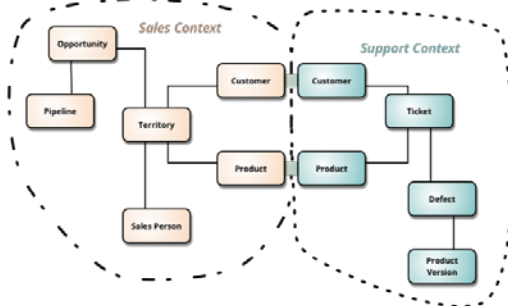


Figure 1. Example of bounded contexts in a single system

The essence of this strategic pattern is to embrace the separation of different parts of an application and develop different models as different domain contexts. Consistency and constraints are enforced within one context, but do not necessarily hold in another context.

The goal is simplification and freeing us from the burden of finding that one model that fits all use cases. It is much less awkward to have some parts of the model re-implemented for different purposes than creating God objects that try to unify everything, and failing at this task [1].

2. Problems resolved with bounded contexts

As you try to model a larger domain, it gets progressively harder to build a single unified model. Different groups of people will use subtly different vocabularies in different parts of a large organization. The precision of modeling rapidly runs into this, often leading to a lot of confusion.

Finding where these contexts exist is an opportunity to produce better-architected applications because they are now built much smaller, with more focused models. This has a big effect on mental load too, not having to keep that huge, complicated model in developer's mind. It is also easier to subsequently divide work up between team members, so developers can work on two or more distinct areas of the system without much danger of influencing on each other's data. The context considered essential to the business, known as the core domain, can be given to those developers on a team with the most experience of software development, and the most business knowledge. This is the context, that has to deliver the right thing and do the thing right. For those contexts not considered to be core, these can be given to the more junior developers on the team [2]. The important thing is that each context can be considered independently allowing decisions to be taken when the time is right for each one, and crucially a decision that might be considered "sub-optimal" applied in one context will not have repercussions on the others.

3. Relationships between different bounded contexts

There are various patterns used to describe the relationships between different bounded contexts:

Shared Kernel – This is where two teams share some subset of the domain model. This should not be changed without the other team being consulted.

Customer/Supplier Development Teams – This is where the downstream team acts as a customer to the upstream team. The teams define automated acceptance tests, which validate the interface the upstream team provide. The upstream team can then make changes to their code without fear of breaking something downstream.

Conformist – This is where the downstream team conforms to the model of the upstream team despite that model not meeting their needs. The reason for doing this is so that we will no longer need a complicated anti-corruption layer between the two models. This is not the same as customer/supplier because the teams are not using a cooperative approach – the upstream are deriving the interfaces independently of what downstream teams actually need.

Partner – This was suggested by Eric Evans, the idea is that two teams have a mutual dependency on each other for delivery. They therefore need to work together on their modeling efforts [1].

If supplier's model is chosen to conform to, then it is important to be aware that any changes made to that model will require making changes all over the code and since these changes are likely to all over the place it

is going to be quite expensive to make those changes. On the other hand, developers do not have to spend time writing translation code.

The alternative approach is to create an anti-corruption layer to interact with the other team's service and isolate all that code into one area, possibly behind a repository. The benefit here is that it is possible to isolate all changes in the supplier's model in one place which from experience saves a lot of time, the disadvantage is a writing a lot of translation code which can get a bit tricky at times.

Conclusion

Applying bounded contexts to an application or a cluster of applications helps developers and domain experts to focus on problems in their specific context. Sometimes each context even has its own domain-expert. The benefit for developers is a simplified abstraction of different parts of the modelled problem.

References

1. Evans, E. Martin Domain-Driven Design [Text]. - Prentice Hall, 2003. - P. 141-145.
2. Vaughn Vernon, Martin Implementing Domain-Driven Design [Text]. - Addison-Wesley Professional, 2013. - P. 19-50.

УДК 510.635:004.891(045)

ІНФОРМАЦІЙНА ТЕХНОЛОГІЯ ЗМІСТОВОГО ПОРІВНЯЛЬНОГО АНАЛІЗУ ЕЛЕКТРОННИХ ТЕКСТОВИХ ДОКУМЕНТІВ

А.І.Вавіленкова

Національний авіаційний університет, Україна

На сьогоднішній день існує безліч практичних задач, що потребують порівняння змісту різноманітних текстових електронних документів з метою доведення їх змістовної тотожності або логічного протиріччя. Так, в освіті – це плагіат курсових та дипломних робіт, у політичній сфері – створення суперечливих законопроектів, гармонізація законодавства, в інформаційних технологіях – відсутність можливості здійснення коректної пошукової оптимізації, підвищення релевантності на запити користувача, у засобах масової інформації – інформаційно-аналітична діяльність, піар, аналіз характеру текстів, у яких ідеться про ту чи іншу особу, підприємство, діяльність, в економіці – створення однотипних проектів та ін.

Створення інформаційної технології змістовного порівняльного аналізу електронних текстових документів передбачає можливість

представлення кожного тексту у вигляді комп'ютерної моделі, що відображає зміст цього документу; та можливість встановлення логічної еквівалентності або протиріччя двох моделей довільних текстів шляхом використання формальних процедур [1].

Комплекс функціональних завдань в організаційній структурі інформаційної технології змістовного порівняльного аналізу електронних текстових документів (рис.1) передбачає:

- розробку методу автоматичного формування логіко-лінгвістичних моделей електронних текстових документів (для цього необхідно сформувати уніфіковану оболонку, тобто логіко-лінгвістичну модель, у формі якої можна представити довільний неподільний елемент тексту, що носить закінчений зміст);
- розробку методів автоматичного доведення логічної тотожності або логічного протиріччя множин логіко-лінгвістичних моделей, що відповідають двом електронним документам, які порівнюються.

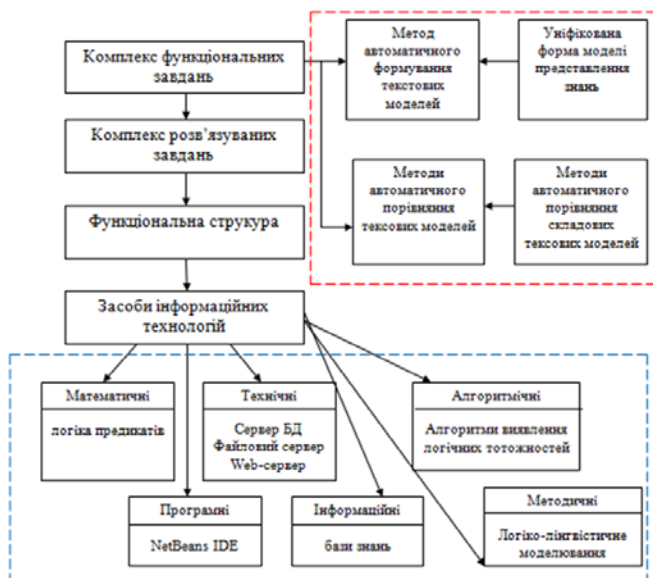


Рис. 1. Організаційна структура інформаційної технології змістовного порівняльного аналізу електронних текстових документів

Інформаційна технологія змістовного порівняльного аналізу електронних текстових документів представляє собою сукупність методів, процесів та програмно-технічних засобів, об'єднаних в технологічний ланцюжок, який забезпечує введення, обробку, зберігання,

розподілення та відображення текстової інформації, що представлена у вигляді природно мовних електронних документів, для отримання нового показника якості у вигляді відсотку збігів [2].

Створення такої інформаційної технології передбачає використання формального апарату, що 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 природно мовних 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. Структурно-аналітична схема створеної інформаційної технології змістовного порівняльного аналізу електронних текстових документів представлена на рис. 2.

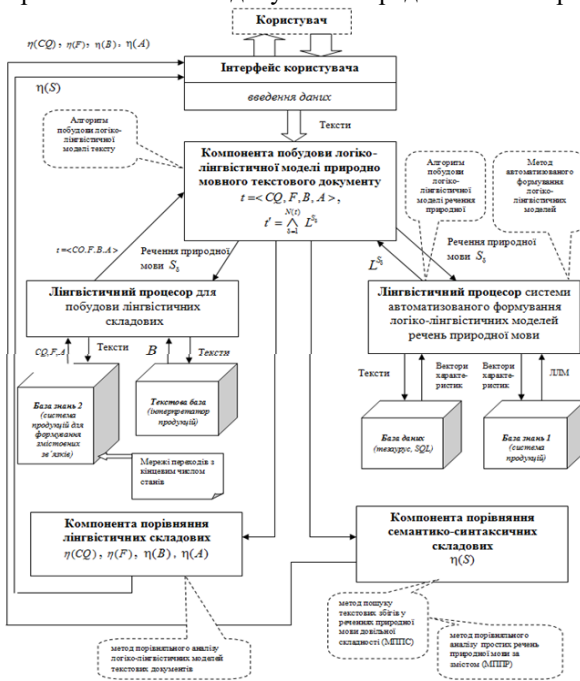


Рис. 2. Структурно-аналітична схема інформаційної технології змістовного порівняльного аналізу електронних текстових документів

Література

1. Вавіленкова, А.І. Структура інформаційної технології порівняльного аналізу текстових документів [Текст] / А.І. Вавіленкова // Вісник Чернігівського державного технологічного університету. Серія «Технічні науки»: зб. наук. праць. – Чернігів: Черніг. держ. тех. ун-т, 2016. – № 1 (84). – С. 121 – 127.
2. Барсегян, А.А. Методы и модели анализа данных: OLAP и Data Mining [Текст] / Барсегян А.А., Куприянов М.С., Степаненко В.В., Холод И.И. – С.-Пб.: БХВ-Петербург, 2007. – 384с.

УДК 004.056

НЕЧІТКА МОДЕЛЬ АНАЛІЗУ ЗАХИЩЕНОСТІ РОЗПОДІЛЕНОЇ ІНФОРМАЦІЙНОЇ СИСТЕМИ

А.Г. Гребенник, О.В. Трунова

Чернігівський національний технологічний університет

При розробці архітектури та створенні інфраструктури розподіленої інформаційної системи (РІС) неминуче постає питання про її захист від інформаційних загроз.

Одним з найважливіших завдань захисту РІС є вибір з множини наявних засобів інформаційної безпеки такого набору, який дозволить забезпечити нейтралізацію всіх потенційно можливих інформаційних загроз з найкращою якістю і мінімально витраченими ресурсами [3]. Найбільш ефективно завдання захисту інформації вирішуються в рамках попереджувальної стратегії захисту, коли на етапі проектування оцінюються потенційно можливі загрози і реалізуються механізми захисту від них [2]. Ключовим моментом в цій ситуації є також те, що, на етапі проектування автоматизованої системи захисту розподіленої інформаційної системи (АСЗРІС), розробник, не маючи статистичних даних про результати функціонування створюваної системи, змушений приймати рішення про склад комплексу засобів захисту перебуваючи в умовах значної невизначеності [1].

Отже, основу алгоритмічного забезпечення АСЗРІС повинні складати інтелектуальні алгоритми моделювання та оптимізації, аналізу захищеності, а також алгоритми оцінки надійності і прогнозування модифіковані за допомогою сучасного математичного апарату. У рамках дослідження пропонується модифікація алгоритму аналізу захищеності РІС на базі вже існуючих підходів із залученням апарату нечіткої логіки [6]. Застосування модифікацій за допомогою

методів, що відносяться до технології «м'яких обчислень», дозволять модифікованим алгоритмам набути властивостей, що є перспективними з точки зору захисту інформації: розпізнавання, різноманітність, навчання, самонавчання, пам'ять, розподілений пошук, висока швидкість пошуку оптимальних рішень, внутрішня регуляція і адаптивність [1]. Їх застосування закономірно з точки зору вимог до РІС коли протягом життєвого циклу системи постійно змінюються стани РІС, а рівень захищеності її повинен бути максимально стабільним і таким, що відповідає заданим вимогам. Тільки такі РІС мають високу ймовірність протистояти новим, раніше невідомим інцидентам інформаційної безпеки.

Аналіз захищеності РІС неможливий без оцінки на відповідність вимогам того чи іншого нормативного документа. Процедуру оцінки, як правило, проводять із застосуванням різних методів опитування. Основними етапами даного підходу є: використання опитувальних листів на основі вимог стандарту; формування бази знань (на основі вимог і рекомендацій стандарту, на основі думок залучених фахівців-експертів); знаходження правил з аналізу відповідей на опитувальні листи. Застосування тільки стандартизованого (табличного) підходу дозволить досить швидко побудувати оцінку захищеності і отримати рекомендації для РІС. Але, на жаль, реалізація отриманих рекомендацій практично завжди утруднена (або неможлива) через те, що стандарт не враховує інформацію, накопичену самою системою в процесі її функціонування.

Таким чином, виникає завдання одночасного врахування вимог стандарту і статистики, зібраної в процесі функціонування РІС. Тобто необхідно з величезного числа зафіксованих атак/вторгнень сформуванати базу атак/вторгнень (БА/БВ), з якою надалі працюватиме алгоритм аналізу захищеності. Для її створення можна використовувати журнали міжмережевих екранів, операційних систем і т.д.

В основі модифікованого алгоритму аналізу захищеності лежить модель оцінки захищеності, побудована із застосуванням апарату нечіткої логіки (рис. 1) [4].

На вхід блоку «нечіткої логіки» подаються ті параметри, які підлягають обробці системою виявлення атак/вторгнень (СВА/СВВ). Однією з особливостей застосування механізмів нечіткої логіки при ідентифікації інформаційних загроз є відсутність вимог до суворої формалізації даних і можливість працювати з якісними характеристиками. Однак для коректної роботи потрібне попереднє налашту-

вання деяких параметрів, таких як: вибір представлення лінгвістичних змінних; визначення граничних значень термів; вибір методу дефазифікації.

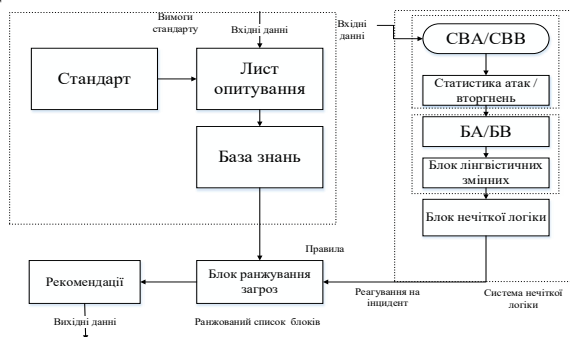


Рис. 1. Схема нечіткої моделі аналізу захищеності РС

Розв'язання даного завдання, в свою чергу, вимагає досить високої кваліфікації від користувача. Вся інша процедура обробки представлена для користувача у вигляді «чорного ящика» - на вхід системи з нечіткою логікою подаються параметри, вибрані для оцінювання, на виході формується певний керуючий вплив. Керуючі впливи надходять в блок ранжирування загроз, де формується список актуалізованих загроз, на які необхідно звернути увагу при побудові або доопрацюванні РС - на відміну від стандартизованого підходу, який видає список рекомендацій, отриманих тільки на основі порівняння того, що вимагає стандарт і того, що формально присутнє в системі.

Для створення АСЗРС розроблений алгоритм, представлений на рис. 2.

Отже, робота системи об'єднує в собі 3 підходи до оцінки та аналізу захищеності РС: використання стандартизованого підходу; використання результатів роботи АСЗРС; використання інтелектуальних технологій. Ефективне поєднання даних підходів дозволить як передбачити вимоги стандарту [5], так і відійти від його статичності і врахувати прецеденти інформаційної безпеки, що дозволить більш динамічно управляти РС і з більшою ефективністю оцінювати її захищеність.

Застосування розробленого підходу дозволяє відійти від суб'єктивності (недосвідченості) користувача, який відповідає на питання стандарту; використовувати об'єктивну інформацію про на-

явність вторгнень в РІС, за рахунок автоматизованої обробки статистики; отримати ранжований список рекомендацій, які необхідно виконати для побудови ефективної, відповідної стандартам системи захисту інформації.

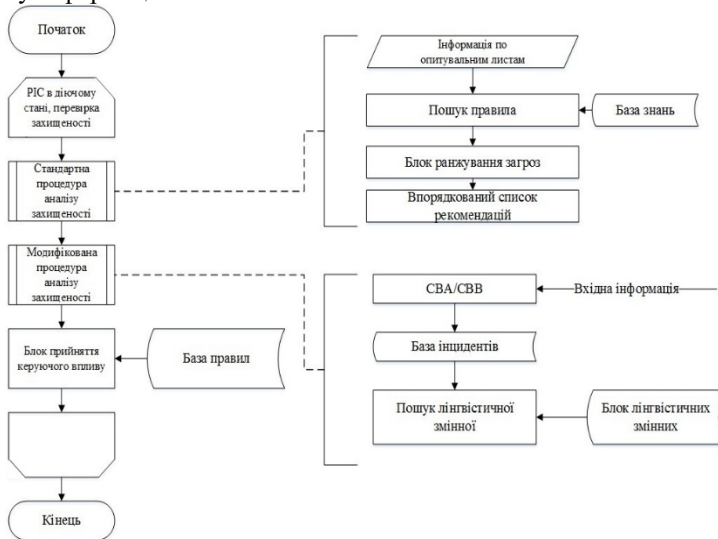


Рис. 2. Алгоритм роботи АСЗРІС

Література

1. Стандарт ISO/IEC 27001:2013 [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://intercert.com.ua/articles/posts/292-standartiso-iec-27001-2013>(дата звернення 20.05.2016).
2. Бородакий, Ю.В, Добродеєв, А.Ю. Проблемы и перспективы создания автоматизированных систем в защищенном исполнении [Текст] // Известия ЮФУ. Технические науки. – 2007. – № 1 (76). – С. 3-6.
3. Гончаров, М.М., Борисов, В.В. Разработка модели анализа рисков информационной безопасности компьютерных систем на основе нечеткой логики // Научно-технический журнал «Защита информации». – 2011. – № 1 (18). Режим доступу: URL: <http://networkjournal.mpei.ac.ru/cgi-bin/main.pl?l=ru&n=18&pa=9&ar=1> (дата звернення 20.05.2016).
4. Домарев, В.В. Безопасность информационных технологий. Методология создания систем защиты [Текст]. – 2-е изд. перераб. – Киев: ООО «ТИД «ДС», 2008. – 286 с.

5. Жукова, М.Н. Золотарев, А.В. Применение нечеткой логики при решении задачи комплексной оценки защищенности автоматизированных систем [Текст] // В мире научных открытий: научное периодическое издание. – 2011. – Вып. 12. – С. 205-214.

6. Заде, Л. Понятие лингвистической переменной и его применение к принятию приближенных решений [Текст]. – М.: Мир, 1976. – 166 с.

УДК 519.876.5

КЛАССИФИКАЦИЯ МОДЕЛЕЙ ЖИЗНЕННОГО ЦИКЛА РАЗРАБОТКИ ИТ-ПРОДУКТА.

М.В.Савельев

Славутичский филиал НТУУ "Киевский политехнический институт", Украина

ИТ-продукт, будь то программно-технический комплекс, программное обеспечение и даже услуга, как и любая система, подчиняется закону существования во времени – он появляется и исчезает, переживая при этом смену своего состояния, именуемые так же фазами жизненного цикла. ИТ-продукт проходит этапы своего рождения и развития, связанные с формированием первоначальной идеи, определением требований к будущему продукту, его проектированием, написанием программного кода или конфигурированием среды и аппаратных средств, документированием, внедрением на предприятии или развертыванием в окружении индивидуального пользователя. Далее следует этап стабильности, когда ИТ-продукт используется потребителем. Затем следует этап старения, когда продукт перестает отвечать потребностям пользователя, либо технически, либо субъективно. А поскольку программное обеспечение или сервис не может постареть физически, т.к. не является материальным объектом, то в таких случаях говорят о моральном старении. В конечном итоге пользователь полностью отказывается от использования ИТ-продукта и он становится достоянием истории.

Модель жизненного цикла ИТ-продукта – это схема, которая объясняет, как будут выполняться действия по разработке ИТ-продукта, его эксплуатации и сопровождению, а так же вывод из эксплуатации, посредством описания вышеназванных действий [1]. Жизненный цикл ИТ-продукта состоит из последовательных этапов, которых в общем виде три:

- Создание ИТ-продукта.
- Эксплуатация ИТ-продукта.

- Вывод и прекращение эксплуатации ИТ-продукта.

Этапы, в свою очередь состоят из фаз, которые включают в себя планирование проекта и продукта, разработка требований к продукту и его частям; непосредственно создание продукта; задачи, связанные с эксплуатацией ИТ-продукта, внедрением системы в окружении конечного потребителя, сопровождением и поддержанием его эксплуатации, а так же задачи вывода и прекращения эксплуатации ИТ-продукта. Эти фазы могут быть последовательны, цикличны или параллельны.

В настоящее время процесс поиска оптимальных моделей и методологий разработки ИТ-систем продолжается, о чем свидетельствуют публикации в научных изданиях и материалах международных конференций. В тоже время все эти модели и методологии могут быть разнесены на несколько категорий, обладающих общими признаками. Если взять в качестве критерия жизненного цикла, тогда можно будет рассмотреть следующую классификацию см. рис.1.

Предложенная классификация делит модели жизненных циклов на две основные категории – последовательные (линейные), где фазы жизненного цикла последовательно сменяют одна другую, и циклические (итеративные), когда в жизненный цикл заложено циклическое повторение повторяются некоторых фаз.

В свою очередь последовательные делятся на модели с последовательным и параллельным планированием фаз. К моделям с последовательным планированием следует отнести классическую каскадную (водопадную) модель [2], включая ее модификации и в том числе с возвратами. Сюда так же можно включить методологию создания автоматизированных систем согласно ГОСТ 34 [3]. К моделям с параллельным планированием фаз следует отнести V-образную модель и ее модификации [4].

Циклические или итеративные модели можно разделить по причинам начала очередной итерации. В общем случае таких причин две:

- первая – в связи с выявлением отклонений в создаваемом ИТ-продукте от ожидаемого состояния системы,
- вторая – в связи с началом работы над новым свойством создаваемого продукта.

К подклассу циклических моделей ЖЦ с началом итерации для создания нового свойства или функционала системы можно отнести спиральную модель [5], а к подклассу циклических моделей ЖЦ с

началом итерации по выявленному отклонению от ожидаемого состояния системы – различные варианты модели прототипирования, Rapid Application Development, а так же различные «гибкие» методологии Agile, включая экстремальное программирование XP. В тоже время следует отметить, что уже методология Scrum относится к ЖЦ с началом итерации для создания нового свойства или функционала, именно поэтому «гибкие» методологии Agile отнесены сразу в оба подкласса циклических моделей.

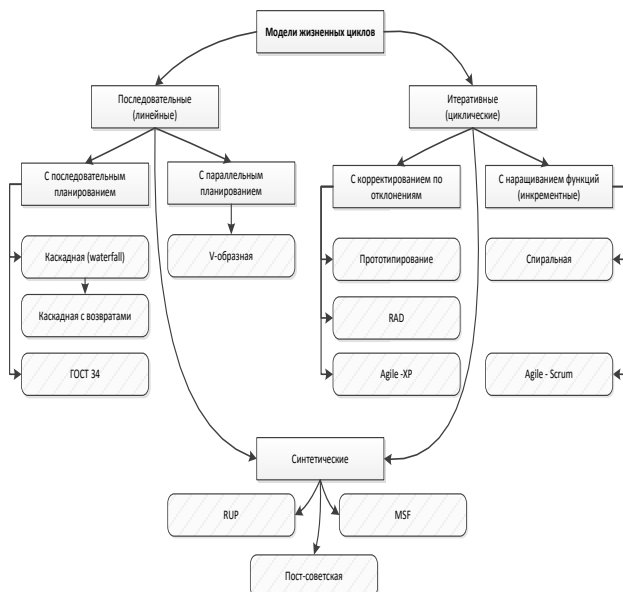


Рисунок 1. Классификация моделей жизненных циклов создания ИТ-продукта.

Отнесем к синтетическим моделям ЖЦ такие модели, в основу которых положен итеративный принцип разработки, включающий в себя циклическое повторение определенных фаз в жизненном цикле продукта, но при этом количество таких повторений и объем работ (необходимые артефакты и их качества) были бы зафиксированы как в последовательных (водопадных) моделях. К таким моделям можно отнести Microsoft Solution Framework вплоть до версии 3 [6], Rational Unified Process [7], а так же пост-советская модель, основанная на синтезе методологической базы ГОСТ 34 и рекомендаций методологий RAD и Agile [8].

Литература

1. Фатрелл, Р.Т. Управление программными проектами: достижение оптимального качества при минимуме затрат [Текст] : Пер.с англ. / Роберт Т. Фатрелл, Дональд Ф. Шафер, Линда И. Шафер, - М: Издательский дом "Вильямс", 2003. - 1136 с.
2. Royce, W.W., Managing the Development of Large Software Systems. [Текст] / Winston W. Royce // Processing, IEEE WESCON, August 1970.
3. ГОСТ 34. Комплекс стандартов и руководящих документов на автоматизированные системы. [Текст]. – Введ. 1989–01–01. – М.: Изд-во стандартов, 1989.
4. V-model. The ISPE Good Automated Manufacturing Practices guideline [Текст] / International Society of Pharmaceutical Engineers 1994.
5. Boehm, B. "A Spiral Model of Software Development and Enhancement", [Текст] / Boehm B. // "Computer", "IEEE", 21(5):61-72, May 1988.
6. Microsoft Solutions Framework. Техническое описание (white paper). [Электронный ресурс] / Microsoft – Режим доступа: <http://www.microsoft.com/msf>
7. Буч, Г. Язык UML. Руководство пользователя. [Текст] : Пер.с англ. / Буч Г., Рамбо Д., Джекобсон А., - СПб.: «ДМК Пресс», «Питер», 2004. - 432 с.
8. Савельев, М.В. Выбор модели жизненного цикла проекта в области информационных технологий [Текст] / Савельев М.В. // X міжнародна конференція "Управління проектами у розвитку суспільства" : тези доп. – Київ, 2013.

УДК 004.773, 004.021

МОДЕЛЮВАННЯ ПЕРЕДАЧІ НАКОПИЧУВАЛЬНИХ АСК- ІВ У PEER-TO-PEER МЕРЕЖАХ З ВУЗЬКИМ КАНАЛОМ ЗВ'ЯЗКУ

О.С. Гулак

Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут», Україна

Мережевий протокол передачі даних TCP застосовується для надійної доставки пакетів повідомлень [1]. Це гарантується відправкою у відповідь невеликого повідомлення з підтвердженням доставки - АСК (від англ. «acknowledgement»). Та відправка кожного АСК-у окремим повідомленням не завжди є хорошим рішенням.

У військових для передачі інформації часто використовується радіомережа. Вона зазвичай має архітектуру Peer-to-Peer [2], де незалежним вузлом є окремо взята рація. Її особливістю є вузький канал зв'язку та обмін повідомленнями у режимі бродкасту. Це означає, що одночасно лише одна рація може передавати дані, а усі інші їх приймають. Також, перед відправкою кожного повідомлення йде преамбула, під час якої перевіряється чи не зайнятий канал зв'язку і, якщо він вільний, надсилається сповіщення іншим вузлам про передачу нового повідомлення та зайняття каналу. У доволі розповсюдженій в Збройних силах України рації Motorola DP4400 ця процедура займає близько 800 мс [3]. За таких умов, коли постає питання про передачу даних через радіомережу, виникає проблема з відправкою АСК-ів, адже якщо надсилати їх одразу на кожен отриманий пакет, мережа буде весь час під великим навантаженням. Тому, є необхідність у оптимізації передачі АСК-ів у радіомережах для зменшення відсотку втрачених пакетів.

Для досягнення мети у тезах [4] було розглянуто систему накопичувальних АСК-ів. Пропонується надсилати АСК-и одразу групами у вихідних повідомленнях та у окремих повідомленнях через певний інтервал часу. Усі АСК-и мають свій пріоритет та можуть бути повторно відправлені у контейнерах інших повідомлень. Вони мають певний час життя та видаляються з системи, коли він спливе. Також до повідомлення можуть бути включені АСК-и, не призначені його отримувачу. Вони будуть ретрансльовані у контейнерах вихідних повідомлень отримувача. Таким чином, кожен користувач може виступати посередником у доставці АСК.

Система накопичувальних АСК-ів дозволяє суттєво зменшити навантаження на мережу, збільшити надійність доставки пакетів даних. При цьому важливо, щоб кожен АСК займав якомога менше місця, адже Motorola DP4400 може передати за один раз пакет розміром лише 412 байт [3].

У кожному вихідному повідомленні записано позивний відправника (fromCallsign) та список позивних отримувачів повідомлення, (toCallsigns). А кожен АСК складається з позивного відправника, позивного отримувача, та ідентифікатора пакета, для якого він призначений. АСК має наступну структуру (рис. 1):

- ackType – номер формату, обов'язкове поле;
- ackSize – розмір АСК, необов'язкове поле (використовується лише якщо формат АСК не перший і не другий);
- ackContent – сам зміст підтвердження. Завжди має ID пакету (packetID), та може містити позивні відправника та отримувача, або

їх індекси (відповідно, fromCallsignIdx для відправника та toCallsignIdx для адресата).

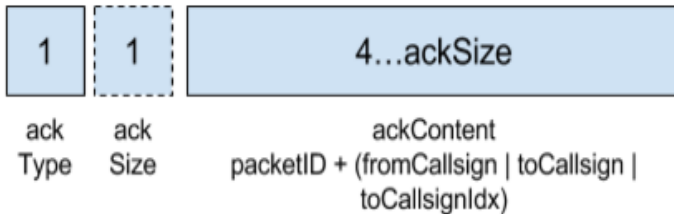


Рис. 1. Структура АСК

Якщо записувати всі позивні строками, це займе доволі багато місця. Натомість, пропонується використовувати позивні, вказані у вихідному повідомленні.

Наприклад, якщо АСК відправляється безпосередньо від його відправника отримувачу, при прикріпленні його до повідомлення необхідно вказати тільки ackType та packetID. Цього буде достатньо, так як приймаюча сторона прочитає його тип та визначить необхідну інформацію, використовуючи позивні з отриманого повідомлення.

У деяких випадках замість того, щоб записувати в тіло повідомлення позивний отримувача АСК, достатньо написати лише один байт – індекс отримувача у списку позивних адресатів повідомлення. Таким чином було розроблено шість форматів змісту АСК-ів:

- а) packetID – займає 4 байти;
- б) packetID, toCallsignIdx – 5 байт;
- в) packetID, toCallsign – 4 байти та довжина позивного отримувача АСК;
- г) packetID, fromCallsign, toCallsign – 4 байти та сума довжин позивних автора та отримувача АСК;
- д) packetID, fromCallsign, toCallsignIdx – 5 байт та довжина позивного автора АСК;
- е) packetID, fromCallsign – 4 байти та довжина позивного автора АСК.

Єдиний формат, де необхідно вказати повністю позивні – четвертий. Він використовується у тому випадку, коли АСК у тілі повідомлення передається від одного посередника до іншого для подальшої перевідправки (рис.2). Цю ситуацію можна описати у наступних кроках:

- 1) Від користувача 1 до користувача 2 прийшло повідомлення msg1;
- 2) У 2-го користувача було згенеровано у відповідь ack, який було вислано користувачу 3 у повідомленні msg2;

- 3) У 3-го користувача є в черзі на відправку повідомлення msg3, у списку отримувачів якого немає 1-го користувача;
- 4) У тіло повідомлення msg3 записується ask.

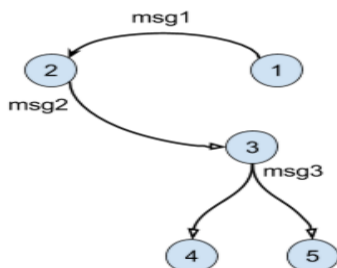


Рис. 2. Відправка АСК у четвертому форматі

В даній роботі було запропоновано та описано різні формати передачі накопичувальних АСК-ів у тілі вихідних повідомлень. Тестування показало, що, використовуючи описані формати, у середньому в повідомленні стало можливим передавати майже в чотири рази більше АСК-ів. У системі «Кропива» [5] при максимальному розмірі пакету у 400 байт середня кількість прикріплених до повідомлення АСК-ів зросла з двох до семи. Це дозволило збільшити швидкість доставки повідомлень та зменшити кількість повторних перевідправок пакетів.

Література

1. Протокол TCP [Електронний ресурс] // - Режим доступу: <https://uk.wikipedia.org/wiki/TCP> - Дата доступу: 14.04.2016.
2. В. Yang and Н. Garcia-Molina. Improving search in peer-to-peer networks [Text] // In 22nd International Conference on Distributed Computing Systems (ICDCS), July 2002.
3. Портативная радиостанция DP4400/DP4401 [Електронний ресурс] // - Режим доступу: http://www.motorolasolutions.com/ru_ru/products/mototrbo/dp4000-series/dp4400-dp4401.html - Дата доступу: 14.04.2016.
4. Гулак, О.С., Олійник, Ю.О. Оптимізація передачі АСК-ів у Peer-to-Peer мережах з вузьким каналом зв'язку [Текст] // Наукова конференція студентів, магістрантів «Інформатика та обчислювальна техніка» ІОТ -2016. - С. 32-34.
5. Інновації для армії. Система "Кропива" та карти Армії SOS [Електронний ресурс] // - Режим доступу: <http://life.pravda.com.ua/technology/2015/08/11/198416/> - Дата доступу: 13.04.2016.

СТРУКТУРНИЙ ПІДХІД ДО ПОБУДОВИ МОДЕЛЕЙ ВЗАЄМОЗВ'ЯЗКІВ ТА ВЗАЄМОДІЇ

А.А. Тимченко

Черкаський державний технологічний університет

В основу викладення матеріалу покладено еволюційно-технологічне визначення складної системи як сукупності деяких зв'язаних об'єктів (елементів)[1]:

$$\Sigma = (E(\omega_\alpha), (Z_\tau(S))_{\substack{\tau \in \Gamma \\ S \in S}}, (f_{e\alpha\tau})_{\substack{e \in E, \alpha \in \Lambda \\ \tau \in \Gamma}}, (\chi_{\alpha\tau})_{\substack{\alpha \in \Lambda \\ \tau \in \Gamma}}, (J_{\alpha\tau})_{\substack{\alpha \in \Lambda \\ \tau \in \Gamma}}, \chi, J), \quad (1)$$

де E – множина елементів; (ω_α) – сім'я структур, реалізованих у Σ ; $(Z_\tau(S))$ – сім'я просторів сигналів; $(f_{e\alpha\tau})$ – сім'я операторів елементів системи Σ ; $\chi_{\alpha\tau}, \chi$ – простори цілей; $J_{\alpha\tau}, J$ – цільові функції.

Такий підхід узгоджується з узагальненим алгоритмом пізнавальної діяльності[2].

<синтез> → <аналіз> → <прийняття рішень>.

Побудова моделі взаємозв'язків. Структурний підхід. В першу чергу потрібно визначитись з системними входами (X_c) та виходами (Y_c), а потім із входами (X_e) та виходами сукупності елементів (Y_e). Факт зв'язування одного елемента (e_i) з іншими (e_j) описується у вигляді функції – предикат:

$$S_{ij} = \begin{cases} \text{Так} & \text{якщо зв'язок між елементами } e_i \text{ та } e_j \text{ існує;} \\ \text{Ні} & \text{в протилежному випадку.} \end{cases} \quad (2)$$

У випадку «так» це може бути: значення, функція, оператор та ін. Тоді результат зв'язування (зв'язок) може бути записано у вигляді рівності:

$$y_i = S_{ij} x_j. \quad (3)$$

Вся сукупність різноманітних зв'язків в системі задається у вигляді матриць зв'язків $S_{ec}, S_{cc}, S_{ee}, S_{ce}$ – системних входів і виходів та входів і виходів сукупності елементів. Відповідно можна задати систему матричних рівнянь, причому матриця S_{cc} частіше всього буває відсутня.

$$\begin{cases} Y_e = A(S_{ec}X_c + S_{ee}Y_e), \\ Y_c = S_{ce}Y_e + S_{cc}X_c. \end{cases} \quad (4)$$

Можливо отримати рівняння вхід-вихід системи, розв'язуючи систему (4) відносно Y_e та X_c :

$$Y_c = S_{ce} (E - AS_{ce})^{-1} A S_{ec} X_c. \quad (5)$$

Таким чином, можуть бути описані, наприклад, класичні типи зв'язань системи елементів між собою, а саме: послідовне, паралельне та зворотно-паралельне. Процедура зв'язань може бути формалізована і реалізована в будь-якому програмному середовищі, в котрому є можливість виконувати операції над матрицями. Прикладом такого використання може слугувати використання пакету ППП «Математика» [3].

В якості прикладу із структурних позицій розглянемо систему рівнянь виду,

$$AX=BY, \quad (6)$$

де X – вектор входів-виходів сукупності елементів; Y – вектор системних входів. Матрицю A можна розкласти на дві:

$$A = A_e + A_{зв}, \quad (7)$$

де A_e – діагональна матриця сукупності елементів; $A_{зв}$ – матриця зв'язків як прямих (нижче діагоналі) так і зворотніх – відповідно вище діагоналі.

Повна система зв'язків відповідно до одного із визначень складної системи (т.зв. «внутрішнього») визначається як структура (мережа зв'язків), тоді складність системи може бути оцінена з допомогою функції (функції складності, або в більш складнішому випадку за допомогою формули ентропії):

$$C = \sum_{i=1}^n C_i A_i (1 + v\alpha), \quad (8)$$

тут C_i – складність окремих елементів ($i=1,2,\dots,n$); A_i – число елементів i -го типу, що входять у систему; v – коефіцієнт, що враховує складність зв'язків порівняно зі складністю системи; $\alpha = \frac{M'}{N(N-1)}$ – відносне число реалізованих зв'язків, де M' – фактичне число зв'язків, реалізованих у системі; $N = \sum_{i=1}^n A_i$ – число елементів системи; $N(N-1)$ – максимальне число зв'язків між елементами. Допустима складність може бути оцінена за допомогою функції предикат:

$$\chi_c = \begin{cases} \text{Так} & \text{при } C \leq \text{Доп.} \\ \text{Ні} & \text{в протилежному випадку} \end{cases} \quad (9)$$

Побудова моделі взаємодії (функціонування). Структурний підхід до побудови моделей взаємозв'язків дає можливість отримати моделі з т. зв. інтегративними властивостями, коли система відношень між елементами (тобто структура) залишається попередньою, коли були задані всі види зв'язків. Параметри елементів можуть залежати від часу, наприклад деякі диференціальні оператори функції $D \equiv \frac{d}{d(t)}$

Наступним етапом у послідовному процесі створення системи є побудова моделі функціонування. При цьому використовується вищезазначена модель взаємозв'язків (4) при завданні функцій входів

та функції перетворення елементів і є можливість реалізувати системну функцію, а також оцінити, відповідно, якість та ефективність системних виходів.

Тоді появляється в описі функціонування диференціальних динамічних систем (ДДС) диференційні рівняння типу

$$\dot{X} = AX + BU \quad (10)$$

або в операторному вигляді схема їх розв'язання

$$X = (D - A)^{-1}BU, \quad (11)$$

де, D – операторна матриця, A і B – матриці зв'язків.

Якщо поелементно задавати модель функціонування системи при її дослідженні на ЕОМ виникає проблема накопичення похибки розв'язку. Для усунення цього явища з'являється підхід сформулювати задачу моделювання в цілому, задаючи всі можливі матриці зв'язків. При цьому є можливість побудувати алгоритм моделювання, залишаючи незмінні цифрові моделі об'єкта, наприклад, при пошуку матриці керування C .

$$U = C(Y-X). \quad (12)$$

Оцінка результатів пошуку оптимальних значень параметрів об'єкта керування та параметрів закону керування (11) аналогічно вищевикладеному може бути оцінена інтегральними показниками якості при умові досягнень бажаних їх значень:

$$\chi_i = \begin{cases} \text{Так,} & \text{при } I \leq \text{Доп.} \\ \text{Ні} & \text{в протилежному випадку} \end{cases} \quad (13)$$

Моделі оптимізації та прийняття рішень[5]. Процес прийняття рішення може бути оформлений у вигляді використання критерію виду (кон'юнкція всіх локальних функцій предикат):

$$I = \bigcap_{i=1}^x \chi_i \Rightarrow \text{так.} \quad (14)$$

Можливий більш складніший процес прийняття рішень, котрий враховує можливі альтернативи:

$$I = \bigcap_{i=1}^x * \bigcup_{j=1}^x \chi_j \Rightarrow \text{так.} \quad (15)$$

Висновок. Таким чином, відповідно до визначення складної системи у вигляді загального структурно-функціонального та еволюційного аспектів є можливість упорядкувати технологічні етапи *побудови* системи відповідно до схеми:

<структура> → <функція> → <технологія>.

Поняття *побудови* системи – перший крок у відображенні багатоглибини під час опису складних систем. Узагальнене ж поняття систем, у якому достатньою мірою реалізована *багатоаспектність*, рекомендується системною моделлю, окремі рівні якої є системами[6].

Як відомо, загальне поняття системи відображає або один з аспектів (забезпечення) реальних, складних технічних, технологічних (організаційно-технічних) систем, або всі аспекти відразу. Зазвичай системи містять множини різних аспектів. При цьому кожен аспект може бути поданий деякою системою (підсистемою), забезпеченням (система цілей, логічна схема задач, логічна схема алгоритму, організація як система, технічні засоби як система і т. д.), що також пов'язані між собою[7].

Література

1. Тимченко, А.А., Эволюционная определение сложной системы [Текст] // Вісник ЧІТІ. - 2000. - №1. - С.105-110.
2. Скурихин, В.И., О формирование концепции: Концепция «Четырех И» [Текст] // УСИМ. - №2. - 1989. - С.7.-12.
3. Тимченко, А.А., Ночевнов, Д.П. Структурні перетворення системних з'єднань (послідовних, паралельних, зворотно-паралельних) [Текст] // Вісник ЧДТУ. - №1. - 2011. - С. 20-26.
4. Тимченко, А.А. Логико-динамические системы - математические модели систем с управляемой структурой [Текст] // Автоматика 97. - 1998. - №1. - С.32-41.
5. Глушков, В.М. О системной оптимизации [Текст] // Кибернетика. - №5.- 1980. - С.89-90.
6. Тимченко, А.А. Основи системного проектування та системного аналізу складних об'єктів [Текст]. - К.: Либідь. 2003 - 272 с.
7. Тимченко, А.А., Родионов, А.А. Основы информатики системного проектирования объектов новой техники [Текст]. - К.; Наукова думка. - 1991. - 152 с.

УДК 004.942:004.715

КОНЦЕПТУАЛЬНАЯ МОДЕЛЬ ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТИ ВЫЧИСЛИТЕЛЬНЫХ СИСТЕМ

А.М. Хошаба

Национальный технический университет, Винница, Украина

Введение

Концептуальная модель представляет собой систематизированное содержательное описание моделируемой системы (или проблемной ситуации) на неформальном языке. Неформализованное описание разрабатываемой имитационной модели включает определение основных элементов моделируемой системы, их характеристики и взаимодействие между элементами на како-либо языке. В таком опи-

сании могут использоваться формулы, таблицы, графики, диаграммы и т.д. Неформализованное описание исследуемой модели необходимо как самим разработчикам (при проверке адекватности модели, ее модификации и т.д.), так и для взаимопонимания со специалистами других направлений.

Актуальность

Производительность вычислительных систем (ВС) может рассматриваться как самостоятельная дисциплина, так и в основе нефункциональных требований к созданию и тестированию прикладного и системного программного обеспечения (ПО) [1]. В этих случаях определение производительности ВС особенно важны при проведении нагрузочного и стресс-тестирования разработанного прикладного и системного ПО. К основным задачам которые решаются с помощью моделей производительности ВС и ПО относятся следующие: оптимизация показателей выполнения ПО в среде ВС; поиск проблемных областей (“узкого места”) в работе (производительности) ВС или ПО; обнаружение аномалий в работе ВС или ПО.

Проблемы

Главным образом проблемы определения производительности ВС связаны с построением концептуальной математической модели, отбором и уменьшения пространства признаков при построении прогностических коэффициентов математических моделей. Некоторые проблемы производительности ВС достаточно хорошо описаны в [2].

Концептуальная модель производительности вычислительных систем

Концептуальная модель производительности вычислительных систем описывает взаимосвязь и использование информационных ресурсов (ИР) программно-технического комплекса. Модель взаимосвязи представляет собой совокупность субъектов и объектов ИР в виде потоков данных (рис. 1). Рассмотрим формальное описание этих понятий и положений:

1) время функционирования ВС определяется дискретными значениями;

2) в каждый фиксированный момент времени ВС представляет собой конечное множество компонентов, разделяемых на три подмножества: подмножество субъектов (задачи, процессы, запросы и события), объектов (ИР — процессор, жесткий диск и т.д.) и потоков данных.

Определение 1. Под субъектом задач (Task), процессов (Process), запросов (Query) и событий (Event) понимается активная сущность

ВС, которая может изменять состояние системы с помощью действий над объектами (ИР).

Определение 2. Под объектом (ИР) понимается пассивная сущность ВС, действия над которой могут совершаться операции (чтение, запись, редактирование, переименование, уничтожение и т.д.) и в определенных случаях создаваться события (Events).

Определение 3. В любой момент времени t_i (при $\neq 0$) функционирования ВС количество субъектов и объектов не равно 0.

Согласно модели использования (рис. 2) состоит из признаков функционирования ВС относящиеся к различным ИР (R1-R4) и группируются на уровни иерархии (L1-L3). Значения показателей функционирования ВС могут соответствовать разным признакам производительности [2] (P1-P4). Пример показателей функционирования ВС модели использования показан в таблице 1.

Таблица 1.Примеры показателей функционирования ВС

Показатель функционирования ВС, код ИР, код уровня иерархии	Значение	Наименование признака производительности, код
Время простоя процессора, в %, R1, L1	89,93	Утилизация, P3
Общее количество процессов, в ед./с, R1, L1	8,33	Пропускная способность, P1
Общее количество килобайт в секунду выгружаемое системой с жесткого диска, в kB/c, R3, L1.	677,74	Пропускная способность, P1
Количество используемой памяти, в %, R2, L1	14,93	Утилизация, P3
Скорость ответа при записи одного блока на жестк. диск, в с, R3, L1	0,0062	Время ответа, P2

К показателям производительности ВС которые используются в научных исследованиях и показанных в табл. 1 (некоторых из них, как примеры) относятся: пропускная способность (throughput, P1), время ответа (response time, P2), утилизация или использование (utilization, P3), фаза состояния (state of phase, P4). В зависимости от функций по которым аппроксимируются данные, показатели производительности ВС могут иметь такие важные оценки как общие (1), скоростные (2,3) и интенсивные (4):

$$F(w) = \int v(w) dw; \quad (1)$$

$$v(w) = f^I(w); \quad (2)$$

$$V(w) = \int i(w) dw; \quad (3)$$

$$i(w) = v^I(w) = f^{II}(w); \quad (4)$$

где $v(w)$ — скоростная оценка показателя производительности;

$i(w)$ — оценка интенсивности показателя производительности;

$f(w)$ — общая оценка показателя производительности.

К объектам модели производительности относятся следующие основные ИР и их производные: процессор (R1), оперативно-запоминающее устройство (R2), жесткий диск (R3), сетевой интерфейс (R4).

Выводы

В данной работе кратко раскрыта основная концепция модели производительности ВС которая необходима для проведения имитационного моделирования и позволяет определять оценки производительности.

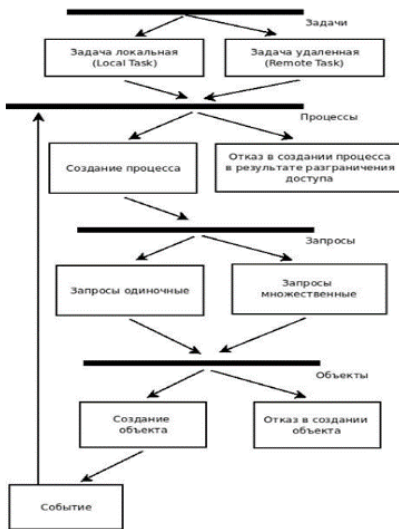


Рис. 1. Модель взаимосвязи субъектов и объектов ИР в виде потоков данных

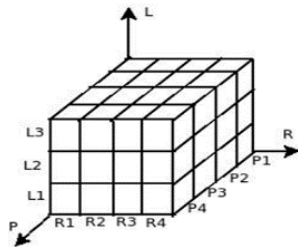


Рис. 2. Модель использования ИР

Литература

1. Brendan Gregg. Linux Performance Analysis and Tools. [Электронный ресурс] - Режим доступа : <http://www.slideshare.net/brendangregg/linuxperformance-analysis-and-tools>.
2. Хошаба, А.М. Математическая модель фаз производительности вычислительных систем [Текст] // Вестник Херсонского национального технического университета №3(50), 2014. - Херсон. - С.523-527.

ПІДВИЩЕННЯ ІНФОРМАТИВНОСТІ РАСТРОВИХ ЗОБРАЖЕНЬ У ЗАДАЧАХ УПРАВЛІННЯ ТА ДІАГНОСТИКИ

А. В. Ярмілко

Черкаський національний університет імені Богдана Хмельницького, Україна

При обробці растрових видових сцен, які використовуються у процесах діагностики та інтелектуального управління технологічними процесами, актуальною задачею є забезпечення автоматизації та адаптації такої обробки за критеріями ефективного управління, забезпечення гнучкості у виборі конкретних методів виділення інформаційних ознак. З цією метою проводилося дослідження, спрямоване на пошук комплексного підходу до обробки зображень в системах технічного зору (ТЗ), яке передбачало прийняття рішень про обробку того чи іншого виду вхідних растрових видових сцен за оцінками рівня їхньої інформативності, а також шляхів підвищення інформативності вхідних зображень в цілому. Проблема, що розглядалася, актуальна при обробці зображень як статичних, так і, особливо, динамічних видових сцен, оскільки у такому разі в зоні спостереження можливі швидкі та кардинальні зміни факторів, що впливають на формування відеосигналу.

Інформація, що дозволяє відрізнити об'єкти один від одного за їх зображеннями, значною мірою міститься в контурних лініях. З огляду на це, у даному дослідженні зазначена задача обробки зображень розглядалася стосовно вибору засобів ефективної реалізації цієї типової для ТЗ операції: виділення меж візуальних областей та об'єктів. Огляд існуючих методів та засобів такої обробки дозволяє зробити висновок про відмінності їхньої продуктивності при застосуванні до різних видових сцен. У експериментах, проведених з використанням серії тестових зображень, отриманих при різних параметрах освітлення, було встановлено залежність між якісною характеристикою рівня яскравості і чіткості вхідного зображення та вибором оптимального методу обробки (рис. 1). Так, методи Собеля і Прюїтт виявили більшу чутливість до шуму, але вони забезпечують чіткіше зображення лінії контуру. Оператор Лапласа дає непогані результати при недостатньому рівні освітлення. Найвищу швидкість обробки проявили методи Лапласа, Робертса та Собеля – отже, при обмежених ресурсах апаратного забезпечення або браку часу перевага має надаватись саме цим методам.

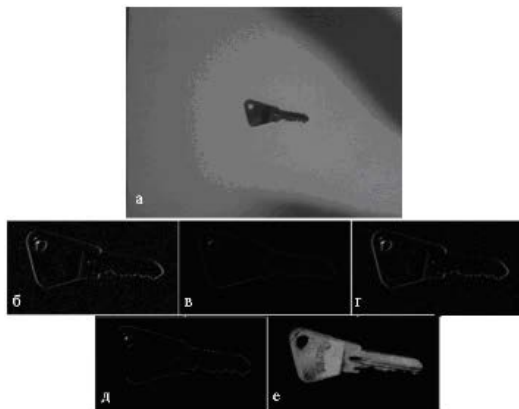


Рис.1 – Тестове зображення (а), отримане на білому фоні при зниженому рівні освітлення, та варіація результатів його обробки за допомогою методів Собеля (б), Робертса (в), Прюїтт (г), Кенні (д), Лапласа (е)

Була висунута гіпотеза, що первинна оцінка характеристик зображення та витрат часу при використанні альтернативних алгоритмів виділення меж дозволить оптимізувати вибір конкретного методу відповідно до якості вхідних даних, інформаційних та ресурсних вимог технологічного процесу. Відповідно до гіпотези, виконувався пошук залежності між показниками інформативності та якістю вхідних растрових зображень, за якими можна встановити оптимальний метод обробки зображень з метою виявлення інформаційних об'єктів заданого типу. Доведення гіпотези передбачало 1) встановлення цілей обробки растрових зображень; 2) множини показників їхньої інформативності; 3) множини методів отримання показників інформативності; 4) множини ознак, що характеризують растрові зображення; 5) механізму формування растрових зображень та впливу умов його отримання на якість; 6) дослідження наявних формальних методів оцінки інформативності.

Проведений аналіз методів обробки растрових зображень, їхніх властивостей, механізмів формування растрових зображень та чинників, які впливають на їхню якість, дозволив сформувати множину параметрів, які визначають інформативність зображень при виділенні контурних ознак. Таким параметрами є рівень яскравості, контрастності, рівень чіткості (визначається на основі оцінки шумової компоненти).

Забезпечити оптимальність вибору конкретного методу виділення контурної ознаки лише за одним з перелічених параметрів у

загальному випадку неможливо, оскільки кожен з параметрів має різний ступінь впливу на якісні показники кожного з методів. В зв'язку з цим виникає потреба у формуванні комплексної характеристики інформативності зображення, яка б узагальнювала часткові оцінки за кожним параметром. У якості механізму узагальнення пропонується використання методу аналізу ієрархій як найбільш обґрунтованого (у порівнянні з підходами, заснованими на лінійній логіці) шляху вирішення багатокритеріальних задач у складній обстановці з ієрархічними структурами, що включають як відчутні, так і слабковиражені чинники. На рис. 2 представлено структурну схему застосування методу аналізу ієрархій при виконанні аналізу інформативності растрового зображення та виборі оптимального методу його обробки. Використання такого підходу дозволить враховувати обмеження ресурсів прикладної системи та якість зображення за множиною актуальних ознак (рівень шуму, яскравість, чіткість тощо) і автоматизувати процес вибору оптимальної стратегії обробки зображень з слабкодетермінованими властивостями, що відповідає вимогам впровадження в інтелектуальні системи управління виробничими процесами.

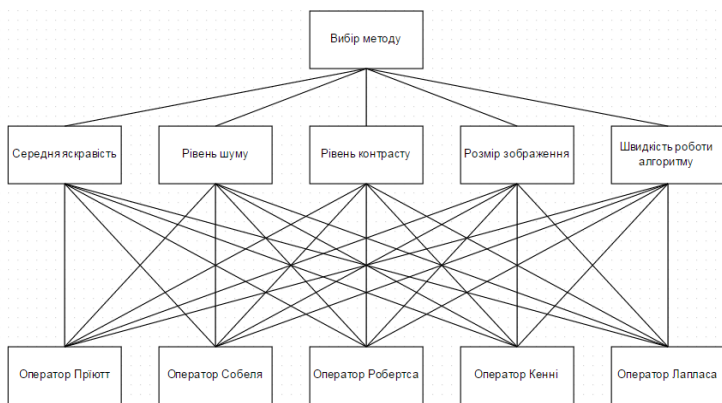


Рис.2 – Реалізація методу аналізу ієрархій для вибору оператора виділення контурних ознак

Отже, в ході дослідження встановлено, що інформативність вхідного зображення може бути підвищена як за рахунок його модифікації шляхом збільшення якості (підвищення яскравості, контрастності та чіткості), так і за рахунок оптимального вибору методу обробки, оскільки методи цифрової фільтрації, які використовуються

при виділенні контурних ознак, проявляють різну чутливість до параметрів якості зображення. Запропонований метод вибору оптимального цифрового фільтру за моделлю на основі методу аналізу ієрархій має значний потенціал використання при виділення інформаційних ознак у системах діагностики та керування технологічними процесами, а також у системах інтелектуальної обробки візуальних даних різного призначення.

УДК 004.7: 621.396.2

ВИКОРИСТАННЯ СТАТИСТИК ВІЛКОКСОНА ТА ФІШЕРА ДЛЯ ВИЯВЛЕННЯ АНОМАЛЬНОЇ ПОВЕДІНКИ МЕРЕЖЕВОГО ТРАФІКУ

І.С.Скітер, І.В.Бальченко¹, Е.П.Сідін²

¹ *Чернігівський національний технологічний університет*

² *Державний науково-випробувальний центр збройних сил України*

Для забезпечення надійної передачі даних у мережі необхідне використання адекватних методів виявлення аномалій, які дадуть змогу виявляти аномальний мережевий трафік, оцінювати величину та параметри аномалії.

В якості мір та методів, які використовують при аналізі трафіку з метою виявлення його аномальної поведінки як правило використовують показники, приведені в табл. 1.

Таблиця 1. Міри та методи для аналізу аномалій трафіку

Метод	Міра	Ідентифікація аномалії
Порогові значення	Значення числових інтервалів	Перевищення допустимих значень
Статистичний аналіз	Вибіркове середнє, дисперсія, СКВ, довірчий інтервал	Перевищення допустимих значень
Параметричний аналіз	«профіль мережі»	Величина та частота відхилення від профілю
Непараметричний аналіз	«профіль мережі»	Величина та частота відхилення від профілю
Аналіз сигнатур	«Нормальна поведінка»	Відхилення від норми

Статистичні методи аналізу найбільш розповсюджені для реалізації технологій виявлення аномалій [1],[2]. Кількісний аналіз мережі на основі використання статистичного підходу базується на аналізі масивів даних у вигляді динамічних рядів - статистичної інформації по проходженню трафіку [3],[4]. Статистичний аналіз трафіку включає в себе:

1. Формування профілю системи.
2. Визначення граничних значень параметрів трафіку.
3. Оцінка параметрів мережі в режимі реального часу.

4. Перевірка статистичних гіпотез.
5. Аналіз поточного (реального) мережевого трафіку.
6. Ідентифікація поведінки мережі та прийняття рішень.

Основні обмеження та вимоги до задачі дослідження параметрів трафіку статистичними методами:

- масив параметрів трафіку повинен мати нормальний розподіл;
- випадкові величини є незалежними;
- відсутність домінуючих зовнішніх впливів чи внутрішніх факторів на трафік.

Перевірка мережевого трафіку на виконання основних вимог може бути проведена шляхом визначення його однорідності за критеріями Вілкоксона[5] та Фішера[6]. Нехай отримані два масиви даних трафіку комп'ютерної мережі:

$$\begin{cases} X^{id} = \{x_1^{id}, x_2^{id}, \dots, x_{n_1}^{id}\} \\ X^{real} = \{x_1^{real}, x_2^{real}, \dots, x_{n_2}^{real}\} \end{cases} \quad (1)$$

де X^{id} - масив спостережень за трафіком «ідеальної» мережі без зовнішніх впливів з умовним розподілом $P_{X^{id}}(t)$; X^{real} - масив спостережень за трафіком реальної мережі з умовним розподілом $P_{X^{real}}(t)$; n_1, n_2 - об'єм «ідеальної» та реальної вибірки;

Вводиться припущення про те, що масиви X^{id} та X^{real} мають різні значення вибірових середніх $\bar{x}^{id} \neq \bar{x}^{real}$ та також справджується припущення про нерівність вибірових дисперсій $\sigma_{X^{id}}^2 \neq \sigma_{X^{real}}^2$:

Оцінка значущості відмінностей вибірок X^{id} та X^{real} проводиться на основі перевірки двох гіпотез H_0 та H_1 які формуються на основі функцій розподілу для вибірок $P_{X^{id}}(t)$ та $P_{X^{real}}(t)$ у наступному вигляді:

$$\begin{cases} H_0: \dots P_{X^{id}}(t) \equiv P_{X^{id}}(t) \dots \forall t \\ H_1: \dots P_{X^{real}}(t) < P_{X^{real}}(t) \dots \forall t \end{cases} \quad (2)$$

Алгоритм перевірки базується на основі критерію Вілкоксона з врахуванням числа інверсій:

- формування об'єднаного масиву спостережень $X^{id} + X^{real}$ об'ємом $n_1 + n_2$;

- ранжування об'єднаної сукупності за зростанням значень;
- оцінка числа інверсій m_i членів вибірки X^{id} відносно вибірки X^{real} за визначеним правилом [5].

- нульова гіпотеза H_0 відхиляється, загальне якщо число інверсій $m = \sum_{i=1}^{n_1} m_i$ деяку критичну межу, визначену в залежності від заданого рівня значущості.

Дослідження «ідеального» і реального трафіку та відхилення гіпотези про їх однорідність буде вказувати на те, що процеси в них можуть містити аномалії.

Перевірка однорідності мережевого трафіку за критерієм Фішера включає в якості вхідних даних масиви спостережень за параметрами трафіку у вигляді випадкових величин виду (1), які мають нормальний розподіл. Дисперсії випадкових величин мають розподіл Пірсона (χ^2). Метою дисперсійного аналізу є перевірка гіпотез про приналежність вибірових дисперсій випадкових величин $X^{id} = \{x_1^{id}, x_2^{id}, \dots, x_{n_1}^{id}\}$ та $X^{real} = \{x_1^{real}, x_2^{real}, \dots, x_{n_2}^{real}\}$ до однієї генеральної сукупності [6]. Для порівняння дисперсій вводиться нульова гіпотеза H_0 . Перевірка гіпотези базується на використанні незалежної функції, яка визначається на основі експериментальних даних, функції Фішера :

$$F_p = \frac{\sum_{i=1}^{n_1} (x_i^{id} - \bar{x}_i^{id})^2}{\nu_1} : \frac{\sum_{j=1}^{n_2} (x_j^{real} - \bar{x}_j^{real})^2}{\nu_2} \quad (3)$$

де $\nu_1 = n_1 - 1$, $\nu_2 = n_2 - 1$ - число ступенів вільності випадкових величин X^{id} та X^{real} ;

З (8) можна ввести припущення про те, що випадкова величина

$$F_p = \frac{\sigma_{X^{id}}^2}{\sigma_{X^{real}}^2}$$

буде мати розподіл Фішера з незміщеними оцінками

дисперсій випадкових величин, які характеризують ідеальний ($\sigma_{X^{id}}^2$) та реальний трафік ($\sigma_{X^{real}}^2$). Припустиме значення критерію Фішера, для якого проводиться оцінка, лежить в межах:

$$F_{кр}^H \leq F_p \leq F_{кр}^6 \quad (4)$$

Якщо розраховане значення критерію F_p попадає у визначений діапазон (9) то прийняття гіпотеза приймається.

Статистична перевірка гіпотез про однорідність мережевих трафіків на основі випадкових величин X^{id} та X^{real} може бути проведена алгоритмом, розробленим на основі [7]:

1. Формулювання основної гіпотези H_0 : мережеві трафіки X^{id} та X^{real} одного типу за характеристиками розсіювання, тобто їх вибіркові дисперсії тотожні одній і тій же генеральній дисперсії.

2. Формулювання альтернативної гіпотези: мережеві трафіки X^{id} та X^{real} різні за характеристиками розсіювання, їх вибіркові дисперсії не тотожні одній і тій же генеральній дисперсії.

3. Визначення рівня значущості про справедливість гіпотези.

4. Розрахунок F_p -статистики за умов залежності її величини від об'ємів вхідних вибірок n_1 та n_2 та її відповідності розподілу Фішера.

5. Визначення критичної області на основі нижньої $F_{кр}^H$ та верхньої критичної межі $F_{кр}^6$

6. Виділення із області значень статистики тесту підмножини значень (критичну область) $F_p < F_{кр}^H$ та $F_p > F_{кр}^6$, за якими можна робити висновки про суттєві відхилення від припущеної гіпотези. Величина такої області визначається із умови :

$$P(F_p < F_{кр}^H \vee F_p > F_{кр}^6) = \alpha = 0,05 \quad (5)$$

7. Формулювання висновків:

7.1. Якщо значення розрахованої F_p -статистики попадає в критичну область то гіпотеза H_0 відхиляється, мережеві трафіки вважаються не однотипними.

7.2. Якщо значення розрахованої F_p -статистики не попадає в критичну область то гіпотеза H_0 не відхиляється, мережеві трафіки вважаються однотипними.

Література

1. Brodsky, B. E., Darkhovsky, B. S. Non-Parametric Statistical Diagnosis: Problems and Methods [Text], Kluwer, Dordrecht. – 2000. - 452 p.

2. Anomaly Detection in IP Networks. [Електронний ресурс] – Режим доступу : <http://users.ece.gatech.edu/~jic/sig03.pdf>
3. Бельков, Д.В., Едемская, Е.Н., Незамова, Л.В. Статистический анализ сетевого трафика [Текст] // Наукові праці ДонНТУ Серія "Інформатика, кібернетика та обчислювальна техніка". - Випуск 13(185). - 2011. - С.66-75.
4. Карпук, Н.М. Статистический анализ сетевого трафика. Электронная библиотека Белорусского государственного университета. – 2008. – С. 116 – 119. Режим доступа: <http://elib.bsu.by/bitstream/123456789/7401/1/6.pdf>.
5. Wilcoxon, F. (1945). Individual comparisons by ranking methods [Text]. *Biometrics*, 1. - P. 80-83.
6. Шефе, Г. Дисперсионный анализ [Текст] : пер. с англ. ; 2-е изд. – М. : Наука, 1980. – 512 с.
7. Кузнецов, А.А., Смирнов, А.А., Даниленко, Д.А. Дисперсионный анализ сетевого трафика для обнаружения и предотвращения вторжений в телекоммуникационных сетях и системах [Текст] // Системи обробки інформації. – 2014. - Випуск 2 (118) – С. 124-133.

УДК 004.94

РЕАЛІЗАЦІЯ МЕТОДУ АВТОРЕГРЕСІЇ КОВЗНОГО СЕРЕДЬОГО НА ОСНОВІ ТЕХНОЛОГІЇ NVIDIA CUDA

О.В. Кіндзерський

Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут», Україна

Задача прогнозування числових рядів є важливою складовою інтелектуального аналізу даних. Як було зазначено в статті [3] чим більше параметрів перебрано, тим більша ймовірність обрати ту модель, що дасть найдостовірніший прогноз. Технологія Nvidia CUDA дає змогу обраховувати оцінку моделі для певних параметрів в сотні паралельних потоків. Кожен користувач, що має графічний процесор Nvidia з підтримкою технології CUDA може досягти прискорення в обчисленнях приблизно в десять раз, що підтверджує високу продуктивність паралельних обчислень CUDA.

Модель авторегресії була описана в статті [3]. Модель авторегресії ковзного середнього це об'єднана модель двох алгоритмів. Рухоме середнє – один із інструментів аналізу випадкових процесів та часових рядів, що полягає в обчисленні середнього підмножини значень Розмір підмножини, від якої обчислюється середнє значення

може бути як сталим, так і змінним. У фінансах, просте рухоме середнє (Simple moving average, SMA) є незважене середнє попередніх n даних. Проте, в науці і техніці середнє значення зазвичай береться з рівного числа даних по обидва боки від центрального значення. Це гарантує, що зміни середнього значення збігаються зі змінами в даних, а не розподілені в часі. В загальному суть алгоритму полягає в усередненні значень, що досліджуються, за вибраний період, що називається вікном ширини T чи параметром q . Висувається гіпотеза, що майбутнє значення буде рівне середньому значенню за минулі періоди. Ширина вікна визначає кількість минулих періодів, які будуть враховуватися в прогнозі.

Нехай $\{Y_t\}$ – часовий ряд, тоді рухоме середнє обчислюється за наступною формулою:

$$MA_t = \sum_{r=-q}^{+s} a_r Y_{t+r}$$

де сума ваг a_r дорівнює 1.

Модель ARMA (p, q) має два параметра де p це порядок авторегресії частини і q – порядок ковзної середньої частини [5].

Процес авто регресійної-ковзної середньої можна визначити формулою:

$$ARMA_t = c + \varepsilon_t + \sum_{i=1}^p a_i Y_{t-i} + \sum_{i=1}^q \theta_i \varepsilon_{t-i}$$

де $a_1 - a_p$ – коефіцієнти авторегресії(параметри моделі), c – константа(в більшості випадків для спрощення моделі береться рівною нулю), ε_t – білий шум.

Для визначення якості моделі використовуємо корінь середньоквадратичної похибки:

$$RMSE = \sqrt{\frac{\sum_{t=1}^n (\hat{y}_t - y_t)^2}{n}}$$

Особливістю програмної реалізації є те, що генерація числового ряду відбувається на CPU, масове розпаралелювання процесів та визначення похибки моделі на GPU та обчислення власне прогнозу на CPU[1]. Таким чином досягається максимальна ефективність описаного алгоритму.

CUDA(англ. Compute Unified Device Architecture) – програмно-апаратна архітектура паралельних обчислень, яка дозволяє істотно збільшити обчислювальну продуктивність завдяки використанню

графічних процесорів фірми Nvidia[4]. CUDA SDK дозволяє програмістам реалізовувати на спеціальному спрощеному діалекті мови програмування C алгоритми, здійснювані на графічних процесорах Nvidia, і включати спеціальні функції в текст програми на C. Архітектура CUDA дає розробнику можливість на свій розсуд організувати доступ до набору інструкцій графічного прискорювача і управляти його пам'яттю. Первинна версія CUDA SDK була представлена 15 лютого 2007 року. У основі CUDA API лежить розширена мова C. Для успішної трансляції коду цією мовою, до складу CUDA SDK входить власний C-компіляторкомандного рядка nvcc компанії Nvidia. Компілятор nvcc створений на основі відкритого компілятора.

Важливим аспектом програмної реалізації також є слідкування за пам'яттю, оскільки Cuda Toolkit написаний на C++, а CudaFy .Net це C# фреймворк, що використовує дану бібліотеку. Після виділення пам'яті для масиву на GPU, потрібно заповнити його початковими значеннями, або ж використати метод CopyToDevice і передати .Net масив, як параметр [6]:

```
GPGPU gpu = CudafyHost.GetDevice();  
double[] gpuArr = gpu.CopyToDevice(new double[N]);
```

Не менш важливим є уникнення гонки потоків, тобто щоб одночасно декілька потоків не записували і зчитували з одного місця пам'яті, що дасть некоректні результати. Для розв'язання даної проблеми було вирішено для кожного потоку виділити свою частину пам'яті для обчислень. Тобто якщо в нас є N потоків і кожен з них повинен працювати з масивом в M елементів, то ми блокуємо масив розміром M*N. Це можливо коли дані потоки не залежні один від одного. В протилежному випадку потрібно продумувати більш складний алгоритм, який включає в себе синхронізацію даних потоків.

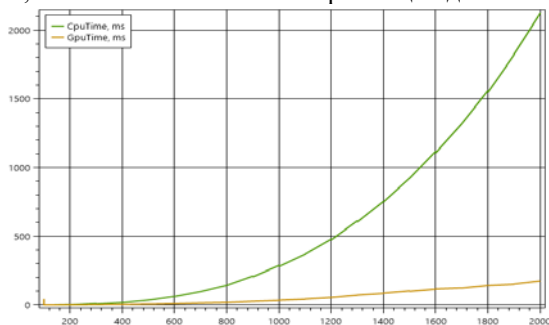


Рисунок 1 – Порівняння швидкості розрахунків на CPU та GPU

Для демонстрації швидкодії роботи розробленого алгоритму було проведено тест на обчислення найкращої моделі на масиві до 2000 точок з кроком в 100 точок, рисунок 1.

В таблиці 1 наведено порівняльну характеристику часу знаходження моделі із найменшою похибкою та коефіцієнт прискорення для вхідних даних різної довжини та максимально допустимого порядку авторегресії. Для порівняння швидкодії прогноз виконувався з використанням GPU(NVIDIA GeForce 960) і лише на CPU(Intel Core i5-6500 3.20 GHz).

Табл. 1 – Порівняння швидкодії розрахунку на CPU та GPU

Довжина послідовності	Максимальний порядок	Час розрахунку на CPU, ms	Час розрахунку на GPU, ms	Коефіцієнт прискорення
100	30	0	0	0
200	60	2	1	2
300	100	9	3	3
400	120	19	5	3,8
500	150	37	8	4,625
1000	300	281	36	7,8
1500	450	923	104	8,875
2000	600	2123	177	11,99

Побудова та аналіз великої кількості моделей авторегресії потребує чималих затрат часу, тому було реалізовано розпаралелювання обрахунків за допомогою технології Nvidia CUDA. Практичні результати показують, що зі збільшенням довжини вхідної послідовності збільшується ефективність використання технології розпаралелювання CUDA. В даному випадку вдалося досягти зменшення часу обрахунків в 12 разів при довжині послідовності.

Література

1. Боресков, А.В. Параллельные вычисления на GPU. Архитектура и программная модель CUDA [Текст]: Учеб. пособие / Боресков А.В. и др. – М.: Издательство Московского университета, 2012. – 336 с.
2. Васильев, К.К. Служивый, М.Н. Математическое моделирование систем связи [Текст] : учебное пособие. – Ульяновск : УлГТУ, 2008. – 170 с.
3. Кіндзерський, О.В., Олійник, Ю.О. Реалізація методу авторегресії на основі технології Nvidia CUDA [Текст] // Наукова конференція студентів, магістрантів «Інформатика та обчислювальна техніка» ІОТ – 2016. С. 20-21.
4. Параллельные вычисления CUDA [Електрон. ресурс]. – Режим доступу: <http://www.nvidia.ru/object/cuda-parallel-computing-ru.html>

5. Светуныков, И.С., Светуныков, С.Г. Методы социально-экономического прогнозирования [Текст]. – Санкт-Петербург : ГУЭФ, 2010. – 187-197с.
6. CUDAFy.Net [Электронный ресурс] - Режим доступа: <https://cudafy.codeplex.com/>

УДК 621.397

ПРАКТИЧЕСКИЕ МОДЕЛИ ОЦЕНКИ КАЧЕСТВА ВИДЕОСИГНАЛА В СИСТЕМАХ МАССОВОГО ОБСЛУЖИВАНИЯ ВИДЕО-КОНТЕНТОМ

К.Н. Григорьев, В.В. Литвинов

*Черниговский Государственный Технологический Университет,
Украина*

В рамках задачи выбора оптимальных параметров кодирования аудиовидео сигналов в целях передачи через сети с плавающим уровнем потерь, важным является способ оценки качества результирующего видео сигнала с позиции конечного потребителя.

Необходимо учитывать, что существуют два основных фактора искажений в результирующем аудиовидео сигнале – потери связанные с особенностями ненадежных сетей при передаче сигнала, а также искажения продуцированные алгоритмом сжатия/кодированием, в рамках заданных для кодера ограничений (набора параметров). Необходимо также учитывать тип конечного потребителя, так как требования восприятия изображения у человека и компьютерных алгоритмов значительно отличаются.

В рамках основной задачи подбора оптимальных параметров кодирования при настройке систем передачи аудиовидео сигнала для онлайн видео трансляций основным потребителем является человек. Соответственно, для такой задачи параметры качества видеосигнала должны учитывать особенности человеческого восприятия видео изображений.

Традиционно существовал субъективный метод оценки качества, когда результирующее изображение показывали эксперту или группе экспертов. Данный метод разделялся на различные подварианты когда в дополнение к результирующему изображению эксперту могут показывать оригинальное изображение (последовательно либо одновременно). Данный класс методов обладает хорошими свойствами в виду того что оценка осуществляется представителем конечного потребителя, и, соответственно, максимально приближен к «реальной» оценке. Однако, субъективный метод плохо

масштабируется, а также не позволяет проводить автоматизированную оценку качества изображений, что сужает его применимость в рамках нашей основной задачи.

Альтернативой является набор методов, который строят модели качества изображений на основе ряда объективных параметров. В этих методах используются объективные характеристики изображений, такие как SNR (Signal To Noise ratio) и им подобные.

Основным отличием таких методов является необходимость доступа к оригинальному (не обработанному) изображению, называемым референтным. Соответственно методы автоматического анализа качества изображения делятся на:

- наличие доступа к полному референтному изображению (FR – full reference)
- наличие доступа к ограниченному референтному изображению (RR – reduced reference)
- отсутствие доступа к референтному изображению (NR – no reference).

В моделях использующих референтное изображение доминируют математические модели позволяющие определить поточечно отличия в кадрах (оригинал/результат). Данные отличия затем усредняются в один индикатор. Примерами являются MSE (mean square error), SNR (signal-to-noise ratio), и PSNR (peak signal-to-noise ratio) индикаторы.

Для моделей NR (no reference) характерным является попытка выделить ключевые типы артефактов, которые приводят к визуальным искажениям изображений, и соответственно к ухудшению «воспринимаемого» качества. Такие модели обычно выделяют артефакты сжатия и артефакты потерь при передаче.

Литература:

1. Winkler, S. "Digital Video Quality: Vision Models and Metrics" [Текст] / S. Winkler. - John Wiley & Sons Ltd, ISBN 0-470-02404-6. - 2005.
2. Watson, A. B. "Digital video quality metric based on human vision" [Текст] / A. B. Watson, J. Hu, J. F. III. McGowan // Journal of Electronic Imaging. - Vol. 10(1). - 2001. - P. 20-29.
3. Webster, A.A. "An objective video quality assessment system based on human perception" [Текст] / A.A. Webster, C.T. Jones, M.H. Pinson, S.D. Voran, S. Wolf. - Human Vision, Visual Processing, and Digital Display IV, SPIE Proceedings. - Vol. 1913. – 1993. – P.15-26.

4. Lubin, J. "A Human Vision System Model for Objective Picture Quality Measurements" [Текст] / J. Lubin // Conference Publication of the International Broadcasters' Convention. - 1997. – P. 498-503.

УДК 004.82, 004.853, 004.855

ПРИНЦИПИ ПОБУДОВИ ЯДРА ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ СИСТЕМИ

І.А. Жирякова, С.В. Голуб

Черкаський національний університет імені Богдана Хмельницького, Україна

Ядром інтелектуальної системи є база знань. Існуючі бази знань в основному створюються для розв'язання однорідних задач в одній предметній області. При розв'язанні окремих груп задач виникає потреба в консолідації інформації отриманої із різнорідних джерел та різних предметних областях. Важливою вимогою для систем інтелектуального аналізу даних, що сконструйовані сьогодні є їх здатність розв'язувати задачі, які виникнуть за рік, 3-10 років. Бази ж знань конструюються на підставі досвіду минулих років. З часом властивості об'єктів змінюються. Джерелом неадекватності існуючих баз знань є те, що для розв'язання майбутніх задач використовуються відомості про властивості об'єкта, якими він володів у минулому.

Незважаючи на те, що питанням роботи зі знаннями та застосуванню баз знань у різних предметних галузях присвячено досить багато публікацій (з яких оглядовими є [1-5]), у науковому співтоваристві досі немає згоди щодо раціональності застосування тієї чи іншої моделі представлення знань для розв'язання практичних задач, які зводяться до наступних класів: продукційні моделі, семантичні мережі, фреймові моделі і формальні логічні моделі.

Також можна зазначити, що існуючі підходи не дають можливості отримати актуальні знання в рамках:

- задач кризового моніторингу, які потребують зміни структури бази знань за обмежений проміжок часу у відповідності до формування нових завдань;
- задач автоматичного формування, використання та реорганізації бази знань при необхідності їх подальшого атоматизованого застосування;
- задач оптимізації затрат часу на створення бази знань та перенесення уваги на розв'язок інтелектуальних задач.

Таким чином, існує протиріччя між необхідністю розв'язку комплексу задач, що ставляться перед інтелектуальними системами

прийняття рішень та обмеженими можливостями науково-методичного апарату побудови існуючих баз знань, які основані на детерміністичному підході до моделювання навколишнього світу. Наявність цього протиріччя робить актуальними дослідження процесів формування нових підходів до збереження та використання знань в інтелектуальних інформаційних системах.

Нова форма збереження знань в інтелектуальних системах підтримки прийняття рішень отримала назву «База модельних знань» (БМЗ).

Постановка задачі побудови БМЗ ґрунтується на положеннях теорії ієрархічних багаторівневих систем [7], зокрема положенні про координацію елементів складної системи.

Створення БМЗ буде успішною кожного разу, коли вдасться отримати стратегію координації γ її елементів – глобальних функціональних залежностей, які є розв'язками задач перетворення інформації в окремих предметних областях D_i . Стратегія координації γ повинна забезпечити розв'язок глобальної задачі створення БМЗ як механізму забезпечення інформацією процесів прийняття рішень D , шляхом розв'язання локальних задач D_i за рахунок формування синергетичних зв'язків u^γ між елементами множини результатів неперервних спостережень $X = \{x_1, x_2, \dots, x_n\}$, де n – кількість характеристик об'єкта, поєднуючи їх в багатопараметричні моделі, які повинні адекватно відображати дійсні зв'язки u :

$$(\forall \gamma)(\forall x) \{ P(x, D_i(\gamma) \text{ і } K(u^\gamma) = u) \} \Rightarrow P(\pi_\Delta(x), D) \quad (1)$$

де γ – стратегія синтезу глобальної функціональної залежності; x – результати спостережень; $D_i(\gamma)$ – задачі перетворення інформації в окремі предметні області; D – глобальна задача перетворення інформації; u^γ – множина зв'язків, відображених в структурі багаторівневої глобальної функціональної залежності (моделі); u – множина дійсних зв'язків.

Розв'язок поставленої задачі отримується у відповідності до нової концепції виявлення, збереження та використання знань. Вона містить такі принципи:

- знання представляються у вигляді багатопараметричних моделей;
- зростання кількості знань досягається шляхом ієрархічного поєднання багатопараметричних моделей відповідно методу висхідного синтезу елементів в системах з багаторівневим перетворенням даних [6];

– використання положень теорії ієрархічних багаторівневих систем, зокрема положення про координацію елементів, є основою для розв'язання задач структурної ідентифікації глобальних функціональних залежностей;

– консолідація знань відбувається шляхом поєднання глобальних функціональних залежностей, сформованих в рамках різнорідних предметних областей.

Кожна глобальна функціональна залежність є ієрархічним поєднанням локальних багатопараметричних моделей, поєднаних в страти відповідно до рівнів моніторингу. Така структура забезпечує багаторівневе перетворення інформації від форми чисельних характеристик результатів спостереження до форми відомостей про властивості об'єктів, поданих в зручному для використання вигляді.

Поєднання кількох глобальних функціональних залежностей дозволяє БМЗ відобразити в своїй структурі різнорідну інформацію про множину об'єктів, що утворюють досліджуване середовище. Періодичне поновлення та доповнення системи останніми результатами моніторингу за об'єктами досліджуваного середовища та автоматичне адаптування структури БМЗ дозволяє врахувати динамічність природних об'єктів при забезпеченні інформацією процесів прийняття рішень.

Запропонований підхід реалізує методологію створення автоматизованих систем багаторівневого перетворення інформації, яка забезпечує поєднання методів та засобів формування ієрархії багатопараметричних моделей [6]. Основною гіпотезою дослідження є те, що моделі містять інформацію, а поєднання моделей містять знання про об'єкт дослідження. Формування нових знань передбачає постійний процес перетворення інформації. Перетворення інформації забезпечується в процесі моніторингу у випадку, коли моніторингом вважається технологія забезпечення інформацією процесів прийняття рішень шляхом організації неперервних спостережень за об'єктом та обробки і перетворення їх результатів. Отже, саме моніторинг – це основа процесу прийняття рішень, адже забезпечує його новими знаннями, особливо, коли рішення приймається в умовах невизначеності.

Передбачається чітке розмежування задач координації, які розв'язуються її окремими модулями на кожному етапі побудови функціонування системи. БМЗ, розв'язує комплекс задач із формування множини глобальних функціональних залежностей, що різнобічно відображають властивості досліджуваного середовища.

БМЗ є базисом для блоку прийняття рішень ІСПР, який дає можливість формувати адекватні для поточного стану об'єкту керуючі впливи (рис. 1). Дана структура інваріантна до досліджуваного середовища і носить універсальний характер.

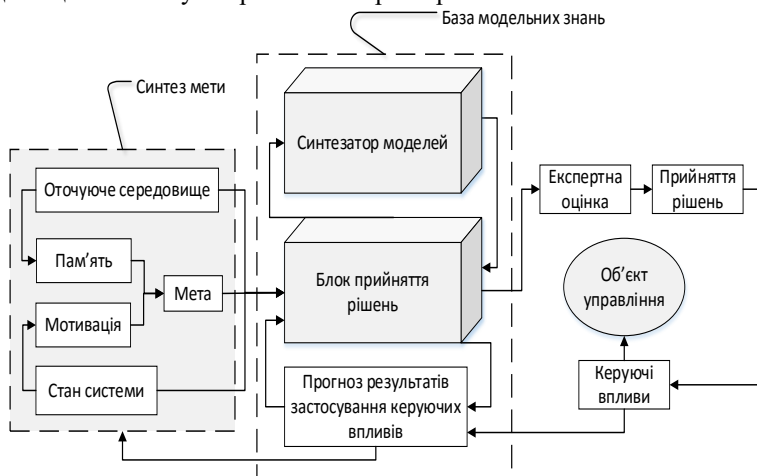


Рис. 1. Структурна схема ІСПР

У даній роботі розглянуто основні положення єдиного концептуального підходу до реалізації бази модельних знань в рамках слабоформалізованих процесів підтримки прийняття рішень. Запропонований підхід орієнтований на автоматичне формування та подальший автоматизований супровід баз знань для будь-якої предметної області. Крім того, така форма подання знань легко читається, і аналітик майже завжди може простежити шлях, по якому рухалася ІСПР при побудові остаточної класифікації і відборі методів управління.

Література

1. Knowledge Acquisition Tools, Methods, and Mediating Representations [Text] / [Motoda H., Mizoguchi R., Boose J.H., Gaines B.R.]. – Proceedings of the First Japanese Knowledge Acquisition for Knowledge-Based Systems Workshop: JKAW-90, Ohmsha Ltd: Japan, 1990. – 32 p.
2. Wielinga, B. KADS: A Modeling Approach to Knowledge Engineering [Text] / B. Wielinga, G. Schreiber, J.A. Breuker // In Knowledge Acquisition. – 1992. – vol. 4, n. 1. – P. 5-53.
3. Tuthill, G.S. Knowledge Engineering [Text] / G.S. Tuthill. – TAB Books Inc., 1994. – 750 p.

4. Adeli, H. Knowledge Engineering [Text] / H. Adeli. – New-York: McGraw-HillPublishing Company, 1994. – 914 p.
5. Приобретение и формализация знаний [Текст] / Аверкин А.Н., Блишун А.Ф., Гаврилова Т.А., Осипов Г.С. / Искусственный интеллект: [в 3 т.] / под ред. Д.А. Поспелова. – М.: Радио и связь, 1990. – Т. 2: Модели и методы. – 304 с.
6. Голуб, С.В. Багаторівневе моделювання в технологіях моніторингу оточуючого середовища [Текст] / С.В. Голуб. – Черкаси: Вид. від. ЧНУ імені Богдана Хмельницького, 2007. – 220 с.
7. Месарович, М. Теория иерархических многоуровневых систем [Текст] / М. Месарович, Д. Мако, И. Такахаха. – М.: Мир, 1973. – 344 с.

УДК 004.931

МОДЕЛЮВАННЯ ТА ПРОЕКТУВАННЯ СИСТЕМ ВІДЕОПОСТЕРЕЖЕННЯ

Злобін С.В., Вітер В.О.

Чернігівський національний технологічний університет, Україна

Останні кілька років в Україні спостерігається значне підвищення рівня злочинності. Після революційних подій на Майдані в Україні стали в 3,5 рази частіше використовувати вогнепальну зброю. Про це свідчать статистичні дані Генпрокуратури з січня по жовтень 2013 року в порівнянні з аналогічним періодом 2014 року. Ця статистика говорить про необхідність вживання заходів для запобігання та попередження злочинних дій у будь якій формі [6].

Для попередження і запобігання злочинних дій з'являється необхідність впровадження наступних заходів:

- створити систему відео-нагляду за ділянками міста з підвищеним криміногенним показником, жвавими перехрестями, ділянками автомобільних доріг з інтенсивним рухом, а також місцями масового скупчення громадян;

- організувати систему безперервного моніторингу відеоінформації, виявлення порушень громадського порядку, інших правопорушень і надзвичайних ситуацій;

- оперативно інформувати правоохоронні органи про порушення громадського порядку, інші правопорушення і надзвичайні ситуації.

Універсальне програмне забезпечення для централізованого управління засобами ІР-відеоспостереження, яке розраховане на роботу з камерами різних виробників, як правило, коштує кругленьку суму. В той же час існують і безкоштовні програмні продукти, але

вони мають деякі обмеження. Інтернет переповнений різними «безкоштовними», «пробними» і «тестовими» версіями програмних засобів для створення систем відеоспостереження. Провівши аналіз таких програмних засобів ми виділили наступні: «XProject Go», «Zoneminder», «SecuritySpy», «Smart Start», «SecurOSLite», «VideoNetPrime». В таблиці 1 представлена порівняльна характеристика знайдених програмних продуктів [2, 3, 4, 5].

Таблиця 1 Порівняльна характеристика програмних засобів для відеоспостереження

Компанія	Milestone	ZoneMinder	BenSoftware	ISS	Axxon Soft	«Скайрос»
Назва	XProjectGo	ZoneMinder	SecuritySpy	SecurOSLite	Smart Start	VideoNetPrime
№ камер	8	не обмеж.	не обмеж.	4	16	16
Кількість серверів	1	не обмеж.	не обмеж.	1	1	не обмеж.
Відео архів	5 днів	не обмеж.	не обмеж.	-	1тб	+
Підтримка H.264	+	+	+	+	+	+
Детектор руху	+	+	+	+	+	+
Аналітичні функції	-	-	+	-	+	+
Інтелектуальний пошук	-	-	+	-	+	+
ОС	Windows	Linux	MacOS	Windows	Windows	Windows
Час використання	-	-	30 днів	-	-	-

ZoneMinder був розроблений для запису відео інформації, а також для легкого пошуку та експорту. Записи проводяться з найкращою якістю, легко можуть бути відфільтровані, знайдені, а також просто експортовані за допомогою будь-якої операційної системи використовуючи веб-браузер.

ZoneMinder розроблений як ряд незалежних компонентів, які функціонують тільки при необхідності, зменшуючи витрати ресурсів, і цим самим збільшуючи ефективність використання сервера. Досить древній Pentium II PC має можливість відстежувати одну камеру на пристрої зі швидкістю до 25 кадрів в секунду, в той же час за кожну додаткову камеру якість запису зменшується вдвічі. Крім швидкого ядра відео обробки він також поставляється зі зручним та інтуїтивно зрозумілим веб-інтерфейсом, що дозволяє управляти і ко-

нтролювати свої камери з дому, на роботі, в дорозі, або навіть з мобільного телефону. Веб-інтерфейс розроблений з використанням принципів адаптивності, що збільшує коло сумісних пристроїв.

Система дозволяє переглядати захоплені камерою події, архівувати та переглядати їх у довільному порядку, або видаляти ті, які ви більше не хочете зберігати. ZoneMinder дозволяє визначити набір «зон» для кожної камери різної чутливості і функціональності. Це дозволяє виключити зони, які ви не хочете відслідковувати або визначити області, в яких будуть спрацьовувати тривожні сигнали. [1]

Для тестування системи ZoneMinder було використано сервер з наступними конфігураціями:

```
Intel(R) Core(TM) i5-2400 CPU @ 3.10GHz
MemTotal: 8Gb
HDD: 1500Gb
```

Встановлення програмного комплексу відбувалось на базі операційної системи Centos 7, в ході встановлення комплексу було виявлено несумісність стандартних бібліотек, з системою відеоспостереження, тому перед встановленням було видалено системні версії бібліотек: ffmpeg, perl, vlc.

Після встановлення системи ZoneMinder використання ресурсів сервера змінилося відповідно до наведених в лістингу.

```
Internet: Connected
Operating System Type : GNU/Linux
OS Name : CentOS Linux
OS Version : 7 (Core)
Architecture : x86_64
Kernel Release : 3.10.0-229.20.1.el7.x86_64
Logged In users :
admin pts/0 2016-02-24 08:43 (46.149.92.62)
Ram Usages :
total used free shared buff/cache available
7.6G 583M 1.4G 1.1G 5.7G 5.6G
Swap Usages :
total used free shared buff/cache available
8.0G 125M 7.9G
Disk Usages :
Filesystem Size Used Avail Use% Mounted on
/dev/mapper/centos-root 59G 75M 56G 1% /
devtmpfs 3.9G 0 3.9G 0% /dev
tmpfs 3.9G 794M 3.1G 21% /dev/shm
tmpfs 3.9G 369M 3.5G 10% /run
```

tmpfs	3.9G	0	3.9G	0%	/sys/fs/cgroup
/dev/mapper/centos-usr	148G	1.3G	139G	1%	/usr
/dev/sda1	976M	140M	770M	16%	/boot
/dev/mapper/centos-home	493G	73M	467G	1%	/home
/dev/mapper/centos-var	99G	61G	33G	66%	/var
/dev/mapper/centos-backup	1.1T	1.1T	1.1T	0%	/backup
System Uptime Days/(HH:MM) : 78 days					

В ході тестування системи було виявлено високу стабільність, та швидку обробку відео потоків. Під час перевірки системи на ефективність було встановлено що, система в постійному режимі запису з 13 камер записують на вінчестер в середньому близько 9 Гб за годину.

Література

1. ZoneMinder [Електронний ресурс] - Режим доступу : <https://zoneminder.com/>
2. XProtect® Go [Електронний ресурс] - Режим доступу : <https://www.milestonesys.com/our-products/video-management-software/xprotect-go/>
3. SecuritySpy Multi-camera CCTV software for the Mac [Електронний ресурс] - Режим доступу : <http://www.bensoftware.com/securityspy/>
4. SecurOS Lite [Електронний ресурс] - Режим доступу : http://iss.ru/products/video/securos_lite/
5. VideoNet Prime [Електронний ресурс] - Режим доступу : <http://www.videonet.ru/index.php?id=224>
6. [Електронний ресурс] - Режим доступу : <http://ua.korrespondent.net/ukraine/3449552-pislia-maidanu-v-ukraini-zris-riven-zlochynnosti>
7. [Електронний ресурс] - Режим доступу : <http://zakon3.rada.gov.ua/laws/show/51-2013-%D1%80>

УДК 004.415.2.043

ВИЗНАЧЕННЯ ПАРАМЕТРІВ АВТОМАТНОЇ МОДЕЛІ СИСТЕМИ

Салапатов В.І.

Черкаський національний університет імені Б. Хмельницького, Україна

Модель розширеного недермінованого автомату для будь-якої системи, яка створюється на основі структури Крипке [1], являє собою залежність взаємопов'язаних параметрів $M = (S, S_0, R, AP, L)$, де

S - це множина станів автомату, S_0 - множина початкових станів, R - загальна множина переходів така, що з кожного стану має бути хоча б один перехід в інші стани, AP - кінцева кількість предикатів і L - це функція, яка визначає в кожному стані множину істинних значень предикатів. Якщо з опису моделі системи в термінах темпоральної логіки (ТЛ) виділити усі ці складові, то модель системи може бути створена напряму у вигляді розширеного недетермінованого кінцевого автомату (РНКА) [2]. В разі побудови такої моделі з урахуванням наведених даних вона буде відповідати всім вимогам опису. За технологією MODEL CHECKING [1] автоматна модель (АМ) системи створюється одразу після її повного опису в термінах темпоральної логіки (ТТЛ). В подальшому модель вводиться у спеціальному форматі у програми-верифікатори, які перевіряють виконання всіх умов та обмежень з опису цієї моделі. Такий підхід вимагає наявності програм-верифікаторів, що викликає додаткові труднощі. Для уникнення процедури верифікації необхідно виконати попередню структурування майбутнього РНКА з опису системи в ТТЛ для визначення наведених вище множин параметрів. Таким чином, технічне завдання має бути описано в ТТЛ і цей повний опис необхідно структурувати. В разі виявлення всіх наведених складових РНКА подальша його побудова не потребує верифікації, оскільки всі умови та обмеження функціонування моделі заздалегідь будуть виконуватись.

В процесі структурування даних перш за все необхідно визначитись із станами автоматної моделі та з початковими станами зокрема. Стани визначаються за діями, які в них виконуються. В описі системи за ТТЛ переходи в стани описані в різних формулах ТЛ. Оскільки модель системи може передбачати кілька переходів в один і той же стан АМ з можливими кількома входами, а також кілька виходів з нього, то необхідно визначити спільні дії в таких станах. Окремі входи та виходи кожного стану визначаються спеціальними діями перед входом в спільну частину. Таким чином, дії у кожному стані складаються з трьох частин M_i , M , M_o , де M_i - множина дій для окремого входу в стан, M - множина спільних дій в стані, M_o - множина виходів із стану. Множина M_i являє собою короткі низки дій перед спільною частиною і визначає точки входу у стан. Виходи із стану визначаються істинністю певних предикатів і описуються як розгалуження. Початкові стани мають бути визначені при описі в ТТЛ. Множина переходів визначається безпосередньо з опису операторами ТЛ лінійного типу - U та типу, що розгалужується у часі

- А. Якщо предикати пов'язані із змінними типу volatile [3], то відповідні події мають оброблятися як переривання і мають розглядатися як окремі зовнішні процеси. Функції переходів (L) в різні стани визначаються кількістю умов в процесі обробки опису в ТТЛ.

Таким чином, структуризація опису моделі повинна розпочинатися з визначення її станів. Цей процес полягає у співставленні дій, які повинні виконуватися для різних значень предикатів згідно опису. В разі однакових дій виявляються стани АМ. Причому схожі фрагменти можуть виявлятися не з початку, а з середини, визначаючи множини М для кожного стану. Початок низки дій М_і, що передують множині М, визначає точки входу у конкретний стан. Процес визначення станів моделі піддається автоматизації і може бути реалізований з урахуванням фіксації точок початку порівняння дій (можливі точки входу у той чи інший стан АМ), а також схожих дій при виявленні множин М (спільних дій стану). Така технологія завдяки структуризації даних з опису в ТТЛ дозволяє породжувати автоматну модель системи та уникати фази верифікації, тому що всі умови та обмеження, які описуються в ТТЛ, будуть виконуватися і АМ після структуризації та наступної її реалізації відповідатиме початковому опису.

Література

1. Карпов, Ю.Г. MODEL SHTCRING. Верификация параллельных и распределенных программных систем [Текст] / Ю.Г. Карпов – СПб.; БХВ-Петербург. - 2010.- 560 с.
2. Салапатов, В.І. Синтаксичний аналіз із розподілом лексем на групи [Текст] / В.І. Салапатов // Вісник національного технічного університету України «КПІ», Інформатика, управління та обчислювальна техніка. Київ. – 2008. - № 49. - С. 29-33.
3. Язык СИ для профессионалов [Текст]. - М. -1991, И.В.К. - СОФТ'. 384 с.

МЕТОДЫ ПАРАМЕТРИЧЕСКОЙ ОПТИМИЗАЦИИ НА ОСНОВЕ GERT-СЕТЕЙ

А.С. Посадская

Черниговский национальный технологический университет, Украина

Для моделирования процессов планирования с учетом вероятностно-временных характеристик в режиме реального времени перспективным является применение GERT-сетей. Метод графической оценки и анализа (Graphical Evaluation and Review Technique) [1] - это альтернативный вероятностный метод сетевого планирования, применяется в случаях организации работ, когда последующие задачи могут начинаться после завершения только некоторого числа из предшествующих задач, причём не все задачи, представленные на сетевой модели, должны быть выполнены для завершения проекта.

В отличие от PERT, GERT позволяет:

1. оценивать вероятность выполнения каждой работы;
2. корректировать последовательность выполнения работ в случае невыполнения предыдущих работ;
3. переходы не только к следующему шагу, но и к предыдущим (в случае переконструирования, перетестирования любой работы);
4. выбор альтернатив для следующего хода развития плана работ из рассматриваемого узла.

Для оптимизации сетевого планирования необходим ряд критериев, которые должны удовлетворяться:

- построение альтернативных путей в сетевых графиках;
- оценка времени выполнения работ по имитационной модели;
- оценка рисков выполнения работ при пересечении временных интервалов;
- возможность задавать ограничения для работ, которые выполняются одновременно и раздельно.

Рассмотрим несколько методов оптимизации на основе GERT-сети, где фактически применяется решение некоторого множества задач локальной оптимизации с использованием методов математического моделирования.

Метод параметрической оптимизации с использованием средних значений времени прохождения ветвей и учетом степени их влияния на конечный результат [2]:

- 1) моделирование всей системы для первоначальной оценки ее вероятностно-временных характеристик;

2) моделирование вероятностно-временных характеристик отдельных процессов с целью определения критических работ, вносящих в общую задержку наибольший вклад;

3) выработка рекомендаций по совершенствованию некоторого процесса, например изменение параметров отдельных работ, замена их на другие работы или (и) изменение последовательности и вероятности их выполнения;

4) моделирование вероятностно-временных характеристик выбранного процесса после изменения его параметров или структуры. Вычисление математического ожидания, дисперсии и оценка полученных результатов. Если они все еще не являются удовлетворительными применительно к данному процессу, то выполняется переход на п. 3. В противном случае – переход на п. 5;

5) моделирование GERT-сети целиком. Если нужные характеристики еще не достигнуты, то выполняется переход на п. 2. Иначе – конец оптимизации сети.

Использование данного метода в GERT-модели позволяет более эффективно выполнять варьирование проектных параметров при оптимизации процессов планирования.

Метод оценки числовых характеристик однородной GERT-сети, в частности математического ожидания и дисперсии, основанный на преобразовании GERT-сети к эквивалентной дуге с пересчетом числовых характеристик случайных величин дуг, состоит из следующих этапов [3]:

1) поиск всех простых петель GERT-сети, исключение с пересчетом числовых характеристик соответствующих дуг, тем самым уменьшается топологическая сложность GERT-сети, поскольку уменьшается количество петель r -ых порядков;

2) поиск всех последовательных и параллельных дуг и их замена на эквивалентные дуги;

3) поиск узла, в который входит одна дуга, а выходит две или более дуги. В данном случае дублируется данный узел с сохранением выходных дуг и копированием входных дуг на каждый продублированный узел. Если на этом этапе не найден ни один узел, в который входит одна дуга, а выходит две или более дуги, то переходим к этапу 4, иначе переходим к этапу 2, поскольку появляются последовательные дуги;

4) поиск узла, в который входит и выходит более чем по одной дуге. В данном случае данный узел дублируется по количеству вхо-

дящих дуг с копированием выходных дуг на каждый продублированный узел так, чтобы в каждую копию узла входила бы только одна дуга.

Метод имеет ряд преимуществ по сравнению с предыдущим методом – меньшая вычислительная трудоёмкость и получение более точного результата, не зависящего от выполнения эксперимента, не используется топологическое уравнение Мейсона. Имитационный эксперимент можно провести при помощи AnyLogic.

Также можно применить метод преобразования GERT-сети в E-сеть на основе темпоральных логик. Его реализация возможна в распределенной системе моделирования E-net Modeling System [4]. Дальнейшая работа направлена на проведение имитационного эксперимента по данному методу и сравнение результатов с другими.

Литература

1. Филлипс, Д., Гарсиа-Диас, А. Методы анализа сетей [Текст]. – М.: Мир, 1984. – 496 с.
2. Шибанов, А.П. Использование моделей GERT при оптимизации компьютерных сетей [Текст] / А.П. Шибанов, Н.В. Кравчук // Вестник Рязан. гос. радиотехн. ун-т – Вып. 20. - 2007.
3. Доррер, М.Г. Оценка числовых характеристик gert-сети на основе эквивалентных преобразований [Текст] / М.Г. Доррер, А.А. Зырянов // Образовательные ресурсы и технологии. – 2014'1 (4). – С. 175 – 184.
4. Казимир, В.В. Розподілене моделювання в EMS на основі архітектури HLA [Text] / В.В. Казимир, Г.А. Сіра // Математичні машини і системи. - 2011. - №4. – С. 125 - 135.

УДК 519.85

КОМБІНАТОРНА МАТЕМАТИЧНА МОДЕЛЬ БАГАТОКРИТЕРІАЛЬНОЇ ОПТИМІЗАЦІЇ ПРИ ПОБУДОВІ КОМП'ЮТЕРНИХ МЕРЕЖ

Л.М. Колечкіна, А.М. Нагірна

*Полтавський університет економіки і торгівлі, Україна, Полтава
Інститут кібернетики імені В.М. Глушкова НАН України, Київ*

Однією з важливих задач України на шляху до європейського інформаційного суспільства виступає побудова цифрової інфраструктури, основним показником якої є Інтернет, його користувачі і можливості доступу. Дослідження, спрямовані на підвищення продуктивності праці комп'ютерних мереж, стосуються протокольних засобів

від фізичного до мережевого рівнів моделі взаємодії в комп'ютерних мережах [3, 7]. Але, існує ряд способів підвищення продуктивності комп'ютерних мереж, зокрема використання технології інтелектуальних антен, зміна територіального розташування станцій, рознесення сигналу по поляризації, використання технології, об'єднання каналів, використання багатоканального багатоінтерфейсного режиму роботи, забезпечення ефективного маршруту передачі інформації [1-6]. У зв'язку з цим є актуальним представлення математичної моделі і методу її розв'язання, яка могла б бути покладена в основу оптимізації роботи комп'ютерних мереж. З цією метою є доцільним застосувати математичні моделі багатокритеріальної оптимізації на комбінаторних конфігураціях, які широко використовуються в якості формальних моделей реальних систем.

При проектуванні комп'ютерних мереж необхідно враховувати їх складну багаторівневу архітектуру, в якій рівні технологічної ієрархії є накладеними мережами і використовують різні технології. Особливо гостро питання оптимізації роботи мережі стоїть, коли при вирішенні задач необхідно передати інформацію, зокрема, визначити фізичні і логічні зв'язки між елементами на різних рівнях системи, забезпечивши при цьому сумісність різних комп'ютерних технологій і мереж. Отже, є доцільним запропонувати опис багаторівневої комп'ютерної системи описати за допомогою структурного графа на комбінаторних конфігураціях, який складається з підграфів [7]. Враховуючи показники ефективності роботи комп'ютерних мереж, які можна визначити лінійними функціями, модель задачі є задачею багатокритеріальної комбінаторної оптимізації на комбінаторних конфігураціях [8].

На підставі встановленого взаємозв'язку між задачами оптимізації на комбінаторних конфігураціях та графами многогранників комбінаторних конфігурацій використовуються деякі структурні властивості допустимої області, сформульовано ряд тверджень [7-9], які можна застосувати для побудови методу розв'язання комбінаторної задачі з використанням графів, і для вирішення прикладних задач оптимізації роботи комп'ютерних мереж.

Розглянемо наступну математичну модель задачі: визначити набір функцій, що оптимізують деякі характеристики роботи комп'ютерних мереж

$$F_{\mu}(x) = \max_{x \in R^t} \sum_{k=1}^p \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n c_{ij}^k x_{ij}^k, \quad (1)$$

де $\mu = 1 \dots s$, при комбінаторній умові, яка враховує сполучні властивості області допустимих розв'язків задачі:

$$x = (x_{11}^1, \dots, x_{1n}^1, \dots, x_{1p}^p, \dots, x_{mp}^p) \in S_{mp}(G), \quad (2)$$

і додаткових умовах, що можуть відображати інтенсивність надходження від користувачів запитів на ре-зервування пропускної здатності каналу для передачі потоків інформації:

$$\sum_{i=1}^m \alpha_{ij}^k x_{ij}^k \geq b_i^k, \text{ де } i \in J_m, k \in J_p; \text{ де } t = pmn; \quad (3)$$

пропускну здатність каналу для потоку інформації, що надходить на передачу по каналу комп'ютерної мережі: l_{ij} , $i \in J_m, j \in J_n$:

$$q_{\min} \leq q_{ij}^k \leq q_{\max}; \quad (4)$$

число, що обмежує кількість запитів на передачу потоків інформації, що знаходяться в каналній черзі:

$$p(t) = \min(p_i(t)). \quad (5)$$

Представлена вище модель задачі (1)-(5) є моделлю багатокритеріальної оптимізації на комбінаторній конфігурації сполучень і дає можливість оптимізувати характеристики роботи комп'ютерних мереж та заощадити ресурси підприємства чи організації. Безумовно при розв'язуванні конкретної практичної задачі кількість функцій цілі може змінюватися, а також коригуватися додаткові умови.

Для подальшої реалізації даної багатокритеріальної моделі розглянемо побудову послідовності значень лінійних цільових функцій по точках конфігурації сполучень розкладених по підграфах. З точки зору економіко-математичних методів є доцільним розглянути задачу комбінаторної оптимізації виду:

$Z(F, P): \max \{F(x, c) \mid x \in P, c \in C\}$, яка полягає в максимізації функцій $F(a)$ на комбінаторній конфігурації сполучень $\in S_{mp}(G)$,

$$\text{де } F(x, c) = (c, x) = \sum_{i=1}^n c_i x_i.$$

Також має сенс розглянути задачу, де значення цільової функції перебуває в інтервалі $F(\bar{x}) \leq F(x) \leq F(\bar{\bar{x}})$. Тоді попередня задача буде набувати вигляду: визначити

$$\bar{x} = \arg \max_{x \in \Pi(A)} F(x) \text{ при } \bar{y} = F(\bar{x}),$$

$$\bar{\bar{x}} = \arg \max_{x \in \Pi(A)} F(x) \text{ при } \bar{\bar{y}} = F(\bar{\bar{x}})$$

при умові $|\bar{x} - \bar{\bar{x}}| \rightarrow \min$.

Така модель задачі дозволяє знайти діапазон пропускну́ї здатно́сті в сучасних комп'ютерних мережах.

Важливою задачею, яка може виникати при побудові моделі оптимізації комп'ютерних мереж може бути математична модель залежності між елементами конфігурації сполучень за значенням лінійної цільової функції, що відображає упорядкування користувачів в комп'ютерній мережі.

Тоді є доцільним розглянути елементи конфігурації сполучень як точки арифметичного евклідового простору R^n , або вершини структурного графа.

Враховуючи наявність в задачі множини функцій, доцільно розглянути оптимізаційну задачу вигляду:

$$Z(\Phi(a), S_n^k(A)) : \max \{ \Phi(a) | a \in S_{qn}^k(A) \}, \quad (6)$$

яка полягає в максимізації функції $\Phi(a)$ на комбінаторній конфігурації сполучень $S_n^k(A)$, де $\Phi(a) = \sum_{j=1}^n c_j x_j$.

Подальша робота буде полягати у застосування існуючих та створенні нових алгоритмів розв'язування задач даного класу та розгляди ряду обчислювальних прикладів на комбінаторній конфігурації сполучень із застосуванням теорії графів.

Література

1. Akyildiz, I.F., Wang, X., Wang, W. Wireless mesh networks: a survey [Text] // Computer Networks. – 2005. – Vol. 47, No.2. – P. 445–487.
2. Capone, A., Carello, G., Matera, R., Multi-Layer Network Design with Multicast Traffic and Statistical Multiplexing [Text] / IEEE Global Telecommunications Conference (IEEE GLOBECOM), Washington, USA – 2007. – P. 2565–2570
3. Koliechkina, L. N., Dvernaya, O. A., Nagornaya, A. N. Modified Coordinate Method to Solve Multicriteria Optimization Problems on

Combinatorial Configurations [Text] // Cybernetics and Systems Analysis. –No. 4, July–August, 2014, pp. 154–161.

4. Chiang, M. Balancing Transport and Physical Layers in Wireless Multihop Networks: Joint Optimal Congestion and Power Control [Text] / M. Chiang // IEEE Journal on Selected Areas in Commun. – Vol. 23, No. 1. – 2005. – P. 104-116.

5. Singh, K. Review on Routing Protocols in Wireless Mesh Networks [Text] / K. Singh, S. Behal // International Journal of Application or Innovation in Engineering & Management (IJAIEM). – 2013. – Vol. 2, Iss. 2. – P. 143-149.

6. Агеев, Д.В. Представление модели в виде многослойного графа для решения задач планирования инфокоммуникационной системы с учетом структурированной кабельной системы [Электронный ресурс] / Д.В. Агеев // Проблемы телекоммуникаций. – 2013. – № 3 (12). – С. 16 – 26. – Режим доступа: http://pt.journal.kh.ua/2013/3/12/102_ageyev_layer.pdf.

7. Донець, Г.П., Колечкіна, Л. М. Екстремальні задачі на комбінаторних конфігураціях [Текст]. – Полтава: РВВ ПУЕТ, 2011. – 309 с.

8. Семенова, Н. В., Колечкина, Л. Н., Нагорная, А. Н. Подход к решению векторных задач дискретной оптимизации на комбинаторном множестве перестановок [Текст] // Кибернетика и системный анализ – 2008. – № 3 – С. 158–172.

9. Емеличев, В.А., Ковалев, М.М., Кравцов, М.К. Многогранники, графы, оптимизация [Текст]. – М.: Наука, 1981. – 344 с.

УДК 681.3

АРХИТЕКТУРА АВТОМАТИЗИРОВАННОЙ СИСТЕМЫ ОБУЧЕНИЯ

В.В. Литвинов, И.С. Посадская

Черниговский национальный технологический университет, Украина

Автоматизированные системы обучения (АСО) – это инструментальный комплекс, включающий в себя математическое, методологическое и программное обеспечения, предназначенный для реализации автоматизированного обучения.

Другими словами, АСО предназначены для автоматизации подготовки специалистов с участием или без участия преподавателя, обеспечивают процесс обучение, подготовку учебных материалов, управление процессом обучения и контроль его результатов.

Автоматизированная система обучения состоит из таких основных функциональных моделей:

1. модуль формирования знаний о предметной области;
2. модуль обучения;
3. модуль контроля.

Каждый модуль АСО обладает многофункциональностью. Участниками или пользователями этих модулей являются: инженер по знаниям, эксперт в предметной области, тьютор и студент [1]. Рассмотрим более подробно каждый модуль.

1. Функциональный модуль формирования знаний о предметной области.

Главной функцией этого модуля является *функция структуризации знаний*. Знания в АСО могут быть представлены:

- естественно-языковая тексто-графическая форма представления;
- формализованная форма.

Имеется достаточно широкий спектр способов представления знаний в формализованной форме:

- логические методы;
- семантические сети;
- фреймы;
- продукционные системы [2].

Важно отметить, что не все знания подлежат формализации. Таким образом, при работе с предметной областью необходимо определить какие фрагменты подлежат формализации, выбрать способ формализации, исходя из того статические это знания или динамические.

Определим следующие подфункции данного модуля:

1. *Первичная структуризация тексто-графического представления знаний о предметной области* (S- тексто-графическая структуризация), т.е. представление знаний в виде текста на естественном языке и графических диаграмм, разбитого на разделы, подразделы, параграфы и тд.

Данная структуризация выполняется экспертом в заданной предметной области и фактически представляет собой структурированный конспект лекций, элементы которого представлены в виде текста и графики.

Результаты первичной структуризации в дальнейшем анализируются инженером по знаниям. На основе анализа структурированного тексто-графического представления выделяются те компоненты

предметной области, которые в дальнейшем подлежат формализации.

2. *Выделение в тексто-графической структуре составляющих, подлежащих формализации.*

3. *Построение формализованных представлений выделенных компонент знаний. (S^{II} - формализованные структурированные знания).*

4. *Установление прямых ссылок между формализованными знаниями и структурированными тексто-графическими, и наоборот. $S^{II} \rightarrow S$.*

5. *Формирование ядра БЗ предметной области, состоящей из тексто-графических и формализованных знаний.*

6. *Анализ результатов структуризации базы знаний:*

- проверка на противоречивость модели предметной области;
- проверка на полноту покрытия предметной области формализованными представлениями.

7. *Формирование БД вопросов по разделам и подразделам тексто-графического представления предметной области (Q - опросник по знаниям, представленными в тексто-графической форме, Q^{II} – опросник по формализованным знаниям).*

Подфункции данного модуля поддерживают работу следующих пользователей: эксперта в предметной области - в части подготовки и структуризации тексто-графического материала; инженера по знаниям - в части формализации фрагментов предметной области и установления ссылок $S^{II} \rightarrow S$; тьютора - в части формирования списка вопросов к отдельным разделам т.г. представления п.о., а также контроля ее полноты и непротиворечивости.

2. Функциональный модуль обучения

Модуль обучения в АСО также обладает многофункциональностью. Основными участниками в данном модуле будут ученик и тьютор, эксперт в предметной области и инженер по знаниям будут выполнять вспомогательные роли. Рассмотрим функции данного модуля более подробно.

Чтобы приступить к обучению, тьютор должен определить начальный уровень знаний обучаемого. Для этого необходимо составить список диагностических вопросов. *Функция определения начального уровня знаний* дает возможность выбрать дальнейшую стратегию обучения. В зависимости от уровня знаний на начальном этапе обучения тьютор выполняет следующую функцию – *структуризация предметной области курса по формам обучения*, определяется количество лекционных занятий, практических и т.д.

Так как не все знания, представленные в текстово-графической форме, подлежат формализации, только после выделения знаний, подлежащих формализации инженер по знаниям приступает к автоматизации процесса обучения. *Функция автоматизации обучения* будет зависеть от формы обучения (лекции, семинары, лабораторные и практические занятия, выполнение курсовых и реальных проектов).

3. Функциональный модуль контроля знаний

Важнейшей характеристикой автоматизированных систем обучения является возможность проведения автоматизированного контроля знаний обучаемых. Контроль знаний обеспечивает обратную связь со студентом.

Для эффективного обучения в АСО должны использоваться:

- *промежуточный контроль* во время учебного семестра для корректировки работы студента и тьютора;
- *итоговый контроль* проводится в конце семестра для фиксации уровня знаний обучаемого.

Автоматизация контроля знаний также будет зависеть от формы обучения.

Таким образом, на сегодняшний день актуально проводить работы по исследованию и разработке автоматизированных систем обучения. Основные направления этих исследований:

- создание новых форм представления учебных материалов;
- создание новых стратегий обучения;
- разработка автоматизации процесса обучения в зависимости от формы обучения;
- создание и автоматизация новых форм контроля знаний и их оценивания, и т.д.

Литература

1. Lytvynov, V., Posadska, I. Knowledge representation in the automated learning systems [Text] / Vitalii Lytvynov, Iryna Posadska // International Journal "Information Technologies & Knowledge" - Volume 9, Number 1, 2015. – P. 34-43.
2. Литвинов, В.В., Жигульская, В.Ю. Моделирование в обучающих системах [Текст] / В.В. Литвинов, В.Ю. Жигульская // Математические машины и системы – №4, 2009. – С. 38-51.

МОДЕРНІЗОВАНИЙ АЛГОРИТМ РОЗВ'ЯЗАННЯ ЗАДАЧІ РОЗБИТТЯ МНОЖИНИ НА ДЕКІЛЬКА ПІДМНОЖИН

Д.О. Катющенко

Національний технічний університет України «КПІ», Україна

Ряд реальних задач, таких як задача глобальної оптимізації, побудови оптимальних квадратур, групового вибору, що мають важливе прикладне значення, в математичній постановці зводяться до задачі розбиття.

Задача розбиття (задача про каміння) полягає в розділенні загальної груді каміння на кучі таким чином, щоб вага «найважчої» з отриманих підмножин була мінімальною. Формально постановка задачі має наступний вигляд:

Дана множина цілочислених додатних чисел $A = \{a_1, a_2, \dots, a_n\}$.

Визначення. Нехай A – множина та нехай A_1, \dots, A_m – деякі не пусті підмножини A . Сукупність множин $\{A_i, i = \overline{1, m}\}$ називається розбиття множини A , якщо виконуються наступні умови:

$$A_i \cap A_k = \emptyset \quad \forall i \neq k, \quad A = \bigcup_{i=1}^m A_i.$$

Визначення. Вагою множини $A_i \subset A$ будемо називати величину:

$$\gamma_i = \sum_{a_j \in A_i} a_j \quad (1)$$

Необхідно знайти таке розбиття множини A на m підмножин, щоб вага «найважчої» множини була мінімальною:

$$\max_i \gamma_i \rightarrow \min \quad (2)$$

Задача про розбиття відноситься до класу NP-задач, і гарантовано отримати її оптимальне рішення можна лише за допомогою повного перебору, який потребує експоненціального часу роботи. Тому для її вирішення існують алгоритми, які дозволяють отримати допустиме, наближене до оптимального рішення за менший, здебільшого поліноміальний, час. Це:

а) псевдо-поліноміальний алгоритм. Часто такі алгоритми отримуються при застосуванні динамічного програмування до NP-повних задач;

б) апроксимуючі алгоритми:

1) жадібний алгоритм. Робить певні кроки, які здаються найбільш вдалим на поточний момент роботи алгоритму;

2) локальний пошук. Використовуються для покращення деякого базисного рішення;

3) евристичні алгоритми. Представляють собою набір неформальних правил, які обґрунтовуються на позиції «здорового глузду».

Жадібним алгоритмом можна достатньо швидко отримати допустиме рішення. Його стратегія для задачі про каміння полягає в наступному: на кожному кроці будемо брати найважчий елемент вихідної множини A та розміщати його у найлегшу підмножину. Рішення, отримане даним алгоритмом є допустимим та повним. Допустимим, оскільки виконується умова (8), та повним, оскільки завжди дає рішення.

$$A_i \cap A_k = \emptyset \quad \forall i \neq k, \quad A = \bigcup_{i=1}^m A_i \quad (8)$$

Але ці рішення не завжди оптимальні. Їх можна покращити, використовуючи принципи локального пошуку. Тому було об'єднано жадібний алгоритм (етап 1) та евристику з алгоритмом локального пошуком(етапи 2,3). Отриманий алгоритм складається з трьох етапів.

Етап 1 - знаходження ДБР жадібним алгоритмом. Жадібний алгоритм є відомим, тому тут не буде представлено його опис, який ви можете знайти у 16-й главі Кормена [2].

Етап 2 (перевірка оптимальності рішення):

Для перевірки оптимальності рішення введемо додатковий критерій t - критерій оптимальності, який дорівнює:

$$t_i = \frac{\gamma_i - d}{\min\{(a_k - a_j) > 0\}}, \quad (9)$$

$$d = \frac{\gamma}{m}, \quad (10)$$

$$\gamma = \sum_{a_j \in A} a_j, \quad (11)$$

$$k, j = \overline{1, n}, \quad (12)$$

$$k \neq j, \quad (13)$$

$$i = \overline{1, m}, \quad (14)$$

де d – ідеальна вага,

m – кількість підмножин,

n – кількість елементів множини A ,

a_j, a_k – елементи множини A , $k, j = \overline{1, n}$.

Якщо $\forall |t_i| > 1$, то перейти до етапу 3. Інакше – покращити рішення неможливо.

Етап 2 (покращення ДБР):

Крок 1. Знайти підмножину A_M з максимальною вагою γ_M , якій відповідає максимальне відхилення $\Delta_M = \max\{\gamma_i\} - d, i = \overline{1, m}$, M – індекс підмножини.

Крок 2. Перевірити підмножину A_M на кількість елементів n_M , якщо $n_M = 1$ – припинити виконання алгоритму, інакше перейти на крок 3.

Крок 3. Порівняти послідовно елементи підмножини A_M з елементами інших підмножин $A_i, i = \overline{1, m}, i \neq M$ за умовами (2.11) та (2.12):

$$(a_{Mk} - a_{ij}) > 0, \quad (15)$$

$$(a_{Mk} - a_{ij}) \leq \Delta_M, \quad (16)$$

$$i = \overline{1, m}, i \neq M, j = \overline{1, n_i}, k = \overline{1, n_M}, \quad (17)$$

Де a_{Mk} - елемент підмножини A_M ,

a_{ij} - елемент підмножини A_i ,

n_i - кількість елементів підмножини A_i ,

n_M – кількість елементів підмножини A_M .

Замінити місцями a_{Mk} та a_{ij} елементи які задовольнили цій умові, перейти на крок 4.

Крок 4. Зробити перевірку умови зупинки: якщо хоч одне з них виконується, то закінчити виконання алгоритму, інакше – перейти на крок 1.

Умови зупинки:

1) рішення за критеріями t_i (формули 2.5 – 2.10) є оптимальними;

2) кількість ітерацій перевищила задану допустиму.

В найгіршому випадку час виконання алгоритму буде дорівнювати:

$$T(n, m) = an^2 + bm^2 + cnm + dn + em + f, \quad (18)$$

де a, b, c, d, e, f залежать від C_i - часу виконання i -ї операції та C_{crit} - заданої кількості виконання ітерацій другого алгоритму.

При чому при зміні m більше впливають на час виконання, ніж зміни n .

Тобто, час роботи алгоритму в найгіршому випадку дорівнює $\Theta((n + m)^2)$.

Проведено ряд випробувань, які показали ефективність модифікованого алгоритму.

Наприклад, дана множина $A = \{14, 10, 5, 4, 3, 12, 5, 3, 4\}$, яку треба розбити на 3 підмножини A_1, A_2, A_3 з вагою $\gamma_1, \gamma_2, \gamma_3$ відповідно, так, щоб $\max\{\gamma_i\} \longrightarrow \min$.

Звичайний жадібний алгоритм дає рішення – $A_1 = \{14, 4, 3\}, \gamma_1 = 21; A_2 = \{12, 5, 3\}, \gamma_2 = 20; A_3 = \{10, 5, 4\}, \gamma_3 = 19. (t_1 = 1, t_2 = 0, t_3 = -1$ - отримане рішення не є оптимальним, тому застосуємо другий алгоритм для його покращення).

А модифікований – $A_1 = \{12, 4, 4\}, \gamma_1 = 20, A_2 = \{14, 3, 3\}, \gamma_2 = 20, A_3 = \{10, 5, 5\}, \gamma_3 = 20$.

Видно що отримане рішення є оптимальним.

Висновки

В даній роботі представлений модифікований жадібний алгоритм розбиття множин, який дозволяє отримати оптимальніші результати, але й час роботи алгоритму збільшується, хоча і залишається поліноміальним.

Література

1. Вентцель, Е.С. Исследование операций [Текст]. – М.: Сов. Радио, 1972. – 551 с.
2. Кормен, Т. Алгоритмы: построение и анализ [Текст] / Т. Кормен, Ч. Лейзерстон, Р. Ривест, К. Штайн // Пер. с англ. – М: «Вильямс», 1990. – 1296 с.

3. Математическое программирование и элементы теории “Исследование операций” [Текст] / В.М. Колодяжный. – Учеб.пособие. – Харьков: ХАИ, 2001. – 229 с.

UDC 004.8:681.086

METHODS OF THE SECURITY ENSURING IN THE COMPUTER TUTORING SYSTEMS

O.M. Gaytan

Poltava National Technical Yuri Kondratyuk University, Ukraine

One of the priorities on the way of improving the education quality is using of modern and effective methods and means of knowledge presentation and control, including computer tutoring systems.

Computer tutoring system is an information system, which includes software and hardware complex with methodical, educational and organizational support of the learning process to provide immediate and customized instruction or feedback to learners, usually without intervention from a human teacher [1]. Such systems have the common goal of enabling learning in a meaningful and effective manner by using a variety of computing technologies.

Since the beginning of the 80-th it has been developing a new direction in the learning computerization – intelligent tutoring systems, based on the works in the field of artificial intelligence. Such systems use methods of knowledge representation and implement the principle of adaptive learning.

Existing systems can be divided into the following categories: local; network; online services; combined (local + network).

Local systems include the installation using the installation package, simple copying or their combination. The program installation makes certain demands on the computer architecture and requires administrative privileges.

Online services require no software installation on your computer and are available through a web interface. Typically it is implemented technology "thin client – thick server", when the client needs only local communication software or web browser. Typically, a modern computer tutoring system uses two- and three-level client-server architecture.

Server part of information system can be modeled as a set of interacting components. Nodes can serve user workstations, servers, or communications equipment. In this model each system comprises three levels:

1) Hardware level. At this level node hardware is functioning, such as network adapters, processors, chip cards, etc.

2) System software level. At this level node operating system and its components are running.

3) Application software level. At this level application software is functioning for solution of application problems.

A necessary condition for the proper functioning and further development of computer training systems is ensuring of the essential level of security and confidentiality.

After analyzing the structure of the computer-based training systems, one can say that it is necessary to pay attention to safety in the following areas:

- remote learner authentication;
- control of access to educational materials, task execution and learning outcomes;
- intrusion-tolerant architecture
- network communications protection;
- delivery warranty;
- protection of the data warehouse.

Technical means of data protection in the system should provide solution of the following tasks [2]:

- protection from unauthorized access for persons which have no right to work with the system;
- identification of system administrators and users at the entrance to a network, including teachers and students;
- delimitation of user and programs' access to information resources, software and hardware in strict accordance with the approved rules and priorities;
- ensuring of the integrity of information, including data protection means;
- system protection against software viruses and spam;
- protection of data that transmitted via communication channels;
- registration of place and time of user access to prevent disclosure, distortion, falsification and spoofing data;
- collection, sorting, storage and delivery of information about events related to the conditions of system operation and its security.
- protection of educational software from updating its code, changing the algorithm of test results assessment, changing time for testing or other code.

This paper discusses approaches to security related to the specific features of this type of computer system.

Authentication is based on traditional password mechanisms that can be easily implemented by software means. Possible improvements are:

- use of protection by IP-address, such as authentication based on permanent IP-address or access only from the computer lab.
- use of electronic keys, smart cards for building strong authentication with a simple user interface. This method enhances system security by hardware protection, but the use of smart cards in the computer training systems significantly increases their cost.

Separately it is necessary to highlight issues related to reliability of training results. One of the key issues in this area is to ensure the self-sufficiency of task solution and testing (the inability to use another person, for example, more prepared students) or the inability to use the auxiliary software. If this system is used in the computer lab, students are under the teacher control, but the orientation on distance learning changes situation.

Let's consider some of the methods of solving this problem.

1. Each student in the system receives login and password for access to the server with educational materials and teaching means. Server can collect information about learner useful for teacher: list of pages visited by the user during session; time of being on each page; activated hyperlinks; list of files that were copied from user training server; testing time, etc. If necessary, the server may recover any student of scenario session due to collected information. But the collected information is indirect.

2. User recognition using an additional hardware by such biometric characteristics as fingerprint, hand geometry, iris, retina, voice. But the use of such devices in computer training systems significantly increases their price and thus eliminates one of the main advantages of computer training.

3. Using the features of keyboard handwriting [3]. The unique features of keyboard handwriting are determined by two methods: by a set of key phrases or free text. Each method essentially has settings mode and identification mode. In settings mode sample characteristics of entering key phrases are determined and stored, for instance, time spent on individual letters. And in the identification mode after excluding errors, the resulting and sample sets are matched. But system needs some time for training. Furthermore, although the techniques are interesting, but they are quite unreliable, today presented only in theoretical works, and need additional research in this area.

Control of access to task execution or tests can be performed by following methods:

1. Organization of training schedule – for each type of work one sets time of its beginning and ending.

2. Limitation of the number of task execution attempts.

3. Exclusive access of training system and working of copy-protection service.

Access control also includes access to view and edit the results of training. Students should not be able to edit the statistics and should have a limited possibility to view it. The mechanism of statistics storage and access depends on the system architecture. Generally, statistics is stored in a text file (encrypted or unencrypted) or in network database - on the server database.

Most local testing systems also keep test items as a file. In this case to ensure data security cryptographic encryption is used.

When using the network training systems is necessary to check the protocol used. Advantageously, in order to transmit data secure HTTPS protocol is used.

To date, the problem of ensuring the reliability and security of computer systems training is relevant, developments in this area is sufficiently small. Using these approaches will identify and fix the vulnerability of computer training systems, security-related training.

To protect training systems one should combine cryptographic capabilities of the software with administrative organization and control, to develop theoretical and practical methods of computer systems engineering using methods of data protection. Using of these approaches will help to avoid vulnerabilities of computer systems training related to safety.

References

1. Криптографічні засоби захисту інформації в автоматизованих системах дистанційного навчання [Текст] / В.Ю. Шадхін, Е.В. Фауре О.В. Костомаров // Вісник Хмельницького національного університету. – №1. – 2012. – С. 126 – 130.

2. Ложников, П.С. Распознавание пользователей в системах дистанционного образования: обзор [Текст] // Educational Technology & Society. – 2001. – № 4, http://ifets.ieee.org/russian/depository/v4_i2/html/4.html.

3. Башмаков, А.И. Разработка компьютерных учебников и обучающих систем [Текст] / А.И. Башмаков, И.А. Башмаков. – М.: «Филин». - 2003. – 616 с.

4. Титарев, Д.Л. Защита информации в образовательных системах и средах [Текст] / Д.Л. Титарев, А.А. Егоров // Открытое Образование. - 2003. – № 5.

5. Материалы IV научно-технической конференции молодых ученых и студентов [Текст]. – Донецк, ДонНТУ. – 2008. – С. 60 – 62.

УДК 004.658: 004.4'41: 004.82

ПРОБЛЕМЫ РАЗРАБОТКИ НЕОДНОРОДНЫХ ФЕДЕРАТИВНЫХ СИСТЕМ УПРАВЛЕНИЯ БАЗАМИ ДАННЫХ

Бальченко И.В.¹

¹Черниговский национальный технологический университет, Украина

Неоднородные системы управления распределенными БД (СУРБД) обычно возникают в тех случаях, когда узлы, уже эксплуатирующие свои собственные системы с базами данных, со временем интегрируются в распределенную систему [1]. Неоднородные системы включают два или более существенно различающихся продукта управления данными (например, реляционные СУБД от разных поставщиков, таких, как PostgreSQL, MySQL, MS SQL Server, Oracle). Неоднородные СУРБД чаще всего строятся «снизу вверх» с целью создать общую среду управления над существовавшими ранее разрозненными информационными ресурсами.

Большинство авторов под проектированием распределенных БД (РБД) понимают фрагментацию и размещение, то есть разбиение БД на фрагменты и принятие решения о том, где будут храниться эти фрагменты. Проектирование схем фрагментации и размещения основывается на информации о способах и методах использования РБД. Методы использования зависят от стратегии исполнения запросов, которая, в свою очередь, должна учитывать схемы фрагментации и размещения. Таким образом, задачу проектирования РБД следует формулировать так: для данной логической схемы БД, множества запросов и конфигурации серверов описать схему фрагментации, схему размещения фрагментов и стратегии исполнения каждого запроса таким образом, чтобы оптимизировать целевую функцию:

$$\zeta = \sum_{i=1}^n \sum_{j=0}^m (\tilde{c}_i(t) \cdot \tau_{ij}^D / \tau_{ij}^1 + \tilde{c}_g(t) \cdot \tilde{\omega}_{ij}(t)) \cdot \tilde{\varphi}_{ij}(t) \rightarrow \min$$

где n – количество серверов; m – количество запросов; φ_{ij} – частота возникновения j -го запроса в i -м узле; τ_{ij}^D – время ответа на запрос, исполненный в РБД; τ_{ij}^1 – расчетное время ответа на запрос,

исполненный локально в узле i при условии наличия в нем всех необходимых фрагментов; ω_{ij} – коэффициент использования ресурсов при обработке j -го запроса, порожденного в i -м узле; c_t и c_g – коэффициенты важности времени ответа и готовности транзакции, лежат в пределах от 0 до 1.

Схема размещения указывает местоположение фрагментов. Она описывается матрицей D , строками которой являются узлы ВС, а столбцами – сформированный набор фрагментов. Единица в ячейке матрицы D_{ij} означает наличие фрагмента i в узле j . Для удовлетворения свойства полноты схемы размещения каждый фрагмент должен находиться хотя бы в одном узле (в каждой колонке должна быть хотя бы одна единица).

В [2] значения коэффициентов определяются проектировщиком на основании требований к РБД. В настоящем подходе предлагается использовать экспертные оценки в виде нечетких лингвистических переменных по временной оси. Поиск решения задачи оптимизации четкой функции от нечетких переменных можно осуществить используя методы нечеткого линейного и нелинейного программирования и интерактивные методы построения компромиссных решений [3].

Еще одна стоящая перед разработчиками цель – достичь прозрачного доступа, что представляет собой нечто большее, чем простое обеспечение доступа к удалённым СУБД и их базам данных. Для организации взаимодействия между различными типами СУБД требуется обеспечить преобразование передаваемых сообщений, для чего каждый из серверов должен иметь возможность формулировать запросы на языке той СУБД, которая используется на их локальном узле или система должна взять на себя выполнение всех необходимых преобразований.

В качестве способа трансляции запросов разных СУБД можно предложить использовать грамматики языков наиболее популярных СУБД в форме близкой к РБНФ, а также ANTLR [4] – генератор парсеров, позволяющий по описанию грамматики создавать парсер на одном из целевых языков программирования. Ниже представлен фрагмент грамматики языка T-SQL:

```
grammar tsql;  
  
tsql_file  
    : sql_clauses? EOF  
    ;  
  
sql_clauses
```

```

        : sql_clause+
        ;

sql_clause
  : dml_clause
  | ddl_clause
  | cfl_statement
  | another_statement
  ;

dml_clause
  : delete_statement
  | insert_statement
  | select_statement
  | update_statement
  ;

insert_statement
  : with_expression?
    INSERT (TOP '(' expression ')' PERCENT?)?
    INTO? (ddl_object | rowset_function_limited)
    insert_with_table_hints?
    '(' column_name_list ')'?
    output_clause?
    insert_statement_value
    for_clause? option_clause? ';' ?

```

Полученный нисходящий анализатор необходимо дополнить семантическими действиями с использованием механизма Listeners или Visitors (рис. 1).

Таким образом, описанные проблемы, методы и технологии построения неоднородных федеративных систем управления базами данных расширяют существующие возможности и позволяют приблизиться к построению “идеальных” распределенных СУБД.

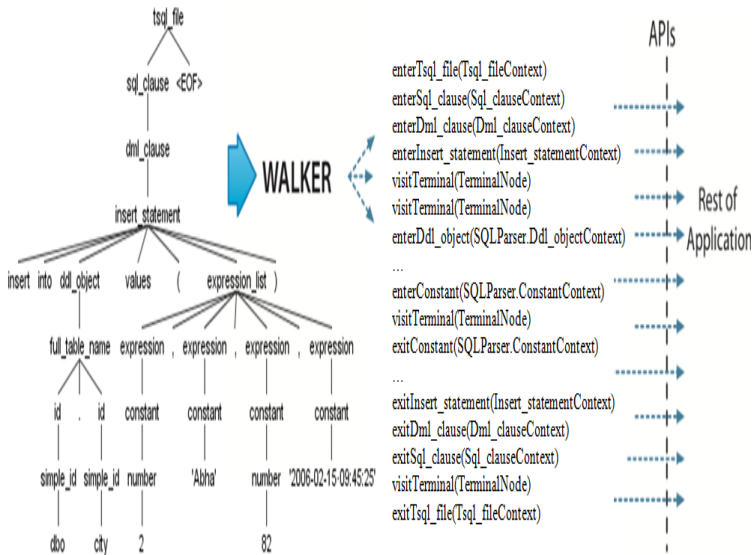


Рисунок 1. Механизм Listeners дополнения синтаксическими действиями при обходе дерева

Литература

1. Sheth, A. P. Federated Database Systems for Managing Distributed, Heterogeneous, and Autonomous Databases [Text] / Amit P. Sheth, James A. Larson // ACM Computing Surveys. – Vol. 22, No. 3, 1990. – 183-236 p.
2. Новосельский, В.Б. Метод автоматизации проектирования распределенной реляционной базы данных [Текст] / В.Б. Новосельский // Программные продукты и системы – №3, 2008. – С. 45-48.
3. Зайченко, Ю.П. Исследование операций: нечеткая оптимизация: Учеб. пособие [Текст] / Ю.П. Зайченко – Киев: Выща школа, 1991. – 191с.
4. Parr, T. The Definitive ANTLR4 Reference / Terence Parr [Text] – Dallas, Texas • Raleigh, North Carolina: The Pragmatic Programmers. – 2013. – 328 p.

ФІЛЬТРАЦІЯ ВХІДНИХ ДАНИХ В СИСТЕМАХ ІДЕНТИФІКАЦІЇ

А.О. Длужевський

Національний авіаційний університет

На сьогоднішній день в спеціальній науково-технічній літературі розкривається різні підходи для вирішення задач автоматичної ідентифікації зображень. Велика кількість підходів обумовлена обсягами оброблюваних даних для формування бази знань в системах розпізнавання та труднощами у визначенні меж об'єктів, що знаходяться на зображенні. Окремо постають проблеми, що пов'язані з людським фактором, і впливають на якість прийняття рішень під час безперервної роботи. Перспективним способом подолання цих труднощів є автоматизація обробки зображень, що дозволяє істотно скоротити обсяги рутинних і трудомістких робіт по перетворенню використовуваних зображень.

Але для розв'язку цієї задачі необхідно представляти вхідні дані в підготовленому форматі, що знімає навантаження (а відповідно і вимоги до апаратної частини) з системи розпізнавання образів та дозволяє виконувати процеси паралельно.

Процес ідентифікації об'єктів в комп'ютерних системах має на меті створення ідентифікаторів для об'єктів в комп'ютерній системі, з яким пов'язано ряд проблем, серед яких високий вплив шумів у вхідних даних. Так при великій кількості шумів неможливо однозначно ідентифікувати об'єкти на зображеннях, що унеможлиблює процес розпізнавання, який включає в себе як класифікацію об'єкта так і визначення конкретного екземпляру.

Таким чином для можливості коректної ідентифікації об'єктів необхідно проводити попереднє очищення вхідних даних від завад та приведення цих даних до математичного представлення, яке спрощує подальший процес ідентифікації. Для позбавлення зображення від наслідків описаних шумів використовується один з фільтрів і їх використання проводиться на розсуд користувача з точки зору отриманих після обробки зображення результатів. Налаштування автоматичного підбору фільтру передбачає використання експертної системи, яка на основі параметрів зображення зможе підібрати фільтр для кожного кінцевого зображення.

Постановка проблеми. Очищення вхідних даних від завад здійснюється за допомогою різноманітних фільтрів. В залежності від

типу завд одні види фільтрів можуть бути дещо ефективніші за інших.

На практиці для приглушення шумів використовується такі методи фільтрації як лінійна та нелінійна (медіанна) фільтрації, а також використовуються адаптивні фільтри. Метод фільтрації обирається в залежності від характеру завди в сигналі. Використання алгоритмів для знаходження оптимального методу фільтрації в залежності від типу завд у вхідних даних дозволить знизити кількість проблем, пов'язаних з процесом ідентифікації. Для підбору оптимального методу фільтрації система повинна вміти кількісно оцінити оптимальність методів фільтрації. Тому мета дослідження полягає в отриманні методики оцінювання результатів фільтрації вхідних даних для визначення методу фільтрації з мінімальним розходженням отриманого та очікуваного результатів.

Для створення алгоритму підбору методів фільтрації доцільно розглянути кожен алгоритм окремо. І на основі проведеного аналізу створити метод визначення найбільш адекватного способу фільтрації для кожного вихідного зображення.

Оцінка якості фільтрації зображення. Для оцінки якості фільтрації зображення пропонується використовувати метод, що потребує наявності трьох зображень: E – початкове зображення, Y – зображення з шумами, H – зображення, що було отримано після накладення фільтру на зображення Y .

Першим кроком є накладання фільтрів на зашумлене зображення Y для отримання відфільтрованих зображень $H_1 - H_n$, де n – порядковий номер зображення, до якого був застосований один з вище згаданих алгоритмів фільтрації.

Після фільтрації зашумленого зображення Y ми отримаємо зображення наближене до E (початкового зображення). Відповідно, чим нижча різниця між початковим та відфільтрованим зображенням – тим менше рівень шуму на зображенні. Для оцінки різниці в зображеннях варто отримати результуючу матрицю. Отримання результуючої матриці зображення розмірністю $m \times n$:

$$R_{i,j} = |E_{i,j} - H_{i,j}|$$

де $i = \overline{1, m}$, $j = \overline{1, n}$; R – результуюча матриця, отримана при відніманні від початкового зображення відфільтрованого.

Після чого, усереднивши значення матриці отримується числовий показник r :

$$r = \frac{\sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n R_{i,j}}{(m \cdot n)}$$

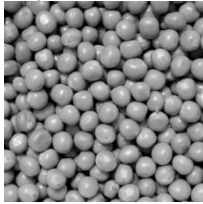
В ідеальному випадку він повинен бути наближений до 0. Значення r_y обчислюється майже так як і значення r тільки для отримання результуючої матриці R використовується наступна формула:

$$R_{i,j} = |E_{i,j} - Y_{i,j}|$$

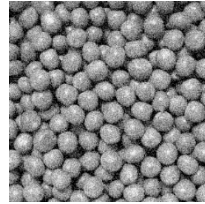
Чим більшою є різниця Δr :

$$\Delta r = r_y - r$$

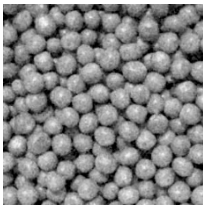
тим менша різниця між початковим зображенням та відфільтрованим (рис. 1).



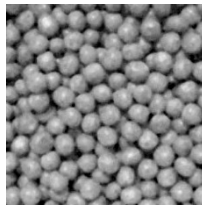
А)



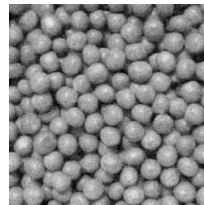
Б)



В)



Г)



Д)

Рис. 1. Представлення оригінального, зашумленого та відфільтрованого зображень: а) початкове зображення, б) зашумлене зображення, в) зображення після лінійної фільтрації, г) зображення після нелінійної (медіанної) фільтрації, д) зображення після адаптивної фільтрації

На рисунках показано різницю між початковим зображенням (рис. 1,а), зображенням з накладанням шумів (рис. 1,б) та лінійним (рис. 1,в), медіанним (рис. 1,г) та адаптивним (рис. 1,д) алгоритмами фільтрації. Також наведено результати підрахунку середнього відхилення по зображенням.

В межах експерименту було проведено більше 100 оцінок фільтрів зашумлених зображень і порівняння отриманої оцінки з думкою експерта, яка була заснована на візуальному аналізі результатів роботи фільтра. Результати дослідження показали, що без фільтрації середня оцінка відхилення дорівнює – 3245, з лінійною – 2846, з нелінійною – 2315, з адаптивною – 1782.

Оцінка за приведеним кількісним показником показала 89,54% відповідності до думки експерта.

Висновок. В статті було запропоновано метод який дозволяє обрати найбільш адекватний спосіб фільтрації вихідного зображення на основі аналізу наявних шумів.

В ході дослідження було проведено ряд експериментів в результаті яких було доведено, що даний метод дозволяє оцінити ефективність застосування конкретного методу фільтрації.

Запропонований метод може бути використаний в комп'ютерних системах, де необхідно вирішити задачу оцінки ефективності використання фільтра, опираючись на певний очікуваний результат. Прикладами таких комп'ютерних систем є системи відеонагляду, системи розпізнавання номерів та системи доповненої реальності.

Оскільки запропонований метод оцінки вимагає наявності оригінального незашумленого зображення для оцінки ефективності використаного методу фільтрації, що є незручним при використанні на реальних системах, тому подальше дослідження передбачає використання оцінки якості фільтрації зображення в автоматичних системах підбору фільтрів для довільних вхідних даних.

Література

1. Гонзалес, Р., Вудс, Р. Цифровая обработка изображений [Текст]. – М.: Техносфера, 2006. – 1072с.
2. Грузман, И.С., Киричук, В.С., Косых, В.П., Перетягин, Г.И., Спектор, А.А. Цифровая обработка изображений в информационных системах [Текст]: Учеб. пособие. – Новосибирск.: Изд-во НГТУ, 2003. – 352 с.
3. Сато, Ю. Обработка сигналов. Первое знакомство [Текст] : 2-е издание. – М.: Додэка XXI, 2009. – 176 с.
4. Опенгейм, А. Шафер, Р. Цифровая обработка сигналов [Текст] : 2-е издание. – М.: Техносфера, 2007. – 856 с.
5. Лайонс Ричард. Цифровая обработка сигналов [Текст]: 2 изд. – М.: ООО Бином-Пресс, 2006. – 656 с.
6. Сергиенко, А.Б. Цифровая обработка сигналов [Текст]. – СПб.: Питер, 2007. – 752 с.

7. Стругайло, В.В. Обзор методов фильтрации и сегментации цифровых изображений [Текст]. – Наука и образование.: Питер, 2012. – 270с.
8. Артамонов, С.Б., Масловський, Б.Г. Вирішення проблеми використання якісної класифікації параметрів в інтелектуальних системах [Текст] // Електроніка і зв'язок: наук.-техн. збірник, тематичний випуск “Проблеми електроніки”, 2007 – Ч.3. – С. 77-79.

УДК 004.5 : 004.78

СИСТЕМА АВТОМАТИЧНОГО ФОРМУВАННЯ ДЕРЕВА НАВЧАЛЬНИХ МАТЕРІАЛІВ В ОСВІТІ ЛЮДЕЙ З ОСОБЛИВИМИ ПОТРЕБАМИ

О.В. Панфьоров

Національний Авіаційний Університет, Україна, Київ

Проблема представлення текстової інформації людям з інвалідністю по зору є чи не найголовнішою складністю під час їх навчання. Через специфіку тактильного сприйняття незрячий читач не в змозі швидко оглянути навчальний, чи будь-який інший текстовий матеріал. Говорячи про паперові книги ця проблема частково вирішується змістом книги, але складно досягти цього із використанням електронних дисплеїв, де інформація виводиться по рядкам. Визначити, яка інформація є найважливішою для читача, та надати її у зручній формі, орієнтуючись на специфіку пристроїв виведення і є задачею, яка наразі постає у сфері навчання людей з інвалідністю по зору за допомогою електронних пристроїв.

Представлення матеріалу підручника у вигляді структурованого дерева надає можливість більш швидкої навігації між розділами книги. На рис. 1 наведено приклад такої структури. Для користувача типового дисплею Брайля читання книги може бути виключно послідовним, з можливістю переходу між сторінками або через зміст документу. Структуроване дерево матеріалу дозволить користувачу прогортати книгу до необхідної частини, з точністю до абзацу, виконувати пошук за ключовими словами, тощо.

Розробка програмного забезпечення, здатного до генерації подібних структур відкриває нові можливості в тому числі і для авторів підручників. Створюючи книгу автор зможе визначити взаємозв'язки між розділами, додати посилання на суміжні теми, додати переходи між темами, включити виноски.

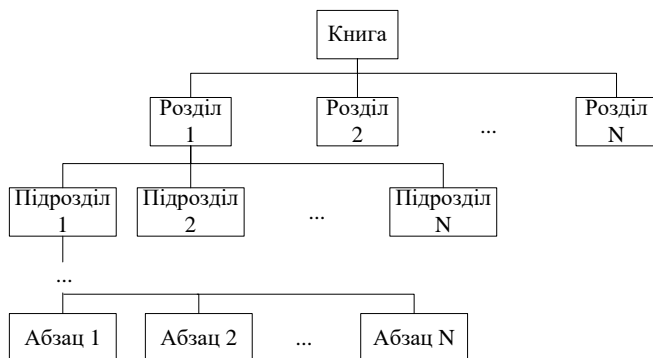


Рисунок 1 – Структуроване дерево матеріалу підручника.

Існуючі рішення, такі як система GATE [1] надають широкий спектр можливостей для інтелектуального аналізу даних та вилучення інформації плоскодруківаного шрифту. Але при застосуванні в комплексі з шрифтом Брайля виникають наступні проблеми:

- Зазвичай, конвертація плоскодруківаного тексту в Брайль виконується шляхом прямої заміни із використанням трансляційної таблиці, в результаті чого не враховується (або враховується не повністю) контекст використання символів, що дуже важливо у письмі Брайлем;

- Виведення інформації обмежується текстом, графічні матеріали не мають текстового супроводу;

- Різні програми використовують різні таблиці трансляції, що призводить до різного виведення шрифтом Брайля;

- Через використання обмеженої кількості комбінацій точок символу, однакові послідовності символів можуть відповідати різноманітним спеціалізованим записам, таким як ноти, математичні та хімічні формули, тощо.

Проблеми, описані вище можуть бути вирішені реалізацією окремого текстового формату, де графічні матеріали матимуть супровідний текст, а спеціалізовані записи отримують додаткові пояснення на початку. Основним недоліком даного підходу буде необхідність стандартизації формату з огляду на значну кількість існуючих пропрістарних дисплеїв.

Більш простим рішенням поставленої задачі може стати голосове меню, що базується на структурованому дереві матеріалу. Користувач, що працює з пристроєм виведення отримує голосові повідомлення, що доповнюють прочитаний ним текст. Таким чином, опис

графічних та спеціалізованих матеріалів не потребує зміни вхідного файлу, а доповнюється структурою матеріалу з посиланнями на вхідний текст. Кросплатформеність даного рішення досягається простіше, адже існує відкрита бібліотека з підтримкою широко вживаних дисплеїв, що допускає виведення звукових файлів [2].

Окрім застосування в пристроях виведення, голосове меню може використовуватись в пристроях, що не мають дисплеїв для виведення тексту шрифтом Брайля. Серед таких пристроїв більшість застосовується в рамках проектів щодо безбар'єрного середовища для людей з інвалідністю [3]:

- тактильно-звукові мнемосхеми;
- навчальні пристрої;
- аудіопристрої;
- побутові прилади.

Для тестування голосових меню в сфері навчання розроблено пристрій, що зображено на рис. 2. Даний прилад застосовується для навчання незрячих та слабозрячих шрифту Брайля [4]. Цільовою аудиторією розробки є діти, які в ігровій формі можуть вивчати символи шрифту Брайля.



Рисунок 2 – Навчальний пристрій для незрячих дітей.

Голосове меню, наряду із структурованим деревом матеріалів застосовуються в пристрої для спрощення взаємодії користувача з приладом. Звукові повідомлення роз'яснюють користувачу, яких дій необхідно ужити для виконання тих чи інших задач, таких як налаштування пристрою, вибір режиму навчання, тощо. Голосове меню дозволить виключити необхідність навчання тільки в присутності кваліфікованого тифлопедагога, адже користувач буде спроможний самостійно взаємодіяти з приладом, таким чином навчаючись.

Структуровані дерева матеріалів наряду з голосовими меню відкривають багато можливостей для інтерактивного навчання людей з інвалідністю по зору. Але не тільки учні отримують суттєві переваги від впровадження таких систем. Підготовка навчальних матеріалів спроститься також для авторів підручників та тифлопедагогів.

Література

1. Cunningham, H., Maynard, D., Bontcheva, K. and Tablan, V. GATE: A Framework and Graphical Development Environment for Robust NLP Tools and Applications [Text] (In proc. of the 40th Anniversary Meeting of the Association for Computational Linguistics, 2002) (англ.) // University of Sheffield. — 2009.
2. Portable Library for Braille Displays - [Електронний ресурс] – Режим доступу: <https://libbraille.org/>
3. Проект "Безбар'єрна Україна"- [Електронний ресурс] – Режим доступу: <http://netbarьерov.org.ua/>
4. Підходи до реалізації апаратно-програмного навчального комплексу шрифту Брайля [Текст] / Артамонов Є. Б., Кременецький Г. М., Длужевський А. О., Панфьоров О. В. // Вісник НТУ «ХП». Серія: Механіко-технологічні системи та комплекси. – Харків : НТУ «ХП», 2015. – № 49(1158). – С.00–00. – Бібліогр.: 10 назв. – ISSN 2079-5459.

УДК 004.896

ТЕХНОЛОГІЯ РОЗРОБКИ ВЕБ-ДОДАТКІВ РЕАЛЬНОГО ЧАСУ

О.С. Моїсейкін

Національний авіаційний університет, Україна

Більша частина веб-додатків розроблена з урахуванням для роботи у веб-браузері, що досягається шляхом застосування розповсюдженого протоколу передачі даних *HTTP*, першочергово призначеного для передачі логічно-пов'язаних гіпертекстових документів, які містять перехресні посилання. Даний протокол базується на клієнт-серверній структурі. Клієнтський додаток надсилає запит на сервер та очікує відповідь від серверного програмного забезпечення. В залежності від типу запиту, сервер повертає клієнту документ або інший ресурс, після чого з'єднання повністю розривається. Таким чином, клієнт та сервер підтримують зв'язок лише у момент обробки самого запиту, що зменшує навантаження як на сам сервер, так і на мережу.

На момент розробки протоколу, традиційний метод роботи за принципом “запит-відповідь” дозволяв вирішувати усі проблеми пов’язані з застосуванням Інтернет-технологій. З часом скриптові мови розробки Інтернет-ресурсів набули властивостей, до яких можна віднести підтримку об’єктно-орієнтованого підходу та роботу з ресурсами клієнтського та серверного апаратного забезпечення, притаманні мовам програмування більш низького рівня. Це дозволило використовувати їх для створення програмного забезпечення рівня *Enterprise*.

Специфіка середовища застосування такого програмного забезпечення вимагає постійного отримання користувачем даних з серверу або від інших користувачів, чого неможливо досягнути за ініціативою джерела створення даних при використанні стандартної реалізації веб-додатків. Іншою важливою особливістю веб-додатків є кросплатформеність та адаптивність, яка не вимагає наявності додаткових програмних надбудов у операційній системі та гарантує однакову роботу на всіх клієнтських комп’ютерах.

Подібні задачі можуть бути вирішені за допомогою різних підходів. Найпоширенішим підходом є запит оновлення динамічних даних через *AJAX* або *PJAX* від клієнта, який є спрощеною варіацією *XHR*-запитів і спрямований на запит конкретних даних з оновленням лише окремо визначених частин графічного інтерфейсу або масивів даних. Такий підхід лише надає засіб “фонового” оновлення, при якому клієнт постійно опитує сервер незалежно від того змінилися дані чи ні. В класичній реалізації веб-додатків один активний клієнт умовно надсилає один запит, при *AJAX* кількість запитів від одного клієнта залежить від конкретної реалізації і не контролюється сервером, що при збільшенні загальної кількості клієнтів призводить до нестачі ресурсів сервера.

Більш професіональним та технологічно складнішим є підхід з використанням *WebSockets*, при якому клієнт підтримує низькоресурсне з’єднання з сервером та очікує дані. На стороні сервера реалізується програмний інтерфейс підключення клієнтів, за яким вони отримують дані майже одночасно одразу після їх оновлення. При цьому навантаження на сервер дорівнюватиме затратам ресурсів, необхідних на запит для одного клієнта.

Взаємодія клієнтів по *WebSockets* може бути налаштована через існуючі сервіси обміну даними у реальному часі, такі як *Ratchet* або *Centrifuge*. Дані сервіси пропонують використовувати їх програмний код, який є перевизначенням стандартних методів *open*,

message, close, error, в яких для підключення клієнтів використовується сервер сервісу. При оновленні даних, інформація відправляються на сторонній службовий сервер, звідки відправляються усім підключеним клієнтам. При цьому неможливо проконтролювати авторизованість усіх клієнтів і неможливо достовірно сказати були отримані дані вчасно. Кожен сервіс по своєму реалізує метод обміну і зазвичай навантажується додатковими програмними рішеннями, застосування яких є не виправданим з точки зору залежності від конкретної реалізації та фінансових витрат на використання сервісу.

За основу технології розробки веб-додатків реального часу можна взяти базове представлення сокетів у мові *PHP*, яка може бути реалізована в якості фреймворку. Завантажене у пам'ять сервера розширення фреймворку реалізує метод обміну *handshake*. При з'єднанні відбувається обмін заголовками схожими до звичайних *HTTP*, в яких зашифровані відповіді є фреймами обміну даних.

При першому підключенні до сервера, клієнту отримує частину клієнтського коду для взаємодії з веб-додатком та встановлює постійне з'єднання через метод *onopen*. Надалі усі виконувани клієнтом операції можуть розподіляються на локальні та віддалені. Локальні операції виконують взаємодію з даними на стороні клієнта і не потребують участі серверу, оскільки сервер відправив робочий на попередньому етапі. Віддалені операції служать для обміну даних і реалізуються через метод *onmessage*.

Операції представлені у вигляді блоків даних, структура блоку відповідає типу операції та спрямована на програмний маршрутизатор даних, який визначає яким чином необхідно обробити блок. Оброблені блоку зберігаються у базу даних. У випадку виконання оновлення інформації, сервер автоматично виконує її розповсюдження. Список клієнтів є параметризованим масивом-чергою, що розподіляє масив на асинхронні частини. Кількість асинхронних частин може змінюватись, в залежності від вільних ресурсів та кількості активних клієнтів.

Література

1. Andrew Lombardi. WebSocket. Lightweight Client-Server Communications [Text] // O'Reilly Media - Sebastopol, 2015. - P. 144.

НАУКОВЕ ВИДАННЯ

**МАТЕМАТИЧНЕ ТА ІМІТАЦІЙНЕ
МОДЕЛЮВАННЯ СИСТЕМ
МОДС 2016**

**ОДИНАДЦЯТА МІЖНАРОДНА НАУКОВО-ПРАКТИЧНА
КОНФЕРЕНЦІЯ
(ЖУКИН, 27 ЧЕРВНЯ - 1 ЛИПНЯ 2016 Р.)**

ТЕЗИ ДОПОВІДЕЙ

Головний редактор
Технічний редактор
Комп'ютерна верстка
Друкар

В. В. Казимир
А.С. Посадская
В.В.Нехай
Гузь К.П.

Набір комп'ютерний. Здано до друку 17.06.2016.

Підписано до друку 17.06.2016.

Формат 60x84 /16. Друк цифровий.

Умов. друк. арк. 29,75. Обл.-вид.арк. 20,51.

Наклад 120 прим. Зам. № 16138.120.016.

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.