

УДК 621.012.011.56:061

П.М. Павленко, д-р техн. наук

В.В. Трейтяк, канд. техн. наук

С.В. Толбатов, аспірант

Національний авіаційний університет, м. Київ, Україна

МОДЕЛЬ КРИТЕРІЮ ЕФЕКТИВНОСТІ СУЧАСНИХ МЕТОДІВ АНАЛІЗУ РОБІТ

П.Н. Павленко, д-р техн. наук

В.В. Трейтяк, канд. техн. наук

С.В. Толбатов, аспірант

Национальный авиационный университет, г. Киев, Украина

МОДЕЛЬ КРИТЕРИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ СОВРЕМЕННЫХ МЕТОДОВ АНАЛИЗА РАБОТ

P.M. Pavlenko, Doctor of Technical Sciences

V.V. Treityak, PhD in Technical Sciences

S.V. Tolbatov, PhD student

National Aviation University, Kyiv, Ukraine

MODEL OF CRITERION OF EFFICIENCY OF MODERN METHODS OF ANALYSIS OF WORKS

Розглянуто сучасні методи аналізу робіт (видів робіт), зроблено аналіз сильних сторін та недоліків. Уперше введено аспекти, які характеризують розглянуті методи з погляду ефективності їх використання в задачах аналізу робіт та зроблено розрахунок їх вагових коефіцієнтів з використанням методу парних порівнянь. У разі необхідності змінення акценту щодо важливості певних аспектів, можливо зробити розрахунок вагових коефіцієнтів за допомогою розглянутої методики для нових умов. Тобто можливо отримати нові значення вагових коефіцієнтів залежно від пріоритетів, розставлених для аспектів з урахуванням нових умов проведення аналізу.

Ключові слова: критерій, методи аналізу робіт, оцінювання складності робіт (видів робіт), математична модель методу аналізу робіт, метод парних порівнянь, критерій ефективності.

Рассмотрены современные методы анализа работ (видов работ), сделан анализ сильных сторон и недостатков. Впервые введены аспекты, которые характеризуют рассмотренные методы с точки зрения эффективности их использования в задачах анализа работ и сделан расчет их весовых коэффициентов с использованием метода парных сравнений. В случае необходимости изменения акцента важности некоторых аспектов, можно сделать расчет весовых коэффициентов с помощью рассмотренной методики для новых условий. То есть можно получить новые значения весовых коэффициентов в зависимости от приоритетов, которые расставлены для аспектов с учетом новых условий проведения анализа.

Ключевые слова: критерий, методы анализа работ, оценка сложности работ (видов работ), математическая модель метода анализа работ, метод парных сравнений, критерий эффективности.

In article the modern job analysis methods are analyzed, analyses of their strong and weak features are made as well. Author introduced aspects, which characterize described methods from the effectiveness point of view, and made calculation of their weight coefficients. In case of need changes of accent of importance of some aspects, it is possible to make calculation of weight coefficients by means of the considered technique for new conditions. That is it is possible to receive new values of weight coefficients depending on priorities which are placed for aspects taking into account new conditions of carrying out the analysis.

Key words: criterion, methods of the analysis of works, assessment of complexity of works (types of works), mathematical model of a method of the analysis of works, method of pair comparisons, criterion of efficiency.

Постановка задачі. Аналіз роботи (посади) починається з її опису з рівнем деталізації, який встановлюється залежно від задач аналізу та методу аналізу, який буде використовуватися. Типовий підхід до опису роботи полягає в заповненні структурованих на рівні трьох-чотирьох розділів роботи опитувальних листів практично в довільній формі [1]. Такі методи мають багато недоліків, основний з яких – суб'єктивізм, оскільки практично не існує інструкцій, які б чітко визначали поняття термінів, правил та мову заповнення опитувальних листів. Оскільки всі розділи опитувальних листів не структуровані на рівні мінімальних операцій і, як вже зазначалося, не існує стандартного словника термінів, експерти заповнюють їх на свій розсуд, що породжує багато суперечностей в описах, по-перше, і не дозволяє автоматизувати та прискорити оброблення у разі залучення великої кількості експертів, по-друге. Також слід зазначити, що на сьогодні не існує загальноприйнятих характеристик, які б описували методики з погляду їх

ефективності при введенні певних критеріїв, що ускладнює вибір конкретної методики для розв'язання прикладних задач.

Нами вводяться узагальнені аспекти для описання як існуючих методик, так і таких, які розробляються, робиться розрахунок їх вагових коефіцієнтів для подальшого використання в математичній моделі оцінювання ефективності за критерієм ефективності.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Неповний перелік існуючих методик [1-4] говорить за масштаби роботи в цьому напрямку: PAQ, CMQ, FJA, Mosaic, OAI, WPS, CODAP, PMPQ, Executive Checklist, O*NET. Слід зазначити, що, крім зазначених методик, які розроблялися в різні роки в межах державних програм, програм розвитку галузей економіки і т. ін., розробляється доволі велика кількість методик у межах програм розвитку та підвищення ефективності окремих підприємств різних форм власності.

Як правило, структури опитувальних листів складаються з таких розділів:

1. Основні задачі, елементи роботи, процесу на рівні операцій.
2. Необхідний кваліфікаційний рівень для виконання роботи.
3. Відповідальність посадової особи у процесі виконання роботи.
4. Конкретні приклади й норми виконання роботи, у разі наявності розроблених норм у межах Державного класифікатора характеристик професій.

Виділення не вирішених раніше частин загальної проблеми. Тому сучасні роботи науковців, консалтингових компаній спрямовані на розроблення універсальних та формалізованих методів аналізу робіт, які б вирішували задачі описання роботи, оцінювання роботи з погляду її складності в межах розроблених універсальних шкал та розроблення вимог, які робота висуває її виконавцям. Велика кількість методів та відсутність критеріїв ефективності ускладнює роботу науковця з погляду виявлення сильних та слабких сторін зазначених методів та методів, які розробляються.

Мета статті – формалізація аспектів, які характеризують методи з погляду ефективності їх використання в задачах аналізу робіт та розроблення математичної моделі для розрахунку коефіцієнта ефективності методик аналізу робіт.

Виклад основного матеріалу. Розглянемо найбільш поширені у світовій практиці методи опису та аналізу робіт.

PAQ (Position Analysis Questionnaire) – Опитувальник аналізу посад. Методика розроблена Дж. Маккорміком [2]. Методика базується на підході департаменту праці США, відповідно до якого посади можливо задати елементами виробничої поведінки (рис. 1).

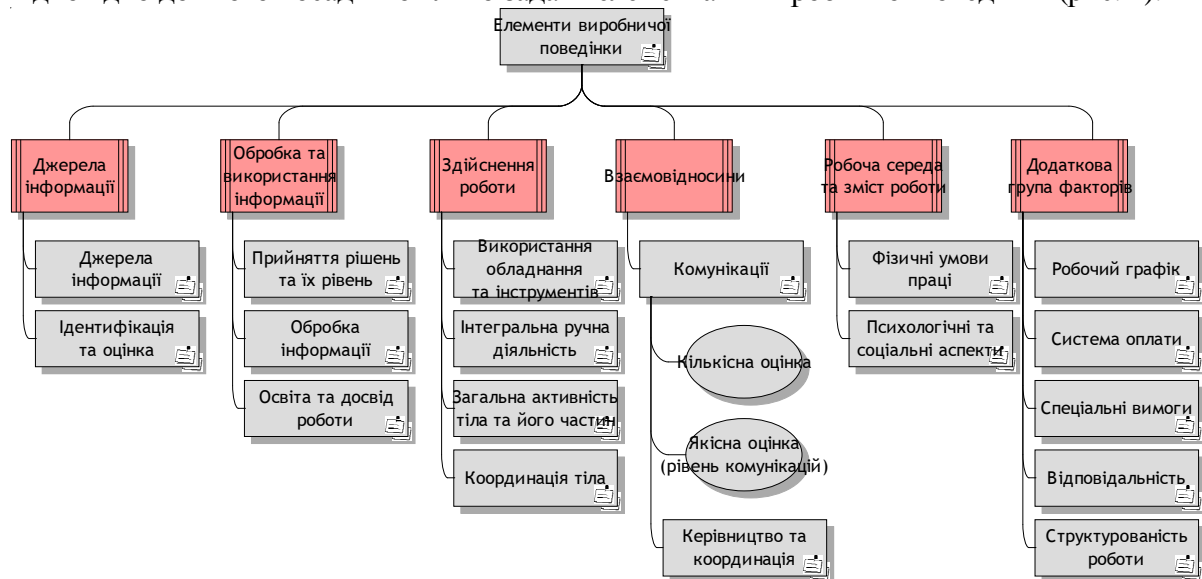


Рис. 1. Елементи виробничої поведінки PAQ

Методика являє собою модель, яка використовує стандартизований опитувальний лист, розроблений у двох варіантах – форма А, Б, які складаються з 189 та 194 питань (пунктів) відповідно, згрупованих у 6 груп, наведених на рис. 1.

CMQ, Common Metric Questionnaire – Опитувальник загальних метрик (показників) [3]. Метод розроблений Р. Харві та є невід’ємною частиною системи загальних метрик (**Common Metric System, CMS**).

Метод розроблений на основі методу функціонального аналізу роботи (Function Job Analysis, FJA) та його парадигми «людина – дані – предмети». Опитувальні листи включають 2000 аспектів роботи, які описують 80 факторів. Фактори групують у 17 факторів вищого рівня для отримання загальної картини про роботу. Система базується на тому, що роботу можна описати чотирма категоріями (рис. 2).

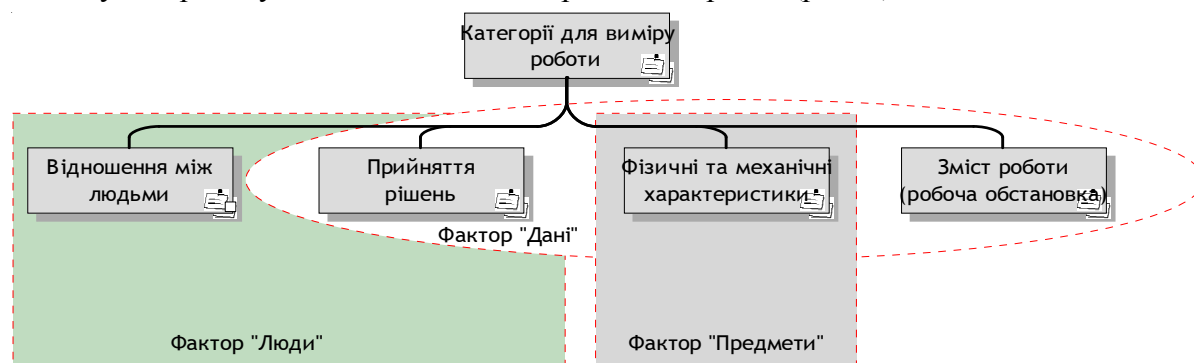


Рис. 2. Категорії методу CMQ

Метод, як правило, використовувався для аналізу робіт, які виконуються робітниками не керівних посад, хоча в останній час не виключає можливості аналізу керівних посад. Незважаючи на таку кількість аспектів, що аналізуються, експерту потрібно не більше двох годин для заповнення опитувальних листів.

FJA (Function Job Analysis) – метод функціонального аналізу роботи С. Файна [4] використовується службою зайнятості США для класифікації робіт та формування «Словника назв робіт». Описання здійснюється в межах парадигми «Люди – дані – предмети» (рис. 3).

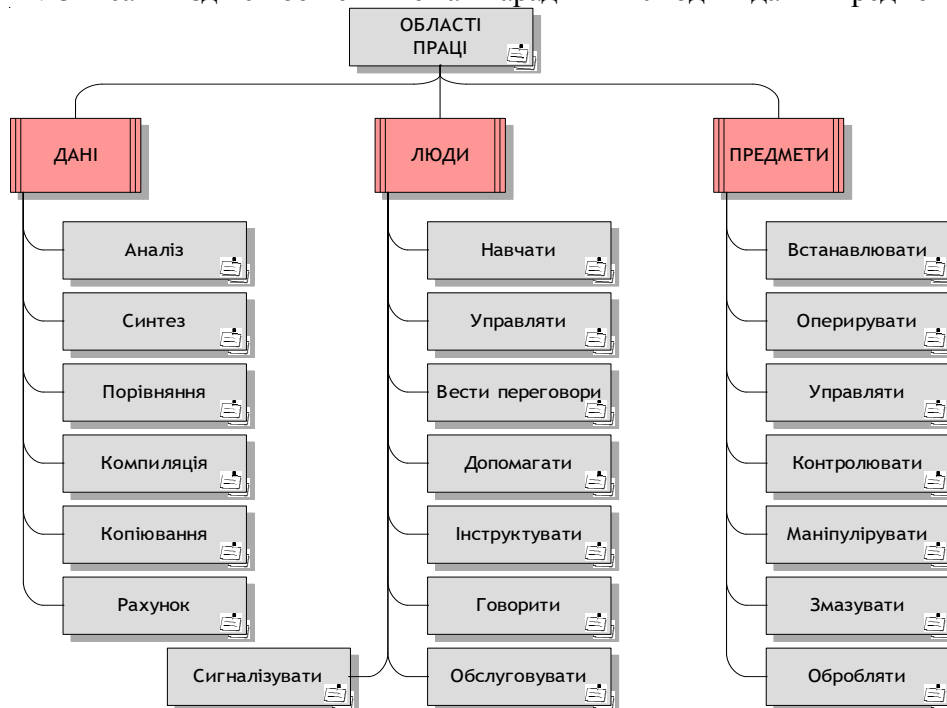


Рис. 3. Области праці відповідно до парадигми FJA

Метод також передбачався для збору двох первинних видів інформації про роботу: описання безпосередньо роботи в частині технології її виконання та необхідної кваліфікації для цього. Особливістю методики є те, що вона відповідає на питання, як саме робота виконується, а не що зроблено в результаті. Експерт використовує різні джерела для збору інформації та заповнює «Аналітичний звіт про роботу». Методика знайшла широке розповсюдження практично у всіх галузях промисловості завдяки державній підтримці. **Occupational Information Network (O*NET)**. Інформаційна мережа аналізу робіт [4].

Метод розглядає роботу з погляду двох аспектів: зміст роботи у широкому сенсі та вимоги до особи, яка виконує роботу (рис. 4).

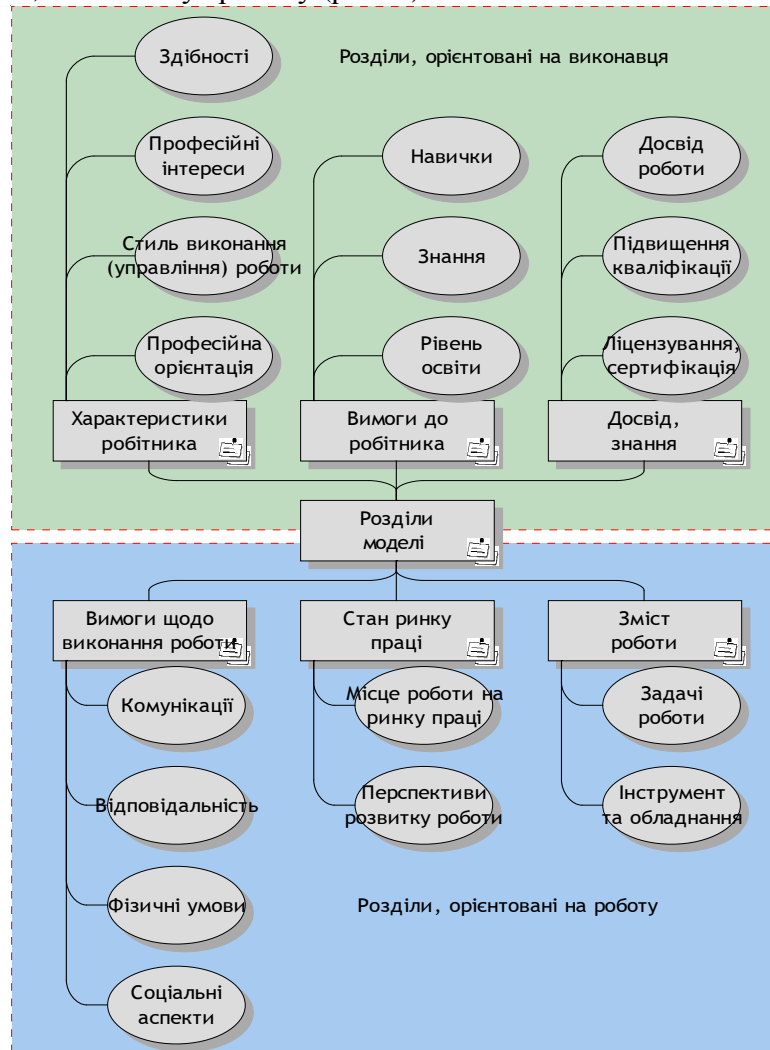


Рис. 4. Розділи моделі O*NET

Основні характеристики (аспекти) методів, які суттєво впливають на ефективність методу, зведено в табл. 1-4. Ефективність кожного методу може бути представлена функцією зазначених аспектів, тобто (1)

$$E_M = f\{a_1, a_2, \dots, a_n\}, \tag{1}$$

де a_1 – кількість областей знань, які охоплює метод;

a_2 – рівень деталізації даних про роботу;

a_3 – рівень деталізації оцінки виконання елемента роботи (чутливість оціночної шкали);

a_4 – достовірність (точність) даних з погляду вірогідності помилки при заповненні опитувальних листів;

a_5 – надійність (валідність) даних;

a_6 – стандартизація процедури оброблення;

a_7 – складність оброблення даних;

a_8 – кількість типів даних, які аналізуються;

a_9 – відносний час, необхідний для реалізації проекту оцінки робіт;

a_{10} – відносна вартість реалізації проекту оцінки робіт;

a_{11} – відносний час оброблення даних (внесення в систему, опитувальні листи і т. ін.);

a_{12} – відносна вартість оброблення даних.

Основною задачею порівняльного аналізу буде пошук екстремуму зазначеної функції з урахуванням ваги кожного аспекту:

$$\sum_{i=1}^{12} g_i \cdot a_i \rightarrow \max, \quad (2)$$

де g_i – ваговий коефіцієнт, розрахований для кожного аспекту.

Таблиця 1

Основні характеристики методів

a_1	Фізична та професійна терапія (трудо-терапія)	Гігієна та медицина праці	Виробни-ча/ органі-заційна психологія	Професій-на реабілі-тація	Управління трудовими ресурсами	Ергономі-ка праці	Кількість балів
O*NET	✓		✓	✓			3
FJA	✓		✓	✓	✓	✓	5
CMQ	✓		✓		✓		3
PAQ				✓	✓		2

Таблиця 2

Основні характеристики методів

Метод/ бал	a_2	a_3	a_4	a_5	a_6	a_7	Шкала
O*NET /10	звичайний	мінимальний	низька	низька	низька	складно	1
	помірний	середній	помірна	помірна	помірна	помірно	2
	детальний	максимальний	висока	висока	повна	легко	3
FJA/12	звичайний	мінимальний	низька	низька	низька	складно	1
	помірний	середній	помірна	помірна	помірна	помірно	2
	детальний	максимальний	висока	висока	повна	легко	3
CMQ /16	звичайний	мінимальний	низька	низька	низька	складно	1
	помірний	середній	помірна	помірна	помірна	помірно	2
	детальний	максимальний	висока	висока	повна	легко	3
PAQ /12	звичайний	мінимальний	низька	низька	низька	складно	1
	помірний	середній	помірна	помірна	помірна	помірно	2
	детальний	максимальний	висока	висока	повна	легко	3

Таблиця 3

Основні характеристики методів

Типи даних	O*NET	FJA	CMQ	PAQ
1	2	3	4	5
Описання функцій, операцій, задач	✓	✓	✓	✓
Інструменти, обладнання, допоміжний інвентар	✓	✓	✓	✓
Умови робочого середовища, зміст роботи	✓	✓	✓	✓
Вимоги до фізичного стану	✓	✓	✓	✓

Закінчення табл. 3

1	2	3	4	5
Вимоги до пізнавальних здібностей	✓	✓	✓	✓
Вимоги до рівня освіти, кваліфікації, досвіду	✓	✓		✓
Персональні характеристики, необхідні для виконання роботи	✓	✓		
Додаткові дані: система оплати, режим роботи, особливі вимоги				✓
$a_8 =$	7	7	5	7

Таблиця 4

Основні характеристики методів

Показник	Метод	Оцінка	Тривалість (час), міс./год			Вартість відносна		
	Шкала		< 1/2	<6/5	>6/5	Недорого	Середня вартість	Дорого
	Бали		3	2	1	3	2	1
$a_9, \text{міс.}$	O*NET	3	✓					
a_{10}		3				✓		
$a_{11}, \text{год}$		3	✓					
a_{12}		3				✓		
$a_9, \text{міс.}$	FJA	3	✓					
a_{10}		3				✓		
$a_{11}, \text{год}$		3	✓					
a_{12}		2					✓	
$a_9, \text{міс.}$	CMQ	3	✓					
a_{10}		3				✓		
$a_{11}, \text{год}$		3	✓					
a_{12}		3				✓		
$a_9, \text{міс.}$	PAQ	3	✓					
a_{10}		3				✓		
$a_{11}, \text{год}$		2		✓				
a_{12}		3				✓		

Для розрахунку вагових коефіцієнтів аспектів нами використано метод парних порівнянь [5; 6], який використовується для розв’язання широкого кола задач, які включають у себе певні методи збору даних, а також способи побудови на їх основі оціночних шкал. Суть методу полягає в порівнянні об’єктів між собою. Об’єкти порівнюються попарно щодо їх дії на загальну для них характеристику. В нашому випадку це функція, екстремум якої ми шукаємо (2). У табл. 5 наведено шкалу відносної важливості аспектів при їх попарному порівнянні.

Таблиця 5

Шкала відносної важливості при попарному порівнянні

Ступінь переваги	Визначення
0	Незалежні
1	Рівні, важливість однакова
2	Є певна перевага, можливо виділити деяку перевагу одного аспекту над іншим
3	Абсолютна перевага

Основним елементом для представлення інтенсивності взаємного впливу аспектів є матриці парних порівнянь (МПП) $\|\bar{A}\| = (a_{ij})$ (табл. 6). Кінцевою метою порівняння ас-

пектів є визначення їх рейтингу серед множини $A = (a_1, a_2, \dots, a_{12})$, яка розглядається, вираженого через вагові коефіцієнти g_i . Якщо позначити частку фактора a_i через w_j (ступінь переваги, яку проставляє експерт відповідно до табл. 5), то елементи матриці $\|\bar{A}\|$ розраховуються за формулою (3):

$$a_{ij} = \frac{w_j}{w_i}. \quad (3)$$

Власний вектор МПП визначає порядок важливості аспектів у кількісному виразі. Інколи значення власного вектора МПП називають вектором пріоритетів, а власне значення є мірою погодженості оцінок.

Значення вагового коефіцієнта g_i (власного вектора МПС) знаходиться методом середнього геометричного вимірювання розрахунку між аспектами, які оцінюються, за формулою (4):

$$g_i = \frac{\sqrt[n]{\prod_{j=1}^n a_{ij}}}{\sum_{i=1}^n \left(\sqrt[n]{\prod_{j=1}^n a_{ij}} \right)}, \quad (4)$$

де n – кількість аспектів (у нашому випадку 12).

Визначивши вагові коефіцієнти, розрахуємо ефективність кожного з розглянутих методів (табл. 7) за формулою (5)

$$E_M = \sum_{i=1}^{12} g_i (k_i a_i), \quad (5)$$

де k_i – коефіцієнт нормування шкали, $k_i = \{0,5;1;1;1;1;1;0,38;1;1;1;1\}$.

Таблиця 6

Матриці парних порівнянь

	a_1	a_2	a_3	a_4	a_5	a_6	a_7	a_8	a_9	a_{10}	a_{11}	a_{12}	g_i
a_1	1	1/3	1/3	1/3	1/3	1/2	1/2	1/3	1/2	1/2	1/3	1/2	0,031586
a_2	3	1	1	1/2	1/3	3	3	2	3	2	2	2	0,114294
a_3	3	1	1	1/2	1/2	2	3	2	3	2	2	2	0,114294
a_4	3	2	2	1	1/3	3	2	2	3	2	2	2	0,131403
a_5	3	3	2	3	1	3	3	2	3	3	3	3	0,186851
a_6	2	1/3	1/2	1/3	1/3	1	1/2	1/3	2	1/2	2	1/2	0,047792
a_7	2	1/3	1/3	1/2	1/3	2	1	1/2	2	1/2	3	1/2	0,057395
a_8	3	1/2	1/2	1/2	1/2	3	2	1	3	2	1	2	0,090715
a_9	2	1/3	1/3	1/3	1/3	1/2	1/2	1/3	1	1	1/3	1/2	0,037562
a_{10}	2	1/2	1/2	1/2	1/3	2	2	1/2	1	1	1/3	1/2	0,054174
a_{11}	3	1/2	1/2	1/2	1/3	1/2	1/3	1	3	3	1	2	0,067296
a_{12}	2	1/2	1/2	1/2	1/3	2	2	1/2	2	2	1/2	1	0,066638

Таблиця 7

Значення ефективності розглянутих методів

Метод/ ефективність	O*NET	FJA	CMQ	PAQ
E_M	2,01	2,23	2,62	2,24

Висновки і пропозиції. Введені нами аспекти, які характеризують методики аналізу робіт, охоплюють практично все коло основних практичних аспектів аналізу з метою оцінювання його ефективності.

Розраховані за допомогою методу парних порівнянь вагові коефіцієнти введених аспектів дозволяють використовувати запропонований критерій ефективності для аналізу методів, які розробляються.

У разі необхідності змінення акценту щодо важливості певних аспектів, можливо зробити розрахунок вагових коефіцієнтів за допомогою розглянутої методики для нових умов. Тобто можливо отримати нові значення g_i залежно від пріоритетів, розставлених для аспектів з урахуванням нових умов проведення аналізу.

Невеликі відхилення значення E_M (табл. 7) методів від середнього говорить про те, що за останні роки розвитку систем і методів аналізу робіт практично всі методи зорієнтовано на основних критичних аспектах: точність, достовірність, валідність методів та рівень деталізації.

Список використаних джерел

1. *Final Report on the Review and Evaluation of Job Analysis Practices.* IFS international, 2011. – 295 p.
2. *McCormick, E. J., Cunningham, J. W., & Gordon, G. G. (1967). Job dimensions based on factorial analyses of worker-oriented job variables.* Personnel Psychology, 20, 1967. – P. 417-430.
3. *Harvey, R. J. The common-metric questionnaire (CMQ): A job analysis system (first edition).* San Antonio, TX: The Psychological Corporation. – 1991. – 156 p.
4. *Fine, S. A., Harvey, R. J., & Cronshaw, S. F. (2004, April). FJA strategies for addressing O*NET limitations in a post-DOT environment* In Fleishman, E. A. (Chair), Things, Data, and People: Fifty years of a seminal theory. Symposium presented at the Annual Conference of the Society for Industrial and Organizational Psychology, Chicago. – 11 p.
5. *Саати Т. Принятие решений. Метод анализа иерархий : пер. с англ. / Т. Саати. – М. : Радио и связь, 1993. – 278 с.*
6. *Павлов А. Н. Решение многокритериальных задач методом анализа иерархий : учебное пособие / А. Н. Павлов. – М. : РАГС, 2010. – 116 с.*

УДК 004.77:631.15

Р.В. Заровський, канд. техн. наук

Чернігівський державний технологічний університет, м. Чернігів, Україна

**ТЕХНІЧНА АРХІТЕКТУРА СИСТЕМИ АВТОМАТИЗАЦІЇ УПРАВЛІННЯ
ПРОЦЕСАМИ РОСЛИННИЦТВА В АГРОФІРМІ**

Р.В. Заровский, канд. техн. наук

Черниговский государственный технологический университет, г. Чернигов, Украина

**ТЕХНИЧЕСКАЯ АРХИТЕКТУРА СИСТЕМЫ АВТОМАТИЗАЦИИ
УПРАВЛЕНИЯ ПРОЦЕССАМИ РАСТЕНИЕВОДСТВА В АГРОФИРМЕ**

R.V. Zarovskyi, PhD in Technical Sciences

Chernihiv State Technological University, Chernihiv, Ukraine

**TECHNICAL ARCHITECTURE OF THE SYSTEM OF MANAGEMENT
AUTOMATION IN THE AGRICULTURAL COMPANY**

Запропоновано технічну архітектуру системи автоматизації управління сільськогосподарським підприємством. Розглянуто технічні засоби збору та оброблення даних для складових підсистем.

Ключові слова: *точне землеробство, автоматизовані системи управління, інформаційні технології.*