

МЕТОДОЛОГІЧНІ ЗАСАДИ ФОРМУВАННЯ ЯКОСТІ  
ПРОГРАМНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ  
(ЧАСТИНА 2: ОПТИМІЗАЦІЯ МОДЕЛІ ФАКТОРІВ ЯКОСТІ  
ПРОГРАМНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ)

В. М. Сеньківський<sup>1</sup>, І. В. Піх<sup>1,2</sup>, А. В. Кудряшова<sup>1</sup>, О. В. Литовченко<sup>1</sup>,  
О. З. Білик<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Українська академія друкарства,  
вул. Під Голоском, 19, Львів, 79020, Україна

<sup>2</sup>Національний університет «Львівська політехніка»,  
вул. Степана Бандери, 12, Львів, 79013, Україна

*Наведено модифіковану базову модель факторів (характеристик) якості програмного забезпечення. Виконано попарні порівняння факторів та встановлено ступені переваг вказаних чинників на основі шкали відносної важливості об'єктів, у результаті чого побудовано обернено симетричну матрицю попарних порівнянь. Здійснено розрахунок головного власного вектора матриці, нормалізовані компоненти якого відтворюють числові пріоритети факторів впливу на якість процесу розроблення програмного забезпечення. Розраховано критерії достовірності отриманих результатів, що обумовило синтезування та візуалізацію засобами інфографіки оптимізованої багаторівневої моделі пріоритетного впливу факторів на якість програмного забезпечення.*

**Ключові слова:** програмне забезпечення, фактори якості програмного забезпечення, шкала відносної важливості об'єктів, матриця попарних порівнянь, головний власний вектор матриці, оптимальний варіант моделі якості програмного забезпечення, критерії оптимізації.

**Постановка проблеми.** Якість програмного забезпечення від часу його появи (тобто із створенням широкого спектра електронних обчислювальних машин, які ми називаємо «комп'ютерами») завжди була в полі зору не тільки розробників програм, адже відомо, що вказана інтелектуальна продукція не є остаточним виробом «у собі». Програмні компоненти завжди виконували функцію творення «вторинної» якості та надійності процесів, мікропроцесорних систем, машин, військової і цивільної техніки, космічних та міжпланетних комплексів, в складі яких вони стали однією з визначальних складових. Зрозуміло, що у сфері формування якості програмного забезпечення працюють солідні фірми та організації, що ставить під сумнів можливості авторів статті додати щось суттєво нове до відомих рішень. Водночас галузь, орієнтована на виробництво програмних компонент та сферу їх використання, уможливує застосування до процесу

розроблення програм підходів і методів, отриманих у процесі дослідження якості видавничо-поліграфічної продукції.

Методологічні засади пропонованої статті базуються на теоретичній основі системного аналізу, методах теорії ієрархічних систем і теорії моделювання, аналізу ієрархій [1–4], що уможливило використати та упорядкувати за критеріями пріоритетного впливу семантичні чинники – основні характеристики якості програмного забезпечення, визначені стандартом ISO/IEC 25010 [5].

**Аналіз останніх досліджень та публікацій.** Сучасні публікації в галузі інженерії програмного забезпечення свідчать про неослабний інтерес до наукового напрямку вказаної проблематики, оскільки теоретичні досягнення у цій сфері забезпечують реальний прикладний поступ сучасної інформатики [6]. Суттєвими стали праці, орієнтовані на дослідження життєвого циклу програмного забезпечення, оскільки створення значних обсягів програмного продукту вимагає обґрунтованих рішень для його утилізації та розроблення на цій основі нового програмного забезпечення [6–11]. Важливим напрямом залишається розроблення та удосконалення блок-орієнтованих та об'єктно-орієнтованих мов програмування різного рівня та спрямування, серед яких C, C++, Java, Delphi, Python та інші. Якість програмного забезпечення істотно залежить від професіонального рівня розробників програм, ступеня підготовки ІТ-спеціалістів у вищих навчальних закладах, чому додатково сприяють публікації навчального та методичного характеру [12–15].

Розроблення програмного забезпечення доцільно порівняти з технологіями створення продукції іншого призначення, зокрема видавничо-поліграфічної, що наводить на думку про доцільність застосування до процесу створення програмних компонент методологічних засад інформаційної концепції формування та прогностичного оцінювання якості видавничо-поліграфічної продукції, розроблених в Українській академії друкарства [16–20]. Додатковим підтвердженням висловленої тези слугує той факт, що випуск сучасної добротної поліграфічної продукції неможливий без використання якісних видавничо-редакційних систем та запрограмованих мікропроцесорних модулів друкарської техніки.

**Мета статті.** Вищесказане обумовлює застосування нетрадиційного інформаційного підходу у вказаній сфері, результатом реалізації якого стане, з одного боку, ранжування факторів за важливістю та відповідними їй числовими ваговими значеннями на основі семантичної мережі зв'язків між ними, з іншого – синтезування оптимізованої структурної моделі пріоритетного впливу факторів на якість програмного забезпечення у результаті побудови за шкалою відносної важливості об'єктів матриці попарних порівнянь та її опрацювання відповідною програмою [21].

**Виклад основного матеріалу дослідження.** У попередній статті («Методологічні засади формування якості програмного забезпечення (Частина 1: Базова модель факторів якості)») отримано базову модель факторів якості програмного забезпечення. Для зручності подальшого дослідження модифікуємо вказану модель, доповнивши поясненнями суть факторів – основних характеристик якості програмного забезпечення.

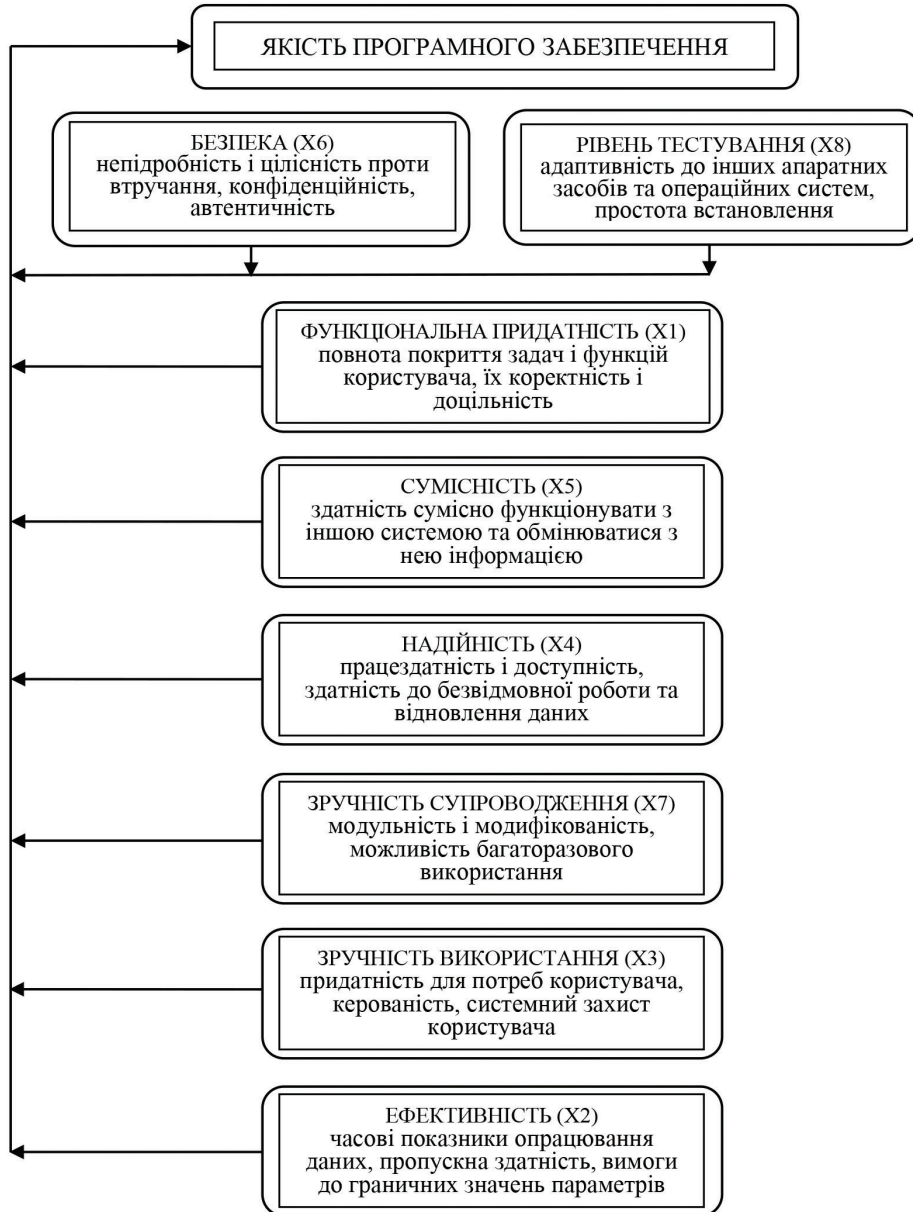


Рис. 1. Багаторівнева модель факторів впливу на якість програмного забезпечення

Рівні розміщення факторів отримані на підставі аналізу семантичної мережі зв'язків між чинниками якості програмного забезпечення і, як бачимо з попереднього дослідження, не мають числового підтвердження їх правомірності та достовірності. Для обґрунтування та одночасної оптимізації вказаної моделі використаємо метод числової або кардинальної погодженості стосовно рівня пріоритетності чинників впливу на якість остаточного продукту [2, 3, 17], за яким

можна дослідити не тільки наявність чи відсутність узгодженості при попарних порівняннях переваг факторів, але й одержати числові оцінки мір адекватності взаємозв'язків між ними у вихідному графічному відображенні, підтвержені відповідними критеріями.

Основою для розв'язання цього завдання слугуватиме багаторівнева модель (рис. 1), яка певною мірою відтворює закономірності важливості факторів та обумовлює логіку оцінювання взаємних переваг між ними. Результатом цих дій стане квадратна обернено симетрична матриця попарних порівнянь, для формування якої використовуємо відому шкалу відносної важливості об'єктів [20], наведену у таблиці 1.

Таблиця 1

### Шкала відносної важливості об'єктів

Оцінка важливості	Критерії порівняння	Пояснення щодо вибору критерію
1	Об'єкти рівноцінні	Відсутність переваги $k_1$ над $k_2$
3	Один об'єкт дещо переважає інший	Існує підстава наявності слабкої переваги $k_1$ над $k_2$
5	Один об'єкт переважає інший	Існує підстава наявності суттєвої переваги $k_1$ над $k_2$
7	Один об'єкт значно переважає інший	Існує підстава присутності явної переваги $k_1$ над $k_2$
9	Один об'єкт абсолютно переважає інший	Абсолютна перевага $k_1$ над $k_2$ не викликає сумніву
2, 4, 6, 8	Компромісні проміжні значення	Допоміжні порівняльні оцінки

Матрицю відтворюємо у вигляді таблиці, додавши до неї інформаційний рядок та стовпець з математичними позначеннями факторів. Незважаючи на використання рис. 1, встановлення оцінок важливості факторів за критеріями порівняння таблиці 1 містить значну долю суб'єктивізму і вимагає певного досвіду та іноді залучення експертів з відповідної галузі, особливо у ситуаціях, коли фактори розміщені у базовій моделі на одному рівні.

Помістимо сукупність оцінок важливості як результат порівняння факторів у матрицю  $A = (a_{ij})$ . Матриця квадратна, обернено симетрична, що тотожно відношенню  $a_{ji} = 1/a_{ij}$ . Нижня частина матриці заповнюється оберненими значеннями. Так, з урахуванням описаних умов у позицію  $(k_2, k_1)$  заносимо відповідно 1, 1/3, 1/5, 1/7, 1/9. При незначних відмінностях між вагами критеріїв використовують парні числа 2, 4, 6, 8 та їх обернені значення.

Наведемо деякі аргументи стосовно обґрунтованості вибору верхньої межі для елементів  $a_{ij}$ . Встановлено, що для якісного розмежування об'єктів при їх

порівнянні достатньо п'яти визначень: рівний, слабкий, сильний, дуже сильний, абсолютний [20]. Додавши до цього проміжкові значення, отримаємо цифру дев'ять. Відомо також, що психологічна межа  $7 \pm 2$  предметів при їх порівнянні забезпечується дев'ятьма градаціями відмінностей між ними.

З попередньої таблиці 1 зрозуміло, що елементи головної діагоналі матриці будуть рівні одиниці. Решту елементів отримуємо у результаті порівняння факторів першого інформаційного стовпця з факторами аналогічного за призначенням першого додаткового рядка. З урахуванням наведених умов та зауважень матриця попарних порівнянь матиме такий вигляд (табл. 2).

Таблиця 2

### Матриця попарних порівнянь факторів якості програмного забезпечення

Фактори	$x_1$	$x_2$	$x_3$	$x_4$	$x_5$	$x_6$	$x_7$	$x_8$
$x_1$	1	7	6	4	3	$\frac{1}{2}$	5	$\frac{1}{3}$
$x_2$	$\frac{1}{7}$	1	$\frac{1}{3}$	$\frac{1}{5}$	$\frac{1}{6}$	$\frac{1}{8}$	$\frac{1}{4}$	$\frac{1}{9}$
$x_3$	$\frac{1}{6}$	3	1	$\frac{1}{4}$	$\frac{1}{5}$	$\frac{1}{7}$	$\frac{1}{3}$	$\frac{1}{8}$
$x_4$	$\frac{1}{4}$	5	4	1	$\frac{1}{3}$	$\frac{1}{5}$	3	$\frac{1}{6}$
$x_5$	$\frac{1}{3}$	6	5	3	1	$\frac{1}{4}$	4	$\frac{1}{5}$
$x_6$	2	8	7	5	4	1	6	$\frac{1}{2}$
$x_7$	$\frac{1}{5}$	4	3	$\frac{1}{3}$	$\frac{1}{4}$	$\frac{1}{6}$	1	$\frac{1}{7}$
$x_8$	3	9	8	6	5	2	7	1

Для одержання вектора пріоритетів матриці використаємо метод, запропонований Саагі [3]. Розрахунки за вказаним методом виконано з використанням розробленої програми «Імітаційне моделювання в системному аналізі методом бінарних порівнянь» [21], інтерфейс якої наведено на рис. 2.

Спочатку знаходимо головний власний вектор  $X(x_1, x_2, \dots, x_n)$  матриці, компоненти якого отримуємо з виразу:

$$x_i = \sqrt[n]{a_{i1} \cdot a_{i2} \cdot \dots \cdot a_{in}} \quad i = \overline{1, n}, \quad (1)$$

де  $n$  – кількість факторів.

У результаті розрахунків компонент головного власного вектора отримаємо таке його відображення (опція Е – вивід проміжних результатів):

$$X = (2,127; 0,220; 0,332; 0,799; 1,251; 3,008; 0,512; 4,165).$$

Наступний крок – нормалізація вектора  $X$ . Для її реалізації ділимо компоненти вектора  $X$  на суму значень усіх його компонент:

$$x_{i \text{ норм}} = \frac{\sqrt[n]{a_{i1} \cdot a_{i2} \cdot \dots \cdot a_{in}}}{\sum_{i=1}^n \sqrt[n]{a_{i1} \cdot a_{i2} \cdot \dots \cdot a_{in}}}. \quad (2)$$

У результаті отримаємо нормалізований вектор (опція  $E_n$ ):

$$X_{\text{норм}} = (0,171; 0,017; 0,026; 0,064; 0,100; 0,242; 0,041; 0,335).$$

Метод бінарних (парних) порівнянь

Введіть число критеріїв:

Введіть назви критеріїв:

№	1	2	3	4	5	6	7	8
назва	1	2	3	4	5	6	7	8

Задання експертних оцінок переваг критеріїв

	1	2	3	4	5	6	7	8
1	1	7	6	4	3	1/2	5	1/3
2	1/7	1	1/3	1/5	1/6	1/8	1/4	1/9
3	1/6	3	1	1/4	1/5	1/7	1/3	1/8
4	1/4	5	4	1	1/3	1/5	3	1/6
5	1/3	6	5	3	1	1/4	4	1/5
6	2	8	7	5	4	1	6	1/2
7	1/5	4	3	1/3	1/4	1/6	1	1/7
8	3	9	8	6	5	2	7	1

Вивід проміжних результатів

	ВІ	E	En	En1	En2
1	0	2,127	0,171	1,455	8,492
2	0	0,220	0,017	0,158	8,951
3	0,59	0,332	0,026	0,235	8,782
4	0,9	0,799	0,064	0,564	8,772
5	1,12	1,251	0,100	0,883	8,773
6	1,24	3,008	0,242	2,054	8,478
7	1,32	0,512	0,041	0,361	8,763
8	1,41	4,165	0,335	2,886	8,604

Результати методу

$\lambda_{\text{max}}$  8,70223525678218

ІП 0,100319322397455

ВП 0,071148455601031

Рис. 2. Результат опрацювання матриці програмою «Імітаційне моделювання в системному аналізі методом бінарних порівнянь»

Для цілочисленого сприйняття вагових значень факторів помножимо компоненти вектора  $X_{\text{норм}}$  на деякий коефіцієнт масштабування, наприклад,  $k = 1000$ . Одержимо таке відображення ваг факторів:

$$X_{\text{норм}} \times k = (171; 17; 26; 64; 100; 242; 41; 335).$$

Обчислимо оцінку узгодженості вагових значень факторів. Для цього помножимо матрицю справа на вектор  $X_{\text{норм}}$ , що обумовить вектор (опція  $E_{n1}$ ):

$$X_{\text{норм}1} = (1,455; 0,158; 0,235; 0,564; 0,883; 2,054; 0,361; 2,886).$$

Далі діленням компонент вектора  $X_{\text{норм}1}$  на відповідні компоненти вектора  $X_{\text{норм}}$  знаходимо компоненти власного вектора  $X_{\text{норм}2}$  (опція  $E_{n2}$ ):

$$X_{\text{норм}2} = (8,492; 8,951; 8,782; 8,772; 8,773; 8,478; 8,783; 8,604).$$

Важливим показником виступає максимальне власне значення  $\lambda_{\text{max}}$  додатної обернено симетричної матриці, отримане як середнє арифметичне компонент вектора  $X_{\text{норм}2}$ . Згідно з обчисленнями маємо  $\lambda_{\text{max}} = 8,70$ . Наступний критерій – індекс узгодженості, значення якого визначається за формулою:

$$IU = (\lambda_{\text{max}} - n) / (n - 1). \quad (3)$$

За даними діалогового вікна рис. 2, для аналізованого варіанту  $IU = 0,10$ .

Значення індексу узгодженості порівнюють з еталонними значеннями показника узгодженості, так званим випадковим індексом ( $WI$ ), який залежить від кількості об'єктів, що порівнюються. Результати вважаються задовільними, якщо значення індексу не перевищує 10 % еталонного значення індексу для відповідної кількості об'єктів. Для восьми факторів  $WI = 1,41$ .

Оскільки  $IU < 0,1 \times WI$  ( $0,10 < 0,1 \times 1,41$ ), виконання нерівності підтверджує адекватність розв'язку задачі. Додатково результати оцінюють відношенням узгодженості:  $WU = IU/WI$ . Результати задовільні, якщо  $WU \leq 0,1$ . Оскільки  $WU = 0,07$ , маємо достатній рівень збіжності процесу та належну узгодженість експертних суджень стосовно попарних порівнянь факторів.

У результаті отримуємо оптимізовану модель пріоритетного впливу факторів на якість програмного забезпечення.



Рис. 3. Оптимізована модель факторів якості програмного забезпечення

**Висновки.** Виконано аналіз публікацій в галузі інженерії програмного забезпечення, в результаті чого обґрунтовано доцільність застосування інформаційної концепції формування та прогностичного оцінювання якості видавничо-поліграфічної продукції до процесу створення програмних компонент. Розкрито суть характеристик якості програмного забезпечення, що зумовило побудову моделі, опрацювання якої за методом попарних порівнянь та шкалою відносної важливості об'єктів забезпечило розрахунок оптимальних вагових значень чинників формування належного рівня програм. Отримано оптимізований варіант моделі пріоритетного впливу факторів на якість програмного забезпечення.

#### СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Згуровський М. З., Панкратова Н. Д. Основи системного аналізу. Київ : Видавнича група ВНУ, 2007. 544 с.



2. Лямець В. І., Тевяшев В. І. Системний аналіз. Вступний курс. 2-е вид., перероб. та допов. Харків : ХНУРЕ, 2004. 448 с.
3. Стеценко І. В. Моделювання систем. Черкаси : ЧДТУ, 2010. 399 с.
4. Ротштейн О. П., Ларюшкін Є. П., Мітюшкін Ю. І. Soft Computing в біотехнології: багатофакторний аналіз і діагностика : монографія. Вінниця : УНІВЕРСУМ-Вінниця, 2008. 144 с.
5. ISO/IEC 25010:2011. Systems and software engineering. Systems and software Quality Requirements and Evaluation (SQuaRE). System and software quality models. [Introduced 01.03.2011]. Geneva (Switzerland).
6. Сидоров М. О. 50 років інженерії програмного забезпечення. Проблеми програмування. 2018. № 4. С. 30–44.
7. Lundberg L., Mattson M., Wohlin C. Software quality attributes and trade-offs. Blekinge Institute of Technology, 2005.
8. Розвиток української it-індустрії, Аналітичний звіт. It Ukraine, 2018.
9. Процеси та системи підтримки якості програмних систем. URL: <https://dspace.uzhnu.edu.ua/jspui/bitstream/lib/16456/1/>.
10. Моделі життєвого циклу, принципи і методології розробки програмного забезпечення. URL: <https://evergreens.com.ua/ua/articles/software-development-metodologies.html>.
11. Стадії циклу розробки ПЗ. URL: <https://mango-test.qalight.com.ua/ua/baza-znaniy/stadiyi-tsiklu-rozrobki-pz/>.
12. Лавріщева К. М. Програмна інженерія. Київ, 2008. 319 с.
13. Білас О. Є. Якість програмного забезпечення та тестування : навч. посіб. Львів : Видавництво Львівської політехніки, 2011. 216 с.
14. Табунщик Г. В., Кудерметов Р. К., Брагіна Т. І. Інженерія якості програмного забезпечення : навч. посіб. Запоріжжя : ЗНТУ, 2013. 180 с.
15. Мельник Р. А. Програмування веб-застосунків. Львів : Львівська політехніка, 2018. 248 с.
16. Теоретичні основи забезпечення якості видавничо-поліграфічних процесів (Частина 2: Синтез моделей пріоритетності дії факторів) / Сеньківський В. М., Піх І. В., Кудряшова А. В., Литовченко О. В. Поліграфія і видавнича справа. 2016. № 1 (71). С. 20–29.
17. Інформаційні технології формування якості книжкових видань : монографія / Піх І. В., Дурняк Б. В., Сеньківський В. М., Голубник Т. С. Львів : Українська академія друкарства, 2017. 308 с.
18. Сеньківський В. М., Сеньківська Н. Є., Кудряшова А. В. Оптимізація моделі пріоритетного впливу факторів на якість проектування післядрукарських процесів. Наукові записки [Української академії друкарства]. 2019. Вип. № 2 (59). С. 22–29.
19. Оптимізація моделі факторів попиту на книгу / Сеньківський В. М., Піх І. В., Кудряшова А. В., Сеньківська Н. Є., Калиній І. В. Поліграфія і видавнича справа. 2021. № 1 (81). С. 11–20.
20. Дурняк Б. В., Піх І. В., Сеньківський В. М. Теоретичні основи інформаційної концепції формування та оцінювання якості видавничо-поліграфічних процесів : монографія. Львів : Українська академія друкарства, 2022. 356 с.
21. Свідоцтво про реєстрацію авторського права на твір № 41832. Україна. Імітаційне моделювання в системному аналізі методом бінарних порівнянь (комп'ютерна програма).



Авторські майнові права належать І. В. Гілеті, В. М. Сеньківському, О. В. Мельникову. Зареєстровано 17.01.2012.

### REFERENCES

1. Zghurovskiy, M. Z., & Pankratova, N. D. (2007). *Osnovy systemnoho analizu*. Kyiv : Vydavnycha hrupa VNU (in Ukrainian).
2. Liamets, V. I., & Teviashev, V. I. (2004). *Systemnyi analiz. Vstupnyi kurs. 2-e vyd., pererob. ta dopov.* Kharkiv : KhNURE (in Ukrainian).
3. Stetsenko, I. V. (2010). *Modeliuvannia system*. Cherkasy : ChDTU (in Ukrainian).
4. Rotshtein, O. P., Lariushkin, Ye. P., & Mitiushkin, Yu. I. (2008). *Soft Computing v biotekhnologii: bahatofaktorny analiz i diahnostryka*. Vinnytsia : UNIVERSUM-Vinnytsia (in Ukrainian).
5. ISO/IEC 25010:2011. *Systems and software engineering. Systems and software Quality Requirements and Evaluation (SQuARE). System and software quality models*. [Introduced 01.03.2011]. Geneva (Switzerland) (in English).
6. Sydorov, M. O. (2018). 50 rokiv inzhenerii prohramnoho zabezpechennia. *Problemy prohramuvannia*, 4, 30–44 (in Ukrainian).
7. Lundberg, L., Mattson, M., & Wohlin, C. (2005). *Software quality attributes and trade-offs*. Blekinge Institute of Technology (in English).
8. Rozvytok ukraïnskoi it-industrii, Analitychnyi zvit. It Ukraine. (2018) (in Ukrainian).
9. Protsesty ta systemy pidtrymky yakosti prohramnykh system. Retrieved from <https://dspace.uzhnu.edu.ua/jspui/bitstream/lib/16456/1/> (in Ukrainian).
10. Modeli zhyttievoho tsykladu, pryntsyipy i metodolohii rozrobky prohramnoho zabezpechennia. Retrieved from <https://evergreens.com.ua/ua/articles/software-development-metodologies.html> (in Ukrainian).
11. Stadii tsykladu rozrobky PZ. Retrieved from <https://mango-test.qalight.com.ua/ua/baza-znaniy/stadiyi-tsykladu-rozrobky-pz/> (in Ukrainian).
12. Lavrishcheva, K. M. (2008). *Prohramna inzheneriia*. Kyiv (in Ukrainian).
13. Bilas, O. Ye. (2011). *Yakist prohramnoho zabezpechennia ta testuvannia*. Lviv : Vydavnytstvo Lvivskoi politekhniki (in Ukrainian).
14. Tabunshchik, H. V., Kudermetov, R. K., & Brahina, T. I. (2013). *Inzheneriia yakosti prohramnoho zabezpechennia*. Zaporizhzhia : ZNTU (in Ukrainian).
15. Melnyk, R. A. (2018). *Prohramuvannia veb-zastosuvan*. Lviv : Lvivska politekhnika (in Ukrainian).
16. Senkivskiy, V. M., Pikh, I. V., Kudriashova, A. V., & Lytovchenko, O. V. (2016). Teoretychni osnovy zabezpechennia yakosti vydavnycho-polihrafichnykh protsesiv (Chastyna 2: Syntez modelei priorytetnosti dii faktoriv). *Polihrafiia i vydavnycha sprava*, 1 (71), 20–29 (in Ukrainian).
17. Pikh, I. V., Durniak, B. V., Senkivskiy, V. M., & Holubnyk, T. S. (2017). *Informatsiini tekhnologii formuvannia yakosti knyzhkovykh vydan*. Lviv : Ukrainska akademiia drukarstva (in Ukrainian).
18. Senkivskiy, V. M., Senkivska, N. Ye., & Kudriashova, A. V. (2019). Optyimizatsiia modeli prioryetnoho vplyvu faktoriv na yakist proektuvannia pisliadrukarskykh protsesiv. *Naukovi zapysky [Ukrainskoi akademii drukarstva]*, 2 (59), 22–29 (in Ukrainian).

19. Senkivskiy, V. M., Pikh, I. V., Kudriashova, A. V., Senkivska, N. Ye., & Kalynii, I. V. (2021). Optymizatsiia modeli faktoriv popytu na knyhu. *Polihrafiia i vydavnycha sprava*, 1 (81), 11–20 (in Ukrainian).
20. Durniak, B. V., Pikh, I. V., & Senkivskiy, V. M. (2022). Teoretychni osnovy informatsiinoi konseptsii formuvannia ta otsiniuvannia yakosti vydavnycho-polihrafichnykh protsesiv. Lviv : Ukrainska akademiia drukarstva (in Ukrainian).
21. Svidotstvo pro reiestratsiiu avtorskoho prava na tvir № 41832. Ukraina. Imitatsiine modeliuвання v systemnomu analizi metodom binarnykh porivnian (komp'uterna prohrama). Avtorski mainovi prava nalezhat I. V. Hileti, V. M. Senkivskomu, O. V. Melnykovu. Zareiestrovano 17.01.2012 (in Ukrainian).

doi: 10.32403/0554-4866-2023-1-85-11-21

**METHODOLOGICAL PRINCIPLES OF SOFTWARE  
QUALITY FORMATION  
(PART 2: OPTIMIZATION OF SOFTWARE QUALITY  
FACTORS MODEL)**

V. M. Senkivskyy<sup>1</sup>, I. V. Pikh<sup>1,2</sup>, A. V. Kudriashova<sup>1</sup>,  
O. V. Lytovcnenko<sup>1</sup>, O. Z. Bilyk<sup>1</sup>

<sup>1</sup>*Ukrainian Academy of Printing,  
19, Pid Holoskom St., Lviv, 79020, Ukraine*

<sup>2</sup>*Lviv Polytechnic National University,  
12, Stepana Bandery St., Lviv, 79013, Ukraine  
senk.vm@gmail.com*

*Since its appearance, software has always been in the field of view not only of software developers, because software components often played the role of creating the “secondary” quality and reliability of processes, microprocessor systems, machines, military and civilian equipment, space and interplanetary complexes, in which they have become one of the defining components. Active publications in the field of software engineering testify to the continuing interest in the scientific direction of this problem, since theoretical achievements in this area provide real applied progress of modern computer science. Despite the existence of international standards that stipulate the quality of software products on the basis of relevant metrics and characteristics, the problem of prognostic assessment of the proper level of programs in view of the a priori determination of the priority of the impact of the factors (factors) declared by the standard on the quality of software remained somewhat aside. The study and analysis of the process of industrial production of software components and the sphere of their use makes it possible to apply the information concept to this sphere, on the basis of which new methods and models of information technologies for the formation of good*

*quality printed products are obtained, taking into account the factors influencing the quality of publishing and printing processes.*

*In view of the above, the basic model of software quality factors (characteristics) is modified. Pairwise comparisons of factors are made and the degrees of their advantages are established using the scale of relative importance of objects. An inversely symmetric matrix of pairwise comparisons is constructed. The main eigenvector of the matrix is calculated, the normalized components of which reproduce the numerical priorities of the factors influencing the quality of software products. The criteria of reliability of the obtained results are calculated, which led to the synthesis and visualization by means of infographics of the optimized multilevel model of the priority influence of factors on the quality of software.*

**Keywords:** *software, software quality factors, scale of relative importance of objects, matrix of pairwise comparisons, main eigenvector of matrix, optimal variant of software quality model, optimization criteria.*

*Стаття надійшла до редакції 10.03.2023.*

*Received 10.03.2023.*