

УДК 004.72+004.032.6+378

## ОПТИМІЗАЦІЯ МАТЕМАТИЧНОЇ МОДЕЛІ ІЄРАРХІЇ ФАКТОРІВ ВПЛИВУ НА ДОСВІД КОРИСТУВАННЯ ІНТЕРФЕЙСАМИ ЗА АЛЬТЕРНАТИВНИХ МЕТОДІВ ВЗАЄМОДІЇ

Н. В. Сорока С. П. Васюта, О. Г. Хамула

*Українська академія друкарства,  
вул. Під Голоском 19, Львів, 79020, Україна*

*На основі проаналізованих критеріїв і проведених оцінок та аналізу факторів, які впливають на процес користування інтерфейсом девайсів на основі мобільних додатків, побудовано багаторівневу модель пріоритетного впливу факторів (їх залежностей) на досвід користування мобільними додатками. Використовуючи метод попарних порівнянь і шкалу відносної важливості Сааті, встановлено числовий ряд ваг факторів та здійснено оптимізацію цієї моделі.*

**Ключові слова:** *фактори впливу, користувацький інтерфейс, мобільні додатки, матриця попарних порівнянь, шкала Сааті, оптимізація, багаторівнева ієрархічна модель.*

**Постановка проблеми.** Інтерфейс мобільних пристроїв призначений розв'язувати задачі для конкретного користувача, а тому невід'ємною складовою його роботи має бути точне використання параметрів, отриманих від користувача, і надання йому результатів роботи системи. Якщо система працює коректно, але подає результати у спосіб, який є незручним для користувача, то роботу такої системи не можна вважати задовільною (у створенні інтерфейсів людському фактору приділяють головну увагу). Загальне побажання користувачів полягає в тому, щоб зі складними інформаційними системами можна було працювати успішно, оминаючи тривалий і дорогий етап навчання. Усе це зумовлює низку вимог та особливостей побудови користувацького інтерфейсу [1].

**Аналіз останніх досліджень та публікацій.** На початку 80-х років розробники програмного забезпечення у своїй роботі перенесли акцент використання своїх професійних навичок на користувача та старались залучати їх до розроблення. Проте в цьому випадку їм відводили пасивну роль. Сьогодні більшість розробників дотримуються методики із активним залученням користувачів до самої розробки програмних засобів, що сприяє підвищенню доступності інтерфейсу та й самого програмного засобу для мобільних пристроїв, а також є гарантією того, що одержаний мобільний додаток відповідатиме запитам та вимогам користувачів [2].

Проблеми, які виникають у проектуванні інтерфейсу користувача, є набагато складніші, ніж технічні проблеми. 80 % проблем пов'язані з людьми і лише 20 % мають технічний характер [3].

Як зазначалося раніше [4], дослідженням особливостей проектування мобільних додатків присвячені розробки багатьох науковців: Д. В. Лубко досліджує основні мови програмування, які використовують для побудови мобільних додатків, а також аналізує основні вимоги до побудови мобільних додатків [5]; М. М. Мотін наводить огляд і класифікацію засобів проектування мобільних додатків для систем мобільної освіти [6]; О. І. Грабар наводить результати дослідження методів створення програмного забезпечення для web-додатків мобільних телефонів та смартфонів на прикладі ОС Android і технології Ajax [7]; В. А. Вахріна аналізує особливості та принципи проектування користувацького інтерфейсу для мобільних телефонів із сенсорними дисплеями для осіб з обмеженими можливостями, зокрема з вадами зору, а також проектування та розробку мобільного додатка, що задовольняє ці принципи. Для цього були досліджені різні альтернативи доступних методик текстового введення на мобільних телефонах, а також запропоновано декілька тестових макетів майбутнього додатка [8].

Результати попередніх досліджень із побудови та оптимізації математичної моделі факторів впливу [9–12] уможливили проведення оцінки та оптимізації багаторівневої моделі критеріїв впливу на досвід користування інтерфейсами за альтернативних методів взаємодії з використанням методу попарних порівнянь і шкали відносної важливості Сааті. З попередніх досліджень оцінювання факторів впливу отримано такі критерії впливу: *h1* — інтуїтивність жестів керування (ІЖК); *h2* — безпомилковість введення (БВ); *h3* — повнота доступу (ПД); *h4* — персоналізація (П); *h5* — задачі (З); *h6* — фізичний (Ф).

**Мета статті** — розглянути модель ієрархії факторів впливу користування інтерфейсом на основі мобільних додатків із встановленням числових ваг отриманих факторів використовуючи попарні порівняння, а також виявити дію, яка переважає кожний із факторів, що дасть змогу дослідити наявність й узгодженість при попарних порівняннях ваг факторів та отримати числову оцінку взаємозв'язків між ними в отриманому вихідному графі.

**Виклад основного матеріалу дослідження.** Попередні дослідження побудови ієрархічної моделі залежності факторів досвіду користування інтерфейсами стали основою для оцінки та оптимізації отриманої багаторівневої моделі факторів із застосуванням методу аналізу ієрархій, матриці попарних порівнянь, вектора пріоритетів та шкали відносної важливості Сааті (табл. 1). Метод аналізу ієрархій використовує вагу ступеня впливу кожного фактора одного рівня на фактори верхнього рівня [13].

Таблиця 1

Шкала відносної важливості Сааті

Оцінка важливості	Фактори порівняння
1	2
1	Об'єкти рівноцінні
3	Один об'єкт дещо переважає інший
5	Один об'єкт переважає інший

Продовження табл. 1

1	2
7	Один об'єкт значно переважає інший
9	Один об'єкт абсолютно переважає інший
2,4,6,8	Компромісні проміжні значення

Застосуємо метод побудови шкали пріоритетів, отриманої за допомогою експертних рішень про вагу важливості між факторами. У методі аналізу ієрархії для розв'язання таких задач використовують метод попарних порівнянь. Отже, для обчислення числової ваги факторів побудовано матрицю попарних порівнянь  $B=(b_{ij})$  (табл. 2), яка дає змогу виконати попарне порівняння елементів на певному рівні ієрархічної структури з погляду їх важливості щодо фактора, який є на вищому рівні ієрархії, використовуючи шкалу відносної важливості об'єктів за Сааті [13, 15].

На основі ієрархічної моделі встановлено числовий ряд ваг факторів:

З ( $h_5$ ) — 50; ПД ( $h_3$ ) — 40; ІЖК ( $h_1$ ) — 30; П ( $h_4$ ) — 20; Ф ( $h_6$ ) — 10; БВ ( $h_2$ ) — 10, які визначають вихідні оцінки рівнів  $V_{\text{вих}}$  (30; 10; 40; 20; 50; 10).

Таблиця 2

### Матриця попарних порівнянь

	1	2	3	4	5	6	
1	<b>ІЖК</b>	1	3	1/2	2	1/4	3
2	<b>БВ</b>	1/3	1	1/4	1/2	1/5	2
3	<b>ПД</b>	2	4	1	3	1/2	4
4	<b>П</b>	1/2	2	1/3	1	1/4	2
5	<b>З</b>	4	5	2	4	1	5
6	<b>Ф</b>	1/3	1/2	1/4	1/2	1/5	1

Аналіз результатів експертних рішень, які відображає матриця попарних порівнянь, приводить до обчислення вектора пріоритетів порівняльних факторів. Завдання полягає в обчисленні головного власного вектора, який після нормалізації стає вектором пріоритетів.

Тому компоненти головного власного вектора обчислено як середнє геометричне значення в рядку матриці:

$$V = (1,114; 0,505; 1,906; 0,741; 3,046; 0,401).$$

Компоненту вектора пріоритетів обчислюємо так [14, 15]:

$$V_n = V_i / \sum_{i=1}^n V_i, \quad (1)$$

$$V_n = (0,147; 0,065; 0,246; 0,095; 0,393; 0,051).$$

Для кращого візуального зображення компоненти вектора помножимо на коефіцієнт  $k = 1000$ .

Отже, отримаємо вектор:

$$V_n \cdot k = (147; 65; 246; 95; 393; 51).$$

Узгодженість вагових значень факторів обчислюємо множенням вектора пріоритетів ( $V_n$ ) на матрицю попарних порівнянь:

$$V_{n1} = (0,911; 0,406; 1,493; 0,584; 2,444; 0,321).$$

Значення  $\lambda_{\max}$  для оцінки узгодженості експертних суджень обчислюємо як середнє арифметичне компонент вектора [13]:

$$V_{n2} = (6,17; 6,224; 6,069; 6,098; 6,215; 6,212).$$

Приблизне значення  $\lambda_{\max}$  для оцінки узгодженості експертних суджень обчислюємо так:

$$\lambda_{\max} = \sum_{j=1}^n B_j V_j, \quad (2)$$

де  $B_j = \sum_{i=1}^n b_{ij}$ .

Отже, отримаємо таке значення:  $\lambda_{\max} = 6,2$ . Із теорії матриць відомо, що узгодженість обернено симетричної матриці еквівалентна її максимальному значенню  $\lambda_{\max}$  і кількості порівняльних факторів  $n$  ( $\lambda_{\max} = n$ ). Тому індекс узгодженості визначаємо як міру узгодженості:

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

Звідси випливає, що  $IU = 0,04$ . Значення індексу узгодженості порівнюють із табличним для 6 об'єктів (табл. 3) [13, 14].

Таблиця 3

## Значення індексу узгодженості

Кількість об'єктів	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
Еталонне значення індексу	0,58	0,90	1,12	1,24	1,32	1,41	1,45	1,49	1,51	1,54	1,56	1,57	1,59

Отримуємо нерівність  $0,04 < 0,1 < 1,24$ . Згідно з теорією, якщо величина індексу узгодженості менша за 0,1, тоді можемо вважати відповідною узгодженість експертних суджень.

Рівень збіжності можна простежити на діаграмі (рис. 1).

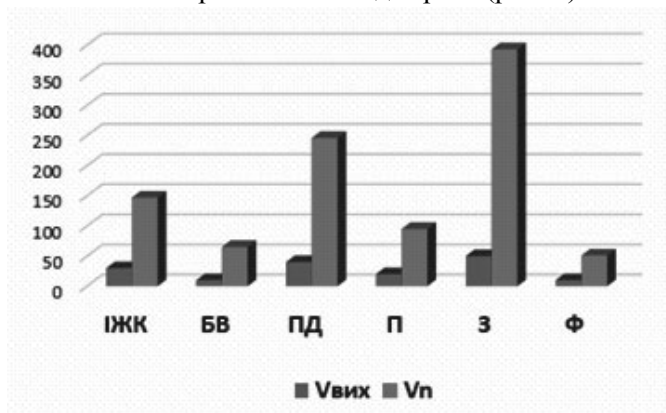


Рис. 1. Порівняльна діаграма вагових значень компонент вихідного ( $V_{вих}$ ) та нормалізованого ( $V_n$ ) векторів

Компоненти нормалізованого вектора є оптимізованими величинами, які використано для побудови оптимізованої моделі, зображеної на рис. 2.

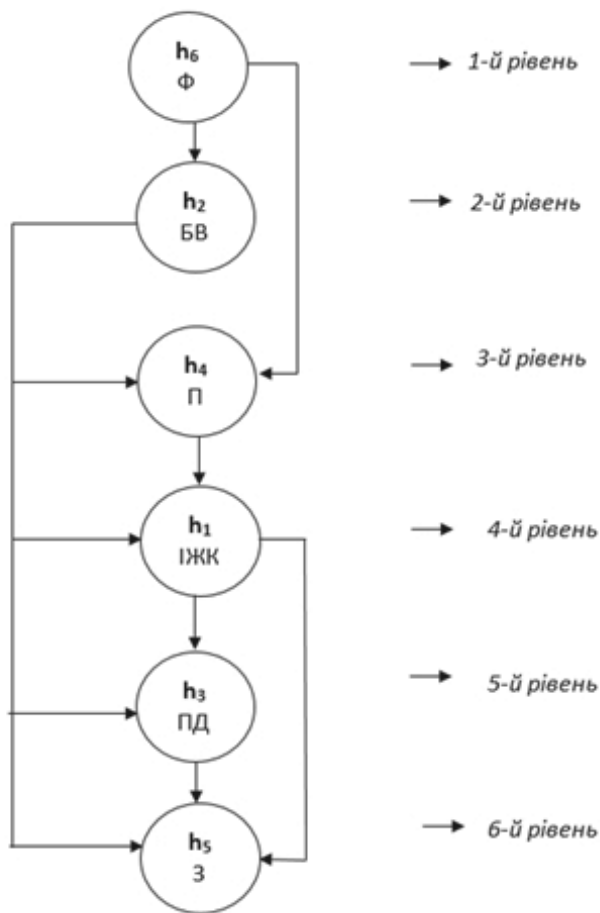


Рис. 2. Оптимізована модель залежності факторів досвіду користування інтерфейсами

**Висновки.** Отримана в результаті досліджень оптимізована модель ієрархії факторів впливу (їхньої залежності) на досвід користування мобільними додатками засвідчує, що при розробці інтерфейсів мобільних додатків треба звертати увагу на їхню функціональність та відповідність поставленим перед ними завданням. З нашого дослідження також випливає, що фактори користувачів мобільних додатків меншою мірою впливають на ефективність функціонування останніх.

Завдяки цій моделі багатфакторної оцінки можна врахувати особливості факторів впливу, що виникають під час експлуатації, а також оптимізувати їх та надати необхідні рекомендації на початкових стадіях проектування мобільних додатків.

Як показують результати досліджень, суть хорошої розробки інтерфейсу користувача полягає в поданні вичерпної інформації, щоб користувачі могли

оцінити весь потенціал системи. На сьогодні це є більшим мистецтвом, ніж наука. З набуттям досвіду та завдяки отриманим результатам дослідження розробники інтерфейсів мобільних додатків тепер приділятимуть більше уваги потребам користувачів, задовольняючи їхні запити.

### СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Інтерфейс користувач — система [Електронний ресурс]. — Режим доступу : [http://studopedia.su/5\\_36735\\_Interfeys-koristuvach--sistema.html](http://studopedia.su/5_36735_Interfeys-koristuvach--sistema.html).
2. Поморова О. В. Проектування інтерфейсів користувача : навч. посіб. / О. В. Поморова, Т. О. Говорущенко. — Хмельницький : ХНУ, 2011. — 206 с.
3. Торрес Р. Дж. Практическое руководство по проектированию и разработке пользовательского интерфейса / Р. Дж. Торрес: пер. с англ. — М. : Издательский дом «Вильямс», 2002. — 400 с.
4. Хамула О. Г. Формування інноваційного UX концепту мобільного додатку для Android OS / О. Г. Хамула, Н. В. Сорока / Збірник наукових праць «Технологія і техніка друкарства» [Національного технічного університету України «Київський політехнічний інститут»]. — 2015. — Вип. 4 (50). — С. 47–53.
5. Лубко Д. В. Методологія проектування та інструментарій для створення мобільних додатків / Д. В. Лубко // Вісник НТУ «ХПІ». Серія: Нові рішення в сучасних технологіях. — 2013. — № 56 (1029). — С. 117–122.
6. Мотін М. М. Огляд та класифікація засобів проектування мобільних додатків для систем мобільної освіти / М. М. Мотін // Східноєвропейський журнал передових технологій. — 2010. — № 2 (48). — С. 43–46.
7. Вахріна В. А. Проектування та розробка мобільного додатку ANDROBRILLE для людей з вадами зору / В. А. Вахріна // Молодий вчений. — 2014. — № 6 (09). — С. 20–24.
8. Грабар О. І. Особливості створення програмного забезпечення для web-додатків для мобільних телефонів в Україні / О. І. Грабар // Вісник ЖДТУ. — 2013. — № 1 (64). — С. 31–36.
9. Хамула О. Г. Оптимізація математичної моделі ієрархії критеріїв якості сприйняття інформації в електронних виданнях дітьми з вадами зору / О. Г. Хамула, С. П. Васюта, М. Р. Яців // Збірник наукових праць «Технологія і техніка друкарства» [Національного технічного університету України «Київський політехнічний інститут»]. — 2014. — Вип. 4 (46). — С. 14–20.
10. Хамула О. Г. Оптимізація багаторівневої моделі факторів впливу на проектування композиційного оформлення електронного видання для дітей з вадами зору / О. Г. Хамула, С. П. Васюта, М. Р. Яців // Моделювання та інформаційні технології. Збірник наукових праць Інституту проблем моделювання в енергетиці ім. Г. Є. Пухова. — 2014. — Вип. 73. — С. 204–209.
11. Хамула О. Г. Оптимізація математичної моделі ієрархії критеріїв якості мультимедійних видань з відео контентом / О. Г. Хамула, С. П. Васюта, А. М. Терновий // Наукові записки [Української академії друкарства]. — 2016. — № 1 (52). — С. 87–93.
12. Хамула О. Г. Особливості процесу оптимізації математичної моделі ієрархії критеріїв впливу в мультимедійних виданнях з відео інформацією / О. Г. Хамула, А. М. Терновий

- вий / Збірник центру наукових публікацій «Велес» за матеріалами II міжнародної науково-практичної конференції: «Весняні наукові читання», 2 частина, 28 квітня 2016, м. Київ: збірник статей (рівень стандарту, академічний рівень). — К. : Центр наукових публікацій, 2016. — С. 86–92.
13. Саати Т. Принятие решений. Метод анализа иерархий / Т. Саати ; пер. с англ. Р. Г. Вачнадзе. — М. : «Радио и связь», 1993. — 278 с.
14. Сорока К. О. Основи теорії систем і системного аналізу [Текст] / К. О. Сорока // Навч. посібник, 2-ге вид., перероб. і виправ. — Харків, 2005. — 286 с.
15. Лямець В. И. Системный анализ. Вступительный курс / В. И. Лямець, А. Д. Тевяшев. — 2-е изд., перераб. та доп. — Х. : ХНУРЕ, 2004. — 448 с.

### OPTIMIZATION OF A MATHEMATICAL MODEL OF INFLUENCE FACTORS HIERARCHY ON INTERFACE USER EXPERIENCE FOR ALTERNATIVE METHODS OF INTERACTION

N. V. Soroka, S. P. Vasyuta, O. H. Khamula

*Ukrainian Academy of Printing,  
19, Pid Holoskom St., Lviv, 79020, Ukraine*

*Based on the analyzed criteria and conducted assessments and analysis of the factors influencing the process of the device interface use based on mobile applications, we have designed a multi-level model of priority influence of factors (their dependencies) on the experience of mobile applications use. Using the methods of pairwise comparisons and Saaty scale of relative importance, we have established a numerical range of factors values and we have made the optimization of the model.*

**Keywords:** *influence factors, user interface, mobile applications, matrix of pairwise comparisons, Saaty scale, optimization, multi-level hierarchical model.*

*Стаття надійшла до редакції 27.01.2016.*