

УДК 004.72+004.032.6+378

© О. Г. Хамула, к.т.н., доцент, С. П. Васюта, к.т.н., асистент,  
М. Р. Яців, аспірант, УАД, Львів, Україна

**ОПТИМІЗАЦІЯ МАТЕМАТИЧНОЇ МОДЕЛІ ІЄРАРХІЇ  
КРИТЕРІЇВ ЯКОСТІ СПРИЙНЯТТЯ ІНФОРМАЦІЇ  
В ЕЛЕКТРОННИХ ВИДАННЯХ ДІТЬМИ З ВАДАМИ ЗОРУ**

У статті розглянуто проблеми інклюзивної освіти в Україні та шляхи її вирішення, запропоновано використовувати електронні мультимедійні видання. На підставі проведених попередньо досліджень та використання матриці попарних порівнянь, впливу зовнішніх критеріїв на якість проектування електронних видання розроблена оптимізована модель сприйняття інформації з екранів моніторів дітьми з вадами зору. На базі даної моделі можна з легкістю визначити пріоритети одних параметрів відносно інших. Отримані результати оптимізації буде використано для подальших досліджень критеріїв, які впливають на дизайн та сприйняття інформації з електронного видання.

**Ключові слова:** інформація, діти з вадами зору, інклюзивна освіта, матриця попарних порівнянь, вектор, електронне видання.

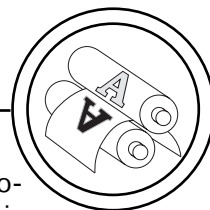
**Постановка проблеми**

На сьогодні число дітей, які потребують корекції фізичного та (або) розумового розвитку, в Україні понад 1 млн., що становить 12 % від загальної кількості дітей у країні [1]. Діти з особливими потребами вимагають рівних можливостей і адекватної цьому соціалізації, що надає їм інклюзивна освіта. А здорові діти при звичаються сприймати фізичні вади цілком нормально, відчувати іншого як рівного, допомагати, ставати чуйними та людянішими. Це і є природне, реальне виховання моральності, без патетики та декларацій. Для дітей з особливими потребами розробляють нові сучасні комп'ютерні технології, облаштовують сучасні комп'ютеризовані

робочі місця, розробляють нове програмне забезпечення. Проте існує досить мало методик, які б аналізували способи розробки комп'ютерних проектів для дітей з вадами зору, оскільки дослідження цієї галузі має двобічний характер, адже важливу роль тут відіграють медичний і гуманітарний аспекти.

На сьогодні інформаційні технології активно розвиваються і трансформуються. Використання сучасних комп'ютерно-інформаційних технологій для забезпечення сприйняття дітьми з вадами зору навколишнього світу, його інформаційної насиченості, здобуття ними знань і вмій сприяють переосмисленню фундаментальних засад чинної системи освіти та її адаптації

© 2014 р.



до потреб дітей з обмеженими можливостями [2]. Тому, основними задачами були: систематизація критеріїв зручності сприйняття електронних видань дітьми з вадами зору; оптимізація моделі пріоритетності дії критеріїв, що дасть можливість на початковому етапі проектування інформаційної технології виділити головні критерії за ступенем впливу на процес.

### **Аналіз попередніх досліджень**

В попередніх дослідженнях [3] виокремлено множину критеріїв, які забезпечують зручне сприйняття інформації з моніторів комп'ютера або іншого мобільного пристрою та побудовано ієрархічну модель критеріїв зручності сприйняття електронного видання користувачами з обмеженими зоровими можливостями з використання теорії графів. Такий метод представлення ієрархії критеріїв (зовнішніх факторів) зручності сприйняття інформації з

моніторів відображає, як пріоритетність критеріїв на нижніх рівнях ієрархії впливає на пріоритетність критеріїв на верхніх рівнях.

### **Мета роботи**

Оцінити та оптимізувати модель критеріїв зручності сприйняття електронного видання користувачами з обмеженими зоровими можливостями з використанням методу попарних порівнянь і шкали відносної важливості.

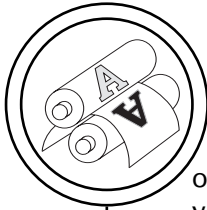
### **Результати проведених досліджень**

Продовженням дослідження моделі ієрархії критеріїв зручності сприйняття електронного видання користувачами з обмеженими можливостями є встановлення числової ваги критеріїв. Для розв'язання даної задачі використано метод попарних порівнянь. Таким методом, можна дослідити наявність, і узгодженість при попарних порівняннях ваг критеріїв, але й одержати числову

Таблиця 1

Шкала Сааті

Оцінка важливості	Фактори порівняння
1	Об'єкти рівноцінні
3	Один об'єкт дещо переважає інший
5	Один об'єкт переважає інший
7	Один об'єкт значно переважає інший
9	Один об'єкт абсолютно переважає інший
2, 4, 6, 8	Компромисні проміжні значення



оцінку взаємозв'язків між ними у вихідному графі.

З урахуванням моделі ієрархії критеріїв встановлено числовий ряд ваг критеріїв: ОП — 10; ОПЛ — 20; КК — 30; І — 50; РП — 30; РЕ — 30; ВЕ — 40; КЕ — 30, які визначають вихідні оцінки рівнів  $V_{вих}$ .

Для встановлення числової ваги критеріїв побудовано матрицю попарних порівнянь  $A = (a_{ij})$ . Матриця — обернено-симетрична, відповідає відношенню  $a_{ij} = 1/a_{ji}$ . При порівнянні експерт встановлює, наскільки один критерій переважає інший. Для полегшення роботи експерта використовується шкала відносної важливості об'єктів за Саати (табл. 1) [4].

Правомірність використання цієї шкали нарівні з іншими доведено теоретично [5]. У тих випадках, коли важко вирізнити стільки проміжних градацій від абсолютного до слабкого пріоритету або в цьому немає потреби у конкретній задачі, можуть використовуватися шкали з меншою кількістю градацій. Мінімальна шкала може мати дві

оцінки: 1 — елементи рівнозначні; 2 — пріоритет одного елемента щодо іншого.

Під час проведення попарних порівнянь необхідно відповідати на такі питання: 1) який з двох порівнюваних елементів є важливішим і чи має він більший вплив? 2) реалізація якого з двох порівнюваних елементів є більш імовірною та якому з них віддається перевага?

Матриці попарних порівнянь дають можливість здійснити попарне порівняння елементів на певному рівні ієрархічної структури з погляду їх важливості щодо критерію, який знаходиться на вищому рівні ієрархії. При аналізі числових критеріїв можна обчислити окремі вагові коефіцієнти та їх взаємне попарне відношення у вигляді числових величин.

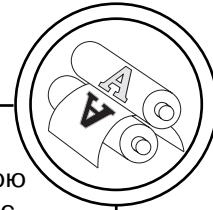
Отже, матриця попарних порівнянь отримала такий вигляд (табл. 2).

Спочатку розрахуємо компоненти головного власного вектора [4], які обчислюються, як середнє геометричне значення в рядку матриці:

Таблиця 2

Матриця попарних порівнянь

		1	2	3	4	5	6	7	8
		ОП	ОПЛ	КК	І	РП	РЕ	ВЕ	КЕ
1	ОП	1	1/2	1/3	1/5	1/3	1/3	1/4	1/3
2	ОПЛ	2	1	1/3	1/5	1/3	1/3	1/4	1/3
3	КК	3	3	1	1/4	1/2	1/2	1/3	1/2
4	І	5	5	4	1	4	4	3	4
5	РП	3	3	2	1/4	1	1/2	1/3	1/2
6	РЕ	3	3	2	1/4	2	1	1/3	1/4
7	ВЕ	4	4	3	1/3	3	3	1	3
8	КЕ	3	3	2	1/4	2	4	1/3	1



$$V_i = \sqrt[n]{\prod_{j=1}^n a_{ij}} \quad (1)$$

Головний власний вектор  $V$  має такий результат:

$V = (0,364; 0,432; 0,743; 3,430; 0,884; 0,964; 2,135; 1,364)$  та після нормалізації знайдемо вектор:  $V_n = (0,035; 0,041; 0,072; 0,332; 0,085; 0,093; 0,206; 0,132)$ , який визначає пріоритети критеріїв зручності сприйняття електронного видання користувачами з обмеженими можливостями. Для кращого візуального сприйняття кожен компоненту вектора помножимо на коефіцієнт  $k = 1000$ .

Отримано вектор:  $V_n \times k = (35; 41; 72; 332; 85; 93; 206; 132)$ .

Узгодженість вагових значень критеріїв обчислюємо множенням вектора  $V_n$  на матрицю попарних порівнянь. Отримано вектор  $V_{n1}$ , який має вигляд:

$V_{n1} = (0,302; 0,358; 0,611; 2,873; 0,726; 0,825; 1,776; 1,205)$ .

Наближене значення  $\lambda_{max}$  для оцінки узгодженості експертних суджень обчислюється як середнє арифметичне компонент вектора  $V_{n2} = (8,568; 8,546; 8,484; 8,642; 8,475; 8,835; 8,589; 9,118)$ .

Власне значення  $\lambda_{max} = 8,65$ .

Ця величина стає основною характеристикою, яка використовується для встановлення міри узгодженості експертних суджень стосовно попарних порівнянь критеріїв у задачах з лінгвістично невизначеними факторами, для розв'язання яких використовують теорію нечітких множин. Оцінка одержаного рішення визначається індексом узгодженості:

$$IU = \frac{\lambda_{max} - n}{n - 1} \quad (2)$$

Отриманий результат  $IU = 0,09$ . Порівнюючи значення індексу узгодженості та табличне для 8 об'єктів (табл. 3), отримуємо нерівність  $IU < 0,1 \times WI$  [5].

Отримано рівність  $0,09 < 0,1 \times 1,41$ , що свідчить про належну узгодженість експертних суджень.

Рівень збіжності підтверджує гістограма (рис. 1).

Результати оптимізації моделі ієрархії критеріїв зручності сприйняття електронного видання користувачами з обмеженими можливостями наведено на рисунку 2.

### Висновки

З використанням матриці попарних порівнянь розроблена оптимізована модель, яка відоб-

Таблиця 3

Кількість об'єктів

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

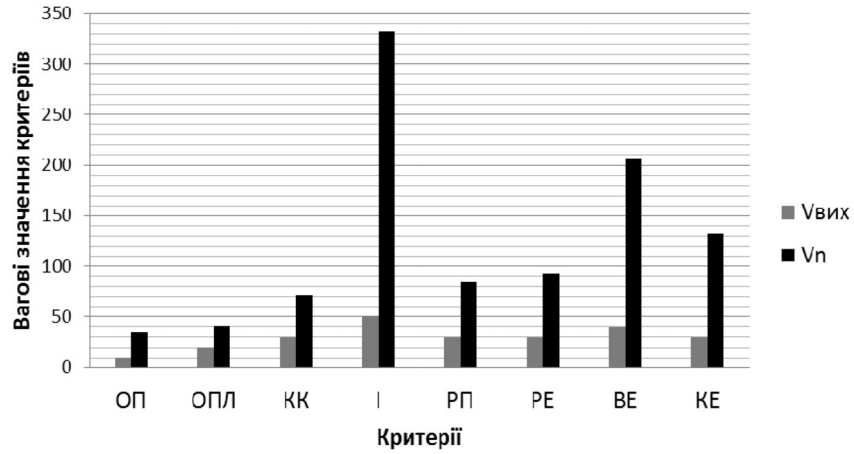
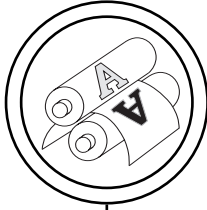


Рис. 1. Порівняльна гістограма вагових значень компонент вихідного ( $V_{вих}$ ) та нормалізованого ( $V_n$ ) векторів

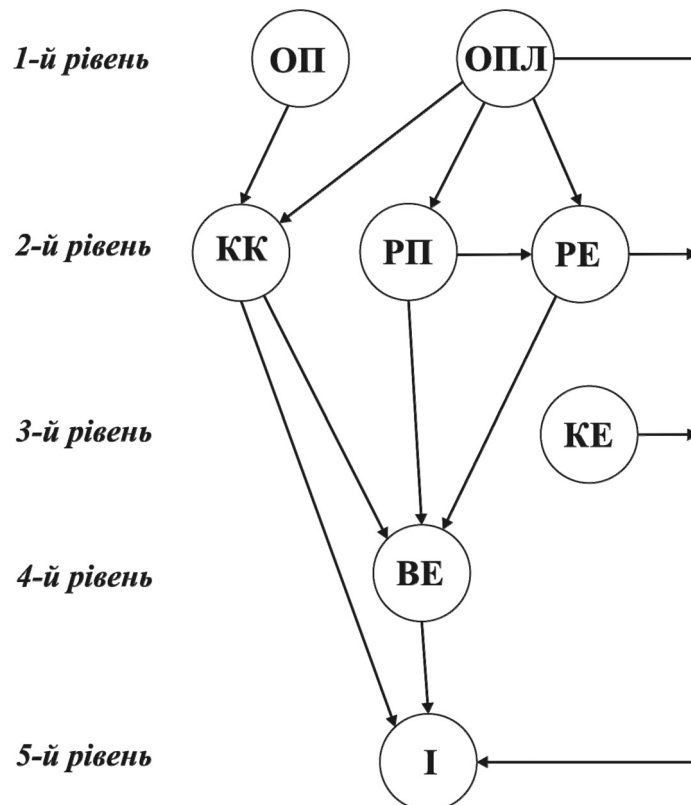
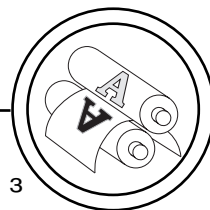


Рис. 2. Оптимізована модель ієрархії критеріїв зручності сприйняття електронного видання користувачами з обмеженими можливостями



ражає вплив зовнішніх критеріїв на якість проектування електронних видання. Дана модель дозволяє легко визначити пріоритети одних параметрів відносно інших. Дослідження є новим і дуже актуальним напрямком сьогодні. За допомогою такого способу моделювання розробнику буде легше визначити важливість найбільш домінуючого критерію, зокрема, з отриманих результатів — інтерфейсу майбутнього елект-

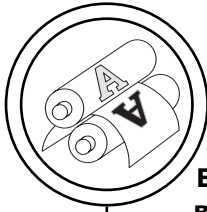
ронного видання для дітей з обмеженими зоровими можливостями. На основі таких моделей можна створювати відповідні програми, за допомогою яких автоматично здійснювати проектування та оформлення електронного видання. Отримані результати оптимізації буде використано для подальших досліджень критеріїв, які впливають на дизайн електронного видання.

### Список використаної літератури

1. Семак С. М. Інклюзивна освіта : сутність, поняття, термінологія / С. М. Семак / [Електронний ресурс] : [сайт] : — Режим доступу : <http://doshkilla.blogspot.com/2012/03/blog-post.html>.
2. Красюкова-Еннс Ольга. Що таке інклюзивне навчання? / Під ред. Ольга Красюкова-Еннс / [Електронний ресурс] : [сайт] : Режим доступу : <http://www.education-inclusive.com/shho-take-inklyuziya/>.
3. Яцив М. Р. Построение математической модели иерархии критериев влияния на качество восприятия информации в электронных изданиях для детей с нарушениями зрения. — [Електронний ресурс] / М. Р. Яцив, С. П. Васюта, О. Г. Хамула // Интернет-журнал : Науковедение. (ИГУПИТ). — 2014. — № 6(25).
4. Лямец В. І. Системний аналіз. Вступний курс / В. І. Лямец, А. Д. Тевяшев. — 2-е вид., переробл та допов. — Харків : ХНУРЕ, 2004. — 448 с. рос. мовою.
5. Саати Т. Принятие решений. Метод анализа иерархий / Т. Саати. — Перевод с английского Р. Г. Вачнадзе. — М. : Радио и связь, 1993. — 278 с.

### References

1. Semak S. M. Inklusivna osvita : sutnist, poniattia, terminolohiia / S. M. Semak / [Elektronnyi resurs] : [sait] : — Rezhym dostupu : <http://doshkilla.blogspot.com/2012/03/blog-post.html>.
2. Krasjukova-Enns Olha. Shcho take inkluzivne navchannia? / Pid red. Olha Krasjukova-Enns / [Elektronnyi resurs] : [sait] : Rezhym dostupu : <http://www.education-inclusive.com/shho-take-inklyuziya/>.
3. Jaciv M. R. Postroenie matematicheskoy modeli ierarhii kriteriev vlijaniya na kachestvo vosprijatija informacii v jelektronnyh izdaniyah dlja detej s narushenijami zrenija. — [Elektronnij resurs] / M. R. Jaciv, S. P. Vasjuta, O. G. Hamula // Internet-zhurnal : Naukovedenie. (IGUPIT). — 2014. — № 6(25).
4. Liamets V. I. Systemnyi analiz. Vstupnyi kurs / V. I. Liamets, A. D. Teviashev. — 2-e vyd., pererobl ta dopov. — Kharkiv : KhNURE, 2004. — 448 s. ros. movoiu.
5. Saati T. Prinjatje reshenij. Metod analiza ierarhij / T. Saati. — Perevod s anglijskogo R. G. Vachnadze. — M. : Radio i svjaz', 1993. — 278 s.



**В статье рассмотрены проблемы инклюзивного образования в Украине и как пути ее решения, предлагается использовать электронные мультимедийные издания. На основании проведенных предварительно исследований и использования матрицы попарных сравнений, воздействия внешних критериев на качество проектирования электронных изданий разработана оптимизированная модель восприятия информации с экранов мониторов детьми с нарушениями зрения. На базе данной модели можно с легкостью определить приоритеты одних параметров относительно других. Полученные результаты оптимизации будут использованы для дальнейших исследований критериев, которые влияют на дизайн и восприятие информации с электронного издания.**

**Ключевые слова:** информация, дети с недостатками зрения, инклюзивное образование, матрица попарных сравнений, вектор, электронное издание.

**The article considers the problem of inclusive education in Ukraine and its solving, it is proposed to use the electronic media publishing. Based on preliminary researches and the use of a matrix of pairwise comparisons, the influence of external criteria on quality for designing electronic edition model was developed optimized perception of information from the monitor screen of children with visual impairments. Based on this model it can be easily identified to prioritize one options over other. The obtained results of optimization will be used for further researches of criteria that affect the design and perception of information from the electronic edition.**

**Keywords:** information, children with visual disabilities, inclusive education, the matrix of pairwise comparisons, vector, electronic edition.

Рецензент — В. М. Сеньківський, д.т.н.,  
професор, УАД

Надійшла до редакції 09.12.14