

УДК 004.9

МОДЕЛЬ ФАКТОРІВ ВПЛИВУ НА ПРОЦЕС ПРОЕКТУВАННЯ ТАКТИЛЬНОЇ ПРОДУКЦІЇ

І. В. Гілета, М. М. Гавенко, В. М. Сеньківський

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

Здійснено класифікацію факторів, що впливають на процес проектування тактильної продукції. Методом аналізу ієрархій побудовано багаторівневу модель факторів, які розподілені за рівнями з більшим і меншим домінуванням та визначеним набором відношень між ними. Здійснено пріоритетність та встановлено достовірність міри впливу факторів проектування тактильної продукції. Визначено числові значення ваг факторів впливу процесу розроблення тактильного продукту для незрячих, що уможливує прийняття обґрунтованих рішень стосовно параметрів розроблення продукції на основі шрифтів Брайля.

Ключові слова: тактильна продукція, класифікація факторів впливу, багаторівнева модель впливу, вага фактора впливу.

Постановка проблеми. Проектування і виготовлення тактильного продукції для незрячих є складним виробничим процесом з певною послідовністю етапів, що характеризуються дотриманням вимог відповідності стандартам тактильного зображення, довговічності продукту, ефективності використання, вартості створення. Набування потрібних значень параметрами продукції вимагає врахування ряду факторів, які формують якість у ході створення і використання брайлівських книг. З огляду на це виокремлення факторів впливу та наступне визначення їх ваги у процесі розроблення тактильного продукту для незрячих є актуальним завданням.

Аналіз останніх досліджень та публікацій. Аналіз літературних публікацій [1, 2, 3] та оцінок експертів уможливив виділення певної сукупності факторів якості продукції для незрячих. Усі вони мають певну ступінь впливу на формування необхідних параметрів продукції з шрифтом Брайля. У той же час дослідження їх у взаємозв'язку, встановлення показників інтегральної дії факторів, їх застосування вивчені недостатньо.

Мета статті. Для систематизації процесу забезпечення якості доцільно провести класифікацію факторів впливу. Критерієм класифікації приймемо приналежність фактору до певного контексту створення тактильної продукції. Процес проектування тактильного продукту розглянемо стосовно такого контексту: геометричні розміри, користувачькі чинники, технологічні чинники.

Відносно геометричних розмірів аналіз літературних джерел [2], власний досвід дозволив виділити такі фактори: висота крапки, діаметр крапки, щільність знаків (узагальнений показник, що включає відстань між знаками, відстань між

словами відстань між рядками). На основі планування використання тактильної продукції, визначеної мети, а саме, того яка має бути технологія виготовлення, довговічність споживання.

Узагальнені користувачькі чинники включають вік читача, різновид продукції, досвід читання. Вони складають фактори, які безпосередньо характеризують читача тактильного продукту та його пріоритети (різновид видання шрифтом Брайля).

Технологічні чинники визначають технологію виготовлення (спосіб друку), матеріал для друку та захисне покриття. Стосовно тактильного продукту — це засіб досягнення характеристик певних продукту. Зокрема, щільності елементів, еластичності матеріалів, пружності рельєфної структури, пластичності рельєфної поверхні.

Множину визначальних факторів, що впливають на процес проектування тактильної продукції було виокремлено у результаті аналізу літературних джерел [1, 2, 3] та експертного опитування.

Кожен із контекстуальних чинників передбачає наявність відповідної бази знань та множини факторів впливу на процес проектування тактильної продукції. Виокремлені фактори впливу є різними за змістом. Серед них є числові величини, значення яких визначається на дискретній чи неперервній множині, проте є й такі, що мають лінгвістичну суть і описуються природною мовою людини. Вплив окремого фактору має вагу, яку надалі необхідно враховувати для оцінювання процесу проектування і створення тактильної продукції.

Для аналізу рівня впливу виокремлених факторів позначених підмножиною X та можливі взаємозв'язки між ними подамо у вигляді орієнтованого графа (рис. 2). У вершинах графа розмістимо елементи підмножини X , а дуги будуть з'єднувати суміжні вершини (x_i, x_j) для яких визначено зв'язок, що вказує на вплив фактору x_i на фактор x_j . Так, наприклад, спосіб друку впливає на діаметр крапки, а, від захисного покриття залежить досвід читання і різновид тактильної продукції

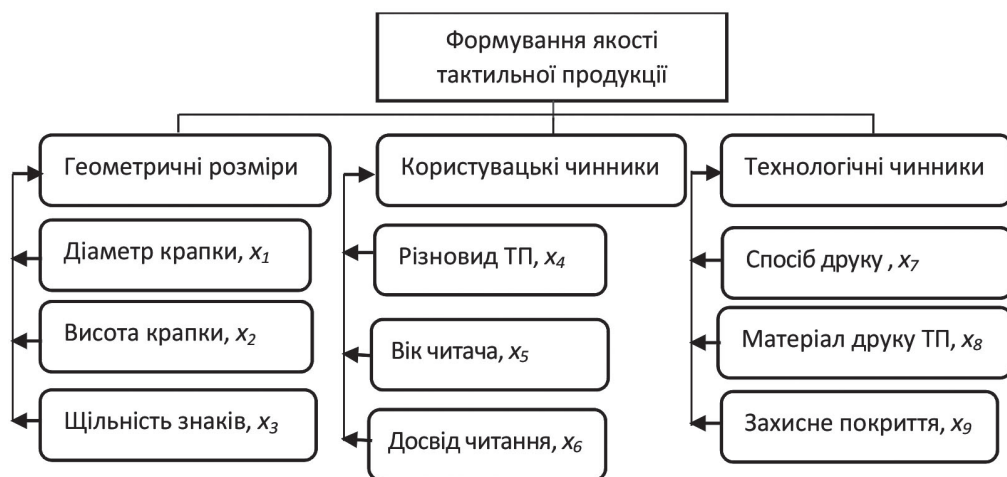


Рис. 1. Класифікація факторів впливу на проектування тактильного продукту

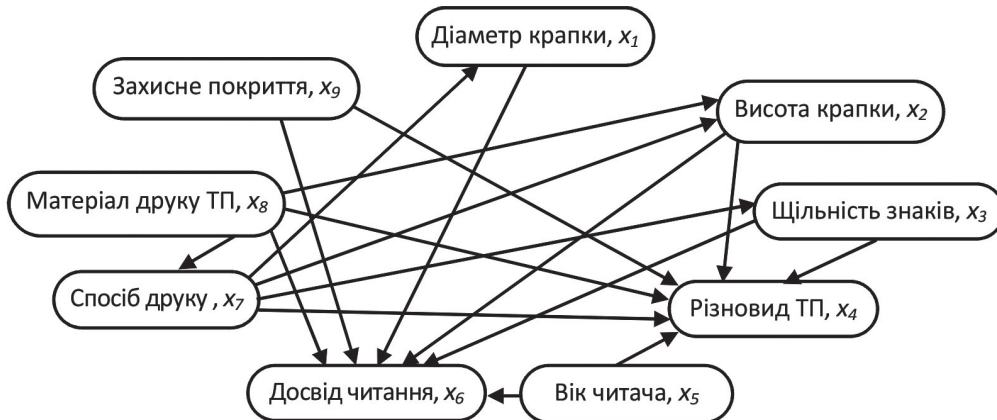


Рис. 2. Граф зв'язків між факторами, що впливають на проектування ТП

Далі в роботі встановимо рівні пріоритету впливу факторів на процес. Для цього скористаємось відомими інструментом системного аналізу методом ієрархій [5]. На основі поданого графу зв'язків між факторами побудуємо бінарну матрицю залежності A для множини факторів X , використовуючи таке правило:

$$a_{ij} = \begin{cases} 0, & \text{якщо фактор } i \text{ не залежить від фактора } j; \\ 1, & \text{якщо фактор } i \text{ залежить від фактора } j. \end{cases} \quad (1)$$

	x_1	x_2	x_3	x_4	x_5	x_6	x_7	x_8	x_9
x_1	0	0	0	0	0	1	0	0	0
x_2	0	0	0	1	0	1	0	0	0
x_3	0	0	0	1	0	1	0	0	0
x_4	0	0	0	0	0	0	0	0	0
x_5	0	0	0	1	0	1	0	0	0
x_6	0	0	0	0	0	0	0	0	0
x_7	1	1	1	1	0	0	0	0	0
x_8	0	1	0	1	0	1	1	0	0
x_9	0	0	0	1	0	1	0	0	0

З використанням матриці A будуємо матрицю досяжності [7] наступним способом. Формується бінарна матриця

$$(I + A)^{k-1} \leq (I + A)^k = (I + A)^{k+1}. \quad (2)$$

Її побудова зводиться до заповнення таблиці, подібної до наведеної вище, бінарні елементи якої визначаються за таким правилом:

$$b_{ij} = \begin{cases} 1, & \text{якщо з вершини } i \text{ можна потрапити у вершину } j; \\ 0, & \text{в іншому випадку.} \end{cases} \quad (3)$$

Вершина x_j досягається з вершини x_i , якщо в графі (рис. 2) існує шлях, який приводить з вершини x_i до вершини x_j . Така вершина називається досягнутою. Позначимо підмножину подібних вершин $R(x_i)$.

	x_1	x_2	x_3	x_4	x_5	x_6	x_7	x_8	x_9
x_1	1	0	0	0	0	1	0	0	0
x_2	0	1	0	1	0	1	0	0	0
x_3	0	0	1	1	0	1	0	0	0
x_4	0	0	0	1	0	0	0	0	0
x_5	0	0	0	1	1	1	0	0	0
x_6	0	0	0	0	0	1	0	0	0
x_7	1	1	1	1	0	1	1	0	0
x_8	1	1	1	1	0	1	1	1	0
x_9	0	0	0	1	0	1	0	0	1

Аналогічно вершина x_i є попередницею вершини x_j , якщо вона досягається з цієї вершини. Сукупність вершин попередниць утворює підмножину $P(x_j)$. Перетин підмножин вершин досягнутих та вершин попередниць буде підмножина

$$K(x_i) = R(x_i) \cap P(x_i). \quad (4)$$

Вершини якої не досягаються із будь-якої з вершин множини X , що залишилися, визначає певний рівень ієрархії пріоритетності дії факторів, що відповідають цим вершинам. Додатковою умовою при цьому є забезпечення рівності

$$P(x_i) = K(x_i). \quad (5)$$

Виконання сукупності наведених вище дій дає перший рівень ієрархії факторів. Для його вивчення на основі попередньої матриці будемо таблицю.

x_i	$R(x_i)$	$P(x_i)$	$R(x_i) \cap P(x_i)$
1	1, 6	1, 2, 3, 5, 6, 7, 8, 9	1, 6
2	2, 4, 6	2, 7, 8	2
3	3, 4, 6	3, 7, 8	3
4	4	2, 3, 4, 5, 7, 8, 9	4
5	4, 5, 6	5	5
6	6	1, 2, 3, 5, 6, 7, 8, 9	6
7	1, 2, 3, 4, 6, 7	7, 8	7
8	1, 2, 3, 4, 6, 7, 8	8	8
9	4, 6, 9	9	9

Як видно з таблиці другий її стовпець — це номери одиничних елементів відповідних рядків матриці досяжності, третій — номери одиничних елементів стовбців цієї матриці.

Рівність (2) тобто співпадання переліку номерів критеріїв у третьому та четвертому стовбцях таблиці виконується для факторних елементів з номерами 8 та 9, які позначають фактор матеріал друку тактильної продукції та фактор захисне

покриття тактильного продукту. Вони і будуть факторами першого рівня ієрархії, який вважатимемо факторами найвищого рівня пріоритетності процесу створення тактильної продукції.

Відповідно до відомого методу [6, 8], викидаємо з таблиці рядки з номерами 8 та 9, а в другому та в третьому стовбцях викреслюємо цифри 8 і 9. У результаті отримаємо нову таблицю, яка буде використовуватись для обчислення другого рівня ієрархії.

Провівши подальші дії, аналогічно попередньому, отримаємо: для другого рівня — фактор 7; для третього рівня — фактори 2 і 3; четвертого — 5; п'ятого — 1 і 4; шостого — 6. У підсумку отримаємо ієрархічно структуровану модель (рис. 3), що встановлює пріоритетність впливу розглянутої сукупності факторів на процес проектування тактильної продукції.

Визначальним для розв'язання поставленого завдання є вибір факторів забезпечення якості продукції з фактичними відношеннями між ними, які встановлюються експертним способом. Ці початкові дані задаються у вигляді вихідного графа (див. рис. 2) і містять певну суб'єктивну складову сприйняття відповідного процесу. Зміна їх за кількістю і суттю зв'язків може привести до модифікації вихідного графа і, відповідно, результуючої моделі.

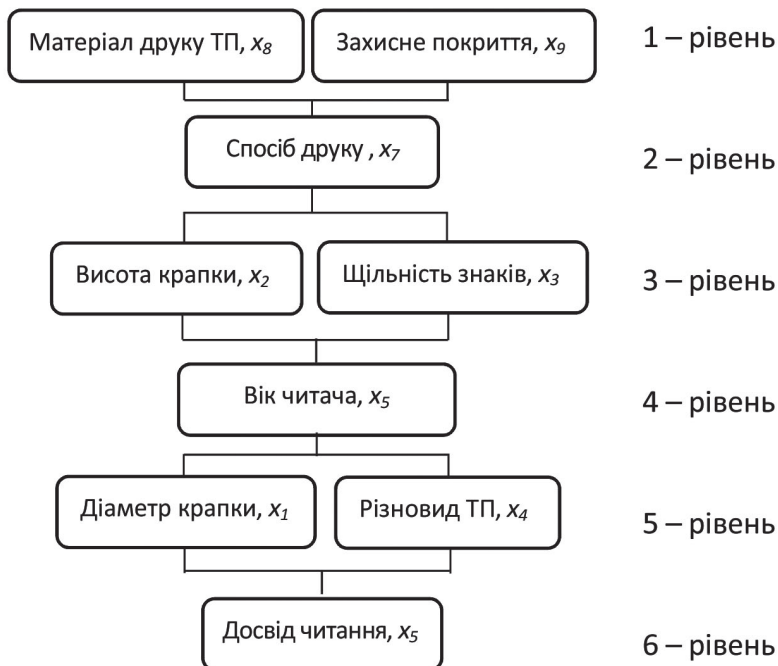


Рис. 3. Ієрархічна модель факторів впливу на процес проектування тактильної продукції

Достовірність попадання певного фактору на деякий рівень ієрархії забезпечується використанням існуючих напрацювань системного аналізу, теорії моделювання та методології дослідження і розв'язання проблем. Модель розміщення

факторів проектування тактильного продукту на певних рівнях ієрархії є об'єктивним результатом застосування теоретичних засад інформаційних технологій.

Дослідження процесу проектування тактильної продукції полягає не тільки в стратифікованому впорядкуванні факторів. Важливою є проблема числового вираження міри впливу фактора нижчого рівня на зв'язаний із ним елемент вищого рівня, або ступінь переваги фактора. Її називають числовою або кардинальною погодженістю за рівнем пріоритетності [7]. Водночас, важливо не тільки дослідити узгодженість ваг факторів при попарних порівняннях, але й отримати числову оцінку міри відповідності взаємозв'язків між факторами у вихідному графі.

На наступному етапі вимірюється вплив деякого фактора на інші фактори в ієрархічній послідовності, що в підсумку приводить до визначення пріоритетів факторів та узгодженість з експертними судженнями — оцінками попарних порівнянь.

Отже, для факторів x_1, x_2, \dots, x_n , упорядкованих за рівнями ієрархії, встановлюємо ваги p_1, p_2, \dots, p_n їх впливу на фактори вищих рівнів. Нехай c_{ij} , — число, яке визначає перевагу фактора x_i по відношенню до фактора x_j . Сукупність цих чисел визначає обернено-симетричну матрицю C . Якщо остання рівність справедлива для всіх порівнянь, то цю матрицю називають погодженою. При точних вимірах ваг для погодженої матриці очевидним є наступне співвідношення:

$$C_{ij} = p_i / p_j, \quad i, j = \overline{1, n}. \quad (1)$$

Матричне рівняння $Cx = y$ із урахуванням зазначеного може бути приведена до

виразу, $\sum_{j=1}^n c_{ij} p_j = np_i, \quad i = \overline{1, n}$, що відповідає скороченому векторному запису

$$Cp = np. \quad (2)$$

У виразі (2) p — власний вектор матриці C із власним значенням n .

Для задачі проектування тактильної продукції впливи між факторами визначаються на основі експертних оцінок. На початковому етапі вони приймають одне зі значень: «так» — вплив присутній; «ні» — впливу немає. Переведення логічних висловлювань у двійковий еквівалент не вирішує проблеми. Величину c_{ij} не можна обчислити точно, використовуючи рівняння (6). Можливим виходом із ситуації є наступні твердженнями з теорії матриць [4, 5].

Якщо числа $\lambda_1, \lambda_2, \dots, \lambda_n$ задовольняють рівняння $Cx = \lambda x$, тобто є власними значеннями матриці C , причому $c_{ii} = 1$ для всіх i , то для множини значень λ_i справедливим є наступне співвідношення:

$$\sum_{i=1}^n \lambda_i = n. \quad (3)$$

Остання рівність із урахуванням (7) означає, що тільки одне значення власного вектора матриці C рівне n , усі решта — нулі; тобто у випадку узгодженості експертних суджень максимальне власне значення матриці C дорівнюватиме n . Частка від ділення суми компонент власного вектора на кількість компонент визначить наближення до числа λ_{\max} , яке називається максимальним або головним власним значенням. Ця величина є основною характеристикою, яка використовується для встановлення

міри узгодженості експертних суджень стосовно попарних порівнянь факторів у задачах проектування тактильної продукції.

Стверджується також, що при незначній зміні елементів c_{ij} обернено-симетричної матриці C власне значення її вектора також зміниться несуттєво, тобто власне значення λ_{\max} буде близьким до n , а інші власні значення — незначно відрізнятимуться від нуля. Звідси слідує, що величина відхилення λ_{\max} від n може служити мірою узгодженості, або адекватності експертних суджень стосовно ваг факторів у залежності від рівня їхнього розміщення в ієрархічній моделі. Відхилення від узгодженості називається індексом узгодженості й виражається величиною

$$IU = (\lambda_{\max} - n)/(n - 1). \quad (4)$$

Зазначимо спосіб вирішення проблеми відсутності точних мір значущості заданих факторів. З урахуванням моделі ієрархії параметрів встановимо відносні числові значення їх ваг, починаючи з найнижчого рівня, якому надаємо вагу 10 умовних одиниць. Припустимо також, що кожний наступний рівень на 10 одиниць більший від попереднього. При наявності на одному рівні декількох параметрів їхні ваги встановлюються, виходячи з кількості приєднаних впливів, що тотожно функціональній повноті фактора. Якщо вершини таких факторів позначені як абсолютно залежні, тоді їхні ваги обернено пропорційні до кількості фіксованих впливів. Наявність в одній вершині одночасно приєднаних та залежних впливів вимагає додаткової експертної оцінки при встановленні ваги фактора. В результаті одержимо такий числовий ряд ваг факторів: $x_1 = 20$; $x_2 = 35$; $x_3 = 40$; $x_4 = 15$; $x_5 = 30$; $x_6 = 10$; $x_7 = 50$; $x_8 = 65$; $x_9 = 60$.

Для визначення шкали пріоритетів будемо квадратну обернено-симетричну матрицю парних порівнянь [6], порядок якої визначається числом аналізованих факторів. Елементи матриці знаходимо з виразу (6), використовуючи вагові значення, отримані вище.

Таблиця 1

Матриця попарних порівнянь

	$x_1(20)$	$x_2(35)$	$x_3(40)$	$x_4(15)$	$x_5(30)$	$x_6(10)$	$x_7(50)$	$x_8(65)$	$x_9(60)$
$x_1(20)$	1	4/7	1/2	4/3	2/3	2	2/5	4/13	1/3
$x_2(35)$	7/4	1	7/8	7/3	7/6	7/2	7/10	7/13	7/12
$x_3(40)$	2	8/7	1	8/3	4/3	4	4/5	8/13	2/3
$x_4(15)$	3/4	3/7	3/8	1	1/2	3/2	3/10	3/13	1/4
$x_5(30)$	3/2	6/7	3/4	2	1	3	3/5	6/13	1/2
$x_6(10)$	1/2	2/7	1/4	2/3	1/3	1	1/5	2/13	1/6
$x_7(50)$	5/2	10/7	5/4	10/3	5/3	5	1	10/13	5/6
$x_8(65)$	13/4	13/7	13/8	13/3	13/6	13/2	13/10	1	13/12
$x_9(60)$	3	12/7	3/2	4	2	6	6/5	12/13	1

Для одержання вектора пріоритетів матриці обчислимо головний власний вектор, після чого нормалізуємо його. Один із найбільш прямих способів розв'язання поставленої задачі такий. Знаходимо добуток елементів кожного рядка матриці парних порівнянь, і вираховуємо корінь 9-го степеня з добутку. Одержимо вектор E_0 , компоненти якого слугуватимуть вихідними даними для наступних перетворень

$$E_0 = (0,650; 1,137; 1,300; 0,487; 0,976; 0,325; 1,625; 2,119). \quad (5)$$

Поділимо компоненти вектора (10) на суму значень усіх компонент, що приведе до нормалізації E_0 . Отримаємо наступний вектор:

$$E_n = (0,061; 0,107; 0,122; 0,046; 0,092; 0,030; 0,153; 0,200; 0,184). \quad (6)$$

Нормалізований вектор (11) визначає пріоритети факторів проектування тактильної продукції й встановлює формальний числовий результат розв'язання задачі.

Для оцінювання змін у відносних значеннях ваг нормалізованого вектора можна провести такий числовий експеримент. Помножимо кожен компонент цього вектора на деякий коефіцієнт k (наприклад, 200), у результаті чого компоненти обидвох векторів можна порівнювати між собою.

Після цього поділимо ваги факторів вихідного вектора на відповідні ваги факторів нормалізованого вектора. Одержимо вектор K_n , компоненти якого назвемо коефіцієнтами нормалізації. Результати обчислень подано в таблиці 3.

Таблиця 2

Порівняльні характеристики компонент вихідного та нормалізованого векторів

	x_1	x_2	x_3	x_4	x_5	x_6	x_7	x_8	x_9
E_0	20	35	40	15	30	10	50	65	60
E_n	0,061	0,107	0,122	0,046	0,092	0,030	0,153	0,200	0,184
$E_n \times k$	18,3	32,1	36,6	13,8	27,6	9	45,9	60	55,2
K_n	1,09	1,09	1,09	1,09	1,09	1,11	1,09	1,08	1,09

В ідеальному випадку середнє арифметичне компонент вектора K_n повинно дорівнювати одиниці. Реальне значення, отримане на основі даних табл. 2, рівне 1,09.

Таким чином, компоненти вихідного та нормалізованого векторів адекватно оцінюють модель пріоритетів факторів.

Результати проведених досліджень. У результаті проведених досліджень проведено класифікацію узагальнених факторів, що впливають на проектування тактильної продукції, побудовано ієрархічну модель факторів впливу на процес проектування тактильної продукції, визначено пріоритетність та встановлено достовірність міри впливу факторів проектування тактильної продукції.

Висновки. В статті визначено числові значення ваг факторів впливу процесу розроблення тактильного продукту для незрячих, що подальшому уможливить прийняття обґрунтованих рішень стосовно параметрів його розроблення.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Синьова С. П. Рельєфно-крапкове письмо для сліпих. Шрифт Брайля : навч. посіб. Київ, 2003. 108 с.
2. Устройства, печатающие шрифтом Брайля. Общие технические условия [Электронный ресурс] : ГОСТ Р 50917–96, [действ., введ. от 20.06.1996, №420]. Офиц. изд. Москва : Госстандарт России, 1996. 17 с. URL: <http://vsegost.com/Catalog>.
3. Гавенко С. Ф., Лабецька М. Т., Гавенко М. М., Юревич В. Р. Вплив читабельності шрифту Брайля на ефективність тактильного сприйняття інформації незрячими. Український медичний часопис. 2013. № 3. С. 69–74.
4. Гілета І. В., Сеньківський В. М. Вектор пріоритетів для критеріїв верстання шпальт газетних видань. Квалілогія книги. 2008. № 2(14). С. 25–36.
5. Лямець В. І., Тевяшев А. Д. Системний аналіз. Вступний курс. 2-е вид., перероб. і доп. Харків : ХНУРЕ, 2004. 448 с.
6. Саати Т. Принятие решений (Метод анализа иерархий) / Т. Саати. Москва : Радио и связь, 1993. 300 с.
7. Сорока К. О. Основи теорії систем і системного аналізу : навч. посіб. Харків : Тимченко, 2005. 288 с.
8. Сявавко М. С. Інтелектуалізована інформаційна система «Нечіткий експерт». Львів : ВЦ ЛНУ, 2007. 320 с.

REFERENCES

1. Synova, Ye. P. (2003). Reliefno-krapkove pismo dlia slipykh. Shryft Brailia. Kyiv (in Ukrainian).
2. Ustroistva, pechataiushchie shriftom Brailia (1996). Obshchie tekhnicheskie usloviia [Elektronnyi resurs] : GOST R 50917–96, [deistv., vved. ot 20.06.1996, №420]. Moskva: Gosstandart Rossii. Retrieved from <http://vsegost.com/Catalog> (in Russian).
3. Havenko, S. F., Labetska, M. T., Havenko, M. M. & Yurevych, V. R. (2013). Vplyv chytabelnosti shryftu Brailia na efektyvnist taktylnoho spryiniattia informatsii nezriachymy. Ukrainyski medychnyi medychnyi chasopys, 3, 69–74 (in Ukrainian).
4. Hileta, I. V. & Senkivskyi, V. M. (2008). Vektor priorytetiv dlia kryteriiv verstannia shpalt hazetnykh vydan. Kvalilohiia knyhy, 2 (14), 25–36 (in Ukrainian).
5. Liamets, V. I. & Teviashev, A. D. (2004). Systemnyi analiz. Vstupnyi kurs. Kharkiv: KhNURE (in Ukrainian).
6. Saati, T. (1993). Priniatie reshenii (Metod analiza ierarkhii). Moskva: Radio i sviaz (in Russian).
7. Soroka, K. O. (2005). Osnovy teorii system i systemnoho analizu. Kharkiv: Tymchenko (in Ukrainian).
8. Siavavko, M. S. (2007). Intelktualizovana informatsiina systema «Nechitkyi ekspert». Lviv: VTs LNU (in Ukrainian).

MODEL OF FACTORS INFLUENCING THE PROCESS OF TACTILE PRODUCT DESIGN

I. V. Hileta, M. M. Havenko, V. M. Senkivskyi

*Ukrainian Academy of Printing,
19, Pid Holoskom St., Lviv, 79020, Ukraine
hileta@gmail.com*

The classification of factors influencing the process of tactile products design has been done. The multilevel model of factors distributed on levels with bigger or smaller domination and the identified set of relations between them has been designed by the method of analytic hierarchy. The priority has been set and the reliability of the level of impact factors of the design of tactile products has been established. The numeric values of impact factors influencing the tactile product development process for the blind have been defined, enabling making informed decisions regarding the parameters of the product development based on Braille typefaces.

Keywords: *tactile products, impact factors classification, multi-level impact model, impact factor value.*

Стаття надійшла до редакції 21.10.2016.

Received 21.10.2016.