

УДК 004.94

## СИНТЕЗ МОДЕЛІ РОЗРОБЛЕННЯ НАВЧАЛЬНОЇ СИСТЕМИ ДЕКЛАРАТИВНОГО ПРОГРАМУВАННЯ

І. В. Гілета, А. І. Гілета

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

*Внаслідок аналізу завдання дослідження було виокремлено та проведено класифікацію факторів, що впливають на процес розроблення навчальної системи декларативного програмування. У результаті чого визначено чотири категорії із встановленням дев'яти факторів, що на необхідному рівні визначають контекст розроблення системи. За потреби опису структури предметної галузі навчальної інформаційної системи виконано її моделювання семантичною мережею, вузлами якої є виокремлені фактори, а дугами слугують функціональні відносини між ними. З метою встановлення важливості дії факторів методом аналізу ієрархій побудовано багаторівневу модель факторів впливу, що розподілені за рівнями домінування і визначеною сукупністю відношень між ними. Встановлено пріоритетність дії факторів та визначено достовірність ступеня їхнього впливу на процес розроблення навчальної системи декларативного програмування. Важливим чинником домінування факторів є майбутнє встановлення числових значень ваги факторів впливу, що уможливить прийняття обґрунтованих рішень щодо параметрів розроблення навчальної системи декларативного програмування.*

**Ключові слова:** предметна галузь інформаційної системи, класифікація факторів впливу, багаторівнева модель впливу, вага фактора впливу.

**Постановка проблеми.** Розроблення програмного продукту для навчання декларативного програмування є складним виробничим процесом, що характеризується дотриманням вимог виконання технічного завдання, обумовленого часу виконання робіт, ефективності використання, вартості створення. Набуття необхідних функціональних характеристик відповідно до вимог вимагає врахування сукупності факторів, що формують його якість у процесі проектування та виробництва. Відтак виокремлення факторів впливу на функціонування та наступне встановлення їхньої ваги у процесі розроблення інформаційного продукту є актуальним завданням.

**Аналіз останніх досліджень та публікацій.** Аналіз літературних публікацій та оцінка наявних інформаційних систем для навчання програмуванню уможливили виділення сукупності факторів розроблення навчальної системи декларативного програмування. Усі вони характеризують деякий ступінь впливу на формування ефективних параметрів програмного продукту. Одночасно дослідження їхнього взаємовпливу стосовно розроблення і використання недостатньо вивчені.

**Метою статті є** аналіз предметної галузі навчальної системи декларативного програмування, що здійснюється на основі побудови семантичної мережі та багаторівневої моделі факторів впливу на розроблення інформаційної системи, які розподілені за рівнями впливу та встановленим набором відношень між ними.

**Виклад основного матеріалу дослідження.** Для класифікації факторів впливу використаємо належність певного фактора до контексту розроблення інформаційної системи. Процес розроблення навчальної системи розглянемо стосовно такого контексту, як програмні модулі системи, вимоги користувача навчальної системи, інструменти і засоби розроблення, підтримка та розміщення проєкту.

Огляд літературних джерел стосовно згаданих аспектів розроблення, аналіз наявних систем, власний досвід уможливили виділити такі програмні модулі системи: інтерпретатор мови, документація використання, система навчання, сервісні засоби системи. Відповідно до призначення навчальна система функційно складається з програмних модулів, які забезпечують можливість виконання коду, присутність довідкової інформації про конструкції декларативної мови, наявність дружньої навчальної системи та необхідних сервісних функцій.

Вимоги користувача навчальної системи передбачають інтуїтивність використання, функційну зручність і повноту, ефективність системи. Вони становлять фактори, які через взаємодію людина – комп'ютер характеризують інтуїтивність, зручність та ефективність використання програмної системи (рис. 1).

Фактори, інструменти та засоби розроблення навчальної системи складається з базової технології інтерпретатора і технології та інструменти розроблення. Залежно від їхнього вибору та використання розробник системи матиме можливість реалізації програмних модулів і графічного інтерфейсу. Ще однією категорією чинників є підтримка та розміщення. Успішне використання навчальної системи забезпечується наявністю каналів доступу та наданням оперативної підтримки.

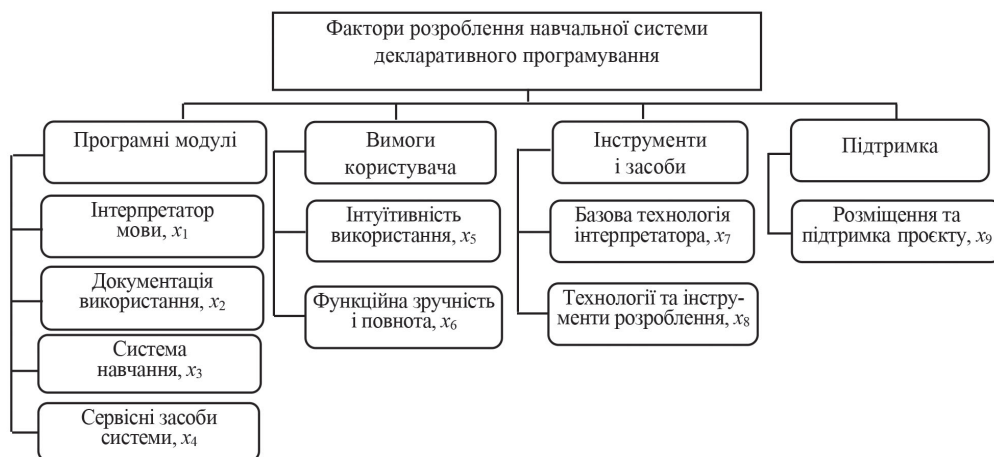


Рис. 1. Класифікація факторів впливу на розроблення програмного продукту

Для аналізу предметної галузі завдання розроблення інформаційної системи застосуємо засоби логіки предикатів та механізм семантичних мереж [1–3]. Таке моделювання уможливить здійснити структурний аналіз розроблення навчальної системи на основі встановлення взаємовпливу його компонент.

Опис роботи навчальної системи здійснюється з формування стосовно неї висловлювань (факторів) та функціональних взаємозв'язків між ними – предикатів. На основі факторів визначаються константи (реальні об'єкти), змінні (узагальнені об'єкти), функції (залежності констант та змінних, обмежених круглими дужками), квантори (оператори, що позначають спосіб використання об'єкта). Предикатом вважатимемо деяку логічну функцію, сконструйовану з висловів (або їх значень), результатом якої буде «істина» або «фальш».

Для встановлення рівня впливу виокремлених факторів (множина  $X$ ) та допустимих між ними взаємозв'язків зобразимо залежності у вигляді орієнтованого графа (рис. 2). У вершинах графа розмістимо фактори ( $x_i$ ), а дуги ( $x_p, x_j$ ) покажуть вплив фактора  $x_i$  на фактор  $x_j$ .

Вузли семантичної мережі визначають значення сутностей предметної галузі, дуги відображають функціональні взаємозв'язки. Зазначимо конструкції мови предикатів, задіяні для визначення логіки предикатів, а саме:  $\leftarrow$  — «якщо»;  $\wedge$  — логічне «і»;  $\vee$  — «або»;  $\forall$  — квантор загальності;  $\exists$  — квантор існування.

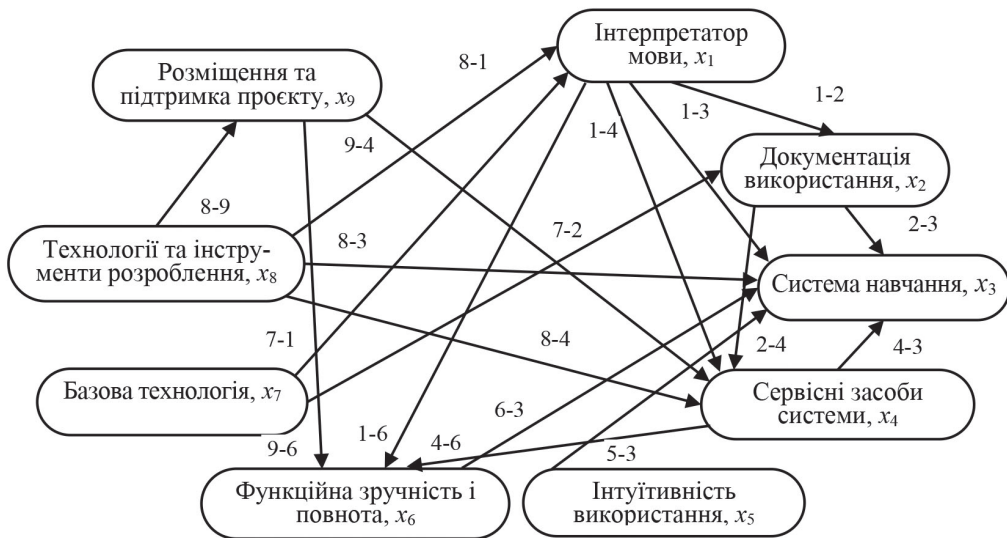


Рис. 2. Семантична мережа факторів впливу на функціонування програмного продукту

З урахуванням зазначеного задаємо функціональні зв'язки між факторами у такий спосіб:  $(\forall x_1) [\exists (x_2, \text{інтерпретатор мови}) \leftarrow \text{впливає } (x_1, x_2) \wedge \text{формує } (x_1, x_3) \wedge \text{забезпечує } (x_1, x_4) \wedge \text{формує } (x_1, x_6) \wedge \text{формується } (x_7, x_1) \wedge \text{формується } (x_8, x_1)]; (\forall x_1) \exists (x_2, \text{документація використання}) \leftarrow \text{формується } (x_1, x_2) \wedge \text{описує } (x_2, x_3) \wedge \text{описує } (x_2, x_4) \wedge \text{визначається } (x_7, x_2)]; (\forall x_1) [\exists (x_3, \text{система навчання}) \leftarrow \text{визначається } (x_1, x_3) \wedge \text{формується } (x_2, x_3) \wedge \text{формується } (x_4, x_3) \wedge \text{формується } (x_5, x_3) \wedge \text{визначається } (x_6, x_3)]$

$\wedge$  розробляється  $(x_8, x_3)$ ];  $(\forall x_i) [\exists (x_7, \text{сервісні засоби системи}) \leftarrow$  визначається  $(x_1, x_4) \wedge$  описуються  $(x_2, x_4) \wedge$  формує  $(x_4, x_3) \wedge$  формує  $(x_4, x_6) \wedge$  розроблюється  $(x_8, x_4) \wedge$  визначається  $(x_9, x_4)$ ];  $(\forall x_i) [\exists (x_5, \text{інтуїтивність використання}) \leftarrow$  впливає  $(x_5, x_3)$ ];  $(\forall x_i) [\exists (x_6, \text{функційна зручність і повнота}) \leftarrow$  впливає  $(x_6, x_3) \wedge$  формується  $(x_4, x_6) \wedge$  формується  $(x_1, x_6) \wedge$  визначається  $(x_9, x_6)$ ];  $(\forall x_i) [\exists (x_7, \text{базова технологія}) \leftarrow$  формує  $(x_7, x_1) \wedge$  визначає  $(x_7, x_2)$ ];  $(\forall x_i) [\exists (x_8, \text{технології та інструменти розроблення}) \leftarrow$  формує  $(x_8, x_1) \wedge$  розробляє  $(x_8, x_3) \wedge$  розробляє  $(x_8, x_4) \wedge$  визначає  $(x_8, x_9)$ ];  $(\forall x_i) [\exists (x_9, \text{розміщення та підтримка проекту}) \leftarrow$  визначаються  $(x_8, x_9)$ ].

Надалі встановимо пріоритети впливу факторів на розроблення навчальної системи, використавши для цього метод аналізу ієрархій [4, 5]. Для наведеного орієнтованого графа, що визначає семантичну мережу, будуюмо бінарну матрицю залежності  $A$  для множини факторів  $X$  на основі формули (1):

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

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

З використанням матриці  $A$  будуюмо матрицю досяжності [5]. Для цього формується бінарна матриця:

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

Її побудова відбувається заповненням бінарних елементів таблиці за правилом:

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

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

Вершина  $x_j$  (рис. 2) називається досягнутою, коли в неї можна потрапити з деякої вершини  $x_i$ . Позначимо через  $R(x_i)$  підмножину таких вершин. Аналогічно вершина  $x_i$  є попередницею  $x_j$ , коли вона досягається з цієї вершини. Позначимо  $P(x_j)$  – підмножину вершин попередниць. Перетин підмножин  $R(x_i)$  та  $P(x_j)$  задає підмножину:

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

$K(x_i)$  ідентифікує множини, які не досягаються з жодної із вершин множини  $X$ . Вони встановлюють рівень ієрархії дії факторів відносно цих вершин. Визначальною умовою методу аналізу ієрархій є дотримання такої рівності:

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

Виконання зазначених кроків дає перший рівень ієрархії факторів. Для його аналізу на основі матриці досяжності побудуємо таблицю.

Таблиця

## Аналіз рівня ієрархії

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

У таблиці другий стовпець відображає номери вершин зі значенням одиниці у відповідних рядках, а третій – номери вершин з одиничним значенням у стовпцях матриці досяжності.

Рівність набору факторів у третьому та четвертому стовпцях таблиці справджується для факторів з номерами 5, 7 та 8, які позначають інтуїтивність використання навчальної системи, розміщення та підтримку проєкту, технології та інструменти розроблення. Вони утворюють перший рівень, який є найвищим за пріоритетом впливу на процес розроблення інформаційної навчальної системи.

Відповідно до аналізу ієрархій [3, 4] вилучаємо з таблиці рядки з номерами 5, 7 та 8, а в другому та в третьому стовпцях вилучаємо числа 5, 7 і 8. У результаті отримаємо таблицю для обрахунку другого рівня ієрархії.

Виконавши подальші дії, отримаємо: для другого рівня — фактори 1 і 9; для третього рівня — фактор 2; четвертого — 4; п'ятого — 6; шостого – 3. У результаті отримаємо багаторівневу модель (рис. 3), що відображає пріоритетність впливу сукупності факторів на розроблення системи декларативного програмування.

Суттєвим для розв'язання поставленого завдання є вибір факторів розроблення навчальної системи з визначеними відношеннями між ними. Вихідні дані, що

задаються у вигляді орієнтованого графа (див. рис. 2), відображають суб'єктивне сприйняття експертами суті відповідного процесу. Їхнє коригування приводить до модифікації вихідного графа і результуючої моделі.

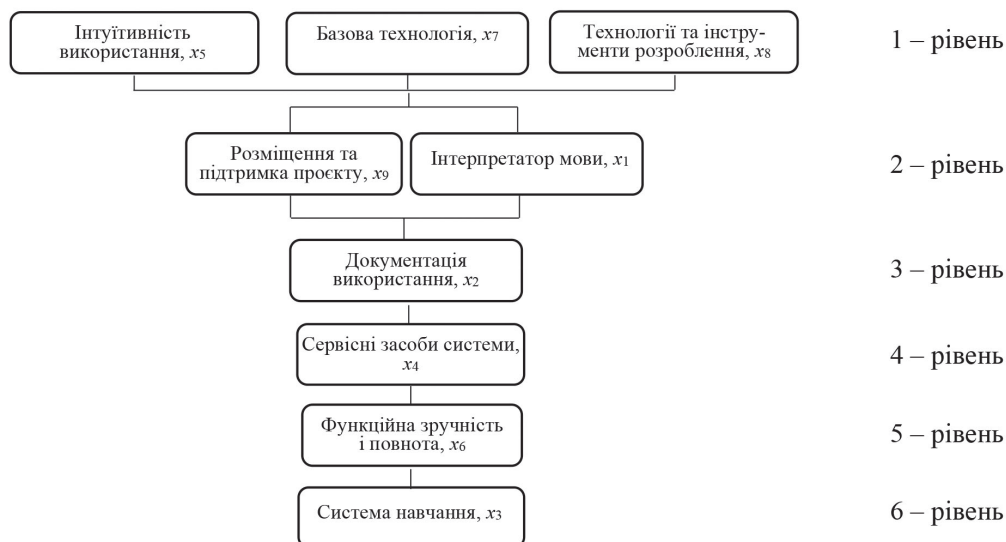


Рис. 3. Багаторівнева модель факторів впливу на процес розроблення навчальної системи

Достовірність потрапляння певного фактора на деякий рівень ієрархії забезпечується використанням наявних напрацювань системного аналізу, теорії моделювання та методології дослідження і розв'язання проблем. Модель розміщення факторів проєктування інформаційної системи на певних рівнях є об'єктивним результатом застосування теоретичних засад інформаційних технологій.

**Висновки.** У результаті проведених досліджень створено класифікацію факторів, що впливають на функціонування роботи інформаційної системи, побудовано ієрархічну модель факторів впливу на процес функціонування, визначено пріоритетність та встановлено достовірність впливу факторів.

### СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Гілета І. В., Сеньківський В. М. Вектор пріоритетів для критеріїв верстання шпальт газетних видань. *Кваліологія книги*. 2008. № 2 (14). С. 25–36.
2. Лямець В. І., Тевяшев А. Д. Системний аналіз. Вступний курс. 2-ге вид. Харків, 2004. 448 с.
3. Гавенко М. М., Гілета І. В., Гавенко С. Ф., Лабєцька М. Т., Сеньківський В. М. Удосконалена технологія друкування та забезпечення та забезпечення якості тактильного сприйняття шрифту Брайля : монографія. Львів : Українська академія друкарства, 2019. 280 с.
4. Сорока К. О. Основи теорії систем і системного аналізу : навч. посіб. Харків, 2005. 288 с.

5. Сявавко М. С. Інтелектуалізована інформаційна система «Нечіткий експерт». Львів, 2007. 320 с.

#### REFERENCES

1. Hileta, I. V., & Senkivskyi, V. M. (2008). Vektor prioritytetiv dlia kryteriiv verstannia shpalt hazetnykh vydan: Kvalilohiia knyhy, 2 (14), 25–36 (in Ukrainian).
2. Liamets, V. I., & Teviashev, A. D. (2004). Systemnyi analiz. Vstupnyi kurs. 2-he vyd. Kharkiv (in Ukrainian).
3. Havenko, M. M., Hileta, I. V., Havenko, S. F., Labetskaya, M. T., & Senkivsky, V. M. (2019). Advanced printing technology and ensuring and ensuring the quality of tactile perception of Braille. Lviv : Ukrainian Academy of Printing (in Ukrainian).
4. Soroka, K. O. (2005). Osnovy teorii system i systemnoho analizu. Kharkiv (in Ukrainian).
5. Siavavko, M. S. (2007). Intelektualizovana informatsiina systema «Nechitkyi ekspert». Lviv (in Ukrainian).

doi: 10.32403/1998-6912-2021-2-63-147-154

### SYNTHESIS OF THE DEVELOPMENT MODEL OF DECLARATIVE PROGRAMMING TRAINING SYSTEM

I. V. Hileta, A. I. Hileta

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

*The classification of factors influencing the development process of the declarative programming information training system is carried out. As a result, four categories of factors are identified: software modules, user requirements, development tools and support. The category of software modules determines such factors – interpreter, documentation of use, training system, service tools of the system; the category of user requirements – intuitive use, functional convenience and completeness; the category of development tools – the main technologies of the interpreter, technologies and means of development; support – hosting and project support. The selected nine factors sufficiently characterize the system operation. To describe the structure of the subject area of the declarative programming educational system, a semantic network is created, the nodes of which are selected factors, and the arcs are the functional relationship between them. To further establish the significance of each factor, a multilevel model of influencing factors is constructed using the hierarchical analysis, which distributes them by levels of dominance and the established set of relationships between them. Accordingly, the factors are located at the next six levels; on the first – the intuitive use of the educational system, the main technologies of the translator, the technologies used and the means of development; on the second – the placement and support of the project, the interpreter*



*of declarative language; on the third – the documentation of the system use; on the fourth – the service tools of the system; on the fifth – the functional convenience and completeness; on the sixth – the system of teaching declarative programming. The procedure sets the priority of factors and determines the reliability of the influence degree of factors on the development of declarative programming information training system. For further study of dominance in the future, it is planned to establish numerical values of the weights of influencing factors, which will allow one to make informed decisions about the parameters of the declarative programming educational system.*

**Keywords:** *subject area of information system, classification of factors of influence, multilevel model of influence, weight of factor of influence.*

*Стаття надійшла до редакції 29.09.2021.*

*Received 29.09.2021.*