

УДК 338.47 (075.8)

В. М. Сеньківський, А. М. Штангрет, О. В. Мельников

Українська академія друкарства

ОПТИМІЗАЦІЯ МОДЕЛЕЙ КЛЮЧОВИХ ЗАГРОЗ НА ШЛЯХУ ДО ЕКОНОМІКИ ЗНАНЬ В УКРАЇНІ

За компонентами нормалізованого вектора пріоритетів синтезовано оптимізовану узагальнену модель ключових загроз на шляху України до економіки знань.

Фактор впливу, модель, економіка знань

Термін «*економіка знань*» або «*економіка, заснована на знаннях*» (у прямому перекладі з англійської «*knowlgerge-based econotny*») одержав широке розповсюдження наприкінці 90-х років ХХ ст. і пов'язаний значною мірою з встановленням нових пріоритетів у політиці й економіці країн Європейського Союзу й Північної Америки.

На даному етапі розвитку цивілізації економіка знань відрізняється від класичної стандартної економіки насамперед істотною зміною філософії: якщо раніше економіка знань була важливим, але не головним елементом світової економіки, то тепер вона набуває все більшого значення. Знову стає актуальним вислів англійського філософа Френсіса Бекона — «*Знання — сила*».

Питання формування «*контурів*» економіки знань, особливостей власного їй господарського механізму і механізму відтворення знання знайшли своє відображення в працях вітчизняних і закордонних авторів О. Антипіної, І. Астахової, С. Архіреєвої, А. Варшавського, Ю. Васильчука, Е. Вильховченко, В. Гейця, Дж. Гелбрейта, Г. Григоряна, П. Дракера, Г. Задорожного, В. Іноземцева, Р. Інглегарта, М. Кіма, М. Мелоуна, Т. Сакайя, В. Семиноженка, В. Стьопіна, Е. Тоффлера, Ф. Фукуями, А. Чухно, Л. Едвінссона та інших.

Метою даної статті є критичний аналіз загроз, які стають на перешкоді створення в нашій країні економіки знань.

Оскільки сьогоdnішній стан вітчизняної економіки доволі важко охарактеризувати позитивно, а певна нестабільність не сприяє суспільному розвитку, автори спробували виявити реальні фактори, дотичні до *загроз на шляху до економіки знань в Україні*. У результаті дослідження [1] відповідно до ключових сфер економіки знань виділено *три основні групи факторів*: перша — стосується науково-дослідної діяльності, конструкторських розробок (НДДКР) та інновацій; друга — рівня сучасної освіти; третя — інформаційно-комунікаційних технологій (ІКТ).

На підставі визначення та систематизації факторів розроблено орієнтовні графічні моделі та матриці досяжності, що відповідають їм, які відображають зв'язки між факторами і служать основою для їх ієрархічного впорядкування [1]. Компонентами вектора факторів, які впливають на НДДКР й інновації та прийняті для експертного оцінювання, стали лінгвістичні змінні, що визначали:

| Математичне позначення | Фактор | Мнемонічна назва фактора |
|------------------------|---|--------------------------|
| Z_1 | науковий потенціал країни | НПК |
| Z_2 | частка науковців інноваційного спрямування | ЧНК |
| Z_3 | частка в структурі економіки 3- та 4-го технологічного укладу | СЕК |
| Z_4 | частка технічних наук у структурі НДДКР | ЧТН |
| Z_5 | фінансування НДДКР | ФІН |
| Z_6 | заводський сектор науки — впровадження інновацій | ЗСН |
| Z_7 | ефективність використання технопарків і бізнес-інкубаторів | ЕФВ |
| Z_8 | сировинна спрямованість підприємств | СИР |
| Z_9 | захищеність інтелектуальної власності в Україні | ЗІВ |
| Z_{10} | кількість заявок на винаходи (корисні моделі) | КЗВ |

У результаті проведення ітераційних процедур з використанням матриці досяжності встановлено рівні ієрархії факторів, які визначають вплив на НДДКР та інновації. Розташувавши фактори за визначеними рівнями, синтезували модель [1] (рис. 1), яка об'єктивно відображає важливість впливу органів державної влади, коливань валютного курсу, платоспроможності населення та надзвичайних ситуацій (форс-мажор) на досліджуваний процес.

Адекватність синтезованої моделі оцінюється на рівні загальних логічних суджень та оцінках експертів, тому вона не може вважатися остаточним рішенням. У зв'язку з тим важливою задачею є числове вираження міри впливу фактора нижчого рівня на пов'язаний з ним елемент вищого рівня, або встановлення ступеня переваги фактора. Така узгодженість називається числовою або кардинальною, вираженою за рівнем пріоритетності [2]. Цим способом можна дослідити не тільки наявність або відсутність узгодженості при парних порівняннях значущості факторів, але й одержати числову оцінку міри адекватності зв'язків між факторами у вихідному графі та оптимізувати вагові характеристики факторів.

Для розв'язання даної задачі фактори z_1, \dots, z_n , упорядковані за рівнями ієрархії, ідентифікуємо числовими ваговими значеннями g_1, \dots, g_n , їх імовірного впливу на НДДКР та інновації. Нехай a_{ij} — число, яке визначає перевагу фактора z_i відносно фактора z_j . Оскільки фактори мають певне функціональне навантаження, можна стверджувати, що міра значущості фактора є функцією його ваги, тобто $M(z_i) = F(z_i(g_i))$.

Помістимо сукупність вагових значень факторів у матрицю A , тобто $A = (a_{ij})$. Ця матриця обернено-симетрична, що тотожно відношенню $a_{ij} = 1/a_{ji}$. Якщо остання рівність справедлива для всіх порівнянь, то матрицю A називають узгодженою. У задачах, де ваги можна виміряти точно, для узгодженої матриці очевидним є співвідношення

$$a_{ij} = \frac{g_i}{g_j}; \quad i, j = 1, 2, \dots, n. \quad (1)$$

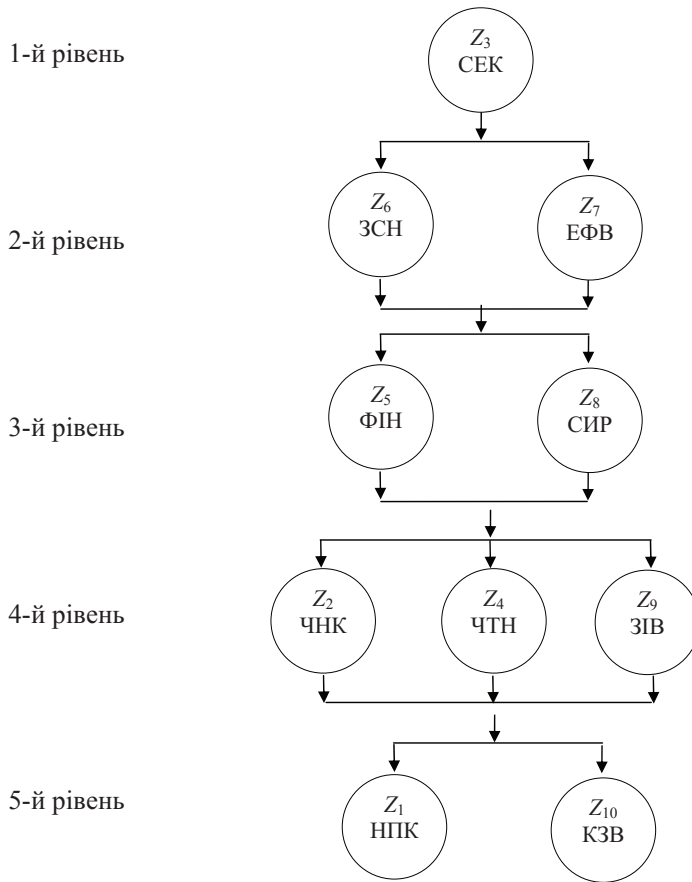


Рис. 1. Модель ієрархії факторів впливу на НДДКР та інновації

Відомо, що матричне рівняння $Ax=y$ є аналогом системи рівнянь

$$\sum_{j=1}^n a_{ij} x_j = y_i; \quad i = 1, 2, \dots, n,$$

яка з урахуванням відношення (1) може бути зведена до виразу

$$\sum_{j=1}^n a_{ij} g_j = n g_i; \quad i = 1, 2, \dots, n,$$

що відповідає скороченому векторному запису

$$Ag = ng. \quad (2)$$

У виразі (2) g — власний вектор матриці A з власним значенням n .

Для досліджуваної задачі впливи між факторами визначаються суб'єктивно на підставі експертних оцінок, тому величину a_{ij} не завжди можна обчислити точно за допомогою рівняння (1). Виходом із ситуації може стати використання тверджень теорії матриць [2].

Якщо числа $\lambda_1, \dots, \lambda_n$ задовольняють рівняння $Ax = \lambda x$, тобто є власними значеннями матриці A , причому $a_{ii=1}$ для всіх i , то

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

Рівність (3) з додатковим урахуванням (2) означає, що тільки одне значення власного вектора матриці A дорівнює n , усі решта — нулі; тобто у випадку узгодженості експертних оцінок максимальне власне значення матриці A дорівнюватиме n . Частка від ділення суми компонент власного вектора на кількість компонент (середнє арифметичне) визначить наближення до числа λ_{\max} , яке називається максимальним або головним власним значенням. Ця величина стає основною характеристикою, що застосовується для встановлення міри узгодженості експертних оцінок щодо попарних порівнянь факторів у задачах з лінгвістично невизначеними факторами, для розв'язання яких використовують теорію нечітких множин [3].

Стверджується також, що при неістотній зміні елементів a_{ij} обернено-симетричної матриці A власне значення її вектора зміниться несуттєво, тобто власне значення λ_{\max} буде близьким до n , а інші власні значення дуже відрізнятимуться від нуля. Звідси випливає, що величина відхилення λ_{\max} від n може служити мірою узгодженості або адекватності експертних оцінок стосовно ваг факторів залежно від рівня їх розміщення в ієрархічній моделі. Відхилення від узгодженості називається індексом узгодженості і виражається величиною

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

Незважаючи на вищевисловлені застереження стосовно відсутності точних мір значущості заданих факторів, запропонуємо наступний спосіб вирішення проблеми [4, 5]. З урахуванням моделі ієрархії факторів встановимо відносні числові значення їх ваг, починаючи з найнижчого рівня, якому надамо вагу 10 умовних одиниць. Припустимо також, що кожний наступний рівень на 20 одиниць більший за попередній. При наявності на одному рівні декількох факторів їх ваги встановлюються виходячи з кількості приєднаних впливів, що тотожно функціональній повноті фактора. Якщо вершини таких факторів позначені як абсолютно залежні, то їх ваги обернено пропорційні до кількості фіксованих впливів. Наявність в одній вершині одночасно приєднаних і залежних впливів вимагає додаткової експертної оцінки при встановленні ваги фактора.

У результаті одержимо такий числовий ряд ваг факторів: $g_1(\text{НПК})=10$; $g_{10}(\text{КЗВ})=20$; $g_2(\text{ЧНК})=40$; $g_4(\text{ЧНТ})=35$; $g_9(\text{ЗІВ})=40$; $g_5(\text{ФІН})=50$; $g_8(\text{СИР})=60$; $g_6(\text{ЗСН})=70$; $g_7(\text{ЕФВ})=80$; $g_3(\text{СЕК})=90$.

Для визначення шкали пріоритетів будемо квадратну обернено-симетричну матрицю парних порівнянь [2], порядок якої визначається числом аналізованих факторів. Елементи матриці знаходимо з виразу (1), використовуючи вищеотримані вагові значення.

| | g_1 (10) | g_2 (30) | g_3 (90) | g_4 (35) | g_5 (50) | g_6 (70) | g_7 (80) | g_8 (60) | g_9 (40) | g_{10} (20) |
|------------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|------------------|
| g_1 (10) | 1 | 1/3 | 1/9 | 2/7 | 1/5 | 1/7 | 1/8 | 1/6 | 1/4 | 1/2 |
| g_2 (30) | 3 | 1 | 1/3 | 6/7 | 3/5 | 3/7 | 3/8 | 1/2 | 3/4 | 3/2 |
| g_3 (90) | 9 | 3 | 1 | 18/7 | 9/5 | 9/7 | 9/8 | 3/2 | 9/4 | 9/2 |
| g_4 (35) | 7/2 | 7/6 | 7/18 | 1 | 7/10 | 1/2 | 7/16 | 7/12 | 7/8 | 7/4 |
| g_5 (50) | 5 | 5/3 | 5/9 | 10/7 | 1 | 5/7 | 5/8 | 5/6 | 5/4 | 5/2 |
| g_6 (70) | 7 | 7/3 | 7/9 | 2 | 7/5 | 1 | 7/8 | 7/6 | 7/4 | 7/2 |
| g_7 (80) | 8 | 8/3 | 8/9 | 16/7 | 8/5 | 8/7 | 1 | 4/3 | 2 | 4 |
| g_8 (60) | 6 | 2 | 2/3 | 12/7 | 6/5 | 6/7 | 3/4 | 1 | 3/2 | 3 |
| g_9 (40) | 4 | 4/3 | 4/9 | 8/7 | 4/5 | 4/7 | 1/2 | 2/3 | 1 | 2 |
| g_{10} (20) | 2 | 2/3 | 2/9 | 4/7 | 2/5 | 2/7 | 1/4 | 1/3 | 1/2 | 1 |

Для встановлення міри узгодженості числових значень попарних порівнянь факторів, заданих вищенаведеною матрицею, служить вектор пріоритетів матриці, для знаходження якого обчислимо спочатку головний власний вектор, відтак його нормалізуємо. Отже, знаходимо добуток елементів кожного рядка і вирахуємо корінь 10-го степеня. Одержимо вектор.

$$E (0,25; 0,74; 2,21; 0,86; 1,23; 1,72; 1,96; 1,47; 0,98; 0,49).$$

Нормалізуємо вектор E , для цього його компоненти поділимо на суму значень усіх компонент і одержимо такий вектор:

$$E_n (0,021; 0,062; 0,186; 0,072; 0,103; 0,144; 0,165; 0,123; 0,082; 0,041).$$

Нормалізований вектор E_n визначає уточнені числові пріоритети впливу на НДДКР та інновації і встановлює попередній формальний результат розв'язання поставленої задачі. Для порівняння наведемо гістограму вагових значень вихідного та нормалізованого (компоненти якого помножимо на деякий коефіцієнт k) векторів. Для даної задачі прийнято $k=1000$, що забезпечує порівнянність компонент указаних векторів. Як видно з гістограми (рис. 2), пропорції між числовими величинами ваг факторів в основному зберігаються.

Для оцінювання змін у відносних значеннях ваг нормалізованого вектора поділимо ваги факторів вихідного вектора на відповідні ваги компонент нормалізованого вектора (помножені на $k=1000$). Одержимо вектор K_n , компоненти якого назвемо коефіцієнтами нормалізації.

В ідеальному випадку коефіцієнти нормалізації повинні бути рівними між собою, у кращому разі — незначно відрізнятися. Такий результат може свідчити не тільки про належний рівень експертного оцінювання ситуації, але й про теоретичну і практичну узгодженість класу досліджуваної задачі і методів, використаних для її розв’язання. Маємо, крім того, додаткове свідчення вірогідності та достовірності отриманих результатів.

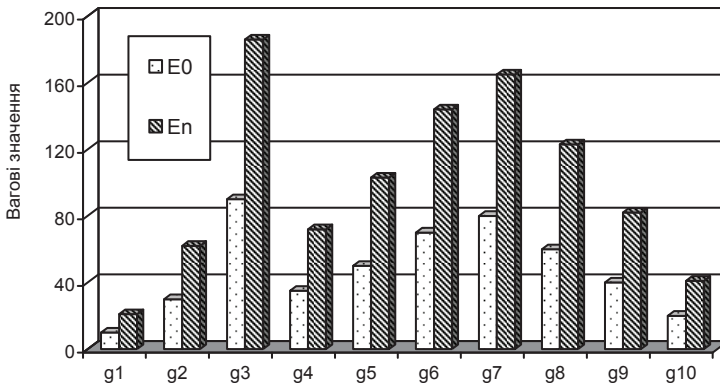


Рис. 2. Гистограма вагових значень компонент вихідного та нормалізованого векторів

Таблиця 1

| | g_1 | g_2 | g_3 | g_4 | g_5 | g_6 | g_7 | g_8 | g_9 | g_{10} |
|----------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|----------|
| E_0 | 10 | 30 | 90 | 35 | 50 | 70 | 80 | 60 | 40 | 20 |
| E_n | 0,021 | 0,062 | 0,186 | 0,072 | 0,103 | 0,144 | 0,165 | 0,123 | 0,082 | 0,041 |
| $E_n \times k$ | 21 | 62 | 186 | 72 | 103 | 144 | 165 | 123 | 82 | 41 |
| K_n | 0,48 | 0,48 | 0,48 | 0,49 | 0,48 | 0,49 | 0,48 | 0,49 | 0,49 | 0,49 |

Як видно з табл. 1, відхилення значень складових вектора K_n практично відсутнє, що підтверджує адекватність моделі пріоритетів факторів, зображеної на рис. 3. Важливим для прийняття рішення є той факт, що компоненти вихідного та нормалізованого векторів знаходяться в допустимій області значень. Порівняльний графік вагових значень компонент вихідного та нормалізованого (помноженого на коефіцієнт масштабування) векторів подано на рис. 3.

Обчислимо оцінку узгодженості вагових значень факторів [2]. Матрицю парних порівнянь справа помножимо на вектор E . Одержимо вектор

$$E_{n1} (0,21; 0,62; 1,86; 0,72; 1,03; 1,45; 1,65; 1,24; 0,83; 0,41).$$

Знайдемо компоненти власного вектора λ . Поділимо компоненти вектора E_{n1} на відповідні компоненти вектора E_n і дістанемо

$$E_{n2} (10,00; 10,00; 10,00; 10,00; 10,00; 10,07; 10,00; 10,08; 10,12; 10,00).$$

Наближене значення для $\lambda_{max} = 10,03$, де λ_{max} — це середнє арифметичне компонент вектора E_{n2} .

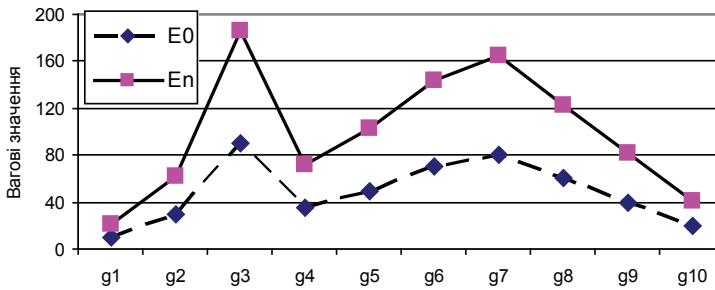


Рис. 3. Порівняльний графік вагових значень компонент вихідного та нормалізованого векторів

Оцінка отриманого рішення визначається індексом узгодженості, який вираховується за формулою (4). У нашому випадку $IU=0,003$.

Значення індексу узгодженості зазвичай порівнюють з еталонними величинами показника узгодженості [2], так званим випадковим індексом WI , який залежить від кількості порівнюваних об'єктів. Випадковим індексом називають індекс узгодженості, одержаний для відгенерованої випадковим способом за шкалою від одного до дев'яти обернено-симетричної матриці з відповідними оберненими величинами. При цьому результати вважаються задовільними, якщо порохований індекс не перевищує 10% еталонної величини для відповідної кількості аналізованих об'єктів.

Значення випадкового індексу для матриць різного порядку (що рівнозначно різній кількості об'єктів) наведені в табл. 2.

Таблиця 2

| К-ть 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 |

Для нашого випадку $WI=1,49$. Додатково результати оцінюють відношенням узгодженості, величину якої отримують з виразу $WU=IU/WI$. Оскільки $IU=0,003$, то, відповідно, $WU=0,002$. Результати парних порівнянь можна вважати задовільними, якщо $WU \leq 0,1$. Отже, маємо достатній рівень збіжності процесу та належну узгодженість експертних суджень щодо вагових значень факторів, відображених у матриці парних порівнянь.

Унаслідок виконаного дослідження отримано нормалізовані вагові значення факторів (див. табл. 1), які впливають на НДДКР та інновації. Ваги факторів оптимізовані за критерієм максимального значення власного вектора матриці парних порівнянь та адекватно відображають реальну ситуацію, відтворену у вихідній графічній моделі. При незадовільних величинах індексу узгодженості та відношеннях узгодженості треба переглянути вихідний граф зв'язків між параметрами, уточнити значення встановлених ваг їх значущості та відповідних їм парних порівнянь, тобто розв'язати в деякому наближенні обернену задачу.

За компонентами нормалізованого вектора синтезовано оптимізовану модель ієрархії факторів впливу на НДДКР та інновації (рис. 4). Порівняння графічних моделей на рис. 1 і 4 додатково підтверджує узгодженість результатів задачі прогнозування обраних факторів впливу на НДДКР та інновації.

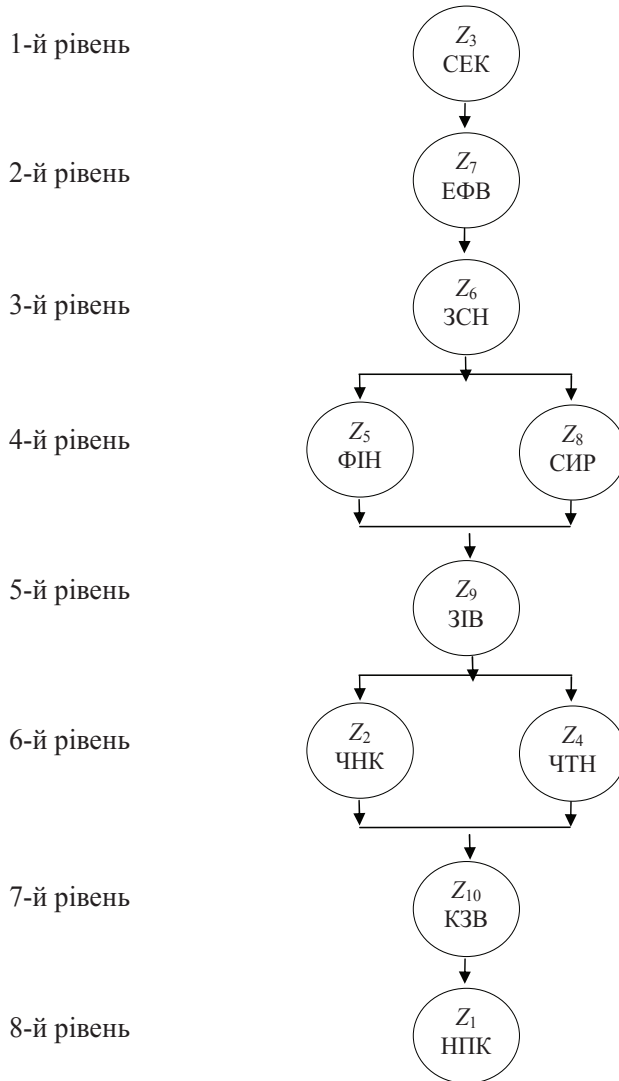


Рис. 4. Оптимізована модель ієрархії факторів впливу на НДДКР та інновації

За вищеокресленою схемою (аналогічно до оптимізації моделі ієрархії факторів впливу на НДДКР та інновації) оптимізуємо модель ієрархії факторів, що впливають на рівень сучасної освіти в Україні. Компонентами вектора факторів, прийнятими для експертного оцінювання, стали лінгвістичні змінні.

| Математичне позначення | Фактор | Мнемонічна назва фактора |
|------------------------|---|--------------------------|
| Z_1 | можливість отримувати безперервну освіту | МБО |
| Z_2 | рівень освіти громадян | РОГ |
| Z_3 | частка дітей, охоплених дошкільним вихованням | ЧДВ |
| Z_4 | інтерес до природничих і точних наук | ІТН |
| Z_5 | якість вищої освіти — доступність для населення | ЯВО |
| Z_6 | внутрішній попит на висококваліфікованих спеціалістів | ВПС |
| Z_7 | фінансування освіти | ФІН |
| Z_8 | рівень поширення інформаційних технологій (ІТ-технологій) | ІТТ |
| Z_9 | зв'язок академічної науки з університетською освітою | ЗВН |
| Z_{10} | еміграція фахівців і молоді за кордон | ЕМФ |

Унаслідок проведення ітераційних процедур з використанням матриці досяжності встановлено рівні ієрархії факторів, які визначають вплив на сучасний рівень освіти в Україні. Розташували фактори за отриманими рівнями, синтезували модель [1] (рис. 5). Дана ієрархічна модель об'єктивно відображає важливість впливу фінансування освіти, рівня поширення ІТ, можливість отримувати безперервну освіту, зв'язок академічної науки з університетською освітою на досліджуваній процес.

Наступним кроком буде числове вираження міри впливу фактора нижчого рівня на з'єднаний з ним елемент вищого рівня, тобто встановлення ступеня переваги фактора. Незважаючи на відсутність точних мір значущості заданих факторів, діятимемо згідно із запропонованим способом вирішення проблеми [4, 5]. З урахуванням моделі ієрархії факторів встановимо відносні числові значення їх ваг, починаючи з найнижчого рівня, якому надамо вагу 10 умовних одиниць. Припустимо також, що кожний наступний рівень на 20 одиниць більший за попередній. При наявності на одному рівні декількох факторів їх ваги встановлюють виходячи з кількості приєднаних впливів, що тотожно функціональній повноті фактора. Якщо вершини таких факторів позначені як абсолютно залежні, то їх ваги обернено пропорційні до кількості фіксованих впливів. Наявність в одній вершині одночасно приєднаних і залежних впливів вимагає додаткової експертної оцінки при встановленні ваги фактора.

У результаті одержимо такий числовий ряд ваг факторів: $g_3(\text{ЧДВ})=10$; $g_4(\text{ІТН})=20$; $g_5(\text{ЯВО})=30$; $g_6(\text{ВПС})=35$; $g_{10}(\text{ЕМФ})=40$; $g_2(\text{РОГ})=50$; $g_1(\text{МБО})=70$; $g_9(\text{ЗВН})=80$; $g_7(\text{ФІН})=90$; $g_8(\text{ІТТ})=100$.

Для визначення шкали пріоритетів побудуємо квадратну обернено-симетричну матрицю парних порівнянь [2], порядок якої встановлюється числом аналізованих факторів. Елементи матриці знаходимо з виразу (1), використовуючи вищеотримані вагові значення:

| | g_1 (70) | g_2 (50) | g_3 (10) | g_4 (20) | g_5 (30) | g_6 (35) | g_7 (90) | g_8 (100) | g_9 (80) | g_{10} (40) |
|------------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|----------------|---------------|------------------|
| g_1 (70) | 1 | 7/5 | 7 | 7/2 | 7/3 | 2 | 7/9 | 7/10 | 7/8 | 7/4 |
| g_2 (50) | 5/7 | 1 | 5 | 5/2 | 5/3 | 10/7 | 5/9 | 1/2 | 5/8 | 5/4 |
| g_3 (10) | 1/7 | 1/5 | 1 | 1/2 | 1/3 | 2/7 | 1/9 | 1/10 | 1/8 | 1/4 |
| g_4 (20) | 2/7 | 2/5 | 2 | 1 | 2/3 | 4/7 | 2/9 | 1/5 | 1/4 | 1/2 |
| g_5 (30) | 3/7 | 3/5 | 3 | 3/2 | 1 | 6/7 | 1/3 | 3/10 | 3/8 | 3/4 |
| g_6 (35) | 1/2 | 7/10 | 7/2 | 7/4 | 7/6 | 1 | 7/18 | 7/20 | 7/16 | 7/8 |
| g_7 (90) | 9/7 | 9/5 | 9 | 9/2 | 3 | 18/7 | 1 | 9/10 | 9/8 | 9/4 |
| g_8 (100) | 10/7 | 2 | 10 | 5 | 10/3 | 20/7 | 10/9 | 1 | 5/4 | 5/2 |
| g_9 (80) | 8/7 | 8/5 | 8 | 4 | 8/3 | 16/7 | 8/9 | 4/5 | 1 | 2 |
| g_{10} (40) | 4/7 | 4/5 | 4 | 2 | 4/3 | 8/7 | 4/9 | 2/5 | 1/2 | 1 |

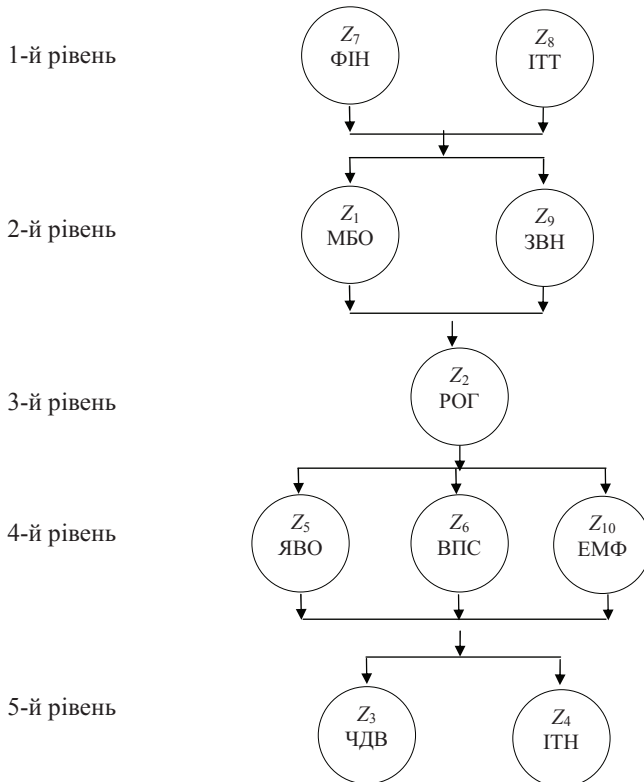


Рис. 5. Модель ієрархії факторів впливу на сучасний рівень освіти в Україні

Знаходимо вектор пріоритетів матриці. Для цього спочатку обчислюємо добуток елементів кожного рядка вищенаведеної матриці і корінь 10-го степеня. Одержимо вектор

$$E (1,63; 1,17; 0,23; 0,47; 0,70; 0,82; 2,10; 2,33; 1,86; 0,93).$$

Нормалізуємо вектор E і дістанемо вектор

$$E_n (0,133; 0,096; 0,019; 0,038; 0,057; 0,067; 0,172; 0,190; 0,152; 0,076).$$

Нормалізований вектор E_n визначає уточнені числові пріоритети впливу на сучасний рівень освіти в Україні і попередній формальний результат розв'язання поставленої задачі. Для порівняння наведемо гістограму вагових значень вихідного та нормалізованого (компоненти якого помножимо на деякий коефіцієнт k) векторів. Для даної задачі прийнято $k=1000$, що забезпечує порівнянність компонент указаних векторів. Як видно з гістограми (рис. 6), пропорції між числовими величинами ваг факторів переважно зберігаються.

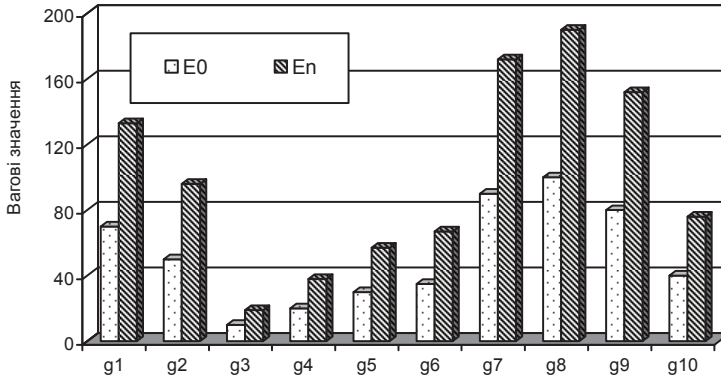


Рис. 6. Гістограма вагових значень компонент вихідного та нормалізованого векторів

За аналогією одержимо вектор K_n , компоненти якого прийняті як коефіцієнти нормалізації.

Як видно з табл. 3, відхилення значень складових вектора K_n практично відсутнє, що підтверджує адекватність моделі пріоритетів факторів, зображених на рис. 5. Важливим для прийняття рішення є той факт, що компоненти вихідного та нормалізованого векторів знаходяться в допустимій області значень. Порівняльний графік вагових значень компонент вихідного та нормалізованого (помноженого на коефіцієнт масштабування) векторів зображено на рис. 7.

Таблиця 3

| | g_1 | g_2 | g_3 | g_4 | g_5 | g_6 | g_7 | g_8 | g_9 | g_{10} |
|----------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|----------|
| E_0 | 70 | 50 | 10 | 20 | 30 | 35 | 90 | 100 | 80 | 40 |
| E_n | 0,133 | 0,096 | 0,019 | 0,038 | 0,057 | 0,067 | 0,172 | 0,190 | 0,152 | 0,076 |
| $E_n \times k$ | 133 | 96 | 19 | 38 | 57 | 67 | 172 | 190 | 152 | 76 |
| K_n | 0,53 | 0,52 | 0,53 | 0,53 | 0,53 | 0,52 | 0,52 | 0,53 | 0,53 | 0,53 |

Обчислимо оцінку узгодженості вагових значень факторів [2]. Помножимо матрицю парних порівнянь справа на вектор E й одержимо вектор

$$E_{n1} (1,33; 0,95; 0,19; 0,38; 0,57; 0,67; 1,71; 1,90; 1,52; 0,76).$$

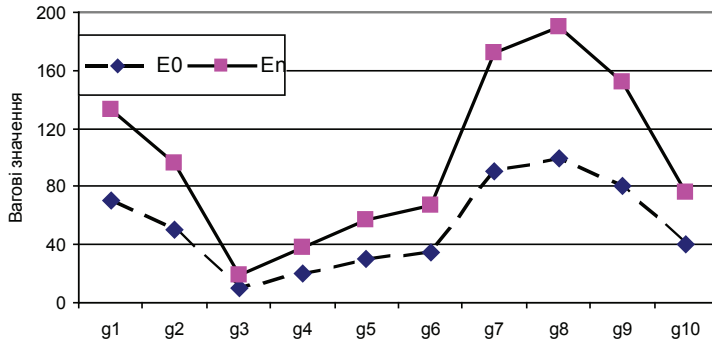


Рис. 7. Порівняльний графік вагових значень компонент вихідного та нормалізованого векторів

Знайдемо компоненти власного вектора λ . Поділимо компоненти вектора E_{n1} на відповідні компоненти вектора E_n і дістанемо

$$E_{n2} (10,00; 9,90; 10,00; 10,00; 10,00; 10,00; 9,90; 10,00; 10,00; 10,00).$$

Наближене значення для $\lambda_{\max} = 9,98$.

Індекс узгодженості, який вираховується за формулою (4), у нашому випадку $IU=0,002$.

Значення індексу узгодженості, як і в першому випадку (для факторів впливу на НДДКР та інновації), порівнюємо з еталонними величинами показника узгодженості [2] і випадковим індексом WI .

Величини випадкового індексу для матриць різного порядку (що рівнозначно різній кількості об'єктів) наведено в табл. 2.

Для даного випадку $WI=1,49$. Додатково результати оцінюють відношенням узгодженості, величину якої отримують з виразу $WU=IU/WI$. Оскільки $IU=0,002$, то, відповідно, $WU=0,001$. Результати парних порівнянь можна вважати задовільними, якщо $WU \leq 0,1$. Отже, маємо достатній рівень збіжності процесу та належну узгодженість експертних суджень стосовно вагових значень факторів, відображених у матриці парних порівнянь.

У результаті виконаного дослідження отримано нормалізовані вагові значення факторів (див. табл. 3), які впливають на сучасний рівень освіти в Україні. Ваги факторів оптимізовані за критерієм максимального значення власного вектора матриці парних порівнянь й адекватно відображають реальну ситуацію, відтворену у вихідній графічній моделі.

За компонентами нормалізованого вектора синтезовано оптимізовану модель ієрархії факторів впливу на сучасний рівень освіти в Україні (рис. 6).

Порівняння графічних моделей рис. 5 і 8 додатково підтверджує узгодженість результатів задачі прогнозування впливу обраних факторів впливу на сучасний рівень освіти в Україні.

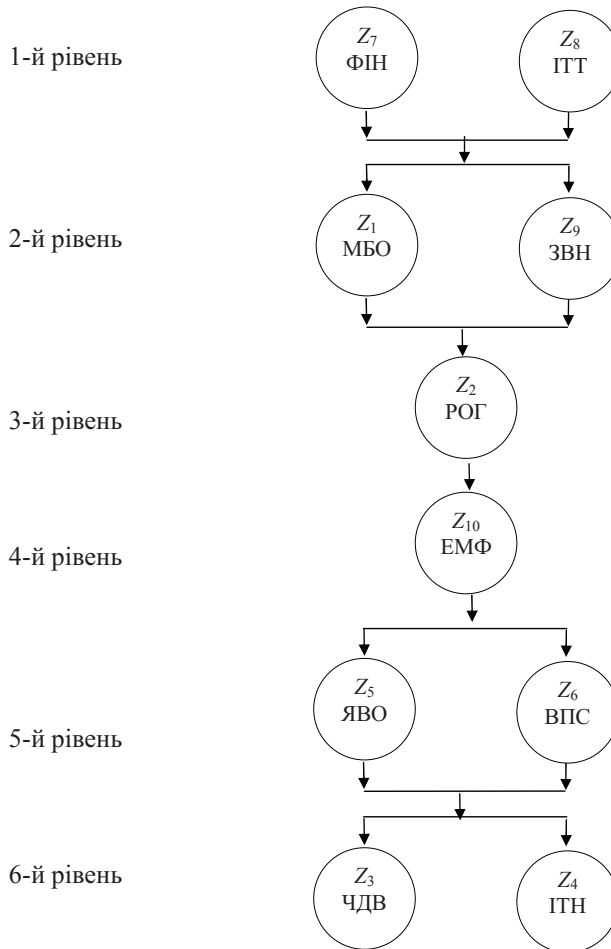


Рис. 8. Оптимізована модель ієрархії факторів впливу на сучасний рівень освіти в Україні

За вищевказаною схемою (аналогічно до оптимізації моделі ієрархії факторів впливу на НДДКР та інновації) оптимізуємо модель ієрархії факторів, що впливають на розвиток ІКТ в Україні. Компонентами вектора факторів, прийнятими для експертного оцінювання, стали лінгвістичні змінні.

| Математичне позначення | Фактор | Мнемонічна назва фактора |
|------------------------|--|--------------------------|
| I | 2 | 3 |
| Z_1 | кількість ПК | КПК |
| Z_2 | кількість користувачів стаціонарного та мобільного зв'язку | СМЗ |

| 1 | 2 | 3 |
|----------|--|-----|
| Z_3 | навички користування комп'ютером | НКК |
| Z_4 | рівень доступу населення до Інтернету | РДІ |
| Z_5 | рівень підготовки фахівців з ІТ | РПФ |
| Z_6 | рівень комп'ютеризації навчальних закладів | КНЗ |
| Z_7 | рівень інвестицій у нематеріальні активи | ІНА |
| Z_8 | проблеми з просуванням ІТ на ринок України | ППР |
| Z_9 | кількість національних сайтів у мережі Інтернет (україномовних або присвячених українській проблематиці) | КНС |
| Z_{10} | популяризація Інтернет-ресурсів у ЗМІ, по радіо і ТБ | ППР |

Унаслідок проведення ітераційних процедур з використанням матриці досяжності встановлено рівні ієрархії факторів, які визначають вплив на сучасний рівень розвитку ІКТ в Україні. Розташували фактори за визначеними рівнями, синтезували модель [1] (рис. 9). Вона об'єктивно відображає важливість впливу кількості ПК і користувачів стаціонарного та мобільного зв'язку, рівня інвестицій у нематеріальні активи і доступу населення до Інтернету й комп'ютеризації навчальних закладів на досліджуваний процес.

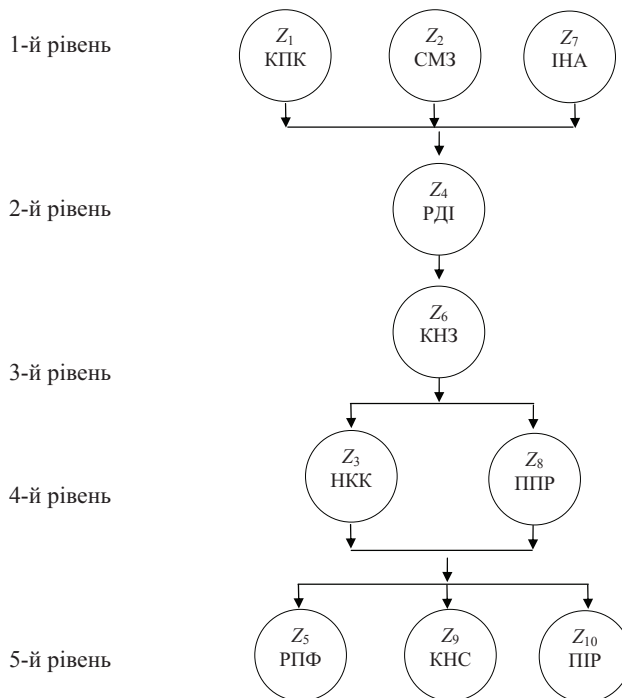


Рис. 9. Модель ієрархії факторів впливу на ІКТ

У результаті одержимо такий числовий ряд ваг факторів: $g_5(\text{РПФ})=10$; $g_9(\text{КНС})=15$; $g_{10}(\text{ПІР})=20$; $g_3(\text{НКК})=30$; $g_8(\text{ППР})=40$; $g_6(\text{КНЗ})=50$; $g_4(\text{РДІ})=70$; $g_1(\text{КПК})=90$; $g_2(\text{СМЗ})=95$; $g_{87}(\text{ІНА})=100$.

Для встановлення шкали пріоритетів будуємо квадратну обернено-симетричну матрицю парних порівнянь [2], порядок якої визначається числом аналізованих факторів. Елементи матриці знаходимо з виразу (1), використовуючи вищеотримані вагові значення.

| | g_1 (90) | g_2 (95) | g_3 (30) | g_4 (70) | g_5 (10) | g_6 (50) | g_7 (100) | g_8 (40) | g_9 (15) | g_{10} (20) |
|------------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|----------------|---------------|---------------|------------------|
| g_1 (90) | 1 | 18/19 | 3 | 9/7 | 9 | 9/5 | 9/10 | 9/4 | 6 | 9/2 |
| g_2 (95) | 19/18 | 1 | 19/6 | 19/4 | 19/2 | 19/10 | 19/20 | 19/8 | 19/3 | 19/4 |
| g_3 (30) | 1/3 | 6/19 | 1 | 3/7 | 3 | 3/5 | 3/10 | 3/4 | 2 | 3/2 |
| g_4 (70) | 7/9 | 14/19 | 7/3 | 1 | 7 | 7/5 | 7/10 | 7/4 | 14/3 | 7/2 |
| g_5 (10) | 1/9 | 2/19 | 1/3 | 1/7 | 1 | 1/5 | 1/10 | 1/4 | 2/3 | 1/2 |
| g_6 (50) | 5/9 | 10/19 | 5/3 | 5/7 | 5 | 1 | 1/2 | 5/4 | 10/3 | 5/2 |
| g_7 (100) | 10/9 | 20/19 | 10/3 | 10/7 | 10 | 2 | 1 | 10/4 | 20/3 | 5 |
| g_8 (40) | 4/9 | 8/19 | 4/3 | 4/7 | 4 | 4/5 | 4/10 | 1 | 8/3 | 2 |
| g_9 (15) | 1/6 | 3/19 | 1/2 | 3/14 | 3/2 | 3/10 | 3/20 | 3/8 | 1 | 3/4 |
| g_{10} (20) | 2/9 | 4/19 | 2/3 | 2/7 | 2 | 2/5 | 1/5 | 1/2 | 4/3 | 1 |

Знаходимо вектор пріоритетів матриці:

$$E=(2,24; 2,37; 0,75; 1,75; 0,25; 1,25; 2,49; 0,99; 0,37; 0,49).$$

Нормалізувавши вектор E , дістанемо вектор

$$E_n=(0,173; 0,183; 0,058; 0,135; 0,019; 0,097; 0,192; 0,076; 0,029; 0,038).$$

Нормалізований вектор E_n визначає уточнені числові пріоритети впливу на ІКТ в Україні й попередній формальний результат розв'язання поставленої задачі.

За аналогією одержимо вектор K_n , компоненти якого прийняті як коефіцієнти нормалізації.

Як видно з табл. 4, відхилення значень складових вектора K_n практично відсутнє.

Визначимо оцінку узгодженості вагових значень факторів [2]. Помножимо матрицю парних порівнянь справа на вектор E й одержимо вектор

$$E_{n1} (1,73; 1,83; 0,58; 1,34; 0,19; 0,96; 1,92; 0,77; 0,29; 0,39).$$

Знайдемо компоненти власного вектора λ . Поділимо компоненти вектора E_{n1} на відповідні компоненти вектора E_n і дістанемо

$$E_{n2} (10,00; 10,00; 10,00; 9,90; 10,00; 9,90; 10,00; 10,10; 10,00; 10,30).$$

Наближене значення для $\lambda_{\max} = 10,02$.

Індекс узгодженості, який вираховується за формулою (4), у нашому випадку $IU=0,002$.

Таблиця 4

| | g_1 | g_2 | g_3 | g_4 | g_5 | g_6 | g_7 | g_8 | g_9 | g_{10} |
|----------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|----------|
| E_0 | 90 | 95 | 30 | 70 | 10 | 50 | 100 | 40 | 15 | 20 |
| E_n | 0,173 | 0,183 | 0,058 | 0,135 | 0,019 | 0,097 | 0,192 | 0,076 | 0,029 | 0,038 |
| $E_n \times k$ | 173 | 183 | 58 | 135 | 19 | 97 | 192 | 76 | 29 | 38 |
| K_n | 0,52 | 0,52 | 0,52 | 0,52 | 0,53 | 0,52 | 0,52 | 0,53 | 0,52 | 0,53 |

Значення індексу узгодженості, як і в першому випадку (для факторів впливу на НДДКР та інновації), порівнюємо з еталонними величинами показника узгодженості [2] і випадковим індексом WI .

Величини випадкового індексу для матриць різного порядку (що рівнозначно різній кількості об'єктів) наведено в табл. 2.

Для даного випадку $WI=1,49$. Додатково результати оцінюють відношенням узгодженості, величину якої отримують з виразу $WU=IU/WI$. Оскільки $IU=0,002$, то, відповідно, $WU=0,0013$. Результати парних порівнянь можна вважати задовільними, якщо $WU \leq 0,1$. Отже, маємо достатній рівень збіжності процесу та належну узгодженість експертних суджень стосовно вагових значень факторів, відображених у матриці парних порівнянь.

У результаті проведеного дослідження отримано нормалізовані вагові значення факторів (див. табл. 4), які впливають на ІКТ. Ваги факторів оптимізовані за критерієм максимального значення власного вектора матриці парних порівнянь й адекватно відображають реальну ситуацію, відтворену у вихідній графічній моделі.

За компонентами нормалізованого вектора синтезовано оптимізовану модель ієрархії факторів впливу на ІКТ (рис. 10).

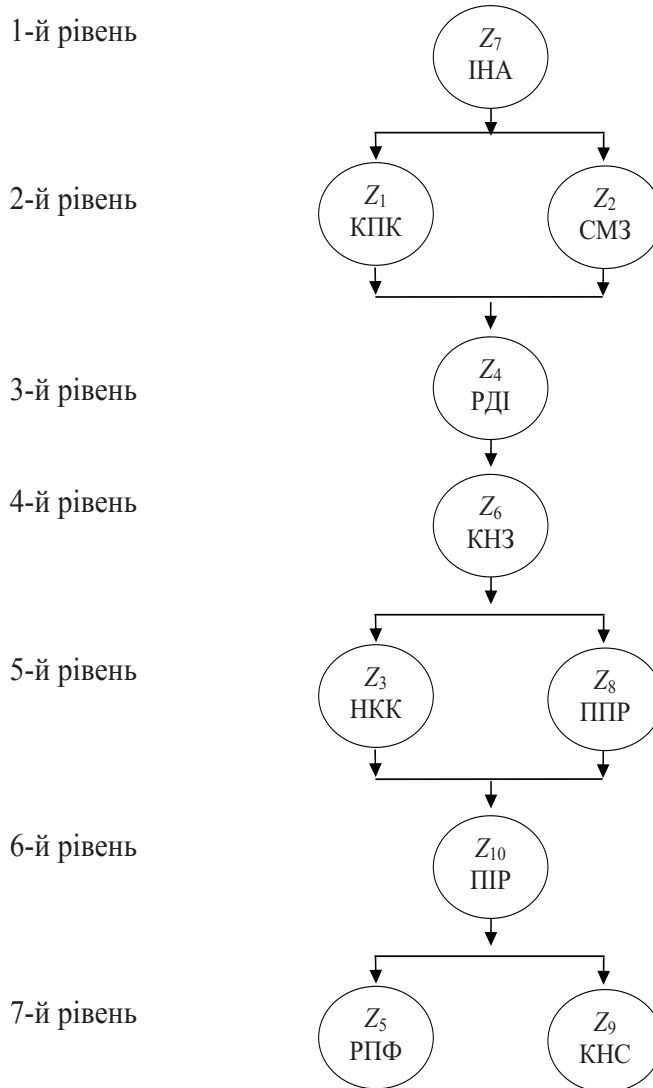


Рис. 10. Оптимізована модель ієрархії факторів впливу на ІКТ

Порівняння графічних моделей, наведених на рис. 9 і 10, додатково підтверджує узгодженість результатів задачі прогнозування впливу обраних факторів на ІКТ.

Узагальнення результатів дослідження подано у вигляді оптимізованої моделі загроз (рис. 11).

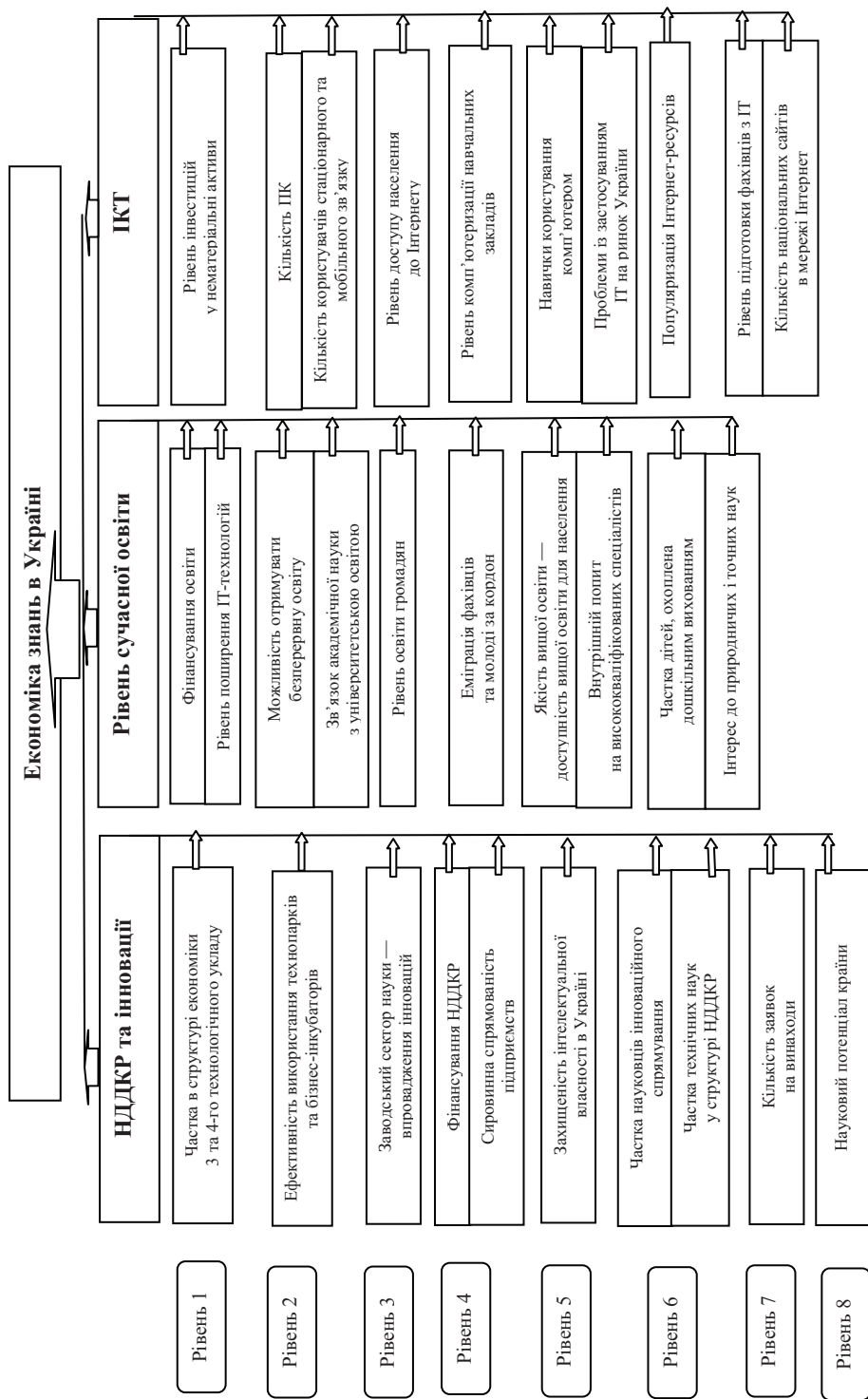


Рис. 11. Оптимізована узагальнена модель ключових загроз на шляху України до економіки знань

Підсумовуючи результати проведеного дослідження, доцільно наголосити, що на сьогоднішньому етапі розвитку всі ключові сфери (НДДКР й інновації, освіта та ІКТ), характеризуються переважно негативними тенденціями та рядом складних проблем, вирішення яких дозволило б нашій країні посісти гідне місце в новому постіндустріальному суспільстві, де знання відіграють ключову роль. Ігнорування ж їх ускладнює і без того важкий стан економіки та поступово перетворює Україну на сировинний придаток високорозвинутих країн світу.

1. Ареф'єва О. В. Побудова моделей ключових загроз на шляху до економіки знань в Україні / О. В. Ареф'єва, В. М. Сеньківський, А. М. Штангрет, О. В. Мельников // Наук. зап. (Укр. акад. друкарства). — 2011. — Вип. 2 (35). — С. 52–67. 2. Саати Т. Принятие решений (Метод анализа иерархий) : пер. с англ. / Т. Саати. — М.: Радио и связь, 1993. — 278 с. 3. Сявавко М.С. Інформаційна система «Нечіткий експерт» / М. С. Сявавко. — Вид. центр ЛНУ ім. Івана Франка, 2007. — 320 с. 4. Сеньківський В. М. Автоматизоване проектування книжкових видань: моногр. / В. М. Сеньківський, Р. О. Козак. — Львів: Українська академія друкарства, 2008. — 200 с. 5. Сеньківський В.М. Модель ієрархії параметрів якості книжкових видань // Наук. зап. (Укр. акад. друкарства). — 2007. — Вип. 11. — С. 73–80.

ОПТИМИЗАЦИЯ МОДЕЛЕЙ КЛЮЧЕВЫХ УГРОЗ НА ПУТИ К ЭКОНОМИКЕ ЗНАНИЙ В УКРАИНЕ

По компонентам нормализованного вектора приоритетов синтезировано оптимизированную обобщенную модель ключевых угроз на пути Украины к экономике знаний.

OPTIMIZATION MODELS OF KEY THREATS ON THE ROAD TO THE KNOWLEDGE ECONOMY IN UKRAINE

For the normalized vector components synthesized priorities optimized generalized model of the challenges in the way of Ukraine to the knowledge economy.

Стаття надійшла 14.02.11

УДК [658.5:655.1]:005-047.7

Л. Є. Довгань, Г. А. Мохонько

Видавничо-поліграфічний інститут НТУУ «КПІ»

ДІАГНОСТИКА СТРАТЕГІЧНОЇ СТІЙКОСТІ ПІДПРИЄМСТВ ВИДАВНИЧО-ПОЛІГРАФІЧНОЇ ГАЛУЗІ В УМОВАХ НЕСТАБІЛЬНОГО РИНКОВОГО СЕРЕДОВИЩА

Обґрунтовано проведення діагностики стратегічної стійкості підприємств видавничо-поліграфічної галузі, висвітлено стратегічні проблеми функціонування підприємств в умовах нестабільного ринкового середовища.

Стратегічна стійкість, нестабільність, ринкове середовище, діагностика

Сучасні процеси соціально-економічної трансформації в Україні в умовах посилення невизначеності ринкового середовища зумовлюють низку об'єктивних змін у функціонуванні підприємств видавничо-поліграфічної