

¹В. Сеньківський, ²Е. Семенюк, ²Т. Олянишен, ¹О. Мельников
¹Українська академія друкарства,
²Національний лісотехнічний університет України

ОПТИМІЗАЦІЯ МОДЕЛІ ПЕРЕШКОД НА ШЛЯХУ РЕАЛІЗАЦІЇ ЕКОЛОГІЧНОЇ КОНСТИТУЦІЇ ЗЕМЛІ

© Сеньківський В., Семенюк Е., Олянишен Т., Мельников О., 2012

На основі аналізу ієрархічної моделі перешкод на шляху реалізації Екологічної конституції Землі синтезовано вектор пріоритетів матриці попарних порівнянь, головне власне значення якого слугує критерієм оптимізації вихідної моделі.

Ключові слова: перешкоди, ієрархія, модель, екологічна конституція Землі, лінгвістичні змінні, оптимізація.

Due to the hierarchical models analysis of the World Environmental Constitution realization obstacles, the vector of pairwise comparisons priorities matrix was synthesized with the main eigenvalue as an original model optimization criteria.

Key words: obstacles, hierarchy, model, Ecological Constitution of Earth, linguistic variables, optimization.

Вступ

Дослідження, пов'язані з вербальними оцінками слабо формалізованих процесів, якими можна вважати проблему прийняття та запровадження екологічної конституції Землі (ЕКЗ), поки що не набули поширення у науковій періодиці. Узагальнена оцінка ситуації з реалізацією ЕКЗ поки що тільки формально фіксує результати, нехай і науково обґрунтовані. Цікавими, на наш погляд, та важливими з погляду ефективності прогнозування ситуації могли б бути дослідження, що володіють методами визначення дії на прийняття та запровадження ЕКЗ множини вибраних перешкод. У результаті їх аналізу, експертного оцінювання суті та способів впливу доцільним є розроблення моделі ієрархії елементів, яка, крім упорядкування за важливістю впливу на процес, уможливила б встановлення числових мір їх значущості з подальшою оптимізацією цих значень.

На основі вивчення, аналізу та експертного оцінювання процесів, пов'язаних із реалізацією ЕКЗ, було проведено дослідження [1–14], результатом яких стала багаторівнева ієрархічна модель пріоритетного впливу встановлених перешкод на шляху реалізації ЕКЗ [6]. Вона доволі об'єктивно відображає важливість вартості заходів та технічної складності запровадження ЕКЗ, незацікавленості урядів США та інших найрозвинутіших держав світу та внаслідок світової фінансово-економічної кризи для вирішення цієї задачі. Компонентами вектора параметрів, прийнятими для експертного оцінювання, стали лінгвістичні змінні, наведені в табл. 1.

Таблиця 1

Перешкоди на шляху реалізації ЕКЗ

Математичне позначення	Назва	Мнемонічна назва
z_1	незацікавленість США	НСШ
z_2	незацікавленість інших найрозвинутіших держав	ННД
z_3	вартість заходів з запровадження ЕКЗ	ВАР
z_4	відсутність коштів на запровадження ЕКЗ	ВІД
z_5	позиція країн «третього світу»	КТС
z_6	світова фінансово-економічна криза	ФЕК
z_7	технічна складність запровадження ЕКЗ	ТСВ
z_8	недовіра до заходів науки	НЕН
z_9	нерозуміння гостроти глобальної екологічної кризи (ГЕК)	ГЕК
z_{10}	сумніви у спроможності людини до сталого розвитку	НЕЛ
z_{11}	антиглобалістські рухи	АГР
z_{12}	небажання чиновників займатися запровадженням ЕКЗ	НЕЧ

З використанням методу ієрархій [15, 16] та відповідних ітераційних процедур над матрицею досяжності одержано модель упорядкованих за важливістю наведених вище перешкод, що гальмують реалізацію ЕКЗ [6]. Цю модель (рис. 1) використаємо для подальшого дослідження.

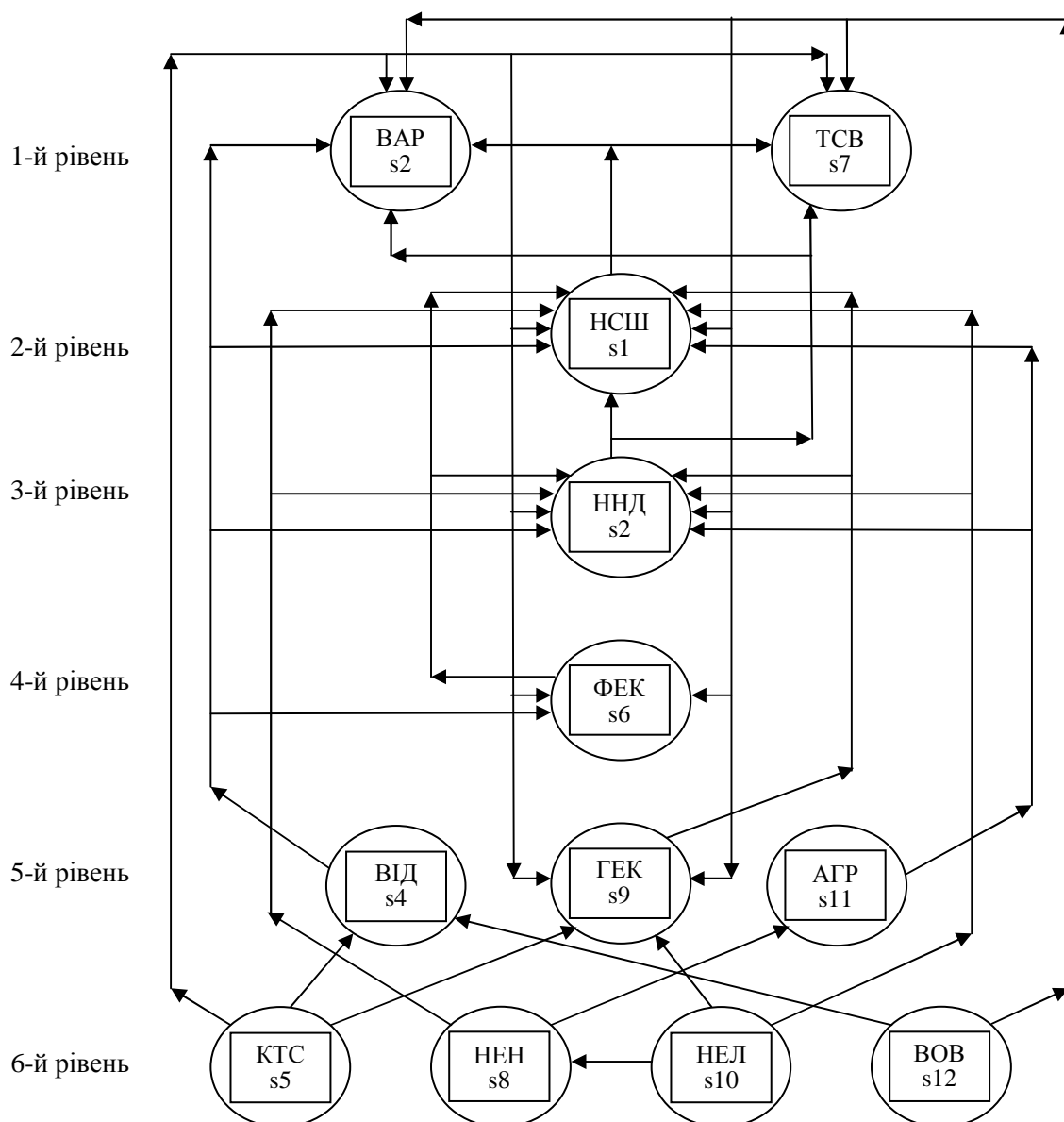


Рис. 1. Модель ієрархії перешкод на шляху реалізації ЕКЗ

Оптимізація моделі перешкод реалізації ЕКЗ

Модель побудована на основі графу, у якому зв'язки між елементами встановлено суб'єктивно на основі експертного оцінювання. Її адекватність оцінюється на рівні загальних логічних суджень, побудованих на словесних, слабоформалізованих експертних висновках, тому вона не може вважатися остаточним рішенням. У зв'язку з цим важливою задачею є числове вираження міри впливу фактора нижчого рівня на пов'язаний з ним елемент вищого рівня або встановлення ступеня переваги елемента. Така узгодженість називається числовою або кардинальною, вираженою за рівнем пріоритетності [16]. За цим способом можна дослідити не тільки наявність чи відсутність узгодженості при парних порівняннях значущості факторів, але й одержати числову оцінку міри адекватності зв'язків між елементами у вихідному графі та оптимізувати вагові характеристики параметрів.

Для розв'язання цієї задачі перешкоди z_1, \dots, z_n , упорядковані за рівнями ієрархії, ідентифікуємо числовими ваговими значеннями g_1, \dots, g_n , їх ймовірного впливу на процес реалізації ЕКЗ. Нехай a_{ij} — число, яке визначає перевагу елемента z_i відносно елемента z_j . Оскільки перешкоди 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 перешкод 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 таке співвідношення:

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

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 приведена 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 із власним значенням n .

У розв'язуваній задачі взаємні впливи між перешкодами визначаються суб'єктивно на основі експертних оцінок, тому величину a_{ij} не завжди можна обчислити точно, використовуючи рівняння (1). Виходом із ситуації може стати використання таких тверджень теорії матриць [15].

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 врахуванням (2) означає, що тільки одне значення власного вектора матриці A дорівнює n , всі 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, яка використовується для встановлення міри узгодженості експертних оцінок стосовно попарних порівнянь факторів у задачах з лінгвістично не визначеними факторами, для розв'язання яких використовують теорію нечітких множин [17].

Відомо, що за незначної зміни елементів a_{ij} обернено-симетричної матриці A власне значення її вектора також зміниться несуттєво, тобто власне значення λ_{\max} буде близьким до n , а інші власні значення — незначно відрізняться від нуля. Отже, величина відхилення λ_{\max} від n може слугувати 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 висловлені вище застереження стосовно відсутності точних мір значущості визначених перешкод, запропонуємо такий спосіб вирішення проблеми [17–19]. З врахуванням моделі ієрархії перешкод встановимо відносні числові значення їх ваг, починаючи з найнижчого рівня, якому надамо вагу 10 умовних одиниць. Нехай кожний наступний рівень на 20 одиниць більший від попереднього. За наявності на одному рівні декількох перешкод їх ваги встановлюють за кількістю

приєднаних впливів. Якщо вершини таких факторів позначені як абсолютно залежні, тоді їх ваги обернено пропорційні до кількості фіксованих впливів. У результаті одержимо числовий ряд вагових значень перешкод: g_5 (КТС)=10; g_{12} (НЕЧ)=15; g_8 (НЕН)=20; g_{10} (НЕЛ)=25; g_4 (ВІД)=50; g_9 (ГЕК)=55; g_{11} (АГР)=60; g_6 (ФЕК)=80; g_2 (НСШ)=100; g_1 (ННД)=120; g_3 (ВАР)=140; g_7 (ТСВ)=145.

Для визначення шкали пріоритетів будемо квадратну обернено-симетричну матрицю попарних порівнянь (табл. 2), порядок якої визначається числом аналізованих параметрів [16]. Елементи матриці знаходимо із виразу (1), використовуючи вагові значення, отримані вище.

Таблиця 2

Квадратна обернено-симетрична матриця попарних порівнянь

	g_1 (120)	g_2 (100)	g_3 (140)	g_4 (50)	g_5 (10)	g_6 (80)	g_7 (145)	g_8 (20)	g_9 (55)	g_{10} (25)	g_{11} (60)	g_{12} (15)
g_1 (120)	1	2	1/2	6	8	4	1/3	7	5	6	4	8
g_2 (100)	1/2	1	1/3	5	7	3	1/4	5	4	6	3	6
g_3 (140)	2	3	1	7	9	4	4	7	7	8	6	8
g_4 (50)	1/6	1/5	1/7	1	3	1/3	1/7	2	1	2	1/2	3
g_5 (10)	1/8	1/7	1/9	1/3	1	1/5	1/9	1	1/4	1/2	1/4	1
g_6 (80)	1/4	1/3	1/4	3	5	1	1/5	4	2	3	1	5
g_7 (145)	3	4	1/4	7	9	5	1	7	6	8	5	9
g_8 (20)	1/7	1/5	1/7	1/2	1	1/4	1/7	1	1	1	1/2	1
g_9 (55)	1/5	1/4	1/7	1	4	1/2	1/6	1	1	2	1	3
g_{10} (25)	1/6	1/6	1/8	1/2	2	1/3	1/8	1	1/2	1	1/3	2
g_{11} (60)	1/4	1/3	1/6	2	4	1	1/5	2	1	3	1	4
g_{12} (15)	1/8	1/6	1/8	1/3	1	1/5	1/9	1	1/3	1/2	1/4	1

Для встановлення міри узгодженості числових значень попарних порівнянь перешкод, заданих наведеною вище матрицею, слугує вектор пріоритетів матриці, для знаходження якого обчислимо спочатку головний власний вектор, після чого нормалізуємо його. Одержимо вектори:

$$E = (2,947; 2,144; 4,691; 0,632; 0,296; 1,182; 3,946; 0,426; 0,701; 0,436; 0,948; 0,310);$$

$$E_n = (0,157; 0,114; 0,251; 0,003; 0,015; 0,063; 0,211; 0,022; 0,037; 0,023; 0,050; 0,016).$$

Нормалізований вектор E_n визначає уточнені числові пріоритети перешкод на шляху реалізації ЕКЗ і встановлює попередній формальний результат розв'язання поставленої задачі. Для порівняння наведемо гістограму вагових значень вихідного та нормалізованого векторів, компоненти якого помножимо на деякий коефіцієнт $k = 1000$ (рис. 2).

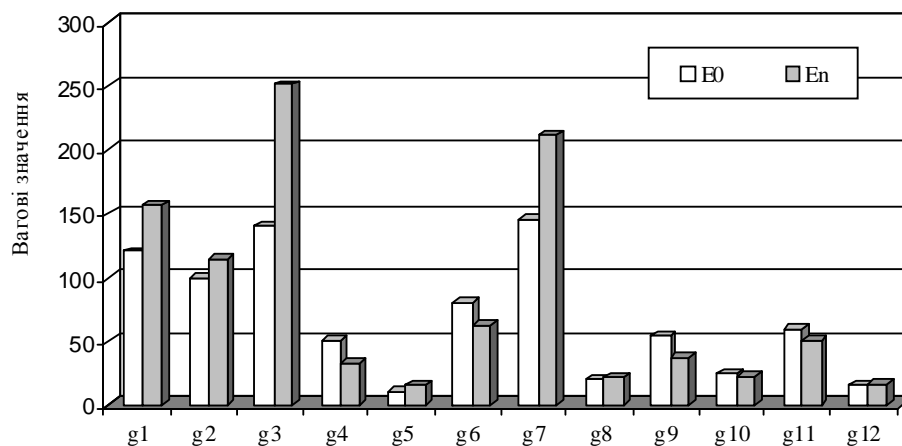


Рис. 2. Гістограма вагових значень компонент вихідного та нормалізованого векторів

Як видно з гістограми (рис. 2), пропорції між числовими величинами ваг перешкод не завжди 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 (табл. 3).

Таблиця 3

Варіанти вагових значень перешкод на шляху реалізації ЕКЗ

	g_1	g_2	g_3	g_4	g_5	g_6	g_7	g_8	g_9	g_{10}	g_{11}	g_{12}
E_0	120	100	140	50	10	80	145	20	55	25	60	15
E_n	0,157	0,144	0,251	0,033	0,015	0,063	0,211	0,022	0,037	0,023	0,050	0,016
$E_n \times k$	157	114	251	33	15	63	211	22	37	23	50	16
K_n	0,764	0,877	0,558	0,909	0,666	1,270	0,687	0,909	1,486	1,087	1,200	0,938

В ідеальному випадку коефіцієнти нормалізації повинні бути однаковими, у кращому випадку — незначно відрізнятися. Такий результат свідчив би 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.

Як видно з табл. 3, наявне значне відхилення значень складових вектора K_n , що вимагає оптимізації моделі пріоритетності дії перешкод, зображеної на рис. 1. Порівняльний графік вагових значень компонент вихідного та нормалізованого (помноженого на коефіцієнт масштабування) векторів зображено на рис. 3.

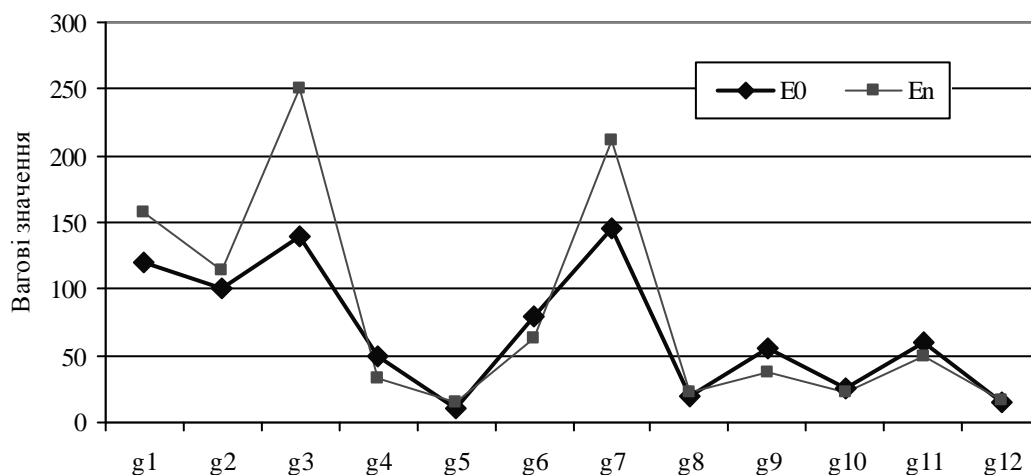


Рис. 3. Порівняльний графік вагових значень компонент вихідного та нормалізованого векторів

Обчислимо оцінку узгодженості вагових значень факторів [15]. Помножимо матрицю попарних порівнянь справа на вектор E . Одержимо вектор

$$E_{n1} = (1,992; 1,458; 3,439; 0,423; 0,200; 0,798; 2,880; 0,286; 0,468; 0,288; 0,627; 0,210).$$

Знайдемо компоненти власного вектора λ . Ділимо компоненти вектора E_{n1} на відповідні компоненти вектора E_n . Отримуємо

$$E_{n2} = (12,67; 12,69; 13,68; 12,50; 12,64; 12,59; 13,62; 12,52; 12,46; 12,32; 12,34; 12,62).$$

Наближене значення для $\lambda_{\max} = 12,72$, де λ_{\max} — це середнє арифметичне компонент вектора E_{n2} . Оцінка одержаного рішення визначається індексом узгодженості, який вираховується за формулою (4). У нашому випадку $IU = 0,065$.

Значення індексу узгодженості зазвичай порівнюють з еталонними значеннями показника узгодженості [15], так званим випадковим індексом WI , який залежить від кількості об'єктів, що порівнюються. 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 пороховане значення індексу не перевищує 10% еталонного значення для відповідної кількості аналізованих об'єктів.

Для нашого випадку $WI = 1,54$. Додатково результати оцінюють відношенням узгодженості: $WU = IU/WI$. Оскільки $IU = 0,065$, то, відповідно, $WU = 0,042$. 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 перешкод.

З врахуванням оптимізованих вагових значень факторів отримано оптимізовану ієрархічну модель перешкод на шляху реалізації ЕКЗ (рис. 4) та відповідну до неї оптимізовану модель пріоритетного впливу факторів, що перешкоджають реалізації Екологічної конституції Землі (рис. 5).

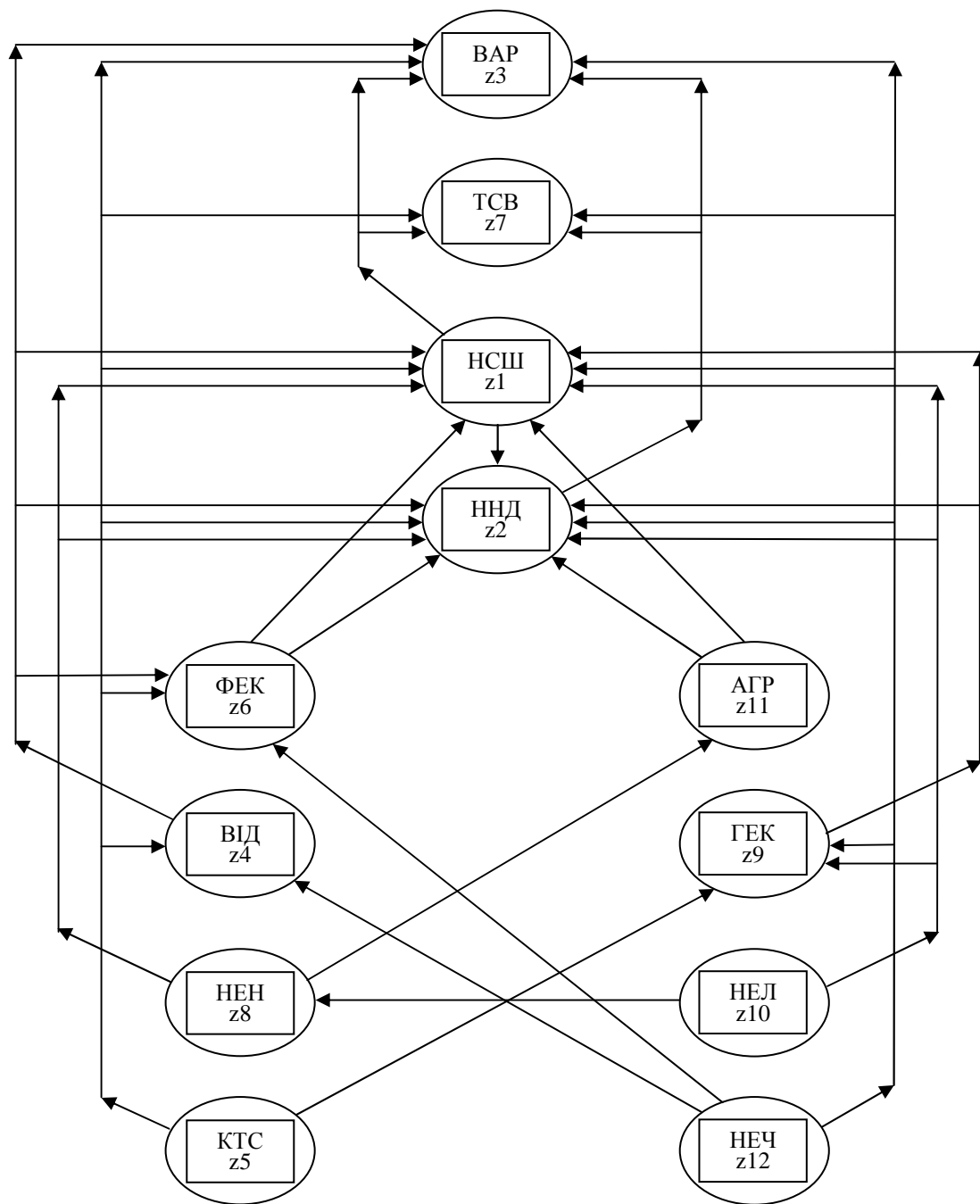


Рис. 4. Оптимізована модель ієрархії перешкод на шляху реалізації ЕКЗ

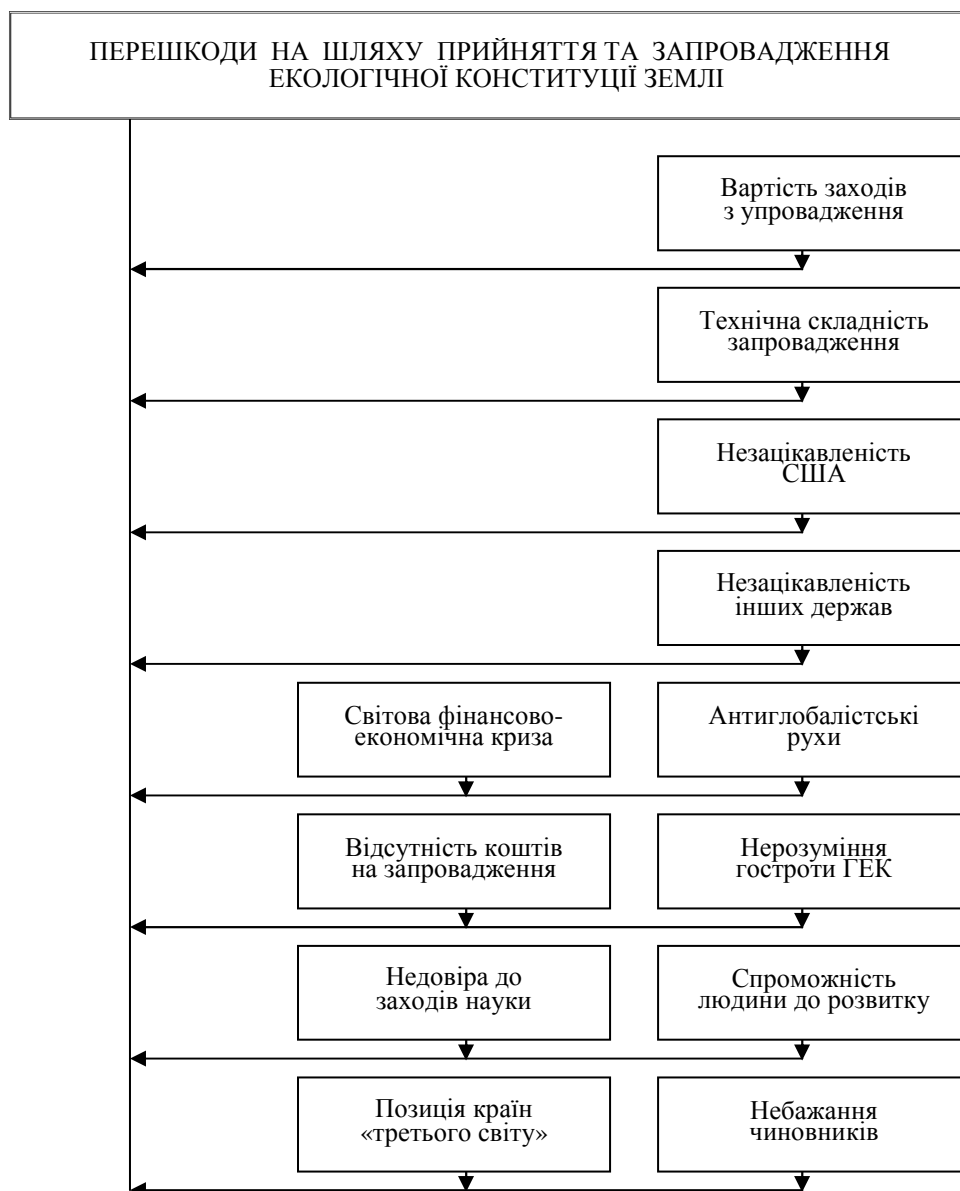


Рис. 5. Оптимізована модель пріоритетного впливу факторів, що перешкоджають реалізації ЕКЗ

Висновки

У результаті виконаного дослідження отримано нормалізовані вагові значення перешкод на шляху реалізації ЕКЗ (табл. 3). Ваги факторів оптимізовані за критерієм максимального значення власного вектора матриці попарних порівнянь, однак дещо неадекватно відображають ситуацію, відтворену у вихідній графічній моделі. Тому виникла потреба переглянути вихідний граф зв'язків між перешкодами, уточнити значення встановлених ваг їх значущості та відповідних їм величин попарних порівнянь, тобто розв'язати у деякому наближенні обернену задачу. Отже, завдання синтезу моделі ієрархії перешкод на шляху реалізації ЕКЗ та логічно пов'язаної з нею оптимізованої моделі пріоритетного впливу цих перешкод на процес запровадження ЕКЗ розв'язане. Отримані моделі можуть стати підґрунтям для прийняття обґрунтованих рішень з проблематики, пов'язаної з екологічними проблемами.

1. Екологічна конституція Землі : [у 2-х ч.] / за ред. Ю. Ю. Туниці. — Ч. 2. Методологічні засади. — Львів: РВВ Нац. лісотехн. ун-та України, 2011. — 440 с. 2. Туниця Ю. Ю. Фактори глобалізації і стратегія сталого розвитку / Ю. Ю. Туниця, Е. П. Семенюк, Т. Ю. Туниця // Вісник

Національної академії наук України. — 2004. — № 7. — С. 3–14. 3. Туниця Ю. Ю. Діалектика глобалізації в контексті екологічного імперативу / Ю. Ю. Туниця, Е. П. Семенюк, Т. Ю. Туниця // Вісник Національної академії наук України. — 2008. — № 2. — С. 8–24. 4. Туниця Ю. Ю. Методологічні основи Екологічної конституції Землі / Ю. Ю. Туниця, Е. П. Семенюк, Т. Ю. Туниця // Вісник Національної академії наук України. — 2010. — № 5. — С. 7–15. 5. Семенюк Е. П. Екологічна конституція Землі: ідея, концепція, перешкоди / Е. П. Семенюк, Т. В. Олянишен, В. М. Сеньківський, О. В. Мельников // Полігр. та вид. справа. — 2011. — № 3 (55). — С. 191–198. 6. Семенюк Е. П. Перешкоди на шляху реалізації Екологічної Конституції Землі: модель та ієрархія / Е. П. Семенюк, Т. В. Олянишен, В. М. Сеньківський, О. В. Мельников // Полігр. та вид. справа. — 2011. — № 4 (56). — С. 173–182. 7. Семенюк Е. П. Екологічна економіка : методологічна специфіка та зв'язки з філософією / Е. П. Семенюк // Філософські пошуки. — 2008. — Вип. XXVIII. Сучасні аспекти співвідношення філософії і науки. — С. 163–171. 8. Семенюк Е. П. Екологічна Конституція Землі : надія на завтрашній день планети / Е. П. Семенюк // Філософські пошуки. — 2010. — Вип. XXXII. Філософія і наука за умов формування інформаційного суспільства. — С. 20–28. 9. Семенюк Е. П. Екологічна філософія як закономірний результат історії людства / Е. П. Семенюк // Філософські пошуки. — 2009. — Вип. XXXI. Філософія. Історія. Культура. — С. 12–21. — (До 165-ої річниці «Львів. політехн.»). 10. Семенюк Е. П. Філософські засади сталого розвитку / Е. П. Семенюк. — Львів: Афіша, 2002. — 200 с. 11. Семенюк Э. П. Концепция Экологической Конституции Земли и информатика / Э. П. Семенюк // Науч.-техн. информ. — 2011. — № 1. — С. 1–12. — (Сер. 1. Организация и методика информ. работы). 12. Semeniyuk E. P. The Concept of the World Environmental Constitution and Information Science / E. P. Semeniyuk // Scientific and Technical Information Processing. — 2011. — Vol. 38. — № 1. — P.1–12. 13. Семенюк Э. П. Глобальные изменения климата; серьезный вызов эпохи / Э. П. Семенюк, Т. Н. Цырдя, А. Д. Урсул // Bioetica, Filosofia, Economia si Medicina in strategia de asigurare a securitatii umane. Materialele Conferintei a XV-a Stiintifice Internationale, 14 aprilie 2010. — Chisinau, 2010. — P. 148–153. 14. Семенюк Э. П. Концепция Экологической Конституции Земли: синтез науки и политики / Э. П. Семенюк, Т. Н. Цырдя, А. Д. Урсул // Bioetica, Filosofia si Medicina in strategia de asigurare a securitatii umane: cu desfasurarea in cadrul acesteia a mesei rotunde «Fundamentele bioetice ale cercetarilor biomedicale si genetice». Materialele Conferintei a XVI-a Stiintifice Internationale, 12-13 noiembrie 2010. — Chisinau, 2010. — P.145–150. 15. Лямец В. И. Системный анализ : вступительный курс / В. И. Лямец, А. Д. Тевяшев. — 2-е изд., перераб. и доп. — Х. : ХНУРЕ, 2004. — 448 с. 16. Саати Т. Принятие решений (метод анализа иерархий) : пер. с англ. / Т. Саати. — М.: Радио и связь. 1993. — 278 с. 17. Сявакко М.С. Інформаційна система «Нечіткий експерт» / М. С. Сявакко. — Львів: вид. центр ЛНУ ім. Івана Франка, 2007. — 320 с. 18. Сеньківський В. М. Оптимізація моделей ключових загроз на шляху до економіки знань в Україні / В. М. Сеньківський, А. М. Штангрет, О. В. Мельников // Наук. зап. (Укр. акад. друкарства). — 2011. — № 4 (37). — С. 60–78. 19. 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.