

– невисока вартість поновлення (контакти, отримані під час планування у програмно-орієнтованому підході, наступного разу будуть доступні для Замовника у форматі бази даних, вартість поновлення якої буде в 2,5–3 рази нижчою за перше створення);

– вигоди для Замовника (програмно-орієнтований підхід визначає критичні точки логістичного навантаження у кластерах розвитку даної території

та дає змогу порекомендувати щодо вдосконалення на ланцюгах доданої вартості у розвитку території (поселення), фінальні продукти залишаються у власності Замовника та можуть бути використані у майбутньому без участі зовнішніх експертів);

– переваги стратегічних партнерств (залучення відомих профільних фахівців, у т. ч. досвідчених територіальних координаторів, що є доступним для зовнішнього субвиконавця).

Список літератури:

1. Мельник Л.Т. Екологічна економіка / Л.Т. Мельник. – Суми : Університетська книга, 2002. – 346 с.
2. Бродель Ф. Матеріальна цивілізація, економіка і капіталізм, XV–XVIII ст. Т. 1. Структура повсякденності: можливе і неможливе / Ф. Бродель. – К. : Основи, 1995. – 543 с.
3. Основи стійкого розвитку: [навч. посіб.]. – Суми : Університетська книга, 2002. – 654 с.
4. Про схвалення Стратегії підвищення ефективності діяльності суб'єктів господарювання державного сектору економіки : Розпорядження Кабінету Міністрів України від 27 травня 2015 р. № 662-р [Електронний ресурс]. – Режим доступу : <http://zakon2.rada.gov.ua/laws/show/662-2015-%D1%80>.
5. Початковий зріз ситуації у громадах-партнерах проекту. Робочі матеріали проекту «Інтеграція ВПО у громадах України» / Міжнародна організація з міграції, 2015.
6. MPI Fact Sheet. October 2015 [Електронний ресурс]. – Режим доступу : <http://www.migrationpolicy.org/programs/migrants-migration-and-development>.

УДК 330.341

Шкарупа О.В., к. е. н., доцент,
докторант кафедри економіки та бізнес-адміністрування
Сумський державний університет

МОДЕЛЮВАННЯ ПРОЦЕСУ УПРАВЛІННЯ ЕКОЛОГІЧНОЮ МОДЕРНІЗАЦІЄЮ СОЦІАЛЬНО-ЕКОНОМІЧНОГО РОЗВИТКУ НАЦІОНАЛЬНОЇ ЕКОНОМІКИ*

Шкарупа О.В. Моделювання процесу управління екологічною модернізацією соціально-економічного розвитку національної економіки. Досліджено теоретико-методичні питання управління екологічною модернізацією соціально-економічного розвитку в контексті «зеленого» зростання національної економіки на основі FCM-аналізу. Встановлено особливості формування системи факторів-концептів, які впливають на рівень екологічної модернізації національної економіки. Встановлено, що для більш ефективного управління системою екологічної модернізації необхідно знати її структурні властивості, особливості причинно-наслідкових відносин між базисними факторами-концептами. Сформовано когнітивну модель управління екологічною модернізацією, що дає змогу визначати і групувати фактори-концепти, визначати критерії їх оцінки та розробити структуру управління всією системою. Доведено, що одним із найбільш позитивних факторів є фактори добротності модернізаційних змін.

Ключові слова: економіка, управління, екологічна модернізація, фактори-концепти, FCM-аналіз.

Шкарупа Е.В. Моделирование процесса управления экологической модернизацией социально-экономического развития национальной экономики. Исследованы теоретико-методические вопросы управления экологической модернизацией социально-экономического развития в контексте «зеленого» роста национальной экономики на основе FCM-анализа. Установлены особенности формирования системы факторов-концептов, которые влияют на уровень экологической модернизации национальной экономики. Установлено, что для более эффективного управления системой экологической модернизации необходимо знать ее структурные свойства, особенности причинно-следственных отношений между базисными факторами-концептами. Сформирована когнитивная модель управления экологической модернизацией, что позволяет определять и группировать факторы-концепты, определять

* Матеріал публікується в рамках НДР «Розроблення фундаментальних основ відтворювального механізму «зеленої» економіки в умовах інформаційного суспільства» (номер д/р 0115U000684).

критерии их оценки и разработать структуру управления всей системой. Доказано, что одним из самых позитивных факторов являются факторы добротности модернизационных изменений.

Ключевые слова: экономика, управление, экологическая модернизация, факторы-концепты, FCM-анализ.

Shkarupa O.V. Modeling the process of managing the environmental modernization of the socio-economic development of the national economy. The theoretical and methodological issues of managing the environmental modernization of social and economic development in the context of the "green" growth of the national economy on the basis of FCM-analysis are investigated. The peculiarities of the formation of factor-concepts system that influence the level of ecological modernization of the national economy are determined. It is determined that for more effective management of the system of ecological modernization it is necessary to know its structural properties, the features of the cause-effect relations between the basic factors-concepts. A cognitive model of environmental modernization management has been formed, which allows to define and group the concept factors, to determine the criteria for its evaluation, and to develop the management structure for the hole system. It is proved that one of the most positive factors are the factors of quality of modernization changes.

Keywords: economy, management, environmental modernization, factors, FCM-analysis.

Постановка проблеми. Наявні системи управління якістю процесу управління соціально-економічним розвитком недостатньо забезпечують якість заходів, які проводяться для екологічної модернізації, та, відповідно, очікуваних результатів. Для підвищення їх ефективності необхідна нова система управління процесом упровадження екомодернізаційних змін. Завдання дослідження постає у тому, що моделювання процесу впровадження екологічно орієнтованих модернізаційних змін у національній економіці є дуже складною проблемою, пов'язаною з слабоструктурованою і слабоформалізованою природою соціально-економічних систем через різну розмірність даних. Водночас вирішення проблем управління екологічною модернізацією (ЕМ) сприятиме соціально-економічному розвитку національної економіки та її більш ефективній інтеграції у світовий економічний простір.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Питання застосування нечіткого когнітивного моделювання, яке є базовим методом даного дослідження, розглядаються у світовій практиці усе частіше. Цей метод застосовують для моделювання процесів управління освітою, для прогнозування динаміки виробничих процесів, для управління бізнесом та ін.

Питання сутності, визначення особливостей застосування даного методу під час управління соціально-економічними системами в контексті сталого розвитку розглядали такі відомі вчені, як З. Авдєєва, Р. Аксельрод, Б. Коско, С. Коврига, В. Максимов, Р. Солсо, Т. Таран, В. Шемаєв, Ф. Робертс, Г. Сіроткін, Ю. Паршин, W. Stach, L. Kurgan та ін.

Необхідно зазначити, що, незважаючи на плідний внесок учених у розвиток цього напрямку, низка питань теоретико-методичного та практичного характеру з визначення особливостей та розроблення механізму управління ЕМ соціально-економічних систем залишаються остаточно не розв'язаними. Це зумовлює необхідність даного наукового дослідження.

Постановка завдання. Метою статті є теоретико-методичне обґрунтування нової системи управління процесом ЕМ соціально-економічних систем для з'ясування їх здатності до економічного зростання в умовах екологічних обмежень та «зеленого» зростання національної економіки. Для досягнення зазначеного було вирішено такі завдання: проведено аналіз особливостей побудови нечітких когнітивних карт (FCM- Fuzzy Cognitive Map), визначено алгоритм побудови FCM-аналізу, проведено моделювання процесу управління ЕМ за сценарієм «що – якщо», визначено сутність факторів, які впливають на процес управління ЕМ соціально-економічних систем.

Виклад основних результатів. Нечітка когнітивна карта являє собою орієнтований граф зі зворотнім зв'язком [1, с. 67]. Вершини, або вузли, цього графа C_i відображають фактори, а ребра (дуги) W_{ij} – взаємозв'язки між факторами C_i та C_j [2, с. 2251–2261]. У результаті аналізу предметної сфери процесу ЕМ соціально-економічних систем нами були виділені 89 факторів-концептів, що впливають на процес ЕМ у цілому, які становлять основу системи управління ЕМ. До груп факторів нами віднесено такі: економічні (x_1), соціальні (x_2), екологічні (x_3), природо-ресурсні (x_4), інституційні (x_5), демографічні (x_6), наукові (x_7), інформаційні (x_8), виробничо-технологічні (x_9), інфраструктурні (x_{10}), ресурсні (x_{11}), організаційно-економічні (x_{12}), освітні (x_{13}), суспільні (x_{14}), міжнародні (x_{15}), фактори добротності модернізаційних змін (x_{16}), ентропійні фактори (x_{17}). Кожна група складається із сукупності окремих показників для кількісної оцінки та визначень взаємозв'язків у системі. Зокрема, до групи факторів добротності модернізаційних змін (x_{16}) віднесено такі її складники: ефективність використання ресурсів (економія ресурсів) ($x_{16.1}$), показники утилізації відходів, у т. ч. високотехнологічних ($x_{16.2}$), енергозбереження та енергоефективність ($x_{16.3}$), частка «зеленого» зростання економіки ($x_{16.4}$), рециркуляційне матеріалоспоживання ($x_{16.5}$), попе-

реджені соціально-екологічні збитки ($x_{16,6}$), перехід «від продукту до послуги» ($x_{16,7}$), альтернативність використання енергії ($x_{16,8}$), терміни та строки впровадження проектів ЕМ порівняно з терміном програми ЕМ регіону (галузі) ($x_{16,10}$).

Нижче на їх основі нами буде побудована когнітивна модель нової системи управління якістю ЕМ. Пронумеруємо всі розглядувані фактори від 1 до n та занесемо значення зв'язків між ними до таблиці, таким чином отримаємо матрицю суміжності W розміром $n \times n$. Причому i -й рядок в W визначає, до якого з факторів існує вплив від C_i . Ненульові елементи на головній діагоналі W указують на те, що фактор впливає сам на себе. Оскільки нечітка логіка використовує значення з інтервалу $[0, 1]$, то рядки W міститимуть значення від -1 до 1, причому [3, с. 35]:

$$\begin{cases} w_{ij} > 0, \text{ виражає позитивний зв'язок,} \\ w_{ij} < 0, \text{ виражає негативний зв'язок,} \\ w_{ij} = 0, \text{ відображає відсутність зв'язку.} \end{cases}$$

Тут додатне значення $w_{ij} > 0$ означає, що зростання величини фактора C_i призводить до збільшення значення C_j , та навпаки, спадання C_i зменшує C_j . Від'ємна ж величина $w_{ij} < 0$ означає зворотній вплив: зростання значення першого фактора призводить до зменшення другого, та навпаки. Ступінь впливу фактора C_i на C_j визначається за величиною самого значення w_{ij} . За аналогією з роботами [4; 5] та зважаючи на вищесказане, класифікуємо значення w_{ij} за силою та напрямом зв'язку. Дані зведемо до табл. 1.

Таблиця 1
Таблиця відповідності сили впливу числовим значенням [4; 5]

Тип впливу	Сила впливу	Числові значення
Позитивний зв'язок	дуже сильний	від 0,8 до 1
	сильний	від 0,6 до 0,8
	середній	від 0,4 до 0,6
	слабкий	від 0,2 до 0,4
	дуже слабкий	від 0 до 0,2
Не пов'язані	відсутня	0
Негативний зв'язок	дуже слабкий	від 0 до -0,2
	слабкий	від -0,2 до -0,4
	середній	від -0,4 до -0,6
	сильний	від -0,6 до -0,8
	дуже сильний	від -0,8 до -1

Загалом сила окремого фактора визначається як вплив кожного з факторів, обчислена за певним правилом [2, с. 99]. Позначимо значення всіх факторів $C_i, i = 1, n$ на k -му кроці через вектор $X^{(k)}$. Тоді на $k-1$ -му кроці цей вектор позначатиметься через $X^{(k-1)}$. Можемо записати правило для знаходження впливу фактора наступним чином [2, с. 2253]:

$$X^{(k)} = f(W^T X^{(k-1)}), \quad (1)$$

де f – сигмоїдна функція, а W^T – транспонована матриця.

Як функція f найчастіше використовується така порогова функція активації:

$$f(x) = \frac{1}{1 + e^{-\lambda x}}, \quad (2)$$

де λ – додатне дійсне число.

Хоча можливе використання будь-якої функції, яка переводить значення аргумента в інтервал $[0, 1]$ або $[-1, 1]$, зокрема, $\tanh(x), \tanh(x/2)$. У наших подальших дослідженнях ми використовуємо біполярну сигмоїдну функцію активації

$$f(x) = \frac{2}{1 + e^{-\lambda x}} - 1, \quad (3)$$

оскільки її область значень знаходиться в інтервалі $[-1, 1]$, що дає змогу отримати негативний зв'язок між факторами.

Рівняння (3) у матричній формі виглядає так:

$$\begin{pmatrix} x_1 \\ x_2 \\ \vdots \\ x_n \end{pmatrix}^{(k)} = f \left[\begin{pmatrix} w_{11} & w_{21} & \dots & w_{n1} \\ w_{12} & w_{22} & \dots & w_{n2} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ w_{1n} & w_{2n} & \dots & w_{nn} \end{pmatrix} \begin{pmatrix} x_1 \\ x_2 \\ \vdots \\ x_n \end{pmatrix}^{(k-1)} \right]. \quad (4)$$

Перепишемо останню рівність в алгебраїчній формі та врахуємо визначення дане в роботі [2, с. 2253–2255].

$$x_i^{(k)} = f \left[\sum_{j=1}^n x_j^{(k-1)} w_{ji} + w_{ii} x_i^{(k-1)} \right], \quad (5)$$

де значення w_{ii} відображають елементи головної діагоналі матриці W , а w_{ji} – транспоновану матрицю W , тобто взаємозв'язок від C_j до C_i .

Після визначення усіх змінних, необхідних значень та зв'язків між ними алгоритм визначення рівноважних значень виглядає так [3].

Крок 1. Визначається початковий вектор $X^{(0)}$, що відповідає факторам на основі припущень та доступних знань.

Крок 2. Множиться початковий вектор $X^{(0)}$ та матриця W відповідно до рівняння (5).

Крок 3. Отриманий вектор X оновлюється, використовуючи рівняння (2) та (5).

Крок 4. Новий вектор $X^{(k)}$ розглядається як початковий на наступній ітерації.

Крок 5. Кроки 2–4 повторюються, доки не виконується умова $X^{(k)} - X^{(k-1)} \leq e = 0,001$ (тут різниця знаходиться між елементами вектора X з однаковими номерами та визначається максимальне її значення).

Після того як максимальне значення різниці елементів задовольняють умові на кроці 5, рівноважне значення знайдене і приймається $X^{(k)}$. Таким чином, FCM дає змогу представити якісне моделювання та експеримент для динамічної системи. Такий тип моделювання дає змогу дослідити сценарії «що – якщо». Для цього

необхідно провести моделювання для даної моделі за різних значень початкового вектора. Моделювання дає змогу описати динамічну поведінку системи, що може бути використане під час прийняття рішень або прогнозу майбутніх станів [6, с. 25].

Дослідимо вплив факторів на процес управління ЕМ на основі матриці суміжності, в якій значення отримані методом експертних оцінок. Для цього за допомогою мови програмування R розробимо програму та реалізуємо її в середовищі RStudio – 1.0.136. Для побудови когнітивних карт використаємо бібліотеку FCMapper. За допомогою експертного методу оцінок була отримана матриця суміжності графа. З огляду на великий її розмір (89×89), наведемо остаточні результати розрахунків.

Знайдемо рівноважні числові значення впливу факторів, тобто вектор X . Для цього скористаємося формулами (3) та (5), приймаючи значення $\lambda=1$. Як початковий вектор X візьмемо вектор, усі елементи якого дорівнюють одиниці, тобто $X^{(0)T} = (1,1,1,1,1,1,1,1,1,1,1,1,1,1,1,1,1)$. Після першої ітерації його значення зменшуються і набувають таких значень:

$$X^{(1)} = \begin{pmatrix} x_1 = 0,999 \\ x_2 = 0,941 \\ x_3 = 0,935 \\ x_4 = 0,905 \\ x_5 = 0,848 \\ x_6 = 0,905 \\ x_7 = 0,800 \\ x_8 = 0,571 \\ x_9 = 0,762 \\ x_{10} = 0,462 \\ x_{11} = 0,998 \\ x_{12} = 0,462 \\ x_{13} = 0,501 \\ x_{14} = 0,462 \\ x_{15} = 0,994 \\ x_{16} = 0,970 \\ x_{17} = -0,861 \end{pmatrix}, \quad (6)$$

Як бачимо з (6), існує як мінімум один фактор із негативним впливом. Знайдемо рівноважні значення. Після одинадцятої ітерації отримуємо значення, які задовольняють умові $X^{(11)} - X^{(10)} \leq 0,001$. Таким чином, рівноважними будуть значення $X^{(11)}$, які приймають такі значення:

$$X^{(11)} = \begin{pmatrix} x_1 = 0,993 \\ x_2 = 0,819 \\ x_3 = 0,893 \\ x_4 = 0,842 \\ x_5 = -0,396 \\ x_6 = 0,868 \\ x_7 = 0,301 \\ x_8 = -0,255 \\ x_9 = 0,530 \\ x_{10} = 0,0004 \\ x_{11} = 0,934 \\ x_{12} = 0,0004 \\ x_{13} = 0,099 \\ x_{14} = 0,0004 \\ x_{15} = 0,937 \\ x_{16} = 0,912 \\ x_{17} = -0,889 \end{pmatrix}, \quad (7)$$

Із (7) видно, що відповідно до табл. 1 у трьох факторів відсутня сила впливу, оскільки їхні значення $\approx 0,0004$, тому виключимо фактори X_{10}, X_{12}, X_{14} із розгляду та продовжимо дослідження.

Всі позитивні зв'язки між факторами на графі представлені дугами чорного кольору, негативні – червоного. Відсутність «петель» указує на той факт, що жоден із факторів не впливає сам на себе. Ступінь впливу залежить від товщини дуг: для мінімальних товщина найменша, для найбільшого впливу – найбільша.

Аналогічно до попереднього випадку приймаємо вектор X із початковими значеннями, які дорівнюють одиницям. На десятій ітерації значення задовольняють умові кроку 5 із попереднього пункту та приймають значення.

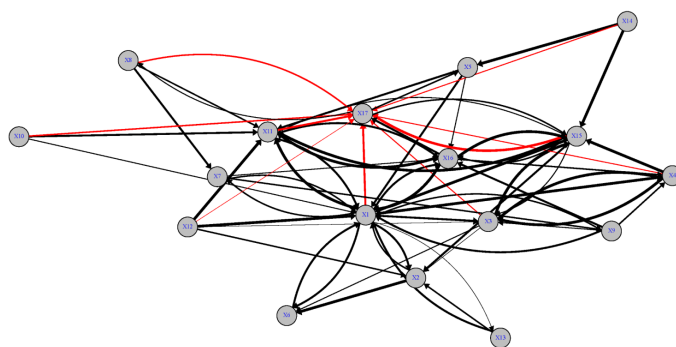


Рис. 1. Когнітивна карта процесу ЕМ

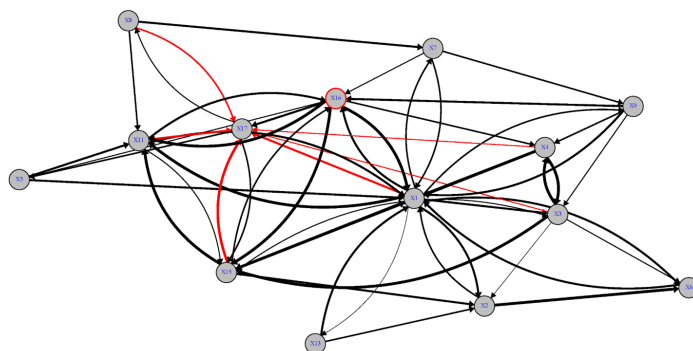


Рис. 2. Когнітивна карта процесу ЕМ після виключення факторів, у яких відсутній вплив

$$X^{(10)r} = \begin{pmatrix} x_1 = 0,993 \\ x_2 = 0,819 \\ x_3 = 0,893 \\ x_4 = 0,842 \\ x_5 = -0,398 \\ x_6 = 0,868 \\ x_7 = 0,304 \\ x_8 = -0,254 \\ x_9 = 0,533 \\ x_{11} = 0,934 \\ x_{13} = 0,099 \\ x_{15} = 0,937 \\ x_{16} = 0,912 \\ x_{17} = -0,889 \end{pmatrix}, \quad (8)$$

Значення вектора з (8) відрізняються від відповідних елементів (7) на третьому знаку після коми. Згідно з табл. 1, наші фактори можна класифікувати за силою впливу:

- дуже сильний позитивний вплив мають фактори $x_1, x_2, x_3, x_4, x_6, x_{11}, x_{15}, x_{16}$;
- середній позитивний вплив – x_9 ;
- слабкий позитивний – x_7 ;
- дуже слабкий позитивний – x_{13} ;
- відсутній вплив – x_{10}, x_{12}, x_{14} ;
- слабкий негативний вплив – x_5, x_8 ;
- дуже сильний негативний вплив – x_{17} .

Побудована модель за допомогою FCM-аналізу дасть змогу:

- 1) виявити фактори, що здійснюють найбільший вплив на всю систему в цілому, і розробити оптимальні стратегії прийняття рішень;
- 2) підвищити ефективність процесів ЕМ, оптимізувати їх і вдосконалити шляхом зміни параметрів, які впливають на функціонування базових складників;
- 3) дослідити структуру системи й отримати прогнози її поведінки за різних керуючих впливів для пошуку оптимальних стратегій управління;
- 4) прогнозувати стан системи в часі і провести оцінку поточної ситуації;
- 5) оцінити можливі наслідки управлінських рішень і визначити, чи можуть ці рішення дестабілізувати систему й які якісні зміни відбудуться в концептах після того, як ці рішення будуть виконані.

Висновки. Таким чином, для більш ефективного управління системою ЕМ необхідно знати її структурні властивості, особливості причинно-наслідкових відносин між базисними факторами-концептами. У побудованій нами когнітивній карті представлено найбільш важливі, безпосередні зв'язки між факторами – концептами зв'язку, які впливають на якість ЕМ у цілому. Однак для повного аналізу причинно-наслідкової структури нової системи управління якістю ЕМ необхідно враховувати різні рівні господарювання щодо взаємних впливів факторів, у тому числі неявних взаємних впливів.

Список літератури:

1. Stylios, C.D., V. C. Georgopoulos, and P. P. Groumpos (1997a). "The Use of Fuzzy Cognitive Maps in Modeling Systems", Proc. of 5 th IEEE Med. Conf. on Control & Systems, Paphos, Cyprus, paper 67 of CD-ROM.
2. Chrysostomos D. Stylios E Peter P. Groumpos Mathematical Formulation of Fuzzy Cognitive Maps // Proceedings of the 7th Mediterranean Conference on Control and Automation (MED99) Haifa, Israel – June 28-30. – 1999. – P. 2251–2261.
3. Elpiniki I. Papageorgiou, Konstantinos E. Parsopoulos, Chrysostomos S. Stylios, Petros P. Groumpos, Michael N. Vrahatis Fuzzy Cognitive Maps Learning Using Particle Swarm Optimization // Journal of Intelligent Information Systems, 25:1, 95–121, 2005.
4. Сироткин Г.В. Когнитивная модель новой системы управления качеством образования вуза в целом / Г.В. Сироткин // Технические науки: от теории к практике : сб. ст. по матер. XXIX междунар. науч.-практ. конф. – № 12(25). – Новосибирск : СибАК, 2013.
5. Zhongming Chen, Yan Yan, Jia Hao and Guoxin Wang Fuzzy Cognitive Maps-Based Method for Modelling Tacit Knowledge of Scheme Evaluation // International Symposium on Material, Energy and Environment Engineering. – 2015. – P. 570–573.

6. Stach W., Kurgan L.A., and Pedrycz W. Expert-based and Computational Methods for Developing Fuzzy Cognitive Maps, In: Glykas, M., Fuzzy Cognitive Maps: Advances in Theory, Methodologies and Applications, Springer (ISBN-10: 36-42032-19-2), 2010.
7. Arnulf Grübler The Rise and fall of infrastructures Dynamics of evolution and technological change in transport // Physica-Verlag Heidelberg. – 1990. – P. 305.
8. Абрамова Н.А. Некоторые критерии достоверности моделей на основе когнитивных карт / Н.А. Абрамова, С.В. Коврига // Проблемы управления. – 2008. – № 6. – С. 23–33.
9. Авдеева З.К. Когнитивное моделирование для решения задач управления слабоструктурированными системами (ситуациями) / З.К. Авдеева, С.В. Коврига, Д.И. Макаренко // Институт проблем управления РАН. – 2010. – № 16 – С. 26–39.
10. Максимов В.И. Когнитивные технологии для поддержки принятия управленческих решений / В.И. Максимов, Е.К. Корноушенко, С.В. Качаев // Вопросы экономики. – 1999. – № 8(25). – С. 87–109.
11. Переверза Е.В. Сценарный подход в задачах анализа сложных социальных систем / Е.В. Переверза // Системні дослідження та інформаційні технології. – 2011. – № 1. – С. 133–143.
12. Шемаева Л.Г. Методика організації проведення колективної багатоваріантної експертизи ринкових ситуацій в ході планування сценаріїв управління взаємодією підприємства із зовнішнім середовищем / Л.Г. Шемаева // Коммунальное хозяйство городов. – 2005. – № 62. – С. 270–278.
13. Ялдин І.В. Когнітивне моделювання у прогнозуванні сценаріїв стратегії стійкого розвитку інтегрованої структури бізнесу / І.В. Ялдин // Проблеми економіки. – 2011. – № 4. – С. 142–150.
14. Паршин Ю.І. Когнітивне моделювання сталого розвитку національного господарства / Ю.І. Паршин // Ефективна економіка. – 2015. – № 1 [Електронний ресурс]. – Режим доступу : <http://www.economy.nayka.com.ua/?op=1&z=3728>.