

## КОГНІТИВНЕ МОДЕЛЮВАННЯ В УПРАВЛІННІ ПІДПРИЄМНИЦЬКОЮ СТРУКТУРОЮ ЯК ЕКОЛОГО-ЕКОНОМІЧНОЮ СИСТЕМОЮ

*Л. В. Тимошенко, к. е. н., доцент, НТУ «Дніпровська політехніка»,  
Tymoshenko.L.V@ntu.one, orcid.org//0000-0003-4869-8244,*

*С. А. Ус, к. ф. м. н., доцент, НТУ «Дніпровська політехніка»,  
us.s.a@ntu.one, orcid.org//0000-0003-0311-9958*

**Методологія дослідження.** Результати отримано за рахунок застосування методів когнітивного моделювання – при дослідженні процесів впливу економічної діяльності підприємницької структури на стан довкілля; багатовимірною регресійного аналізу – при визначенні коефіцієнтів впливу факторів когнітивної моделі на цільові показники; когнітивного аналізу та імпульсного управління – при проведенні числових експериментів і визначенні оптимальної стратегії управління для досягнення бажаного стану.

**Результати.** Встановлено, що підприємницькі структури, які здійснюють виробничо-господарську діяльність та активно використовують природні ресурси, являють собою слабо-структуровані системи на підставі того, що з достатньою повнотою не визначені як сама система факторів, так і зв'язки між ними. Тому до цих структур доцільно застосовувати когнітивний аналіз. Побудовано когнітивну модель діяльності компанії паливно-енергетичного комплексу з урахуванням еколого-економічних аспектів. На основі побудованої когнітивної моделі проведено прогнозування стану підприємницької структури та визначено управляючі впливи, які забезпечують досягнення бажаних еколого-економічних показників діяльності компанії за певний період часу. Доведено, що когнітивне моделювання доцільно застосовувати для підвищення обґрунтованості прийняття управлінських рішень при виробленні сценарію досягнення бажаного стану підприємницької структури з урахуванням певного рівня забезпечення природоохоронної діяльності.

**Новизна.** Удосконалено методичний підхід до обґрунтування прийняття управлінських рішень щодо функціонування та розвитку підприємницької структури як еколого-економічної системи на підставі застосування когнітивного моделювання.

**Практична значущість.** Використання когнітивного аналізу для вироблення сценарію досягнення бажаного стану підприємницької системи з урахуванням еколого-економічних аспектів діяльності дозволить отримувати інформаційно-аналітичний матеріал для підвищення обґрунтованості прийняття управлінських рішень.

**Ключові слова:** когнітивне моделювання, когнітивний аналіз, управляючий вплив, системний підхід, підприємницька структура, еколого-економічна система.

**Постановка проблеми.** Ведення підприємницької діяльності в умовах сучасного бізнес-середовища не дозволяє чітко визначити основні чинники досягнення визначеної мети, а тому прийняття обґрунтованих управлінських рішень потребує відповідного інформаційно-аналітичного забезпечення.

В умовах розвитку ринкового методу господарювання виходять на перший план проблеми щодо довготермінового й поточного планування діяльності чи можливостей

виробничо-господарських структур [1]. Це обумовлює доцільність застосування когнітивного моделювання, яке дозволяє встановити сценарій розвитку подій при відповідному ситуації наборі взаємозалежних факторів.

Діяльність компаній паливно-енергетичного комплексу України характеризується певною неузгодженістю економічного розвитку і екологічних вимог, що

обумовлює їх значне техногенне навантаження на навколишнє природне середовище. Тому управлінські рішення стосовно функціонування та розвитку компанії, що в силу технологічних особливостей виробничих процесів суттєво впливає на стан довкілля, потребують аналітичного обґрунтування, яке базується на когнітивному моделюванні еколого-економічних процесів.

**Аналіз останніх досліджень і публікацій.** Науковцями активно використовується системно-ситуаційний підхід при дослідженні виробничо-господарських процесів, економічних та екологічних явищ, проблем управління на рівні самостійних суб'єктів господарювання.

Так, визначаючи сутність поняття «підприємницька структура» за системним підходом, З. Я. Шацька [2], наголошує на можливості здійснення комплексного вивчення підприємницької структури як складного об'єкта, розглядаючи її як єдину цілісну систему.

В роботі [3] з метою розроблення відповідних теоретичних засад в системі антикризового управління виробничо-господарськими структурами обґрунтовано основні закономірності їх функціонування і розвитку за умови виникнення кризової ситуації. Дослідження [4] спрямовано на визначення та впровадження інноваційних підходів в управління виробничо-господарських систем.

Поняття «еколого-економічна система» дає можливість здійснити системний підхід при дослідженні проблеми взаємодії виробничого підприємства з навколишнім середовищем [5]. Розум Р. І., Буряк М. В., Любезна І. В. [6] визначаючи у складі еколого-економічної системи дві взаємопов'язані підсистеми: екологічну та економічну, наголошують на тому, що об'єднуючою ланкою між ними є сфера природокористування як основа, яка забезпечує реалізацію економічних процесів, оскільки без освоєння природних ресурсів неможливо здійснювати підприємницьку діяльність.

Специфіка застосування засобів когнітивного моделювання полягає в їх орієнтованості на конкретні умови розвитку ситуації в тій або іншій предметній області [7]. І.

В. Ялдінім [8] визначено переваги когнітивного моделювання при управлінні та прогнозуванні стійкого розвитку інтегрованих структур бізнесу. В роботі [9] запропоновано формування стратегічних сценаріїв управління інноваційністю машинобудівних підприємств на основі когнітивного моделювання.

При цьому можливість застосування методики аналізу діяльності підприємницької структури з врахуванням еколого-економічних аспектів її функціонування, заснованої на когнітивному моделюванні, практично не досліджена, що вказує на актуальність даного дослідження.

**Формулювання мети статті.** Метою даної роботи є удосконалення методичного підходу до обґрунтування прийняття управлінських рішень щодо функціонування та розвитку підприємницької структури як еколого-економічної системи на підставі застосування когнітивного моделювання.

**Виклад основного матеріалу дослідження.** Для будь-якої підприємницької структури важливою задачею є дослідження сценаріїв її розвитку, враховуючи можливі ситуації, а також визначення шляхів досягнення бажаного рівня показників її діяльності, через цілеспрямовані управлінські впливи.

Розв'язування цих задач можна розбити на такі етапи:

1. Побудова математичної моделі діяльності підприємницької структури, враховуючи економіко-екологічні аспекти.

2. Дослідження динаміки основних показників діяльності підприємницької структури протягом заданого періоду.

3. Визначення управляючого впливу, за якого досягаються бажані показники діяльності підприємницької структури за певний період часу.

Підприємницькі структури, які здійснюють виробничо-господарську діяльність, активно використовуючи природні ресурси, являють собою слабо-структуровані системи, функціонування яких описується великим набором факторів, причому не всі з цих факторів відомі заздалегідь. Зв'язки між факторами також часто є неявними, а інколи, і самі фактори, і зв'язки між ними можуть визначатися лише в процесі дослід-

ження. Тому для розв'язування поставленої задачі доцільно застосовувати когнітивний аналіз, який є орієнтованим саме на дослідження слабо-структурованих систем.

Когнітивний підхід до моделювання і управління слабо-структурованими системами передбачає розробку формальних методів і моделей, які містять або враховують когнітивні можливості (розуміння, сприйняття, пояснення уявлення), підтримуючи інтелектуальний процес при вирішенні завдань управлінського характеру [10].

Сутність цього підходу полягає в тому, що складні процеси і системи відображаються у спрощеному, інтуїтивно-зрозумілому вигляді, який дозволяє дослідити можливі сценарії розвитку системи.

До основних напрямків використання когнітивних моделей належать такі:

- аналіз впливів;
- аналіз динаміки зміни стану (прогноз розвитку ситуації);
- аналіз стійкості;
- сценарний аналіз;
- пошук управлінських впливів;
- оцінювання і інтерпретації прогнозів розвитку ситуації.

Дослідники приводять різний перелік етапів когнітивного аналізу. Їх схематичний огляд подано у роботі [10]. Але всі вони, розрізняючись у деталях співпадають у головному. Отже при проведенні когнітивного аналізу необхідно виконати такі кроки:

1. Сформулювати мету і завдання дослідження.

2. Вивчити проблемну ситуацію з позиції поставленої мети, що означає збір, систематизацію та аналіз існуючої статистичної та якісної інформації щодо системи і її зовнішнього середовища, визначення властивих досліджуваній ситуації вимог, умов і обмежень.

3. Виділення основних факторів, що впливають на розвиток ситуації.

4. Визначення взаємозв'язку між факторами (побудова когнітивної карти у вигляді орієнтованого графа).

5. Вивчення сили взаємовпливу різних факторів. Для цього використовуються як математичні моделі, які описують деякі точно виявлені кількісні залежності між факторами, так і суб'єктивні уявлення експерта

щодо формалізації якісних взаємин факторів.

6. Перевірка адекватності отриманої на попередніх кроках когнітивної моделі реальної ситуації (верифікація когнітивної моделі).

7. Дослідження за допомогою когнітивної моделі можливих варіантів розвитку системи та виявлення шляхів, механізмів впливу на ситуацію з метою досягнення бажаних результатів.

Кроки 3–5 описують побудову когнітивної моделі у вигляді зваженого графу, кроки 6 та 7 – дослідження і використання отриманої моделі.

Зауважимо, що є дві основні проблеми, які виникають перед дослідниками при побудові когнітивної моделі.

Перша – це визначення і ранжування факторів, тобто елементів системи, які є суттєвими для дослідження даної ситуації.

Друга – виявлення і опис зв'язків між цими факторами. У найпростішому випадку ми можемо назвати лише напрям цього зв'язку – позитивний (коли при збільшенні одного показника значення іншого також збільшується) і негативний (коли при збільшенні одного показника значення іншого зменшується). Навіть такі зв'язки іноді складно виявити, оскільки фактори можуть бути пов'язані не прямо, а через ланцюг інших факторів. Більш складною задачею є визначення вагових коефіцієнтів, які описують не тільки напрям, а і силу впливу одного показника на інший.

Класична когнітивна карта (КК) являє собою зважений орієнтований граф, в якому вершини відповідають факторам (показникам), суттєвим для досліджуваної ситуації, а дуги описують зв'язки між цими факторами. Як правило, серед вершин виділяють одну або кілька тих, що є цільовими, тобто відповідають показникам, які ми маємо дослідити, і певний набір вершин, якими ми можемо керувати, тобто подавати на них певні управлінські впливи з метою досягти бажаних значень цільових вершин.

Таким чином, когнітивні карти дозволяють здійснювати статичний аналіз, тобто аналіз досліджуваної ситуації за допомогою вивчення структури взаємних впливів концептів когнітивної карти, та динамічний

аналіз, який полягає у генерації можливих сценаріїв розвитку ситуації у часі.

Задача 1. Побудова когнітивної моделі.

Проведення заходів щодо охорони навколишнього середовища і раціонального використання природних ресурсів є складовою частиною виробничо-господарської діяльності підприємств, що відображаються не тільки в екологічних, але й в економічних результатах [11]. При цьому екологічна система на кожному підприємстві має передбачати природоохоронні заходи, які, з одного боку, зменшують порушення довкілля або запобігають шкідливому впливу забруднення на реципієнтів, з іншого – усувають наслідки забруднення [12]. А системний підхід передбачає врахування як витрат, які виникають при реалізації природоохоронного проекту, так і вигод, що мають екологічні, економічні і соціальні аспекти [13]. Тому для дослідження виробничо-господарської діяльності компанії як еколого-економічної системи було виділено такі основні показники (фактори), котрі будуть вершинами когнітивної карти (КК):

1 – інвестиції у природоохоронну діяльність, млн. грн. – це кошти, які компанія вкладає у реалізацію різноманітних екологічних проектів, спрямованих на покращення стану навколишнього природного середовища.

2 – чистий грошовий потік, млн. грн. – являє собою різницю між грошовими надходженнями компанії та її витратами у розглянутий період часу.

3 – видобуток вугілля, тис. т. – це обсяг вугілля, видобутого за даний період часу.

4 – вироблення електроенергії, млн. кВт\*год. – обсяг електроенергії, що була генерована внаслідок діяльності компанії.

5 – питомі викиди в атмосферу, т./т. – обчислено як відношення загальних викидів в атмосферу до обсягу видобутого вугілля.

Характеристику викидів в атмосферу було взято саме у такому вигляді, оскільки викиди в навколишнє середовище залежать не лише від застосовуваної технології очищення, але й від обсягів виробництва. Використання питомих викидів в атмосферне по-

вітря дає можливість оцінити саме ефективність екологічної діяльності компанії, оскільки вони відображають скільки тонн викидів приходить на одну тонну видобутого вугілля.

6 – питомі скиди стічних вод, куб. м. / кВт\*год – дорівнює відношенню об'єму загального скиду стічних вод до виробленої електроенергії і демонструє скільки кубічних метрів стічних вод приходить на одну кіловат-годину виробленої енергії.

На першому етапі оцінювання напрямку та наявності зв'язків між виділеними факторами проводилось шляхом опитування експертів. Так було виявлено, що можна прослідити наступні зв'язки:

зі збільшенням грошового потоку зростає сума, яку компанія може інвестувати в охорону природи (ребро КК 2-1);

оскільки видобуток вугілля виступає один з основних чинників формування доходу компанії, то його збільшення призводить до зростання чистого грошового потоку (ребро КК 3-2);

компанія генерує електроенергію для дистрибуції користувачам, що безпосередньо впливає на грошовий потік компанії (ребро КК 4-2);

збільшення інвестицій в охорону навколишнього природного середовища дозволяє запровадити більш дієві заходи, що призводить до зменшення як питомих викидів в атмосферне повітря, так і питомих скидів стічних вод, що описують вплив виробничої діяльності підприємства на стан довкілля (ребра КК 1-5 та 1-6).

На основі вище зазначеного можна побудувати таку когнітивну карту (КК) (рис. 1).

Ця карта відображає тільки напрямки зв'язків між факторами. Проте задля вирішення поставленої задачі замало лише наявності зв'язків, необхідно кількісно оцінити взаємовплив факторів. Тобто необхідно зважити ребра когнітивної карти, задати значення, які будуть кількісно відображати ступінь впливу вершин одна на одну.

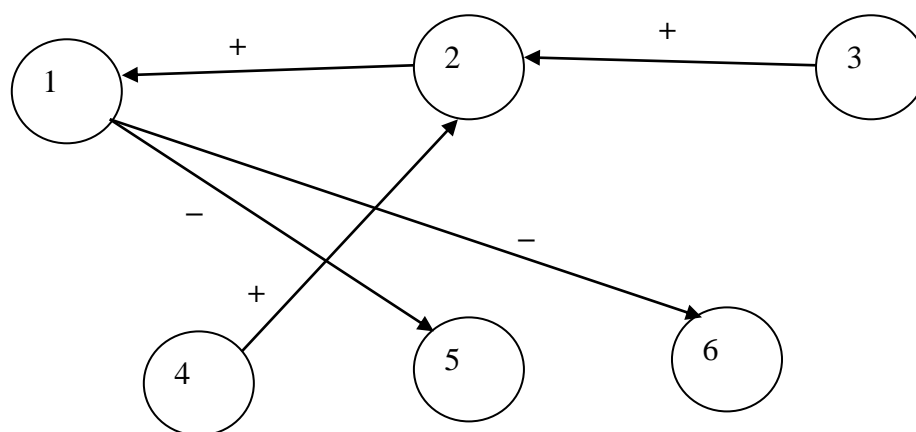


Рис. 1. Когнітивна карта діяльності компанії з урахуванням еколого-економічних аспектів

Для цього на основі статистичних даних [14] проведемо регресійний аналіз факторів, які відповідають вершинам КК. Використовуючи, наприклад, пакет «Аналіз даних» MS Excel.

Зауважимо, що аналіз проводимо лише для вершин, які пов'язані ребрами у КК. Для таких вершин визначаємо коефіцієнти регресії та перевіряємо їх значущість за критерієм Фішера. Якщо коефіцієнти регресії

значимі і логічно відповідають сутності зв'язку між вершинами, то приймаємо дані коефіцієнти за ваги відповідних ребер.

Розглянемо цей крок на прикладі зв'язку «Чистий грошовий потік» – «Інвестиції в охорону природи». Користуючись функцією «Регресія» у пакеті MS Excel «Аналіз даних» на основі вибірок значень даних показників були отримані такі результати (рис. 2).

Вывод итогов								
Регрессионная статистика								
Множественный R	0,957310667							
R-квадрат	0,916443712							
Нормированный R-квадрат	0,716443712							
Стандартная ошибка	231,7329123							
Наблюдения	6							
Дисперсионный анализ								
	df	SS	MS	F	Значимость F			
Регрессия	1	2944910,517	2944910,517	54,8399012	0,00177388			
Остаток	5	268500,7132	53700,14264					
Итого	6	3213411,23						
	Кoeffициенты	Стандартная ошибка	t-статистика	P-Значение	Нижние 95%	Верхние 95%	Нижние 95,0%	Верхние 95,0%
Y-пересечение	0	#N/D	#N/D	#N/D	#N/D	#N/D	#N/D	#N/D
Переменная X1	0,088914442	0,012006709	7,405396762	0,00070672	0,058050214	0,119778669	0,058050214	0,119778669

Рис. 2. Регресійний аналіз залежності між факторами «Чистий грошовий потік» та «Інвестиції в охорону природи»

Як бачимо, коефіцієнт регресії становить 0,088914442, при цьому коефіцієнт детермінації  $R^2 = 0,916443712$ , а це означає що розрахункові параметри моделі на 91,64% пояснюють залежність між параметрами, що вивчаються. Коефіцієнт детермінації більший 0,8, що свідчить про високу

точність підбору рівняння (коефіцієнту) регресії.

Для розглянутої моделі всі коефіцієнти регресії виявилися значимими за критерієм Фішера. Проаналізувавши знак коефіцієнтів регресії та напрям зв'язку в знаковій КК можна дійти висновку, що вони також логічно відображають вплив факторів. Отже,

можна прийняти дані коефіцієнти за ваги дуг КК.

У нинішній час економічної та політичної нестабільності показники діяльності компанії можуть змінюватися. Припустимо, що кожного року компанія нарощує видобуток вугілля та виробництво електроенергії на 0,5%. Також припустимо, що екологічні

показники, які формуються під впливом виробничої діяльності компанії, не змінюються самі по собі, тобто без інвестування в природоохоронну діяльність.

Тоді зважена когнітивна карта діяльності компанії з урахуванням еколого-економічних аспектів прийме вигляд, зображений на рис. 3.

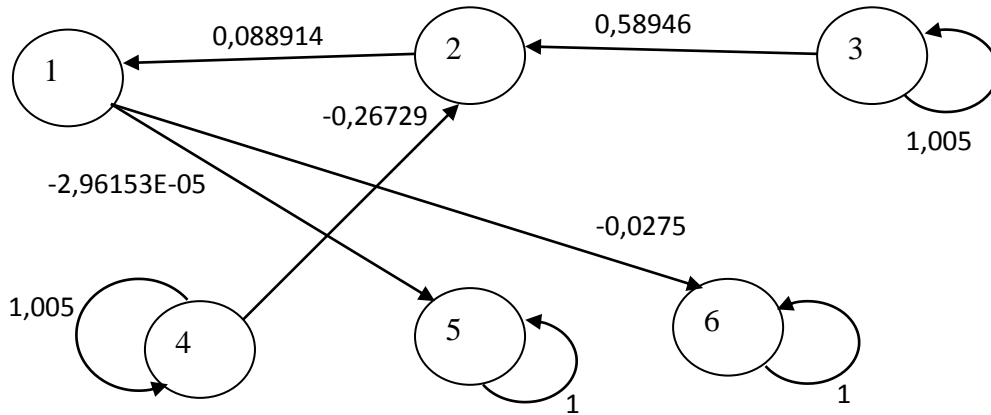


Рис. 3. Зважена когнітивна карта діяльності компанії з урахуванням еколого-економічних аспектів

Після того як КК зважена можна приступати до розв’язання задач аналізу.

Задача 2. Припустимо, що стан підприємства в кожний момент часу оцінюється набором показників – координат вершин КК, відомо їхні початкові значення. Керівництво компанії зацікавлене в дослідженні сценарію розвитку компанії з метою виявити необхідність застосування спрямованих управляючих дій. Тобто необхідно спрогнозувати основні показники діяльності компанії на 5 років, враховуючи припущення, висунуті при побудові когнітивної карти.

Для розв’язування цієї задачі, скористуємось правилами зміни значень координат когнітивної карти при автономному імпульсному процесі, які описано у роботі [15], а саме:

$$y_i(k + 1) = y_i(k) + \sum_{j=1}^n W_{ij} \Delta y_j(k), \quad (1)$$

Де  $y_i(k)$  – значення координати  $y_i$  в момент часу  $k$ ,  $W_{ij}$  – вагові коефіцієнти, що описують вплив координати  $y_j$  на  $y_i$ ,  $\Delta y_i(k) = y_i(k) - y_i(k - 1), i = 1, 2, \dots, n$  – зміна координати  $y_i$  в момент часу  $k$ .

У векторній формі рівняння (1) можна представити таким чином:

$$\Delta \bar{y}(k + 1) = \sum_{j=1}^n W^T \Delta \bar{y}(k), \quad (2)$$

де  $W$  – вагова матриця суміжності КК.

Припустимо, задано початкове значення вектору координат вершин КК, а саме:

$$\bar{y}(0) = \begin{pmatrix} 822,5 \\ 5243 \\ 28692 \\ 38284 \\ 0,0269 \\ 23,401 \end{pmatrix}.$$

Матриця суміжності КК (рис. 3.) має такий вигляд:

$$W = \begin{pmatrix} 0 & 0 & 0 & 0 & -0,00003 & -0,03 \\ 0,089 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0,59 & 1,005 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & -0,27 & 0 & 1,005 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 \end{pmatrix}$$

Використовуючи рівняння (2) можна спрогнозувати значення основних показників діяльності компанії на 5 років. Прогнозовані зміни значень показників подано у табл.1.

## Прогнозовані зміни показників діяльності компанії протягом 5 років

Показник / рік	1	2	3	4	5
Інвестиції в природоохоронну діяльність, млн. грн.	10	8,891444	26,268755	26,4001	26,5321
Чистий грошовий потік, млн. грн.	100	295,4386	296,91576	298,4003	299,8923
Видобуток вугілля, тис. тон.	1000	1005	1010,025	1015,075	1020,151
Вироблення електроенергії, млн. кВт*год	1100	1105,5	1111,0275	1116,583	1122,166
Питомі викиди в атмосферу, т./т.)	0	-0,0003	-0,000559	-0,00134	-0,00212
Питомі скиди стічних вод, куб. м./кВт*год	0	-0,27531	-0,520092	-1,24329	-1,9701

Як можна бачити з табл.1, при стійкому незначному зростанні обсягів виробництва та без управляючих впливів ми маємо такі результати діяльності компанії через 5 років:

- обсяг інвестицій в охорону довкілля збільшиться в цілому на 98 млн. грн.;
- грошовий потік в цілому зросте на 1290,6 млн. грн.;
- видобуток вугілля збільшиться на 5050,3 тис. тонн;
- обсяг виробленої електроенергії взагалом збільшиться на 5555,4 млн. кВт\*год ;
- відбудеться зниження питомих викидів в атмосферу в цілому на 0,00431 т./т. Це зменшення досягається суто за рахунок незначного, проте стабільного, зростання обсягів виробництва та, як наслідок, обсягів інвестування в охорону довкілля.
- зниження питомих скидів стічних вод в цілому на 4,009 куб. м./ кВт\*год також досягається без управляючих впливів за рахунок зростання обсягів виробництва та інвестиційних коштів.

Таким чином, можна зробити висновок, що задля отримання позитивної тенденції зниження показників забруднення навколишнього середовища без управляючих впливів достатньо стабільного зростання обсягів виробництва, що дозволить збільшити фінансування заходів в охорону довкілля. Проте, якщо необхідно досягти

певних результатів у визначений термін, то необхідно застосовувати управляючі впливи.

Таким чином ми маємо наступну задачу.

Задача 3. Припустимо, що стан підприємницької структури в кожний момент часу описується певним набором еколого-економічних показників –координат вершин КК, відомо їхні початкові значення та задано певні бажані значення, яких необхідно досягти задля стабільної роботи компанії. Керівництво компанії зацікавлене в підвищенні ефективності виробничо-господарської діяльності та розробці стратегії управління, котра забезпечить досягнення суб'єктом господарювання заданого рівня еколого-економічних показників.

Необхідно визначити оптимальну стратегію управління, яка приведе підприємську структуру до бажаного стану.

У формальній постановці це є задачею розробки системи стабілізації нестійкого процесу координат вершин КК на заданих рівнях. У роботі [16] виконана розробка моделі керованого імпульсного процесу КК типу «вхід-вихід» з урахуванням зовнішніх управляючих впливів у вигляді (3).

$$(I - Aq^{-1})\Delta\bar{y}(k) = Bq^{-1}\Delta\bar{u}(k), \quad (3)$$

де  $q^{-1}$  – оператор зворотного здвигу на один період квантування, матриця  $A$  зіставлена з коефіцієнтів КК,  $A = WT$ .

У модель (3) введено вектор приросту зовнішніх управлінь

$$\Delta \bar{u}(k) = \bar{u}(k) - \bar{u}(k - 1), \quad (4)$$

які впливають безпосередньо на вершини КК та формуються за окремим законом управління. При цьому діагональну матрицю  $B$  можна приймати одиничною.

Модель КК (3) відрізняється відсутністю динамічних зв'язків з управління та складною динамікою між координатами (вершинами) КК.

Зауважимо, що у побудованій моделі не можна гарантувати стабільність імпульсного процесу, тому для стабілізації нестійкого перехідного процесу КК в повних значеннях координат скористаємося запропонованим у роботі [16] методом, оснований на застосуванні еталонної моделі.

Згідно [16] закон управління для задачі стабілізації нестійкого процесу координат вершин КК на заданих рівнях буде отримано у такому вигляді:

$$\bar{u}(k) = (I + A + A_{M1} + (A_{M2} - A)q^{-1}) * [\bar{G} - \bar{y}(k)], \quad (5)$$

при цьому динаміка вершин КК описується таким чином:

$$\bar{y}(k) = -A_{M1}\bar{y}(k - 1) - A_{M2}\bar{y}(k - 2) + (I + A_{M1} + A_{M2})\bar{G}, \quad (6)$$

де  $A_{M1}$ ,  $A_{M2}$  – параметри еталонної моделі,  $G$  – вектор параметрів, що описує заданий стан системи, на рівні складових якого необхідно стабілізувати вершини КК.

При цьому перехідний процес в керованій КК буде визначатися сформованою динамікою еталонної моделі.

Отже, припустимо, що задано вектор бажаних значень показників (вершин КК):

$$\bar{G} = \begin{pmatrix} 1000 \\ 7000 \\ 32996 \\ 44027 \\ 0,026 \\ 21 \end{pmatrix}.$$

Для когнітивної карти описаної вище, в прийнятих позначеннях отримуємо, що

$$A = W^T,$$

$$A = \begin{pmatrix} 0 & 0,089 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0,59 & -0,27 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1,005 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1,005 & 0 & 0 \\ -0,00003 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 \\ -0,03 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 \end{pmatrix}$$

$$B = I = \begin{pmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 \end{pmatrix}$$

В якості еталонної моделі замкнутої системи було взято діагональний матричний поліном з однаковими поліномами на головній діагоналі, при цьому коефіцієнти  $AM1 = -0,3I$ ,  $AM2 = 0,02I$ .

Початкові значення вектору координат вершин КК задамо на таких рівнях.

$$\bar{y}(0) = \begin{pmatrix} 822,5 \\ 5243 \\ 28692 \\ 38284 \\ 0,0269 \\ 23,401 \end{pmatrix}$$

В результаті проведення розрахунків у середовищі MS Excel отримано зміни значень координат КК і необхідні для досягнення бажаних показників управляючі впливи для кожного періоду і координат, що підлягають керуванню.

Приклад графіка зміни координати 1 – Інвестиції в природоохоронну діяльність – показано на рис. 3.

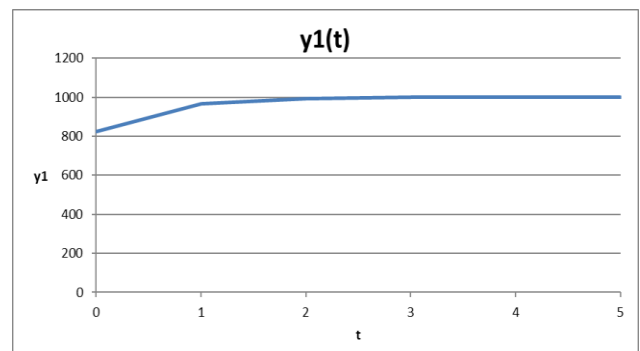




Рис. 3. Графік зміни показника «інвестиції в природоохоронну діяльність»

Як бачимо, завдяки управлінню, показник інвестицій в охорону природи досягає бажаних значень (зростає на 177,5 млн. грн.) вже через 2 роки.

Згідно з графіком змін координати 5 (див. рис. 4) питомі викиди в атмосферу до бажаних значень за допомогою управління можна досягти через 4 роки. Загальне зменшення питомих викидів при цьому становить 0,0009 т./т. Питомі скиди стічних вод вдасться призвести до бажаних показників також за 4 роки (рис. 5). Значення показника зменшиться на 2,401 куб. м./кВт\*год.

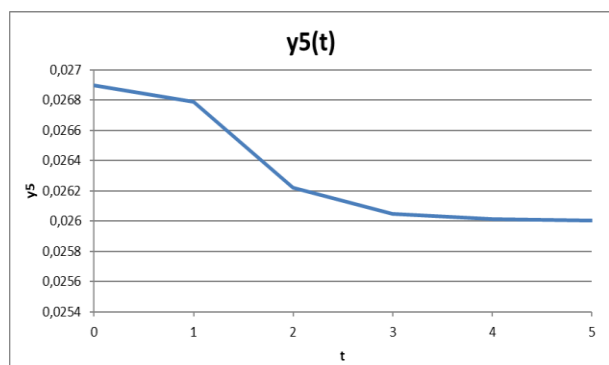


Рис. 4. Графік зміни показника питомих викидів в атмосферу, т./т.

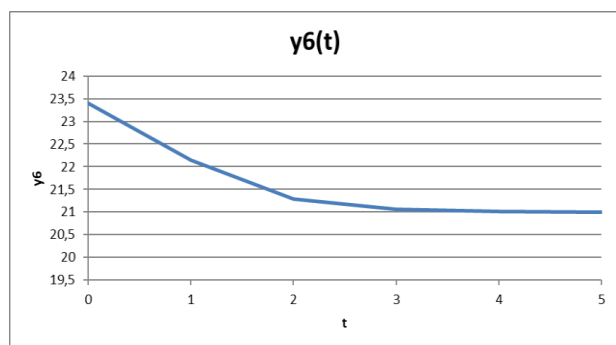


Рис.5. Графік зміни показника питомих скидів стічних вод, куб. м./кВт\*год

Отже, в результаті розв'язування задачі значення вершин КК, тобто показники діяльності компанії, було стабілізовано на рівні бажаних значень, проте різним показникам потрібен різний час на стабілізацію, але можна з впевненістю стверджувати, що за період у 5 років усі показники стабілізуються на рівні бажаних та похибки управління у всіх вершинах дорівнюють нулю.

Графіки зміни управлінь для вершин 1, 3 і 4 зображено на рис. 6–8.

Як видно з приведених графіків, найбільші значення управління приходяться на перші два роки, а це значить, що саме у ці роки будуть потрібні капітальні інвестиції в діяльність компанії.

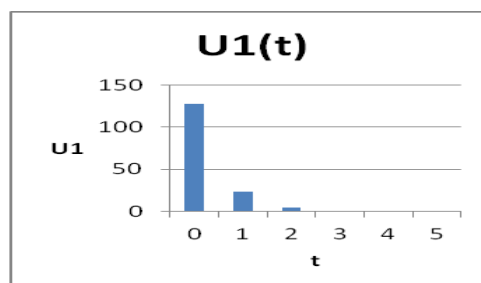


Рис. 6. Управління показником «інвестиції в природоохоронну діяльність»

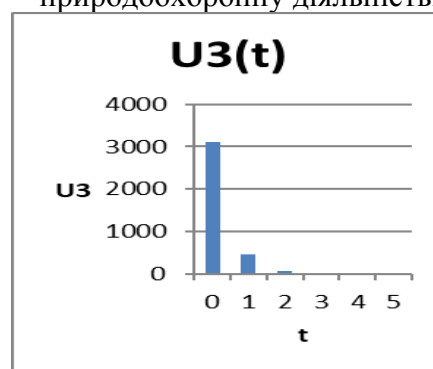


Рис. 7. Графік управління показником «видобуток вугілля»

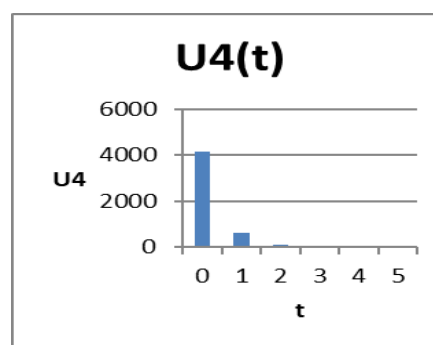


Рис. 8. Графік зміни показника «обсяг виробленої електроенергії»

**Висновки.** Встановлено, що підприємницькі структури, які здійснюють виробничо-господарську діяльність, активно використовуючи природні ресурси, являють собою слабо-структуровані системи. Це обумовлено, насамперед тим, що з достатньою повнотою не визначена сама система факторів і зв'язків між ними. Тому для досягнення поставленої мети доцільно засто-

совувати когнітивний аналіз, який є орієнтованим саме на дослідження слабо-структурованих систем.

У ході побудови когнітивної моделі було визначено основні фактори, що впливають на природоохоронну діяльність компанії паливно-енергетичного комплексу. Дослідження побудованої моделі показало, що за наявності зростання обсягів виробництва маємо тенденції як до зниження шкідливих викидів в атмосферне повітря, так і забруднення стічних вод за рахунок сталого зростання інвестицій у природоохоронну діяльність. За умови подання управляючих впливів заданих еколого-економічних показників можна досягти у значно коротший термін (всі результати досягаються за 4 роки, якщо не застосовувати управляючі впливи – результати не досягаються і протягом 5 років). При цьому основні інвестиції у природоохоронну діяльність мають бути здійснені у початковий період, а саме у перші два роки, далі вони використовуються як корегуючі дії. Отже, когнітивне моделювання доцільно застосовувати для підвищення обґрунтованості прийняття управлінських рішень при виробленні сценарію досягнення бажаного стану підприємницької структури з урахуванням певного рівня забезпечення природоохоронної діяльності.

Для більш глибокого аналізу моделі, описаної у вигляді зваженої когнітивної карти, необхідно встановлювати спеціальні припущення про вплив змін значення параметрів однієї вершини на параметри інших вершин. І вибір такого правила суттєво впливає на висновки, які будуть отримані при застосуванні моделі. Наприклад, якщо допустити, що основні дані (скажімо, початкові значення параметрів в кожній вершині і ваги) відомі лише неточно, то остаточні висновки, будуть також завжди неточними. Отже, всякий отриманий результат слід розглядати як попередній і він повинен бути підданий додатковому аналізу, який може включати також і повторне моделювання і, можливо, інші правила зміни параметрів.

### Література

1. Франів І. А. Оптимізація просторової організації підприємницької діяльності на основі реформування її виробничо-господарських можливостей / І. А. Франів // Соціально-економічні проблеми

сучасного періоду України. – 2018. – № 2(2). – С. 62–67. – Режим доступу: [http://ird.gov.ua/sep/sep20184\(132\)/sep20184\(132\)\\_062\\_FranivI.pdf](http://ird.gov.ua/sep/sep20184(132)/sep20184(132)_062_FranivI.pdf)

2. Шацька З. Я. Сутність дефініції поняття «підприємницька структура» та підходи до її трактування / З. Я. Шацька // Вісник Київського національного університету технологій та дизайну. Серія Економічні науки. – 2018. – № 6 (129). – С. 111–123.

3. Бондарчук М. К. Організаційне проектування в системі антикризового управління виробничо-господарськими системами / М. К. Бондарчук // Науковий вісник НЛТУ України. – 2010. – Вип. 20.14 – С. 161–168

4. Олексієнко Н. Інноваційні підходи до управління виробничо-господарськими системами в умовах глобалізації / Н. Олексієнко, А. Малтих // Вісник ТНЕУ. – 2011 – № 5–1 – С. 208–220.

5. Економічна енциклопедія: в 3 т. / [Редкол.: С. В. Мочерний (відп. ред.) та ін.] – К. : Видавничий центр «Академія», 2000 – Т. 1. – 864 с., с.376.

6. Розум Р. І. Еколого-економічні системи: основні аспекти / Р. І. Розум, М. В. Буряк, І. В. Любезна // Науковий огляд: Київ. – 2015. – № 6 (16). – С. 33–49.

7. Лебідь О. Ю. Побудова когнітивної моделі для аналізу діяльності електронних магазинів / О. Ю. Лебідь // Ефективна економіка – 2015 – № 11. – Режим доступу: <http://www.economy.nayka.com.ua/?op=1&z=4563>

8. Ялдин І. В. Когнітивне моделювання у прогнозуванні сценаріїв стратегії стійкого розвитку інтегрованої структури бізнесу / І. В. Ялдин // Проблеми економіки. – 2011. – №4. – С. 142–150.

9. Колещук О. Я. Розвиток інноваційності машинобудівних підприємств на основі когнітивного моделювання: стратегічні сценарії управління / О. Я. Колещук // Проблеми економіки – 2019 – №4 – С. 257–263.

10. Манойленко О.В. Когнітивне моделювання забезпечення безпеки національної економіки України / О. В. Манойленко, М. Ягі // Причорноморські економічні студії. – 2018 – Випуск 28-1. – С. 188–193. – Режим доступу: [http://bses.in.ua/journals/2018/28\\_1\\_2018.pdf](http://bses.in.ua/journals/2018/28_1_2018.pdf)

11. Баланенко О. Г. Сутність та основні завдання еколого-економічного аналізу діяльності підприємства / О. Г. Баланенко, Т. М. Стойкова, І. М. Стойкова // Молодий вчений – 2017 – № 1 (41) – Режим доступу: <http://molodyvcheny.in.ua/files/journal/2017/1/126.pdf>

12. Тимошенко Л. В. Управління витратами екологічної системи при підземному видобуванні рудної сировини / Л. В. Тимошенко, С. А. Ус // Науковий вісник НГУ. – 2010. – № 7–8. – С. 128–134.

13. Тимошенко Л. В. Визначення пріоритетності фінансування природоохоронних проектів сировини / Л. В. Тимошенко, С. А. Ус, Д. В. Куліченко. // Економічний вісник НГУ. – 2017. – №1 – С. 168–175.

14. ДТЕК: офіційний сайт [Електронний ресурс] – Режим доступу: <https://dtek.com> (дата звернення 05.05.2020)

15. Робертс Ф. С. Дискретные математические модели с приложениями к социальным, биологическим и экономическим задачам / Робертс Ф. С.; Пер. с англ. А. М. Раппопорта, С. И. Травкина. Под ред. А. И. Теймана. – М. : Наука – 1986. – 496 с.

16. Романенко В. Д. Управление соотношениями координат когнитивной модели сложной системы при неустойчивом импульсном процессе / В. Д. Романенко, Ю. Л. Милиявский // Системні дослідження та інформаційні технології. – 2015 – № 1. – С. 121–129.

## References

1. Franiv, I.A. (2018). Optyimizatsiia prostorovoi orhanizatsii pidpriemnytskoi diialnosti na osnovi reformuvannya yii vyrobnycho-hospodarskykh mozhlyvostei. Sotsialno-ekonomichni problemy suchasnoho periodu Ukrainy, 2(2), 62-67. Retrieved from [http://ird.gov.ua/sep/sep20184\(132\)/sep20184\(132\)\\_062\\_FranivI.pdf](http://ird.gov.ua/sep/sep20184(132)/sep20184(132)_062_FranivI.pdf)

2. Shatska, Z.Ya. (2018). Sutnist definitsii poniattia «pidpriemnytska struktura» ta pidkhody do yii traktuvannya, Visnyk Kyivskoho natsionalnoho universytetu tekhnolohii ta dyzainu. Seriia Ekonomichni nauky, (6), 111-123.

3. Bondarchuk, M.K. (2010). Orhanizatsiynе proektuvannya v systemi antykryzovoho upravlinnia vyrobnycho-hospodarskymy systemamy. Naukovyi visnyk NLTU Ukrainy, 20.14, 161-168

4. Oleksienko, N., & Malykh, A. (2011). Innovatsiini pidkhody do upravlinnia vyrobnycho-hospodarskymy systemamy v umovakh hlobalizatsii. Visnyk TNEU, (5–1), 208-220.

5. Mochernyy, S.V. (Ed.). (2000). Ekonomichna entsyklopediia: v 3 t. Kyiv: Vydavnychiy tsentr «Akademii», Issue 1, pp.376.

6. Rozum, R.I., Buriak, M.V., & Liubezna, I.V. (2015). Ekoloho-ekonomichni systemy: osnovni aspekty. Naukovyi ohliad: Kyiv, (6), 33-49.

7. Lebid, O.Yu. (2015). Pobudova kohnityvnoi modeli dlia analizu diialnosti elektronnykh. Efektyvna ekonomika, (11). Retrieved from

<http://www.economy.nayka.com.ua/?op=1&z=4563>

8. Yaldin, I.V. (2011). Kohnityvne modeliuвання u prohnozuvanni stsenariiiv stratehii stiikoho rozvytku intehrovanoi struktury biznesu. Problemy ekonomiky, (4), 142-150.

9. Koleshchuk, O.Ya. (2019). Rozvytok innovatsiinosti mashynobudivnykh pidpriemstv na osnovi kohnityvnoho modeliuвання: stratehichni stsenarii upravlinnia. Problemy ekonomiky, (4), 257-263. doi.org/10.32983/2222-0712-2019-4-257-263

10. Manoilenko, O.V., & Yahi, M. (2018). Kohnityvne modeliuвання zabezpechennia bezpeky natsionalnoi ekonomiky Ukrainy. Prychornomorski ekonomichni studii, 28(1), 188-193. Retrieved from [http://bses.in.ua/journals/2018/28\\_1\\_2018.pdf](http://bses.in.ua/journals/2018/28_1_2018.pdf)

11. Balanenko, O.H., Stoikova, T.M., & Stoikova, I.M. (2017). Sutnist ta osnovni zavdannia ekoloho-ekonomichnoho analizu diialnosti pidpriemstva. Molodyi vchenyi, (1). Retrieved from <http://molodyvchenyi.in.ua/files/journal/2017/1/126.pdf>

12. Tymoshenko, L.V., & Us, S.A. (2010). Upravlinnia vytratamy ekolohichnoi systemy pry pidzemnomu vydobuvanni rudnoi syrovyny. Naukovyi visnyk NHU, (7–8), 128-134.

13. Tymoshenko, L.V., Us, S.A., & Kulichenko, D.V. (2017). Vyznachennia priorytetnosti finansuvannya pryrodokhoronnykh proektiv syrovyny. Ekonomichniy visnyk NHU, (1), 168-175.

14. DTEK: ofitsiynyi sait [Elektronnyi resurs] – Retrieved from <https://dtek.com>

15. Roberts, F.S. (1986). Diskretnye matematicheskie modeli s prilozheniyami k sotsialnyim, biologicheskim i ekonomicheskim zadacham. A.M. Rapoport, S.I. Travkin (Trans.); A.I. Teyman (Ed.). Moskva: Nauka.

16. Romanenko, V.D., & Milyavskiy, Yu.L. (2015). Upravlenie sootnosheniyami koordinat kognitivnoy modeli slozhnoy sistemy pri neustoychivom impulsnom protsesse. Systemni doslidzhennia ta informatsiini tekhnolohii. (1), 121-129.

## КОГНИТИВНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ В УПРАВЛЕНИИ ПРЕДПРИНИМАТЕЛЬСКОЙ СТРУКТУРОЙ КАК ЭКОЛОГО-ЭКОНОМИЧЕСКОЙ СИСТЕМОЙ

*Л. В. Тимошенко, к. э. н., доцент, С. А. Ус, к. ф. м. н., доцент,  
НТУ «Днепропетровская политехника»*

**Методология исследования.** Результаты получены за счет применения методов когнитивного моделирования – при исследовании процессов воздействия экономической деятельности предпринимательской структуры на состояние окружающей среды; многомерного регрессионного анализа – при определении коэффициентов влияния факторов когнитивной модели на целевые показатели; когнитивного анализа и импульсного управления – при проведении численных экспериментов и определении оптимальной стратегии управления для достижения желаемого состояния.

**Результаты.** Установлено, что предпринимательские структуры, осуществляющие производственно-хозяйственную деятельность и активно использующие природные ресурсы, представляют собой слабо-структурированные системы на основании того, что с достаточ-

ной полнотой не определены как сама система факторов, так и связи между ними. Поэтому для этих структур целесообразно применять когнитивный анализ. Построена когнитивная модель деятельности компании топливно-энергетического комплекса с учетом эколого-экономических аспектов. На основе построенной когнитивной модели проведено прогнозирование состояния предпринимательской структуры и определены управляющие воздействия, которые обеспечивают достижение желаемых эколого-экономических показателей деятельности компании за определенный период времени. Доказано, что когнитивное моделирование целесообразно применять для повышения обоснованности принятия управленческих решений при выработке сценария достижения желаемого состояния предпринимательской структуры с учетом уровня обеспечения природоохранной деятельности.

**Новизна.** Усовершенствован методический подход к обоснованию принятия управленческих решений по функционированию и развитию предпринимательской структуры как эколого-экономической системы на основании применения когнитивного моделирования.

**Практическая значимость.** Использование когнитивного анализа для выработки сценария достижения желаемого состояния предпринимательской системы с учетом эколого-экономических аспектов деятельности позволит получать информационно-аналитический материал для повышения обоснованности принятия управленческих решений.

**Ключевые слова:** когнитивное моделирование, когнитивный анализ, управляющее влияние, системный подход, предпринимательская структура, эколого-экономическая система.

#### COGNITIVE MODELING OF MANAGEMENT OF ENTREPRENEURIAL STRUCTURE AS AN ECOLOGICAL AND ECONOMIC SYSTEM

*L. V. Tymoshenko, Ph. D (Econ.), Associate Professor, S. A. Us, Ph. D (Phys.-math.), Associate Professor, Dnipro University of Technology*

**Methods.** The results are obtained through the use of cognitive modeling methods – during the study of the processes of influence of business structure economic activity on the environment; multidimensional regression analysis – in determining the coefficients of cognitive model factors influence on target indicators; cognitive analysis and impulse control – when conducting numerical experiments and determining the optimal control strategy to achieve the desired state.

**Results.** It is established that business structures that carry out production and economic activities and actively use natural resources, are poorly structured systems for the fact that both the system of factors and the relationships between them are not sufficiently defined, so it is advisable to apply cognitive analysis for these structures. The cognitive model of the company activity of a fuel and energy complex is constructed, taking into account ecological and economic aspects. On the basis of the constructed cognitive model, the forecasting of a business structure state is carried out, and there are defined the managing influences which provide achievement of desirable ecological and economic indicators of the company activity for a certain period of time. It is proved that cognitive modelling should be used to increase the validity of management decisions in developing a scenario to achieve the desired state of the business structure, taking into account a certain level of environmental protection.

**Practical value** is the use of cognitive analysis to develop a scenario for achieving the desired state of the business system, taking into account the environmental and economic aspects of the activity will provide information and analytical material to increase the validity of management decisions.

**Keywords:** cognitive modelling, cognitive analysis, management influence, systems approach, business structure, ecological and economic system.

*Надійшла до редакції 10.09.2020 р.*