

## КОГНІТИВНА НЕЧІТКО-ЛОГІЧНА МОДЕЛЬ СОЦІАЛЬНО-ЕКОНОМІЧНОЇ СИСТЕМИ ПІДПРИЄМСТВА

*Анотація.* Робота присвячена розробці когнітивної нечітко-логічної моделі соціально-економічної системи. Вперше для побудови когнітивної нечітко-логічної моделі застосовується нечіткий підхід, який імітує інтуїцію маркетолога, що дозволяє прогнозувати та аналізувати діяльність соціально-економічної системи «підприємство – споживачі».

*Ключові слова:* когнітивна нечітко-логічна модель, соціально-економічна система, прогноз, аналіз.

**Вступ.** Апарат нечітких когнітивних карт, заснований на з'єднанні когнітивного моделювання та теорії нечітких множин в рамках концепції «м'яких» обчислень (Soft Computing), дозволяє адекватно представляти і аналізувати широкий клас систем і процесів з урахуванням невизначеності, неточності і неповноти вихідних даних. Даний клас моделей може бути ефективно використаний для аналізу ситуацій взаємодії, в яких присутня неповна або суперечлива інформація, як основу для аналізу мультиагентних систем, істотно розширюючи їх властивості.

**Методологія когнітивного моделювання.** Методологія когнітивного моделювання, що призначена для аналізу і прийняття рішень в певних ситуаціях, була запропонована R.Axelrod [1]. Вона заснована на моделюванні суб'єктивних уявлень експертів про ситуацію і включає: методологію структуризації ситуації; модель представлення знань експерта у вигляді знакового орграфа (когнітивної карти)  $(F, W)$ , де  $F$  - множина факторів ситуації,  $W$  - множина причинно-наслідкових відносин між факторами ситуації; методи аналізу ситуації. В даний час методологія когнітивного моделювання розвивається в напрямі вдосконалення апарату аналізу і моделювання ситуації.

Когнітивні карти створюються і видозмінюються в результаті активної взаємодії суб'єкта з навколишнім світом. При цьому можуть формуватися когнітивні карти різного ступеня спільності, «масштабу» та організації (наприклад, карта-огляд або карта-шлях в залежності від повноти представленості просторових відносин і присутності вираженої точки відліку). Це - суб'єктивна картина, що має, перш за все просторові координати, в якій локалізовані окремі сприймаються

предмети. Виділяють карту-шлях як послідовне уявлення зв'язків між об'єктами по певному маршруту, і карту-огляд як одночасне подання просторового розташування об'єктів [2].

**Формування корпоративної політики підприємства за допомогою когнітивних карт.** Корпоративна політика підприємства (КПП) «Днепропластавтомат» - це система стратегічних заходів, здійснюваних керівництвом для забезпечення в існуючому нормативно-правовому просторі певного балансу інтересів (прибутку) учасників економічної діяльності підприємства (ЕДП), що відповідає його стратегічним цілям.

У зарубіжній практиці для вирішення аналогічних завдань в останні роки вживаються численні спроби створення інтелектуальних систем підтримки прийняття рішень (СППР), що використовують різні наукові концепції економічного управління. Число комерційних пакетів СППР сьогодні переважила за сотню і продовжує швидко зростати. Їх створюють і маловідомі фірми, і такі солідні як Microsoft, IBM, Oracle, ROSS Systems. Проте функціональні можливості розроблених систем все ще залишаються нижчими вимог, що пред'являються практикою.

Серйозним недоліком є відсутність в них функції генерації управлінських рішень [3, 4]. До певної міри це обумовлено винятковою складністю питання генерації. Труднощі формалізації питання зумовлені низкою обставин, характерних для економічної практики: 1) поряд з таким показником як "Прибуток", формована КПП одночасно впливає на інші показники виробництва: "Соціальний клімат на підприємстві", "Завоювання ринку", "Ризик" і т. д., кількісна оцінка яких практично неможлива; 2) заходи, що включаються до КПП, можуть бути реалізовані лише в певних виробничих ситуаціях; 3) включення заходів в КПП підпорядковане деякими обмеженнями цілісності (зв'язки "розділення", "проходження", "об'єднання") .

Надії на вирішення питання пов'язують з методологією когнітивного моделювання, яка реалізується на основі технології нечітких когнітивних карт (FCM - Fuzzy Cognitive Maps) [5].

FCM - це груба схема-модель предметної області, що відображає суб'єктивно ідентифіковані фахівцями істотні поняття області і відносини між ними, а також ефективні евристики (стратегії) рішення задач предметної області. FCM призначені переважно для якісного

аналізу неформалізованих завдань і використовуються при прийнятті рішень в нечітких середовищах.

У разі FCM суттєві обмеження зумовлені ще й самим принципом покладеним в їх основу ("метафора нейронних мереж").

Більш широкі можливості, особливо при моделюванні виробничо-економічних систем, може дати інша принципова схема FCM, заснована на "метафорі генетичних мереж" [5, 6]. Ця метафора і була використана при розробці FCM для задачі генерації КПП.

Специфікація розробленої FCM.  $\langle X \leftrightarrow Y \rangle$ - розділи КПП, відповідні парам підприємство - контрагент, інтереси якого враховуються в КПП;

$\tilde{P}(X \leftrightarrow Y)$  - пріоритети розподілу прибутку, що встановлюються керівництвом;

$C$  - набір показників ефективності КПП, що включає поряд з показником-фаворитом "прибуток", такі показники як "соціальний клімат на підприємстві", "завоювання ринку", "інвестиційна привабливість", "екологічна безпека виробництва", "ризик", показники оцінюються по 3 - х мірним шкалами: лінгвістичної, інтервальної, конструюються навколо поняття "норми", які узгоджуються з керівництвом;

$\tilde{Z}(X \leftrightarrow Y)$  - завдання КПП, що формуються у відповідність з  $\tilde{P}$  та  $C$ ;

$(\tilde{Z} : \frac{X}{Y} \rightarrow \max | \min | 1 | \Delta$ ;  $\Delta$  - угода про частковий розділ "прибутку", наприклад,  $X : Y = 1 : 3$ . Тут знак " $|$ " – операція диз'юнкції);

$M(X \leftrightarrow Y)$ - дерево заходів, що забезпечують реалізацію завдань  $\tilde{Z}$ ;

$K$  - класифікатор типових ситуацій на підприємстві даної категорії даного сектора економіки;

$\tilde{N}$  - нечітка каузальна мережа, яка включає множина детермінаційних правил ( $\tilde{D}$ ) і граф залежностей, який ситуативно визначає причинно-наслідкові та квантифікуючі відносини між  $M$  та  $C$ .

Детермінаційні правила (детермінації  $D$ ) мають структуру такого вигляду:

$$D := \langle (i), L, F; \left[ \underset{i}{\tilde{\nabla}}(M_i, \varphi_i) \Rightarrow (C, \varphi) \right]; U \rangle,$$

де  $(i)$  - власне ім'я детермінації;

$L$  - сфера застосування (тематичний розділ КПП і ієрархічний номер у каузальній мережі);

$F$  - умови застосування (типова ситуація в зовнішній і внутрішній середовищах підприємства; економічні закономірності, при яких  $\tilde{D}$  актуальна);

$[...]$  – ядро детермінації;

$\underset{i}{\tilde{\nabla}}$  - нечіткі оператори детермінації; існують 14 типів операторів, що визначають недиз'юнктивну граматику конструювання та оцінки КПП;

$U$  - постумова, яка вказує наступні зв'язки  $\tilde{D}$  в ланцюжку виводу.

Операційна частина FCM включає:

$I$  - інструкцію з розробки, налаштування та супроводу (по типу системного оболонки);

$Q$  - узагальнений операційний маршрут, який реалізує алгоритм  $Q$  пошуку рішень  $s \in S$  множини завдань  $v \in V$ , що виникають в процесі генерації КПП;  $Q \subseteq V \times S$ .

Маршрут  $Q$  забезпечує чотири форми конструювання: "синтезуюче", "збірне", "конкретизуюче", "комбіноване" і чотири форми планування: "метод прямої хвилі" ( $P \rightarrow C \rightarrow Z \rightarrow M$ ), "метод зворотної хвилі" ( $M \rightarrow Z \rightarrow C \rightarrow P$ ), "метод зустрічних хвиль" ( $P \leftrightarrow M$ ), "метод локальних поліпшень".

**Змістовний аналіз задачі формування КПП.** Економічна діяльність підприємств (ЕДП) сьогодні дуже різноманітна, проте її можна класифікувати за інтересами різних категорій учасників ЕДП: власники ( $P$ ), міноритарні акціонери ( $A$ ), трудовий колектив ( $W$ ), поставальники ( $D$ ), споживачі ( $C$ ), держава ( $S$ ).

Сьогодні актуальні сім основних варіантів зіткнення інтересів учасників ЕДП, що підлягають узгодженню в процесі розподілу при-

бутку: підприємство - власник ( $E \leftrightarrow P$ ), власник – держава ( $P \leftrightarrow S$ ), підприємство - трудовий колектив ( $E \leftrightarrow W$ ), підприємство – акціонери ( $E \leftrightarrow A$ ), підприємство-постачальники ( $E \leftrightarrow D$ ), підприємство - споживачі ( $E \leftrightarrow C$ ).

Слідуючи логіці FCM, кожен з перерахованих розділів КПП будемо характеризувати:

- набором показників формується КПП і шкал їх оцінки;
- наборами заходів, що забезпечують узгодження інтересів пар ( $X \leftrightarrow Y$ );
- експертною оцінкою впливу заходів (або їх наборів) на показники КПП;
- набором типових ситуацій, що допускають застосування стратегій;
- гіпотезами синергетичної взаємодії стратегій.

Приклади цих характеристик для розділу ( $E \leftrightarrow C$ ) КПП, що формується в рамках інноваційного менеджменту, наведені в таблицях 1-4 відповідно.

На основі встановленого в таблиці 1 впливу стратегій на показники КПП і додатково прийнятих умов можна сформулювати типові ситуації - найбільш характерні типи відтворення товарів підприємства (таблиця 4).

Гіпотези синергетичної взаємодії стратегій:

- 1) При збереженні якості товару витрати у споживача не змінюються;
- 2) При підвищенні якості витрати в споживача знижуються (більш високими темпами, ніж зростають витрати у виробника);
- 3) Введення нового товару на основі винаходів веде до підвищення якості та зниження собівартості товару.

Таблиця 1

Контрольний перелік заходів щодо реалізації розділу ( $E \leftrightarrow C$ ) КПП

Універсальна лінгвістична шкала		НИЗЬКА (X-)	ПОМІРНА (X)	ВИСОКА (X+)	ДУЖЕ ВИСОКА (X++)
Інтервальні	“Прибуток”, ум. од.	0 – 10	10 – 20	20 – 30	30 – 50
Шкали	“Витрати”, ум. од.	0 – 20	20 – 40	40 - 70	70 - 100

Контрольний перелік заходів щодо реалізації розділу ( $E \leftrightarrow C$ ) КПП

Основні види заходів	Оцінки необхідних витрат, E	Типові стратегії				
		К	Ц	С	V	P
М1. Створення нової моделі товару на основі винаходів		•		•		•
М2. Впровадження нової технології виготовлення товару	ВИСОКІ	•		•		•
М3. Ротація та підвищення професійної підготовки персоналу		•		•		•
М7. Формування чи вдосконалення системи менеджменту	НИЗЬКІ	•		•	•	•
М8. Удосконалення функцій тактичного маркетингу (реклами, системи стимулювання товару)	ПОМІРНІ					•
М11. Підвищення якості сервісу товару у споживача	ПОМІРНІ				•	

Таблиця 3

Вплив основних стратегій розділу ( $E \leftrightarrow C$ ) на показники КПП

Умовні позначення стратегій	Мета	Характер впливу на показники ефективності КПП
К	Підвищення якості товару, що випускається.	Стратегія веде до збільшення прибутку організації, але зі значним ризиком.
Ц	Зниження ціни товару при збереженні без зміни інших стратегій.	Ця стратегія спрямована на більш серйозне завоювання ринку, реалізацію вже виготовленого товару, реалізацію вже освоєних технологій. Стратегія веде, як правило, до зменшення прибутку організації.
С	Зниження собівартості виробленого товару за рахунок освоєння нових технологій, нових методів організації виробництва і праці, менеджменту.	Стратегія веде, як правило, до збільшення прибутку організації.
V	Збільшення програми виробництва товару (обсягу продажів) для того ж ринку без зміни інших стратегій.	Стратегія веде до збільшення прибутку за рахунок використання ефекту масштабу.
P	Освоєння нового ринку збуту для старого чи нового товару.	Стратегія веде, як правило, до збільшення прибутку організації.



Типові ситуації застосування стратегій розділу ( $E \leftrightarrow C$ ) КПП

Стратегії	Типові ситуації (TS) застосування стратегій
1) К1 Ц1 С1 V1 P1	Просте відтворення (без інновацій)
2) К2 Ц1 С1 V1 P1	Просте відтворення товару підвищеної якості
3) К1 Ц2 С1 V1 P1	Просте відтворення товару за зниженою ціною для його реалізації
4) К1 Ц1 С2 V1 P1	Просте відтворення товару за ресурсозберігаючої технології
5) К2 Ц1 С1 V2 P2	Розширення відтворення нового товару для старих і нових ринків
6) К1 Ц2 С2 V2 P1	Розширення відтворення старого товару, виготовленого за новою технологією
7) К1 Ц1 С1 V1 P2	Просте відтворення старого товару для старих і нових ринків
n) К2 Ц2 С2 V2 P2	Розширене відтворення нових товарів за новою технологією для старих і нових ринків (саме складне відтворення)

*Позначення: 1 - індекс, що характеризує незмінність стратегії (старий варіант); 2 - індекс, що характеризує оновлення стратегії (новий варіант). Наприклад, підвищення К, зниження питомої Ц, зниження С, зростання V, розширення існуючого або освоєння нового Р.*

**Алгоритм генерації розділу ( $E \rightarrow C$ ) КПП.** Алгоритм реалізується за допомогою послідовності кроків.

**Крок 1.** Аналіз поточного стану підприємства.

Встановлено:  $TS.1$ ;

Показники ефективності КПП ( $E \rightarrow C$ ):  $P, CK, Z, P$ .

**Крок 2.** Вихідна постановка задачі:

$$P31: \begin{cases} P \rightarrow P_+^+ (\text{ДУЖЕ} - \text{ВИСОКА}) \\ \text{при } E \leq E_0 = \text{ПОМІРНИ} \\ \text{Потрібен на } \tilde{N} \text{ згенерувати варіанти КПП, що задовольняють умовам P31} \end{cases}$$

**Крок 3.** Зворотній хвиля:  $P_+^+ \rightarrow \tilde{N}$

Згенеровано: один варіант – КПП ( $M1, M2, M3$ ) задовольняє вимозі ПЗ1.

**Крок 4.** Пряма хвиля: КПП( $M1, M2, M3$ )  $\rightarrow \tilde{N}$  :

Встановлені оцінки інших показників ефективності цього варіанту КПП:  $СК^-, Z^+, P^+$  та необхідні витрати на реалізацію  $E = \text{ВИСОКІ} > E_0$

**Крок 5.** Прийняття рішення: Варіант не задовольнив ОПР. Прийнято рішення послабити вимоги за  $\Pi$  і сформулювати нову постановку задачі

$$ПЗ2 : \begin{cases} \Pi \rightarrow \Pi^+ (\text{ДУЖЕ} - \text{ВИСОКА}) \\ \text{при } E \leq E_0 = \text{ПОМІРНІ} \\ \text{Потрібен на } \tilde{N} \text{ згенерувати варіанти КПП, що задовольняють умовам ПЗ2} \end{cases}$$

**Крок 6.** Зворотній хвиля:  $\Pi^+ \rightarrow \tilde{N}$ .

Згенеровано два варіанти - КПП (М7) і КПП (М8) задовольняють вимогам ПЗ1.

**Крок 7.** Пряма хвиля: КПП(М7)  $\rightarrow \tilde{N}$  та КПП(М8)  $\rightarrow \tilde{N}$  :

Встановлені оцінки інших показників ефективності та необхідні витрати цих варіантів:

КПП(М7):  $СК^-, Z^+, P^+$ ;  $E = \text{НИЗЬКІ}$

КПП(М8):  $СК, Z^+, P$ ;  $E = \text{ПОМІРНІ}$ .

**Крок 8.** Прийняття рішення: З отриманих варіантів ОПР вибрав КПП (М8), близький до вимог ПЗ2, тобто варіант забезпечує і високу "Прибуток" ( $\Pi^+$ ), не призводить до погіршення "Соціального клімату на підприємстві" ( $СК$ ), забезпечує помірне "Завоювання ринку" ( $Z^+$ ) без збільшення "Ризику" ( $P$ ).

Варіант КПП (М8), заснований на заході М8 обраний як кандидат для подальшого детального опрацювання на прагматичному рівні [6].

Якщо в результаті роботи алгоритму не виявлено варіанти КПП, що задовольняють умовам задачі, то розробник КПП може перегля-



нути умови задачі або сформуванати нову оригінальну стратегію, включити її в когнітивну карту і провести новий цикл генерації.

**Когнітивна нечітко-логічна модель КПП.** Виходячи з аналізу діяльності підприємства «Днепропластавтомат» на рисунку 1 представлена когнітивна нечітко-логічна модель корпоративної політики. Зв'язок між показниками підприємства та типовими стратегіями на рисунку визначені штрих пунктирними та суцільними лініями з ваговим коефіцієнтом кожного зв'язку (+1.0 – впливає вагомо; +0.5 – впливає; +0.0 – не впливає; - 0.5 – впливає негативно; - 1.0 – впливає вагомо).

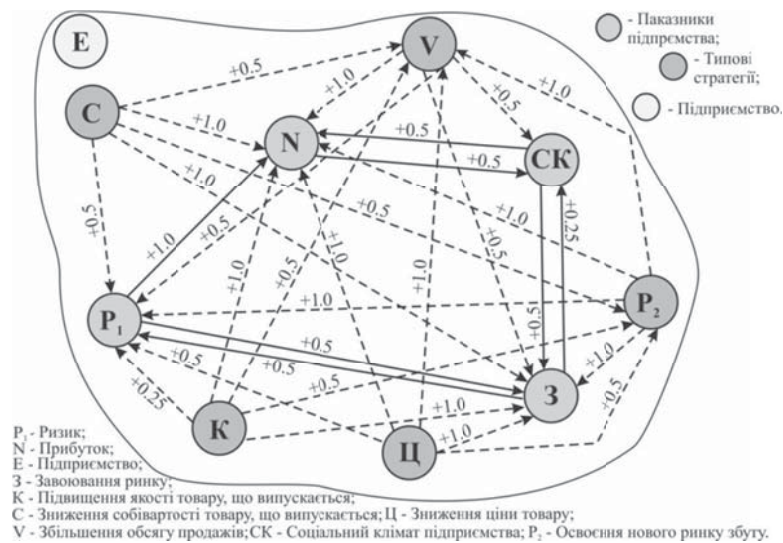


Рисунок 1 - Когнітивна нечітко-логічна модель КПП «Днепропластавтомат»

Реалізація когнітивної нечітко-логічної моделі КПП «Днепропластавтомат». Завдання полягає в тому, щоб розробити когнітивну нечітко-логічну модель соціально-економічної системи підприємства, зокрема підприємства «Днепропластавтомат».

Для реалізації системи вводу-виводу в нечіткому контролері використаний алгоритм Мамдані.

Для забезпечення спільної роботи бази правил з механізмами вводу-виводу створюється система (див. рисунок 2).

**Висновки.** Розроблена когнітивна нечітко-логічна модель підприємства дає загальне уявлення про роботу FCM - алгоритму генерації КПП «Днепропластавтомат». Розроблений прототип FCM, що досліджено є набагато складнішим, враховує множину ситуативних, модифікованих і класифікуючих відносин і забезпечує інтерфейс з кількісним рівнем уявлення, що дозволяє відсікати безперспективні ітерації на ранніх стадіях аналізу.

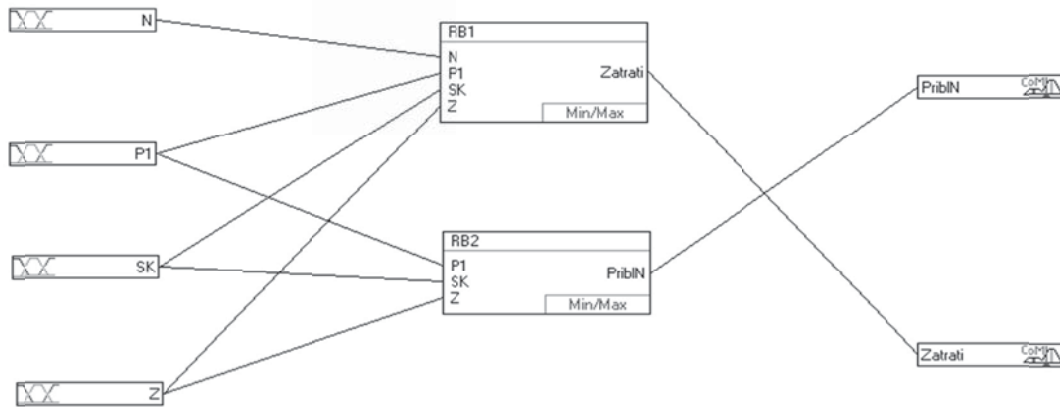


Рисунок 2 – Графічний вид редактора нечіткого проекту FDW

Розглянутий метод генерації КПП на основі нечітких когнітивних карт може бути використаний для:

- розробки промислових СППР для керівників і аналітиків підприємства;
- перепідготовки та підвищення кваліфікації працівників підприємств, що займають керуючі посади.

#### ЛІТЕРАТУРА

1. Axelrod R. The Structure of Decision: Cognitive Maps of Political Elites. – Princeton. University Press, 1976.
2. Kosko B. Fuzzy Cognitive Maps // Int. Journal of Man-Machines Studies. 24. 1984.
3. Олсон Д. Новый менеджмент. Управление предприятий на уровне высших стандартов: теория и практика эффективного управления. М.: Экономика, 1997.
4. Эддоус М., Стенсфилд Р. Методы принятия решений. М.: Банки и биржи. 1999.
5. Караев Р.А., Исмаилов С.Ф, Уолкоф П. Когнитивная модель генерации и принятия решений для стратегического планирования производств. Материалы IV всероссийского симпозиума “Стратегическое планирование и развитие предприятий”. Москва, ЦЭМИ РАН, 2003.
6. Михалев А.И., Новикова Е.Ю. Применение нечетких – когнитивных карт в задачах идентификации // Материалы I –ой международной конференции «Глобальные информационные системы. Проблемы и тенденции развития». – Харьков: изд.-во Харьковского национального университета радиоэлектроники, 2006. – С. 203 – 204.