

УДК 338.242

## ІНТЕЛЕКТУАЛЬНІ МЕТОДИ МОДЕЛЮВАННЯ ПРОЦЕСІВ УПРАВЛІННЯ ПРОЕКТАМИ

*Корольов О.Л., Круліковський А.П.*

*Таврический национальный университет имени В.И. Вернадского, Симферополь, Украина*  
*E-mail: [alekking@gmail.com](mailto:alekking@gmail.com), [anat03385@mail.ru](mailto:anat03385@mail.ru)*

Розглянуті інтелектуальні методи й моделі підтримки процесу управління проектами. Особлива увага приділена методам нечіткої логіки та когнітивного моделювання. Визначені моделі реалізації процесу управління проектами. Наведені приклади розрахунків відповідно до моделей.

**Ключові слова:** математичні моделі, управління проектами, інтелектуальні методи й моделі, когнітивні моделі

### ВСТУП

Актуальність питань пошуку адекватних методів та моделей реалізації процесів управління проектами визначається сучасністю. Основними рушійними силами, які формують необхідність пошуку нових підходів, є глобалізація на всіх рівнях: економічному, інформаційному, соціальному. Відкритість сучасного економічного простору визначає нові умови ведення бізнесу, нові умови конкуренції не тільки на глобальному, а й на регіональному та локальному рівнях.

Підвищення конкурентоспроможності є запорукою виживання для будь якого підприємства. Кожне підприємство стикається з проблемою ефективної реалізації проектів розвитку. Сам процес реалізації проектів є складною системою взаємодії не тільки на економічному рівні, але й на рівні технічному, соціальному, психологічному. Тому підтримка цього процесу й потребує пошуку нових сучасних інтелектуальних методів й моделей, які б дозволили формувати ефективні стратегії, використовуючи всю міць інформаційних технологій й систем.

Питаннями розробки та впровадження методів підтримки реалізації та управління проектів займаються такі вдатні вчені як А. Кофмана [1], Т. Сааті [2], Л.А. Заде [3], Х.Решке і Ч.Шеммі [4], А.Адамса [5], Б.Селія і М.Норми [6], С.Д.Бушуєва [7]. Але нажалі не до кінця вирішеними залишаються питання використання інтелектуальних методів підтримки управління проектами на підприємствах.

Метою цієї статті є використання інтелектуальних методів й математичних моделей в управлінні проектами.

### ОСНОВНА ЧАСТИНА

Питаннями застосування нечітко-логічних методів до управління проектами розглядає Тищук Т.А. [8]. Процес управління проектом можна описати у вигляді множини рішень  $\{Dt\}$ , прийнятих у визначені моменти часу  $t$ , що повинні переводити проект із стану  $St$  у стан  $St+1$  при обмеженнях  $Ct$ . Як показано в роботі, у нестабільному середовищі неможливо точно спрогнозувати:

1. стан  $\tilde{S}_t$ , у якому буде знаходитися проект  $P$  у момент часу  $t$ ,

2. обмеження  $\tilde{C}_t$ , що будуть накладатися на проект у момент часу  $t$ ,

3. стан  $\tilde{S}_{t+1}$ , у який перейде проект у результаті рішення  $D_t$  і впливів нестабільного оточення.

Це спричиняє появу ризиків, що можуть призвести до серйозних втрат. Більш того, можуть скластися обставини, у яких мета проекту не буде досягнута. Для того щоб уникнути такої ситуації, варто прогнозувати наслідки впливу факторів нестабільності середовища шляхом врахування невизначеностей, як станів (параметрів) проекту, так і його обмежень.

Поняття невизначеності займає важливе місце в системі категорій економіко-математичного моделювання. Це пов'язано з тим, що економічним системам, особливо в умовах нестабільного економічного середовища, об'єктивно притаманна велика кількість різного роду невизначеностей. Прийняття ефективних управлінських рішень неможливе без комплексного врахування факторів невизначеності, які, як відомо, є одним з основних джерел ризику. Підготовка ефективного рішення визначається, у тому числі, адекватністю опису досліджуваного економічного явища чи процесу. Оскільки майже кожний з них характеризується невизначеністю, необхідно володіти інструментами, що дозволяють:

- ідентифікувати невизначеність;
- виявляти природу (джерела) невизначеності з метою її зменшення;
- враховувати невизначеність при моделюванні;
- оперувати невизначеністю.

Для підвищення адекватності створеної моделі до реальної системи має бути врахована невизначеність при моделюванні об'єктів економічної системи, зовнішнього середовища, властивостей цих об'єктів і зв'язків між ними всередині системи та з об'єктами зовнішнього середовища. Це повинно забезпечувати ефективне використання всієї наявної інформації. В процесі отримання результуючих характеристик інформація не повинна губитися і, разом з тим, невизначеність не повинна збільшуватися.

Серед класичних методів, що дозволяють представляти й оперувати невизначеністю в моделях управління проектами, можна відокремити методи, що базуються на теорії чутливості, інтервальної математиці, теорії ігор, теорії ймовірностей, теорії інформації й принципах імітаційного моделювання (рис. 1).

Класичні підходи орієнтовані, в основному, на моделювання окремих видів невизначеностей параметрів (станів) проекту. Вони орієнтовані, в основному, на представлення, оперування та інтерпретацію невизначеностей вхідних даних, які пов'язані з випадковістю процесів.

Запропонований авторський підхід, що заснований на апараті теорії нечітких множин, дозволяє значно розширити можливості при моделюванні невизначеностей у процесах управління проектами.

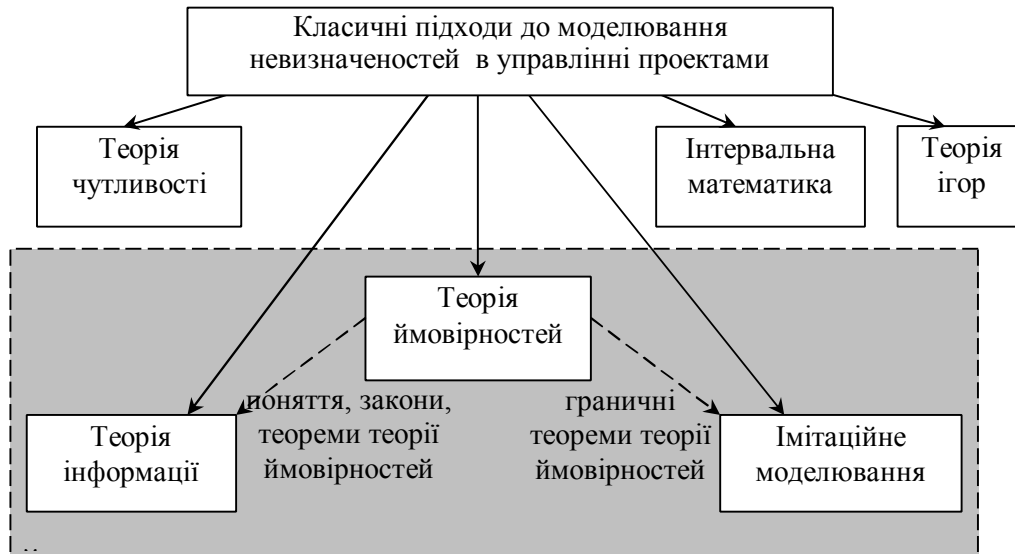


Рис. 1. Підходи до моделювання невизначеностей при управлінні проектами

Тишук Т.А. запропонувала та побудувала концепцію моделювання процесів прийняття рішень з управління проектами (рис.2).

Серед запропонованих Тишук Т.А. моделей можна виокремити наступні:

- моделі оцінки ефективності інвестиційних проектів;
- модель сітьового планування і управління, яка заснована на розробленому в дисертації методі нечіткого критичного шляху;
- модель нечіткого порогу безбитковості.

• У моделі чистої приведеної вартості (NPV) доходи  $\tilde{D}_i$  і витрати  $\tilde{P}_i$  в кожному періоді реалізації проекту представляються нечіткими величинами у вигляді наборів  $\alpha$ -рівнів (відрізків),  $\tilde{D}_i = \langle \mathcal{R}, \mu_{\tilde{D}_i} \rangle = \{ [D_i^{\alpha*}, D_i^{\alpha}] \}$ ,  $\tilde{P}_i = \langle \mathcal{R}, \mu_{\tilde{P}_i} \rangle = \{ [P_i^{\alpha*}, P_i^{\alpha}] \}$ , де  $\mathcal{R}$  - множина дійсних чисел. Нечітка величина чистої приведеної вартості  $\tilde{NPV} = \langle \mathcal{R}, \mu_{\tilde{NPV}} \rangle = \{ [NPV^{\alpha*}, NPV^{\alpha}] \}$  визначається за допомогою застосування принципу розширення Заде до стандартної формули розрахунку цього показника:

$$\mu_{\tilde{NPV}}(npv) = \sup_{\substack{D_1, D_2, \dots, D_n \\ P_1, P_2, \dots, P_n}} \left\{ \min_i \{ \mu_{\tilde{D}_i}(D_i), \mu_{\tilde{P}_i}(P_i) \} \mid npv = f(D_1, \dots, D_n, P_1, \dots, P_n) \right\} \quad (1)$$

- де  $npv \in \mathcal{R}$ ,  $D_i \in \mathcal{R}$ ,  $P_i \in \mathcal{R}$ , для кожного  $i$ ;  $npv = f(D_1, \dots, D_n, P_1, \dots, P_n)$  – функція, що описує залежність між показником чистої приведеної вартості і грошовими потоками по періодах для кожного можливого сценарію.

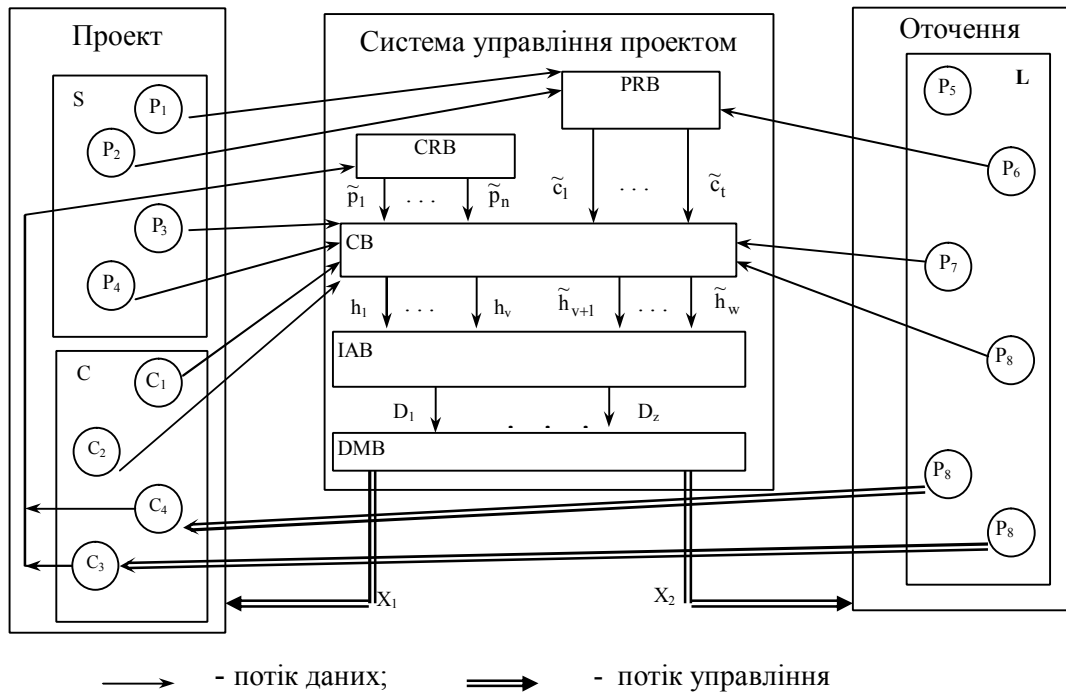


Рис.2. Концепція моделювання процесу прийняття рішень в управлінні проектами на основі теорії нечітких множин

$S = \{p\}$  – стан проекту,  $L = \{p\}$  – стан оточення,  $p_i$  – параметр проекту або оточення,  $C = \{cm\}$  – множина обмежень проекту, PRB – блок представлення неточно заданих параметрів нечіткими величинами  $\tilde{p}_1, \dots, \tilde{p}_n$ , CRB – блок представлення неточно визначених обмежень нечіткими величинами  $\tilde{c}_1, \dots, \tilde{c}_t$ , CB – блок розрахунків,  $h_1, \dots, h_w$  – параметри, необхідні для підготовки прийняття рішень, IAB – блок аналізу та інтерпретації результатів,  $D_1, \dots, D_z$  – множина можливих рішень, DMB – блок прийняття рішення,  $X_1, X_2$  – управляючий вплив на проект та його оточення в результаті прийнятого рішення.

Формула розрахунку  $\tilde{NPV}$  згідно (1) визначається як:

$$NPV_*^\alpha = \sum_{i=1}^n (D_{i*}^\alpha - P_{i*}^\alpha) / (1+j)^i - I_0 \quad (2)$$

$$NPV^{\alpha*} = \sum_{i=1}^n (D_i^{\alpha*} - P_i^{\alpha*}) / (1+j)^i - I_0 \quad (3)$$

It n – кількість глибокості,  $I_0$  – початкові інвестиції, j – ставка дисконтування.

Величина  $\tilde{NPV}$  може містити як позитивні, так і негативні результати. Кількісний показник ризику збитковості проекту характеризує співвідношення позитивних і

негативних результатів з урахуванням їх ступенів можливості:

$$r = \begin{cases} \int_{-\infty}^0 \mu_{\tilde{NP}\tilde{V}}(x)dx / \int_{-\infty}^{+\infty} \mu_{\tilde{NP}\tilde{V}}(x)dx, & \text{якщо } \int_{-\infty}^{+\infty} \mu_{\tilde{NP}\tilde{V}}(x)dx \neq 0, \\ 1, & \text{якщо } \int_{-\infty}^{+\infty} \mu_{\tilde{NP}\tilde{V}}(x)dx = 0, \tilde{NP}\tilde{V} < 0, \\ 0, & \text{якщо } \int_{-\infty}^{+\infty} \mu_{\tilde{NP}\tilde{V}}(x)dx = 0, \tilde{NP}\tilde{V} \geq 0. \end{cases}$$

У моделі оцінки термину окупності інвестиції в умовах нечітких грошових потоків накопичений прибуток  $\tilde{CP}_k = \langle \mathcal{R}, \mu_{\tilde{CP}_k} \rangle = \{[CP_k^{\alpha^*}, CP_k^{\alpha^*}]\}$  до k-того року ( $k=1, \dots, n$ ) визначається аналогічно (1)-(3). З рис.3 видно, що до певних періодів ( $k=1, k=2$ ) проект не окупиться при будь-яких варіантах розвитку подій, при  $k=3, k=4$  – він окупиться в залежності від обставин, а до інших періодів проект окупиться в будь-якому випадку.

Формально це можна описати у вигляді функції окупності інвестиції:

$$PB(k) = \begin{cases} \int_0^{+\infty} \mu_{\tilde{CP}_k}(x)dx / \int_{-\infty}^{+\infty} \mu_{\tilde{CP}_k}(x)dx, & \text{якщо } \int_{-\infty}^{+\infty} \mu_{\tilde{CP}_k}(x)dx \neq 0, \\ 0, & \text{якщо } \int_{-\infty}^{+\infty} \mu_{\tilde{CP}_k}(x)dx = 0, \tilde{CP}_k < 0, \\ 1, & \text{якщо } \int_{-\infty}^{+\infty} \mu_{\tilde{CP}_k}(x)dx = 0, \tilde{CP}_k \geq 0, \end{cases}$$

де  $m$  – кількість  $\alpha$ -рівнів,  $r$  – номер  $\alpha$ -рівня,  $\alpha r \leq \alpha r + 1 \forall r$ .

Для випадку, що наведений на рис. 3, функція окупності інвестиції має вигляд, зображений на рис.4.

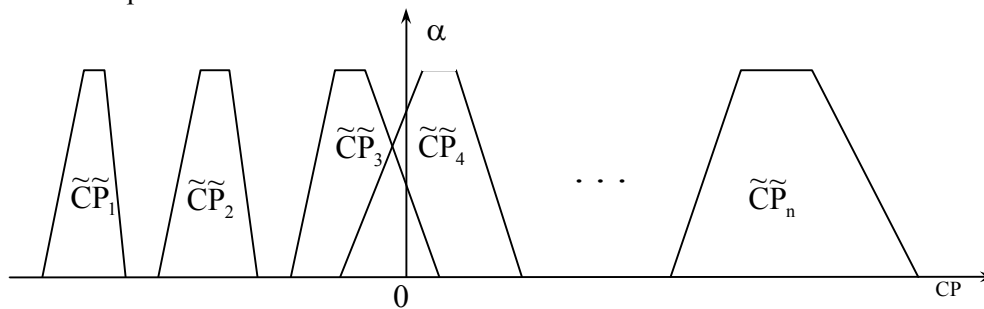


Рис. 3. Розрахунок накопиченого прибутку по рокам

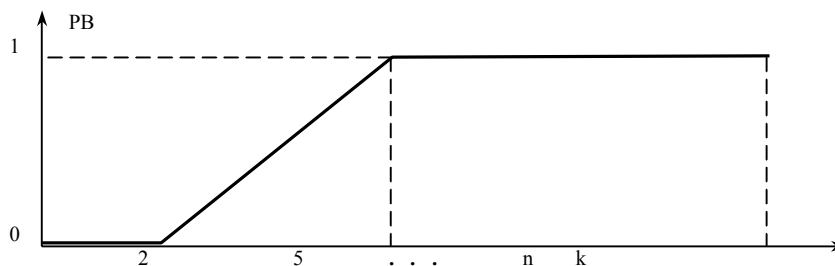


Рис 4. Функція окупності інвестиції

Моделі оцінки проектів з використанням інших показників ефективності можна будувати на основі запропонованої концепції моделювання процесів прийняття рішень з управління проектами аналогічно.

Запропоновані моделі оцінки часових характеристик проекту в умовах нечітких даних засновані на прямому застосуванні принципу розширення Заде у співвідношеннях класичного методу сітьового планування і управління. Розроблено ефективний метод обчислення нечітких часових вікон для резервів і пізніх термінів початку і завершення робіт на основі декомпозиції графа і виділення істотних наборів тривалостей операцій на  $\alpha$ -рівнях.

Оцінки нечітких термінів ранніх початку  $\tilde{E}\tilde{S}_r$  і завершення  $\tilde{E}\tilde{C}_r$  робіт запропоновано виконувати на основі розширення алгоритму Форда шляхом заміни операцій додавання і максимуму їх аналогами в нечіткій арифметиці:

$$\tilde{E}\tilde{S}_r = \begin{cases} 0, & \text{якщо } r \text{ – перша робота в сітьовій моделі,} \\ \tilde{m}\tilde{x}_{q \in \text{PRED}(r)} \tilde{E}\tilde{C}_q, & \text{інакше;} \end{cases}$$

$$\tilde{E}\tilde{C}_r = \tilde{E}\tilde{S}_r \oplus \tilde{T}_r,$$

де  $r, q$  – роботи проекту,  $\tilde{T}_r$  – нечітка тривалість  $r$ ,  $\text{PRED}(r)$  – множина попередників  $r$ ;  $\oplus$  та  $\tilde{m}\tilde{x}$  – знаки розширеного додавання і максимуму.

Якщо застосувати принцип розширення до функцій розрахунку пізніх початку і завершення та резервів виконання робіт класичного методу сітьового планування і управління, то нечіткі часові вікна для цих характеристик будуть визначені таким чином:

$$\mu_{\tilde{L}\tilde{S}_r}(t) = \sup_{\tau_i \in \tau} \{ \min \{ \mu_{\tilde{T}_1}(t_{l_1}), \dots, \mu_{\tilde{T}_n}(t_{n_i}) \} \mid \text{LS}_r(\tau_i) = t \},$$

$$\mu_{\tilde{L}\tilde{C}_r}(t) = \sup_{\tau_i \in \tau} \{ \min \{ \mu_{\tilde{T}_1}(t_{l_1}), \dots, \mu_{\tilde{T}_n}(t_{n_i}) \} \mid \text{LC}_r(\tau_i) = t \},$$

$$\mu_{\tilde{F}_r}(t) = \sup_{\tau_i \in \tau} \{ \min \{ \mu_{\tilde{T}_1}(t_{l_1}), \dots, \mu_{\tilde{T}_n}(t_{n_i}) \} \mid \text{F}_r(\tau_i) = t \},$$

де  $\tilde{L}\tilde{S}_r$ ,  $\tilde{L}\tilde{C}_r$ ,  $\tilde{F}_r$  – нечіткі величини, що представляють пізні початок і завершення та резерв роботи  $r$  відповідно;  $\mu_{\tilde{L}\tilde{S}_r}(t)$ ,  $\mu_{\tilde{L}\tilde{C}_r}(t)$ ,  $\mu_{\tilde{F}_r}(t)$  і  $\mu_{\tilde{T}_q}(t)$  – функції належності  $\tilde{L}\tilde{S}_r$ ,  $\tilde{L}\tilde{C}_r$ ,  $\tilde{F}_r$  і  $\tilde{T}_q$  відповідно.

Для практичних розрахунків  $\tilde{T}_r$ ,  $\tilde{L}\tilde{S}_r$ ,  $\tilde{L}\tilde{C}_r$  і  $\tilde{F}_r$  зручно користуватися запропонованими в дисертації формулами, що мають  $\alpha$ -рівневе представлення тривалостей робіт. В такому випадку нечітка величина, наприклад  $\tilde{T}_r$ , представляється у вигляді:  $\tilde{T}_r = \{ [T_{\alpha^*}, T_{\alpha}^*] \}$ .

Метод нечіткого критичного шляху заснований на використанні понять нечіткої множини критичних шляхів і нечіткої множини критичних робіт. Нечітка множина

критичних шляхів визначається як  $\tilde{K} = \langle I, \mu_{\tilde{K}}(I) \rangle$ , де  $\mu_{\tilde{K}}(I)$  - ступінь належності шляху  $I$  нечіткій множині  $\tilde{K}$ , тобто ступінь критичності шляху  $I$ . Роботи, що лежать на критичних шляхах, утворюють нечітку множину критичних робіт  $\tilde{R}_{кр} = \langle r, \mu_{\tilde{R}_{кр}}(r) \rangle$ , де  $r$  - робота,  $\mu_{\tilde{R}_{кр}}(r)$  - ступінь приналежності роботи  $r$  нечіткій множині  $\tilde{R}_{кр}$  чи її ступінь критичності. Ступінь критичності  $\mu_{\tilde{R}_{кр}}(r)$  роботи  $r$  може приймати значення з інтервалу  $[0,1]$ . Роботи, що є критичними при будь-яких можливих сценаріях розвитку подій, мають ступінь критичності 1. Роботи, що мають ступінь критичності 0, завжди мають резерв виконання. Роботи, що можуть бути як критичними, так і некритичними в залежності від сформованих умов, мають ступінь критичності з інтервалу  $(0,1)$ . Важливо, що роботи з більшим ступенем критичності мають пріоритет при плануванні.

Слід відзначити, що використання інтелектуальних методів не обмежується нечіткою логікою. Є дослідження, які спираються на методологію когнітивного моделювання. Так, наприклад, Войтенко О.С. [9] розглядає такі моделі. Когнітивні карти засновані на взаємозв'язках між зацікавленими сторонами проекту та взаємозалежних впливах цих сторін у відповідності до їх компетенції.

Модель слід будувати як на фазі ініціалізації проекту, так і на фазі виконання при управлінні змінами. Саме на фазі ініціалізації важлива побудова моделі та визначення когнітивних потенціалів зацікавлених сторін, що дасть змогу оцінити їх взаємний вплив. Тому на цьому етапі йде вирівнювання потенціалів зацікавлених сторін щодо зменшення негативного впливу. Вирівнювання когнітивних потенціалів — це підвищення компетентності тієї зацікавленої сторони, когнітивний потенціал якої не дозволяє ефективно взаємодіяти з іншими сторонами в процесі виконання проекту.

Елементами когнітивної моделі є зацікавлені сторони проекту та лінії взаємного впливу. Також на когнітивній моделі вказуються відповідні потенціали кожної сторони, що визначені з елементів компетенції стандарту щодо оцінки компетенції проектних менеджерів міжнародної асоціації з управління проектами (International Competence Baseline).

Основою визначення значень когнітивного потенціалу є експертні оцінки, які змінюється в межах від -1 до +1. Значення даного потенціалу кожної зацікавленої сторони визначається по кожній групі елементів компетенції, після чого вказується середньозважене значення загального потенціалу зацікавленої сторони.

При моделюванні та аналізі поведінки зацікавлених сторін проекту на основі використання когнітивних карт можна виділити такі етапи.

1. Когнітивна структуризація – на якому проводиться аналіз проблемної ситуації, виділяються зацікавлені сторони, що впливають на ситуацію, та визначається структура взаємозв'язків між ними.

2. Структурний аналіз когнітивної карти – проводиться аналіз напрямків та сили взаємного впливу зацікавлених сторін, вибираються цільові та управляючі сторони, аналізуються цілі на непротивіччя та узгодженість.

3. Сценарне моделювання ситуації – на даному етапі проводиться моделювання розвитку ситуації. Моделювання може проводитися як в режимі саморозвитку, так і в

режимі керованого розвитку.

4. Оцінка результатів моделювання – на цьому етапі проводиться оцінка ефективності управлінських рішень.

5. Моніторинг ситуації – на останньому етапі проводиться моніторинг ситуації, що вивчається. У разі зміни ситуації проводиться зміна когнітивної карти даної ситуації.

Структуризація інформації проводиться з метою визначення множини всіх зацікавлених сторін проекту  $S = \{s_1, s_2, \dots, s_n\}$  (S - Stakeholder), а також множини причинно-наслідкових відносин між ними  $I = \{i_1, i_2, \dots, i_m\}$  (I - Influence). Такі причинно-наслідкові відносини визначаються в контексті впливу на ефективне виконання проекту.

Для визначення причинно-наслідкових відносин між зацікавленими сторонами проекту запропоновано визначати компетенцію кожної із зацікавлених сторін, яку можна назвати когнітивним потенціалом. Початкове значення когнітивного потенціалу зацікавленої сторони може змінюватись в діапазоні від 1 до +1. Тобто  $C_S = \{-1; +1\}$ .

Від’ємне значення когнітивного потенціалу означає, що зацікавлена сторона негативно впливає на ситуацію; при позитивному – компетенція зацікавленої сторони „спрямована” на вирішення ситуації. Нульове значення потенціалу показує, що компетенція зацікавленої сторони достатня в даній ситуації. Зацікавлена сторона проекту, яка не має безпосереднього впливу на ситуацію, але має опосередкований, тобто непрямий вплив, також повинна бути нанесена на когнітивну карту у вигляді вершини графу.

Визначивши значення когнітивного потенціалу кожної із зацікавлених сторін проекту, можна визначити напрямок та інтенсивність впливу однієї зацікавленої сторони на іншу тенденцію. Для причинно-наслідкових відносин визначаються характер і сила впливу однієї зацікавленої сторони на іншу. Значення відповідних змінних задаються в лінгвістичній шкалі; кожному значенню ставиться у відповідність число в інтервалі від мінус одиниці до плюс одиниці (табл. 1).

Таблиця 1

Значення лінгвістичних змінних

Лінгвістичні значення змінної «когнітивний потенціал»	Лінгвістичні значення змінної, що характеризує зв'язок між зацікавленими сторонами	Чисельні значення змінних (когнітивних потенціалів та зв'язків)
Відсутній	не впливає	0
М'який	м'яко підсилює (послабляє);	0,1 0,3 (-0,1; -0,3)
Середній	середньо підсилює (послабляє);	0,4 0,6 (-0,4; -0,6)
Високий/Низький	сильно підсилює (послабляє);	0,7 1,0 (-0,7; -1,0)



Таким чином, когнітивна карта являє собою зважений орієнтований граф  $G=(S,I)$ , в якому  $S$  (Stakeholder) – вершини (зацікавлені сторони проекту),  $I$  (Influence) – множина дуг, що відбивають безпосередні впливи зацікавлених сторін одна на одну.

Кожна дуга, що зв'язує зацікавлену сторону  $s_i$  із зацікавленою стороною  $s_j$ , має вагу  $a_{ij}$ , що відбиває характер і силу впливу зацікавленої сторони  $s_i$  на зацікавлену сторону  $s_j$ . Якщо  $a_{ij}$  – додатна величина, то при зміні значення когнітивного потенціалу  $s_i$  значення  $s_j$  змінюється в тому ж напрямку, якщо  $a_{ij}$  – від'ємна, то при зміні значення  $s_i$  значення  $s_j$  змінюється в протилежному напрямку. Модуль величини  $a_{ij}$  характеризує силу впливу.

Із графом  $G$  асоціюється матриця суміжності  $A_n$ . Елемент  $a_{ij}$  матриці  $A_n$ , що знаходиться на перетинанні  $i$ -го рядка й  $j$ -го стовпця, характеризує вплив зацікавленої сторони  $s_i$  на зацікавлену сторону  $s_j$ .

$$A_n = \begin{bmatrix} a_{11} & a_{12} & \dots & a_{1j} \\ a_{21} & a_{22} & \dots & a_{2j} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ a_{i1} & a_{i2} & \dots & a_{ij} \end{bmatrix}$$

Рядки в матриці суміжності визначають вплив зацікавленої сторони на інші зацікавлені сторони або вихідні дуги з вершин зваженого орієнтованого графу.

На рис. 5 зображений приклад когнітивної карти ситуації в проекті. Слід зазначити, що на цьому рисунку наведені основні категорії зацікавлених сторін проекту. На практиці дана карта може складатися з набагато більшого переліку зацікавлених сторін.

На цьому ж етапі, із зацікавлених сторін проекту вибираються: підмножини цільових  $Y=\{y_1, y_2, \dots, y_k\}$ , керуючих  $U=\{u_1, u_2, \dots, u_p\}$  зацікавлених сторін і вектор початкових значень когнітивних потенціалів зацікавлених сторін  $S(0)=(s_{01}, s_{02}, \dots, s_{0n})$ . Вектор початкових тенденцій зацікавлених сторін визначається з когнітивних потенціалів зацікавлених сторін.

В якості керуючих вибираються зацікавлені сторони, на які суб'єкт управління повинен впливати щодо ефективного виконання проекту за базисними показниками. Цільовими зацікавленими сторонами будемо вважати такі, що найбільшою мірою характеризують стан об'єкта управління і його цілі.

Після того як задано зважений орієнтований граф, його матриця суміжності та вектор початкових змін, проводиться моделювання ситуації. При цьому можна вирішувати дві задачі.

Пряма задача – задача прогнозу розвитку ситуації: за заданою ситуацією та вектором початкових змін визначити стан ситуації у наступний часовий інтервал.

При моделюванні поведінки системи використовуються два підходи – врахування лінійного (безпосереднього) впливу зацікавлених сторін одна на одну, та врахування інтегрального (прямого та опосередкованого) впливу зацікавлених сторін.

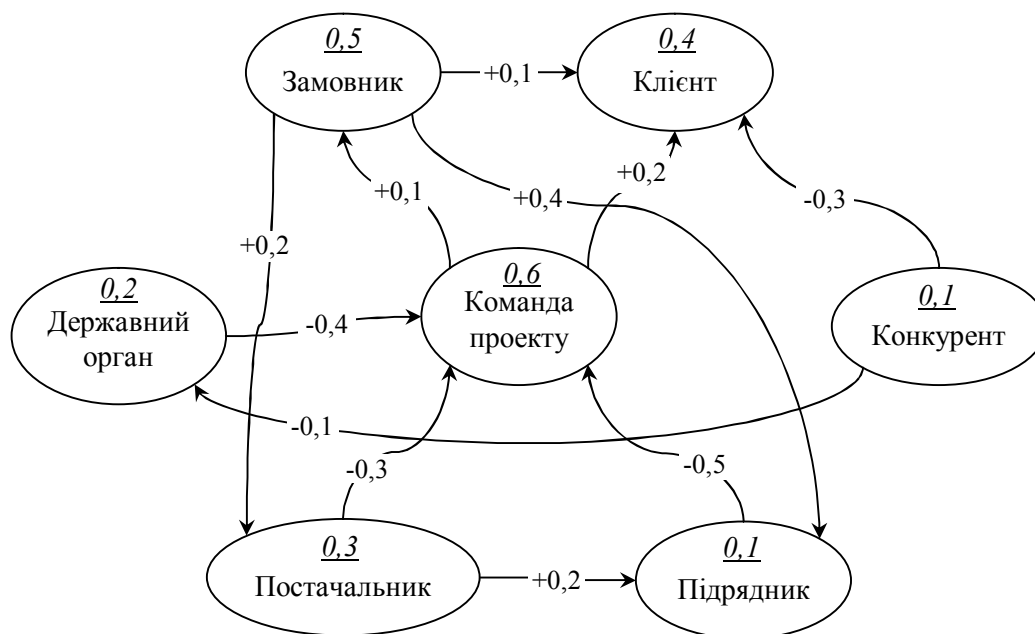


Рис 5. Когнітивна карта ситуації

При використанні моделі лінійного впливу зацікавлених сторін проекту, стан ситуації (значення когнітивного потенціалу зацікавленої сторони) в наступний проміжок часу  $t+1$  можна визначити так:

$$s_n(t+1) = s_n(t) + \sum_{i \in I} a_{i,j} (s_n(t) - s_n(t-1)) \quad (4)$$

де  $sn(t+1)$ ,  $sn(t)$ ,  $sn(t-1)$  значення когнітивного потенціалу зацікавленої сторони в моменти часу  $t+1$ ,  $t$  та  $t-1$  відповідно.

Для опису інтегрального впливу когнітивних потенціалів зацікавлених сторін використовується апарат нечіткої логіки – нечітких множин. Для врахування інтегральної дії зацікавлених сторін необхідно провести транзитивне замикання матриці суміжності  $A$ . Відомо, що транзитивне замикання бінарного відношення є транзитивне бінарне відношення:  $\hat{A} = A \cup A^2 \cup A^3 \cup \dots$

У випадку коли матриця  $A \subset E \times E$ ,  $E=n$ , тоді

$$B = \hat{A} = A \cup A^2 \cup A^3 \cup A^n \quad (3)$$

$$A^2 = A \circ A \quad (4)$$

При використанні теорії нечітких множин операція композиції матриць подібна до

перемноження матриць, але операції множення та додавання замінюються операціями знаходження мінімальних та максимальних значень відповідно:

$$\vee [(a_{i,1} \wedge a_{1,j}), (a_{i,2} \wedge a_{2,j}), \dots, (a_{i,n-1} \wedge a_{m-1,j}), (a_{i,n} \wedge a_{m,n})], \quad (5)$$

тобто

$$\max [(a_{i,1} \min a_{1,j}), (a_{i,2} \min a_{2,j}), \dots, (a_{i,n-1} \min a_{m-1,j}), (a_{i,n} \min a_{m,n})] \quad (6)$$

Отже, при використанні моделі інтегрального впливу зацікавлених сторін проекту, стан ситуації в наступний проміжок часу  $t+1$  визначається так:

$$s_n(t+1) = s_n(t) + \sum_{i \in I} b_{i,j} (s_n(t) - s_n(t-1)) \quad (7)$$

На рис. 6 наведено моделювання поведінки зацікавлених сторін з урахуванням прямого та інтегрального впливу.

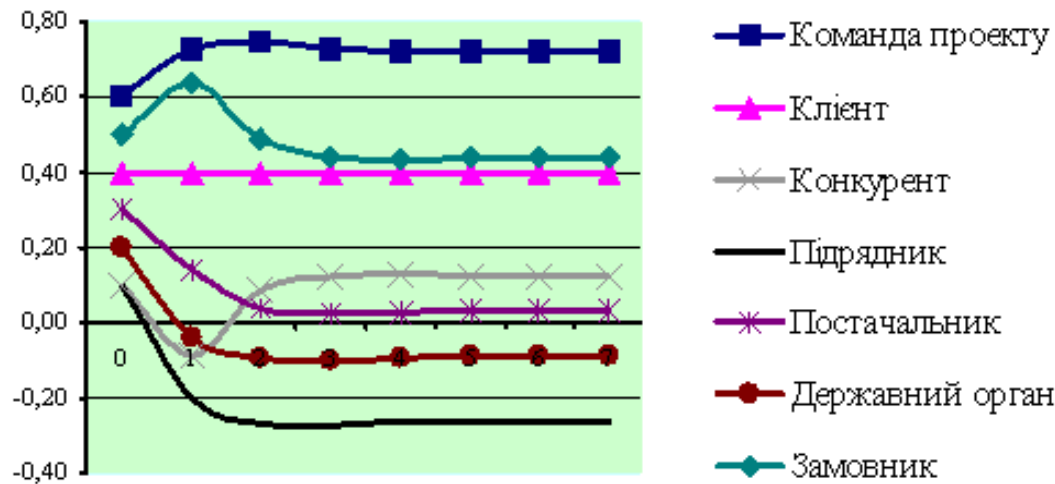


Рис. 6. Динамічне моделювання взаємного впливу зацікавлених сторін з урахуванням прямого впливу

Виходячи з унікальності ситуацій, можна припустити, що дії щодо управління зацікавленою стороною можуть бути різними. Прикладами можуть бути: навчання зацікавленої сторони, передача фахівця з «сильної» команди до «слабкої», конкретизація завдань тощо. Також доцільним є створення баз знань конкретних ситуацій та відповідних дій зацікавлених сторін, а отже, і формалізація відповідного досвіду, який можна використовувати у майбутньому.

Використання запропонованих моделей нечіткої логіки дозволяє обґрунтовано

підійти до розробки календарного плану проекту й оцінити ризик, пов'язаний з його несвоєчасним завершенням.

Моделювання обмежень, що накладаються на параметри проекту, у вигляді нечітких множин дозволяє враховувати і погоджувати ступені задоволення учасників проекту. Одна з ключових характеристик, які використовуються у такій моделі – ступінь задоволення обмеження деяким параметром. Причому, на відміну від чіткого випадку, обмеження може задовольнятися чи порушуватися як цілком (ступінь задоволення дорівнює 1 чи 0 відповідно), так і частково (ступінь задоволення більше 0, але менше 1).

Прикладами процесів, для управління якими є ефективним використання методології управління проектами на мікрорівні, можуть служити: реорганізація підприємств, впровадження автоматизованих систем управління підприємствами, освоєння виробництва нового продукту чи послуги і т.п., а на макрорівні – розробка бюджету держави, впровадження нових схем оподаткування, створення вільних економічних зон, структурна перебудова економіки тощо.

Практична реалізація запропонованих моделей потребує:

1. побудови нечітких множин, що представляють вхідні дані;
2. розрахунку нечітких множин, що відповідають вихідним характеристикам проекту;
3. обчислення кількісних показників ризику;
4. інтерпретації результатів.

Приклад розрахунку параметрів моделі використовувався при плануванні та координації проекту автоматизації. Відповідно до діяльності підприємства було сплановано комплекс робіт (табл.3).

Тривалість кожної роботи було представлено у вигляді двох  $\alpha$ -рівнів  $T = [T_{0^*}, T_0^*] \cup [T_{1^*}, T_1^*]$ . Відрізок  $[T_{0^*}, T_0^*]$  представляє всі можливі тривалості робіт, а відрізок  $[T_{1^*}, T_1^*]$  – найбільш ймовірні. На основі розроблених алгоритмів були обчислені ранні та пізні строки виконання робіт, їх резерви та ступені критичності. Згідно з розрахунками, тривалість проекту має скласти від 61 до 72 тижнів, але скоріш за все від 65 до 69 тижнів. Роботи А, В, D, E, G, I, К складають нечітку множину критичних робіт  $\tilde{R}_{кр}$ , а шляхи  $l_1=ABDEIK$  та  $l_2=ABDGK$  – нечітку множину критичних шляхів  $\tilde{K}$ . Ступені критичності робіт дорівнюють:

$$KP(A) = KP(B) = KP(D) = KP(K) = 1; KP(E) = KP(I) = 0,41; KP(G) = 0,59.$$

Це означає, що найбільш пріоритетними при реалізації проекту є роботи А, В, D та К. Крім того, залежно від обставин може бути критичною робота G або роботи E та I. При цьому, можливість, що робота G буде критичною є більшою.

Таблиця 3.

Вхідні дані по проекту

Робота	Безпосередні попередники	Безпосередні послідовники	Тривалість (тижні)			
			$T_{0*}$	$T_0^*$	$T_{1*}$	$T_1^*$
A	-	BC	7	8	7	8
B	A	D	15	18	16	17
C	A	D	4	5	4	4
D	BC	EFGH	8	12	9	10
E	D	I	11	12	12	12
F	D	K	3	4	3	4
G	D	K	19	24	23	24
H	D	J	5	6	5	6
I	E	K	10	11	10	10
J	H	K	4	6	5	5
K	FGIJ	-	10	10	10	10

## ВИСНОВКИ

На основі викладеного можна зробити такі висновки.

По-перше, галузь з управління проектами є досить широкою й вимагає залучення до аналізу як класичних методів, так й інтелектуальних методів та моделей з використанням математичних методологій. Складність самого предмета дослідження вимагає застосування таких підходів, які б допомогли формалізувати поняття «поведінки», «лінгвістичної оцінки», «якісної оцінки».

По-друге, серед різноманіття математичних методів, які на даний час використовуються в рішенні економічних задач значну увагу приваляють нечіткі логічні методи, та методи лінгвістичного аналізу, онтологічного моделювання, методи визначення когнітивних моделей. Проведене дослідження розкриває особливості використання таких методів й моделей в управлінні проектами. Характерною особливістю є врахування нечітких класифікацій та визначень понять в управлінні проектами, що дозволяє визначати більш адекватні моделі.

Подальші дослідження з проблем застосування моделей управління проектами та

інтелектуальних методів можуть бути направлені на порівняльний аналіз та пошук варіативних обмежень застосування подібних методів.

**Список літератури:**

1. Сетевые методы планирования: Применение системы ПЕРТ и ее разновидностей при управлении производственными и научно-исследовательскими проектами. / А. Кофман, Г. Дебазей. / Пер. с французского В. З. Беленький. — М. : Прогресс. Редакция литературы по экономике, 1968. — 188 с.
2. Саати Т. Аналитическое планирование. Организация систем. / Т. Саати, К. Кернс. — М. : Радио и связь, 1991. — 224 с.
3. Заде Л. Понятие лингвистической переменной и его применение к принятию приближенных решений / Л. Заде. — М. : Мир, 1976. — 166 с.
4. Мир управления проектами / Под. ред. Х. Решке, Х. Шемми. — М. : Аланс, 2003. — 304 с.
5. Adams J.R. Principles of Project Management. / J. R. Adams. — 1997. — 230 p.
6. Burton C. A practical guide to project planning / C. Burton, N. Micheal. — Kogan Page, 1994. — 151 p.
7. Бушуев С.Д. Креативные технологии в управлении проектами и программами. / С.Д. Бушуев, Н.С. Бушуева, И.А. Бабаев и др. — К. : Саммит книга, 2010. — 768с.
8. Тищук Т.А. Економіко-математичне моделювання процесів управління проектами на основі теорії нечітких множин. – автореф. на здоб. наук. ступеня канд. економ. наук. / Т.А. Тищук. – Донецьк, 2001. – 20 с.
9. Войтенко О.С. Когнітивні моделі та інформаційні технології управління проектами та програмами. – автореф. на здоб. звання канд. тех. наук. / О.С. Войтенко. — К.: Київський національний університет будівництва і архітектури, 2007. – 21 с.

**Королев О. Л., Круликовский А. П. Интеллектуальные методы моделирования процессов управления проектами / Королев О. Л., Круликовский А. П.// Ученые записки Таврического национального университета имени В. И. Вернадского Серия: «Экономика и управление». – 2013. – Т. 26 (65). № 1. - С. 73-86.**

Рассмотрены интеллектуальные методы и модели поддержки процесса управления проектами. Особое внимание уделено методам нечеткой логики и когнитивному моделированию. Определены модели реализации процесса управления проектами. Приведены примеры расчетов в соответствии с представленными моделями.

**Ключевые слова:** математические модели, управление проектами, интеллектуальные методы и модели, когнитивные модели

*Статья поступила в редакцию 02. 09. 2013 г*