

## ЗАДАЧА ПІДТРИМКИ ПРИЙНЯТТЯ РІШЕНЬ ПРИ КЕРУВАННІ ПРОЄКТАМИ У МУНІЦИПАЛЬНІЙ СФЕРІ ТА ПЕРЕДУМОВИ ВИКОРИСТАННЯ НЕЧІТКИХ КОГНІТИВНИХ КАРТ

**Денис Васильєв**

аспірант кафедри автоматизації та інформаційних систем

Кременчуцький національний університет імені Михайла Остроградського, вул. Першотравнева, 20, Кременчук, Полтавська область, Україна, 39600, [mjden710@gmail.com](mailto:mjden710@gmail.com);

**ORCID: 0000-0002-4330-0359**

**Ігор Шевченко**

професор кафедри автоматизації та інформаційних систем

Кременчуцький національний університет імені Михайла Остроградського вул. Першотравнева, 20, Кременчук, Полтавська область, Україна, 39600, [ius.shevchenko@gmail.com](mailto:ius.shevchenko@gmail.com);

**ORCID: 0000-0003-3009-8611**

Ефективне управління проєктами можливо лише за допомогою відповідних інформаційних технологій підтримки прийняття рішень. Важливим аспектом створення таких технологій є вибір моделі, за допомогою якої можна вирішувати одразу декілька задач, а саме – узгодження оцінок стану проєкту, моделювання впливу певних факторів з метою прогнозування, пошук оптимальних управлінських рішень як сукупності впливових факторів. Усім цим вимогам відповідає нечітка когнітивна карта. Але ефективне застосування цієї моделі можливо у тому випадку, якщо буде вирішено такі проблеми, як забезпечення стійкості результатів розрахунку при будь-якому змісті матриці зв'язків, а також прибирання шумових взаємних впливів факторів без фатального порушення бізнес-логіки проєкту. Метою роботи є обґрунтування застосування нечітких когнітивних карт при створенні інформаційної технології керування організаційними процесами у муніципальній сфері в умовах невизначеності та ризику.

Сформульовано вимоги до інструментального засобу, а саме: інструментальна система повинна мати засоби спільної логічної та функціональної обробки, що дозволяє вирішувати як логічні, так і розрахункові задачі; система повинна враховувати багато-альтернативність вирішення завдань та залежно від вимог вибирати або раціональний варіант вирішення, або симбіоз різних варіантів з метою підвищення рівня достовірності результатів; інструментальна система має бути придатною на вирішення як прямих, і зворотних завдань.

Створено формальну постановку загального класу задач, що пов'язані з розробкою інструментального засобу підтримки прийняття рішень у процесі управління проєктами.

Формалізовано задачу формування класів станів керованої системи, яка поставлена як задача класифікації на зваженій структурі – графі, який слугує для подання даних і знань про об'єкт. Тим самим обґрунтовано застосування нечітких когнітивних карт для моніторингу, прогнозування та оптимізації управлінських рішень при керуванні проєктами.

Все це сприяє виконанню основного завдання – розробці інформаційної технології підтримки прийняття рішень в організаційних процесах управління проєктами та програмами у муніципальних органах та підприємствах.

**Ключові слова:** муніципальна сфера, проєкти, прийняття рішень, нечітка когнітивна карта, проблеми застосування, формалізація задач.

**АКТУАЛЬНІСТЬ РОБОТИ.** Розробка та реалізація проєктів у муніципальній сфері пов'язана з різноманітними ризиками щодо строків, обсягів фінансування та якості виконання. З іншого боку, кожен етап проєкту може бути виконаний різними способами, з різними витратами і, відповідно, втратами. Отже, вирішення будь-яких управлінських завдань може мати багато-альтернативний характер, що полягає в наявності деякої множини шляхів досягнення цільової ситуації.

Однак прагматична мета виділення безлічі варіантів вирішення задачі полягає у виборі оптимального варіанту рішення, якій задовольняє вимогам особи, що приймає рішення (ОПР). Це пояснюється тим, що кінцевий результат не залежить прямо від варіанту рішення.

Появу ризику необхідно розглядати разом з проблемою невизначеності (неточності, недостовірності, ненадійності) знань про умови та процеси, які відбуваються в об'єкті та зовніш-

ньому середовищі, з імовірнісним характером виникнення небажаних подій [1]. Під невизначеністю далі розуміється стан неоднозначності розвитку подій в майбутньому, стан незнання і неможливості точного передбачення основних величин і показників розвитку деякого проекту. Невизначеність передбачає наявність факторів, при яких результати дій не є детермінованими, а ступінь можливого впливу цих факторів на результати невідома. В умовах такої невизначеності зацікавлені особи зобов'язані контролювати ситуацію та прогнозувати ризики в процесі реалізації проекту.

Інструментом, який дозволяє оцінювати очікувані ризики в умовах невизначеності, зазвичай є математичний апарат теорії нечітких множин [2]. Але апарат нечітких множин та нечіткої логіки не завжди допомагає визначити множину зв'язків між окремими факторами та відстежувати динаміку розвитку подій на керованому об'єкті. До того ж, при розв'язанні задачі прийняття рішення важливо аналізувати кожен з можливих варіантів досягнення цільової ситуації, тому що при симбіозі альтернативних варіантів можлива зміна характеристик ситуацій, наприклад, апостеріорна оцінка ступеня прояву ситуації. При цьому особа що приймає рішення (ОПР) повинна також враховувати силу впливу кожного фактора на інший фактор, а ці впливи можуть змінюватися у процесі розвитку подій.

У зв'язку з цим, враховуючи всі-можливі варіанти досягнення певної ситуації, можна значно змінити результат вирішення поставленого завдання. На цьому шляху необхідно застосовувати відповідні інформаційні технології, які мають забезпечити моніторинг процесу виконання проекту та підтримку прийняття управлінських рішень. Тому тема роботи є актуальною.

В роботах [3], [4], [5] аналізуються методи керування проектами, які зазвичай застосовуються у різних галузях. Зрозуміло, що ці методи містять елементи моніторингу робочих процесів, виявлення протиріч та конфліктних ситуацій, урахування та зняття ризиків. Ці методи створені на базі практичного досвіду менеджерів.

Роботу [6] присвячено аналізу математичних моделей керування проектами, таких як традиційні мережеві, які дозволяють визначити мінімальний час виконання з урахуванням обмежень на ресурси. Розглянуто застосування марківських моделей у мережах з ймовірнісними гілками. Тобто такі моделі дають змогу урахувати невизначеність умов у процесі прийняття управлін-

ських рішень. Причому кожен з варіантів рішень має, як правило, свої привабливі сторони. Порівняння переваг і недоліків різних варіантів, їх оцінок за різними критеріями – складне завдання для ОПР [7], [8]. Отже, невизначеність і багато-критеріальність – основні труднощі при виборі рішень.

Серед моделей, які застосовуються для підтримки прийняття рішень особливе місце займають так звані нечіткі когнітивні карти (НКК) [9]. Це обумовлено властивостями НКК, які, по перше, дають змогу наочного уявлення взаємозв'язків факторів що впливають і, по друге, дозволяють дослідити, як впливає зміна оцінки певного фактору на інші фактори та загальну картину у досліджуваному процесі. Саме тому ми зосереджуємось на цій моделі.

Метою нашої роботи є створення концептуальних передумов ефективного використання нечітких когнітивних карт з урахуванням деяких невіршених проблем їх застосування. Для досягнення цієї мети потрібно, по перше, формалізувати задачу застосування НКК у керуванні проектами, а по друге – визначити проблеми, які потрібно розв'язати, для ефективного застосування НКК.

Матеріал і результати досліджень. Як відомо, існують такі етапи процесу керування проектом [3], [4]:

1. Ініціювати проект:
  - чітко сформулювати цілі проекту;
  - визначити головного замовника проекту, куратора проекту, визначити всіх основних зацікавлених осіб;
  - визначити виконавців та відповідних виконавців;
  - призначити керівника проекту.
2. Спланувати проект (спочатку укрупнено, потім детально):
  - провести декомпозицію цілей та очікуваних результатів, які необхідно отримати та роботи, які потрібно для цього виконати;
  - визначити вимоги до результатів проекту;
  - визначити необхідні ресурси для виконання робіт (люди, обладнання, матеріали), їх вартість та джерело придбання;
  - встановити зв'язок між етапами та роботами та їх тривалість, створити базовий план виконання проекту;
  - визначити ризики проекту;
  - спираючись на наявну інформацію визначити загальний базовий бюджет;
  - сформулювати проектну групу, розподілити відповідальність серед її членів;

– визначити, як відбуватиметься обмін інформацією у проекті;

– узгодити заходи, якщо щось змінюється.

3. Виконувати та контролювати проєкт:

– виконувати, що заплановано та контролювати результат на відповідність вимогам (моніторинг);

– за необхідності проводити перепланування; прийняти результати (продукт проєкту).

4. Формально завершити проєкт:

– підписати усі необхідні документи;

– преміювати та розпустити та команду;

– підбити підсумки проєкту та сформувати архів.

Ця послідовність кроків досить універсальна і може бути застосована до будь-якої предметної області.

Аналізуючи зміст цих етапів з точки зору комп'ютерних технологій, можна зробити висновок що при керуванні проєктами існує два аспекти або дві задачі: пряма задача (моделювання перебігу процесів, розпізнавання ситуації) і зворотна задача – пошук сукупності таких значень факторів, при яких можна досягнути рішення цільової задачі. При цьому раціональний процес прийняття рішення передбачає виділення деяких закономірностей: причинно-наслідкових, просторових, часових та кількісних. Необхідно також враховувати наявність умовних та контрольованих функціональних відносин, істинність яких визначається у процесі вирішення цих задач. Для формалізації аналізованого класу завдань зазначимо:

– вважати цільовою ситуацією множини значень предметних змінних, стан яких необхідно визначити; так, наприклад, нехай проблемне завдання полягає у визначенні значень параметрів деякого об'єкта, тоді цільова ситуація може бути представлена так:

$$\text{Val}(X_1, x_1) \cap \text{Val}(X_2, x_2) \cap \dots \cap \text{Val}(X_k, x_k) \cap \dots \cap \text{Val}(X_N, x_N), \quad (1)$$

де  $X_k$  – найменування параметрів;  $\text{Val}(X, x)$  – відношення «параметр  $X$  має значення  $x$ »;

– вважати термінальними ознаками множини предметних змінних, значення яких визначені, наприклад,

$$\text{Val}(X_1, 1.2) \cap \text{Val}(X_2, 0.46) \cap \dots \cap \text{Val}(X_k, 12) \cap \dots \cap \text{Val}(X_N, \text{низька}), \quad (2)$$

– розглядати функціональні відношення, що означені як причинно-наслідкові, користуючись наступним відношенням еквівалентності:

$$Y = f(X) \Leftrightarrow X_1 \cap X_2 \cap \dots \cap X_N \rightarrow Y. \quad (3)$$

Аналіз наведених вище особливостей задач прийняття рішень дозволяє сформулювати такі вимоги до інструментальних засобів автоматизації їх розв'язання:

– інструментальна система повинна мати засоби спільної логічної та функціональної обробки, що дозволяє вирішувати як логічні, так і розрахункові задачі;

– система повинна враховувати багато-альтернативність вирішення завдань та залежно від вимог вибирати або раціональний варіант вирішення, або симбіоз різних варіантів з метою підвищення рівня достовірності результатів;

– інструментальна система має бути придатною на вирішення як прямих, і зворотних завдань.

Розглянемо тепер вибір інструментальної моделі, яка задовольняє висунутим вимогам. Вирішуючи задачу підтримки прийняття рішень при управлінні складними організаційними системами, слід враховувати той факт що число можливих станів системи зазвичай істотно перевищує число допустимих рішень. У цьому випадку необхідно провести класифікацію станів на основі деякої множини відповідних ознак. Але кожен стан керованої системи характеризується станами її елементів і сукупністю відносин, що виконуються на множині елементів, що обумовлює практичну неможливість їх опису у вигляді простої сукупностей ознак, як це робиться в більшості існуючих моделей розпізнавання образів. Для цієї мети в системах розглянутого класу часто використовується апарат семантичних мереж та когнітивних карт, які представляють собою зважені граfi і мають широкі можливості для подання різноманітної інформації про об'єкт керування [9]. Отже, задача формування класів станів керованої системи може бути поставлена як задача класифікації на зваженій структурі – граfi, який слугує для подання даних і знань про об'єкт.

Будемо розглядати таку задачу. Є множина станів  $Z$  керованої системи, що описана за допомогою зваженого семантичного графу (СГ) і має такі властивості:

– якщо стан керованої системи задається за допомогою визначення множини відносин, що виконуються між його елементами, то його можна представити деяким СГ;

– кожній формулі обчислення предикатів першого порядку, що має вигляд кон'юнкції літералів, можна поставити у відповідність дея-

кий СГ, і навпаки, кожному СГ відповідає деяка формула зазначеного виду, яка приймає значення «істина» тоді і тільки тоді, коли виконуються всі відносини, певні на даному СГ.

Нехай далі, певний клас  $K$  станів системи входить в  $Z$ :  $K \subseteq Z$ . Позначимо через  $v_k$  і  $w_k$  навчальні вибірки прикладів і контрприкладів класу  $K$ :  $v_k \in K$ ;  $w_k \cap K = \emptyset$ . Потрібно побудувати алгоритм класифікації  $A_k$ , що дозволяє визначити приналежність довільного об'єкта  $s_0 \in Z$  класу  $K$ .

Алгоритм  $A_k$  будемо представляти у вигляді сукупності двох алгоритмів: алгоритму  $A_1$  розрахунку стану об'єкту, якій представлено у вигляді СГ, і алгоритму  $A_2$  розпізнавання поточної ситуації щодо деякого узагальненого уявлення  $R_k$  класу  $K$ , отриманого в результаті роботи алгоритму  $A_1$ .

Така модель розрахована на застосування в різних за своєю організацією системах прийняття рішень, які відповідають наступним, досить загальним, вимогам:

- структури множин  $T_j$ ,  $j = 1, \dots, n$  об'єктів даної предметної області, перетинаються тільки за включенням;
- кожен стан керованої системи повинен повністю задаватися за допомогою визначення сукупності відносин, що виконуються в даний момент на множині її елементів.

Основною одиницею структурного уявлення стану керованої системи буде згаданий вище СГ, який може служити для подання поточного стану системи та множини можливих станів. Типи  $\omega_i$ , вершин  $V_i$  СГ можуть набувати наступних значень:

1. Тип  $\omega_i = (N_j, x_j)$ , де  $N_j$  – концепт – об'єкт, що має оцінку  $x_j \in X$  з множини обчислюваних критеріїв  $X$ . Даний концепт має тільки вхідні дуги.

2. Тип  $\omega_i = P_j$ , де  $P_j \in P$  проміжний концепт, якій має числове значення, що обчислюється за деяким виразом. Кожен проміжний концепт має хоча б одну дугу, що веде до іншої концептної вершини.

3. Тип  $\omega_i = \langle O, r \rangle$ , де  $O_j$ ,  $j = 1 \dots k$ , – ім'я аспектною ознаки, якою може володіти об'єкт моніторингу,  $k$  – загальна кількість таких ознак, а  $r$  – значення даної ознаки. Вершина  $V_i$  в цьому випадку називається ознаковою і їй інцидентна хоча б одна дуга, що йде від даної вершини до деякої концептної вершини.

Отже, на основі наведених міркувань доцільно побудувати інструментальну модель у вигляді нечіткої когнітивної карти (НКК).

НКК – це метод моделювання складних систем, що використовує знання про існування та людський досвід. Він має навчальні можливості та характеристики, які покращують його структуру та обчислювальну поведінку. Це було введений Коско [9], як розширення звичайних когнітивних карт, що забезпечує потужний механізм для моделювання динамічних систем. Як техніка представлення знань і міркування, вона зображує систему у формі, яка дуже відповідає тому, як її сприймають люди. Крім того, ця модель здатна об'єднати знання експертів і наявні знання з даних у формі правил. Цей підхід представляє знання, підкреслюючи причинно-наслідкові зв'язки за допомогою структури карти. Отримана нечітка модель використовується для аналізу, моделювання та перевірки впливу параметрів та прогнозування поведінки системи. Модель НКК легко зрозуміла, навіть для нетехнічної аудиторії, і кожен параметр має відчутне значення.

НКК – це комбінація нечіткої логіки та когнітивного відображення, і це спосіб відобразити знання про системи, які характеризуються невизначеністю та складними процесами. НКК складається з факторів (концепцій/вузлів), які представляють важливі елементи відображеної системи, і спрямованих дуг, які представляють причинно-наслідкові зв'язки між факторами. Спрямовані дуги позначаються нечіткими значеннями в інтервал  $[0, 1]$  або  $[-1, +1]$ , які показують силу впливу між поняттями.

Нечітка частина дозволяє мати ступені причинності, представлені як зв'язки між поняттями цих діаграм. Ця структура встановлює рух вперед і назад поширення причинно-наслідкових зв'язків, допущення збільшення бази знань, коли збільшуються поняття та зв'язки між ними.

Кожне з ребер НКК пов'язане зі значенням ваги, яке відображає силу відповідного відношення. Це значення зазвичай нормується на інтервал  $[0, 1]$  або  $[-1, +1]$ . Матриця зберігає ваги, призначені парам понять. У найпростішому випадку можна виділити двійкові когнітивні карти, для яких мітки концепцій відображаються на двійкові стани, позначені як  $A_i \in \{0, 1\}$ , де значення 1 означає, що концепція активована. Ваги зазвичай відображаються на чіткий масив. Значення 1 являє собою позитивний причинно-наслідковий зв'язок, що розуміється, наприклад, таким чином, що активація (зміна з 0 на 1)  $i$ -го концепту відбувається одночасно з такою ж активацією  $j$ -го концепту або що деактивація (зміна

з 1 на 0)  $i$ -го концепту відбувається одночасно з тим самим деактивацією  $j$ -го концепту. Значення  $-1$  представляє протилежну ситуацію, коли активація  $i$ -го концепту деактивує  $j$ -й концепт або навпаки. Якщо значення зв'язку дорівнює 0, це означає, що не відбувається одночасно змін станів понять. У НКК кожен вузол кількісно визначає ступінь до який відповідне поняття в системі є активним на кроці ітерації.

Зазвичай експерти розробляють НКК або ментальну модель вручну на основі своїх знань у предметній області. Спочатку вони визначають ключові аспекти предметної області, а саме концепти. По-друге, кожен експерт визначає причинно-наслідкові зв'язки між цими поняттями та оцінює сильні та слабкі сторони причинно-наслідкових зв'язків.

Після того, як НКК сконструйовано, вона може отримувати дані від своїх вхідних концепцій, виконувати міркування та виводити рішення як значення вихідних концепцій. Отже, НКК моделюють світ як сукупність класів і причинно-наслідкових зв'язків між класами.

НКК більш застосовні, коли дані в першу чергу є неконтрольованими або невизначеними. НКК використовуються для моделювання кількох типів проблем, що варіюються від поведінки шлункового апетиту, популярних політичних подій, для моделювання в робототехніці і в багатьох інших випадках.

Але відомо, що НКК має деякі особливості, які ускладнюють її застосування. Зокрема такою властивістю є проблема стійкості НКК. Справа у тому, що після зміни значення хоча б одного фактора (тобто концепту – відповідного вузла карти) відбувається перерахунок значень усіх вузлів карти. Розрахунок відбувається за кілька ітерацій алгоритму A1, протягом яких повинні стабілізуватися значення збудженості усіх вузлів карти. Однак може статися, що карта не є стійкою і замість стабілізації значень відбувається необмежене зростання абсолютних значень збудженості. Тому вважається за необхідне проводити аналіз стійкості карти. У роботі [10] пропонуються способи аналізу структурної стійкості НКК. У роботах [11], [12] пропонуються доволі складні способи керування НКК для забезпечення її імпульсної стійкості у перехідних процесах. Щодо структурної стійкості – її уникнути важко, бо вона залежить від сукупності значень вагових коефіцієнтів матриці відношень між концептами (вузлами) НКК. Але ти значення, а також їх знаки задають експерти в проблемній області. Тому змі-

нити значення або знаки не представляється можливим, бо буде порушена логіка взаємозв'язків між концептами проблемної області.

Отже, постає окрема проблема, яку можна трактувати двояко: або мати механізм забезпечення стійкості НКК, або мати метод використання нестійких НКК.

Тепер розглянемо питання другого етапу аналізу ситуації – алгоритму A2. Ситуація представлена рівнями збудженості вузлів, які мають інтерпретуватися вербально, наприклад, нечіткими висловлюваннями. Потрібна відповідна база знань, в якій кожна ситуація має підмножини патернів – для погіршення, стабільного розвитку подій, поліпшення. Тут також є проблема. Вона полягає в тому, що при достатньо великій кількості вузлів НКК вплив зміни значення окремого концепту  $F_i$  на зміну значення іншого концепту  $F_j$  так би мовити розмивається та відповідно зменшується за рахунок того, що існує велика кількість непрямих взаємних впливів інших факторів. Тому потрібно мати механізм вибіркового прибирання «шумових» впливів, які на даному етапі виконання проєкту не мають великого значення.

Таким чином, виходячи з наведених міркувань, можна сформулювати концептуальні передумови використання нечітких когнітивних карт для керування проєктами у муніципальній сфері, а саме:

1. Забезпечити стійкість результатів розрахунку на НКК при будь якому змісті матриці зв'язків, тобто знайти метод використання нестійких НКК.

2. Забезпечити вибіркоче прибирання шумових взаємних впливів факторів без фатального порушення бізнес-логіки проєкту.

**ВИСНОВКИ.** Управління проєктами, в тому числі у муніципальній сфері – типова задача управління в умовах невизначеності та ризику. Тому ефективне управління проєктами можливо лише за допомогою відповідних інформаційних технологій підтримки прийняття рішень. Важливим аспектом створення таких технологій є вибір моделі, за допомогою якої можна вирішувати одразу декілька задач, а саме – узгодження оцінок стану проєкту, моделювання впливу певних факторів з метою прогнозування, пошук оптимальних управлінських рішень як сукупності впливових факторів. Усім цим вимогам відповідає нечітка когнітивна карта. Але ефективно застосування цієї моделі можливо у тому випадку, якщо буде вирішено такі проблеми, як забезпечення

стійкості результатів розрахунку при будь-якому змісті матриці зв'язків, а також прибирання шумових взаємних впливів факторів без фатального порушення бізнес-логіки проекту.

У статті створено формальну постановку загального класу задач, що пов'язані з розробкою інструментального засобу підтримки прийняття рішень у процесі управління проектами. Сформульовано вимоги до інструментального засобу, а саме: інструментальна система повинна мати засоби спільної логічної та функціональної обробки, що дозволяє вирішувати як логічні, так і розрахункові задачі; система повинна враховувати багато-альтернативність вирішення завдань та залежно від вимог вибрати або раціональний варіант вирішення, або симбіоз різних варіантів з метою підвищення рівня достовірності результатів; інструментальна система має бути придатною на вирішення як прямих, і зворотних завдань.

Сформульовано також задачу формування класів станів керованої системи, яка поставлена як задача класифікації на зваженій структурі – графі, який слугує для подання даних і знань про об'єкт. Тим самим обґрунтовано застосування нечітких когнітивних карт для моніторингу, прогнозування та оптимізації управлінських рішень при керуванні проектами.

#### ЛІТЕРАТУРА

1. Кузнецова Н. В. Практичні підходи до визначення та урахування невизначеностей, що формують фінансові ризики. *Праці Одеського політехнічного університету*. Вип. 2 (44). 2014. С. 160–170.
2. Рутковская Д. Нейронные сети, генетические алгоритмы и нечеткие системы. Перевод с польского

И. Д. Рудинского. Москва : Горячая линия – Телеком, 2006. 383 с.

3. Project Management Institute. A Guide to the Project Management Body of Knowledge. Edition 5. Project Management Institute, 2014. P. 589.

4. Project Management Methodologies. URL: <https://startinfinity.com/project-management-methodologies>

5. Project Management Methodologies You Need to Know About. URL: <https://toggl.com/track/project-management-methodologies>

6. Модели управления проектами в нестабильной экономической среде : монографія / Ю. Г. Лысенко, С. И. Левицкий, А. В. Филиппов, А. Ю. Варес, В. В. Гнатушенко. Донецк : ООО «Юго-Восток, ЛТД», 2009. 354 с.

7. Larichev O. I., Olson D. L., Moshkovich N. M., Mechitov A. I. Numerical Vs. Cardinal measurements in multiattribute decision making: How exact is exact enough? *Organizational behavior and human decision processes*. 1995. V. 64. № 1. Pp. 9–21.

8. Петров Э. Г., Губаренко Е. В. Методы и инструментальные средства систем поддержки принятия решений при организационном управлении социально-экономическими системами. *Бионика интеллекта*. 2010. № 3 (74). С. 26–36.

9. Kosko B. Fuzzy cognitive maps. *Intern. Journal of Man-Machine Studies*. 1986. P. 65–75.

10. Рыков Ю. Г. Технология использования нечетких когнитивных карт с математической точки зрения. Препринты ИПМ им. М. В. Келдыша. 2021. № 73. 22 с.

11. Романенко В. Д., Милявский Ю. Л. Обеспечение устойчивости импульсных процессов в когнитивных картах на основе моделей в пространстве состояний. *System Research & Information Technologies*. 2014, № 1. С. 26–42.

12. Романенко В. Д., Милявский Ю. Л. Стабилизация импульсных процессов в когнитивных картах сложных систем на основе модальных регуляторов состояний. *Кибернетика и вычисл. техника*. 2015. Вып. 179. С. 43–55.

## THE PROBLEM OF SUPPORTING DECISION-MAKING PROJECT MANAGEMENT IN THE MUNICIPAL SPHERE AND PREREQUISITES FOR THE USE OF FUZZY COGNITIVE

**Denys Vasyliiev**

Postgraduate Student at the Department of Automation and Information Systems

Kremenchug Mykhailo Ostrogradsky National University, 20 Pershotravneva str., Kremenchuk, Poltava region, Ukraine, 39600, mjden710@gmail.com;

ORCID: 0000-0002-4330-0359

**Igor Shevchenko**

Professor at the Department of Automation and Information Systems

Kremenchug Mykhailo Ostrogradsky National University, 20 Pershotravneva str., Kremenchuk, Poltava region, Ukraine, 39600, ius.shevchenko@gmail.com;

ORCID: 0000-0003-3009-8611

**Purpose.** Effective project management is possible only with the help of appropriate information technologies to support decision-making. An important aspect of creating such technologies is the choice of a model that can be used to solve several tasks, namely – coordination of project assessments, modeling the impact of certain factors for forecasting, finding optimal management solutions as a set of influential factors. Fuzzy cognitive map meets all these requirements. But the effective application of this model is possible if the problems are solved, such as ensuring the stability of the calculation results in any content of the matrix of connections, as well as removing noise interactions without fatal violation of the business logic of the project. The aim of the work is to substantiate the use of fuzzy cognitive maps in the creation of information technology for managing organizational processes in the municipal sphere in conditions of uncertainty and risk. **Methodology.** The requirements to the tool are formulated, namely: the tool system must have the means of joint logical and functional processing, which allows to solve both logical and computational problems; the system should take into account the multi-alternative solution of problems and, depending on the requirements, choose either a rational solution or a symbiosis of different options in order to increase the level of reliability of the results; the tool system must be suitable for solving both direct and inverse problems. **Results.** Formal formulation of a general class of tasks related to the development of a tool to support decision-making in the project management process. **Originality.** The problem of forming classes of states of a controlled system is formalized, which is set as a problem of classification on a weighted structure – a graph, which serves to present data and knowledge about the object. Thus, the use of fuzzy cognitive maps for monitoring, forecasting and optimization of management decisions in project management is justified. **Practical value.** All this contributes to the main task – the development of information technology to support decision-making in organizational processes of project and program management in municipal bodies and enterprises.

**Key words:** municipal sphere, projects, decision making, fuzzy cognitive map, problems of application, formalization of tasks.

## REFERENCES

1. Kuznetsov, N. V. (2014). Practical approaches to identifying and accounting for uncertainties that shape financial risks. Proceedings of Odessa Polytechnic University, P. 160–170. [in Ukrainian]
2. Rutkovskaya, D. (2006). Neural networks, genetic algorithms and fuzzy systems. Moskov. P. 383. [in Russian]
3. Project Management Institute. (2014). *A Guide to the Project Management Body of Knowledge*. Edition 5. Project Management Institute. P. 589.
4. *Project Management Methodologies*. URL: <https://startinfinity.com/project-management-methodologies>
5. *Project Management Methodologies You Need to Know About*. URL: <https://toggl.com/track/project-management-methodologies>
6. Lysenko, Yu. G., Levitsky, S. I., Filippov, A. V., Vares, A. Yu., Gnatushenko, V. V. (2009). Models of project management in an unstable economic environment: monograph. Donetsk, P. 354. [in Russian]
7. Larichev, O. I., Olson, D. L., Moshkovich, H. M., Mechitov, A. I., Numerical, Vs. (1995). Cardinal measurements in multiattribute decision making: How exact is exact enough? *Organizational behavior and human decision processes*. P. 9–21.
8. Petrov, E. G., Gubarenko, E. V. (2010). Methods and tools of decision support systems in the organizational management of socio-economic systems. *Bionics of intelligence*. P. 26–36. [in Russian]
9. Kosko, B. (1986). Fuzzy cognitive maps // *Intern. Journal of Man-Machine Studies*. P. 65–75.
10. Rykov, Yu. G. (2021). Technology of using fuzzy cognitive maps from a mathematical point of view. M. V. Keldysh. № 73. P. 22. Retrieved from: <https://library.keldysh.ru/preprint.asp?id=2021-73> [in Russian]
11. Romanenko, V. D., Milyavsky, Yu. L. (2014). Stability of impulse processes in cognitive maps based on state-space models / *System Research & Information Technologies*. P. 26–42. [in Russian]
12. Romanenko, V. D., Milyavsky, Yu. L. (2015). Stabilization of impulse processes in cognitive maps of complex systems based on modal state controllers / *Cybernetics and Comput. technique*. Issue 179. P. 43–55. [in Russian]

Стаття надійшла 03.03.2022