

DOI: 10.32347/2076-815X.2024.85.514-525

УДК 624.05:693/694

Приходько О.О.,
prykhodko.oo@knuba.edu.ua, ORCID: 0000-0002-3092-6782,
Київський національний університет будівництва і архітектури

FUZZY -МОДЕЛЬ ОЦІНЮВАННЯ ВІДПОВІДНОСТІ РІВНІВ ОРГАНІЗАЦІЙНО-ТЕХНОЛОГІЧНОГО І ЦИФРОВОГО АДМІНІСТРУВАННЯ ПРОЄКТАМИ БУДІВНИЦТВА

Здійснена візуально-графічна дефрагментація життєвого та операційно-виробничого циклу будівельного проекту із застосуванням засад та прикладних інструментів цифровізації, представлених як Fuzzy-модель оцінювання відповідності рівнів організаційно-технологічного і цифрового адміністрування проєктами будівництва. Сумісне використання апарату теорії нечітких множин і нейро-мереж являється зручним засобом моделювання в задачах багатокритеріального вибору. Доведено, що як правило, важлива інформація для систем підтримки управлінських рішень поступає із двох джерел: отримання оцінок об'єкта за певними кількісними показниками, що породжує неточність; та анкетування-опитування експертів, які описують свої знання про предметну область, що породжує суб'єктивність і невизначеність. Запропоновано використовувати у нейронечіткій мережі кількісні оцінки про об'єкт дослідження (агреговані оцінки отримані за допомогою багатокритеріальних моделей) та лінгвістичні міркування експертів; апробувати та верифікувати запропоновану модель для прикладу оцінювання рівнів відхилень та ризику, який може бути зменшено завдяки цифровізації та побудови єдиного інформаційно-організаційного простору адміністрування проєктом, а також «інтервальне представлення» синаптичних ваг нейро-нечіткої мережі. Запропоновано методичні підходи полікритеріальної цифрової діагностики стану та перспектив розвитку функціонування підприємства на даному сегменті будівельного ринку. Інноваційність полягає в сполученні цифрового адміністрування, діагностики та одержання можливості формалізованого, чітко прогнозованого вияву попадання (чи непопадання) поточної точки траєкторії підприємства у певну проєкцію поступального розвитку (або біфуркації) операційної системи підприємства.. Це надалі дає підстави змоделювати предиктори можливості для зростання організаційно-технологічного рівня цифровізації будівельного проекту із застосуванням певних ресурсів підприємства як стейкхолдера проєктів будівництва.

Ключові слова: організація будівництва; будівельний проект інтелектуальний аналіз даних; полікритеріальна цифрова діагностика.

Постановка проблеми. Головні тренди у будівництві – це глобальні вектори освоєння цифрових технологій для управління проектами та дбайливе розумне будівництво. Цифрові технології в управлінні будівництвом включають віртуальну реальність (VR) і розширену реальність (AR), модульне будівництво, префабрикація та багато інших технологій будуть на службі у цих основних трендів будівництва. Використання VR та AR дозволяє візуалізувати будівельні проекти перед їх фізичним втіленням. Завдяки цим технологіям, замовник та інші учасники будівельного процесу можуть переглядати будівлі в 3D-форматі, оцінювати їх функціональність та ергономіку, а також виявляти потенційні проблеми до початку будівництва.

Застосування інформаційних технологій у різних галузях пов'язане із використанням чітких і нечітких баз знань, зокрема і для побудови експертних та інтелектуальних систем. Ефективним засобом моделювання у багатьох задачах кібернетики та штучного інтелекту, що мають справу з нечіткостями є бази нечітких знань, які представляють собою сукупність фактів, лінгвістичних змінних та відповідних функцій належності, що є цінним джерелом для опису нечітких понять, видобування даних та прийняття різнорідних рішень у різних галузях науки, бізнесу та виробництва. На сьогоднішній день поширені системи підтримки прийняття рішень, які використовують знання, отримані від експертів. Проблема багатокритеріального оцінювання об'єктів лежить у площині задач вибору, які є невід'ємною складовою задач систем підтримки прийняття рішень.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Проблеми прийняття правильних рішень в ситуаціях неповної та нечіткої інформації, побудова нової математичної теорії здійснена в працях Лотфі А. Заде (Lotfi A. Zaden) [1]. Основна ідея Л. Заде полягала в тому, що реальні людські міркування, що спираються на природну мову, не можуть бути описані в рамках традиційних математичних формалізмів. Введення нечітких множин, класів з неточно визначеними межами, що описуються функціями приналежності, забезпечило основу для розвитку більш гнучкого підходу до аналізу міркувань і моделювання складних систем, поведінка яких описується швидше лінгвістичними, ніж числовими змінними. Дана стаття ініціювала величезний потік публікацій в області нечіткої математики, яка не вичерпується досі. Алгоритми нечіткого виводу, нечіткої ідентифікації систем та її застосування для моделювання та управління розробляли Mamdani, Tsukamoto, Sugeno [2], Larsen.

Існує багато науково-прикладних задач застосування, наприклад, роботу [3] присвячено питанням автоматизації процесів підтримки рішень щодо оцінки технічного стану об'єктів будівництва, які експлуатуються в умовах ущільненої міської забудови, запропоновано концептуальну модель системи оцінки, що заснована на знаннях і програмах штучного інтелекту.

В роботі [4] розроблено архітектуру повністю пов'язаної нейронної мережі прямого поширення (FCF-FNN) та проведено емпіричне моделювання для створення масиву даних у вигляді моделі системи штучного інтелекту дозволяє оцінити процеси в FCF-FNN під час виконання багатозначної класифікації професійних областей.

Дослідження [5-8] присв'ячені проблемі оновлення системи управління будівельним проектом на основі інтеграції концепцій процесно-орієнтованого та проектно-орієнтованого управління в умовах впровадження новітніх технологій та цифрових моделей розумного будівництва, інформаційного моделювання будівель (BIM) та Інтернету речей (IoT). Відповідно до цього суттєвих трансформацій зазнає не тільки операційна система управління підприємством, а й перебіг бізнес-процесів в середовищі управління інвестиційно-будівельним проектом.

Виклад основного матеріалу. Засади цифровізації, прикладні компоненти BIM-технологій, сучасні технології діджитал-візуалізації та візуалізованого вибору дозволяють заздалегідь змодельовати стратегію, деталізувати проходження завдань та робіт в проекті реінжинірингу та узгодити хід циклу реінжинірингу з ходом операційного циклу будівельного підприємства. Метою дослідження є розробка вдосконаленого цифрового інструментарію вибору стратегії реінжинірингу для будівельного підприємства через комплекс заходів, що інтегровані зі змістом життєвого циклу та особливостями операційної діяльності підприємства в середовищі будівельного девелопменту. Нейро-нечіткі моделі являють собою системи, в яких НВ виконується на основі апарату нечіткої логіки, а налаштування функцій приналежності здійснюється за допомогою штучних нейромереж. Такий підхід дає змогу враховувати апріорну інформацію про вибірку навчання в не ітеративному режимі та суттєво скорочує етап навчання моделі, але потребує додаткової обробки вхідної інформації.

У роботі [3] для оцінки технічного стану будівельних конструкцій з пошкодженнями було запропоновано використовувати штучну нечітку нейронну мережу Такагі –Сугено –Канга.

Нечітка модель Сугено (також відома як *нечітка модель TSK*) була запропонована Такагі, Сугено та Кангом у спробі розробити систематичний

підхід до створення нечітких правил із заданого набору даних введення-виведення [2]. Типове нечітке правило в нечіткій моделі Sugeno має вигляд:

«якщо $x \in A$, то $y \in B$ », (1) де x та y – вхідна та вихідна змінні, що задані на області визначення нечіткого правила X та області визначення виведення Y ; A та B – висловлювання експертів, що визначені на X та Y з мірами приналежності $\mu A(x) \in [0, 1]$ та $\mu B(y) \in [0, 1]$.

Продукційні моделі мають вигляд: (i); $Q: P; A_1, \dots, A_n, \dots, A_N \rightarrow B_1, \dots, B_k, \dots, B_K; N$, (2)

де i – ім'я продукції; $A_1, \dots, A_n, \dots, A_N \rightarrow B_1, \dots, B_k, \dots, B_K$ – ядро продукції; A_n – умова правила n -та ($n=1, \dots, N$); B_k – k -й висновок правила ($k=1, \dots, K$); Q – елемент, який характеризує сферу застосування продукції; P та N – умова застосовності ядра та постумови продукції. Застосування моделей (1), (2) надає можливість формалізувати продукційну діяльність експертів, будувати систему правил для обґрунтування експертних висновків, формувати базу правил.

Опитування експертів та аналіз організаційно-технологічних параметрів вже реалізованих проектів мають високі рівні відхилень та ризику, який може бути зменшено завдяки цифровізації та побудови єдиного інформаційно-організаційного простору адміністрування проектом. Процес реалізації інвестиційно-будівельних проектів має високий рівень невизначеності на будь-якому етапі життєвого циклу об'єкту, оскільки проекти будівництва мають наступні особливості: 1) зміни просторово-планувальних і конструктивних рішень, і інколи навіть концепції та цілей проекту викликають неможливість формування постійної організаційно-управлінської структури та вимагають постійного відслідковування змін параметрів об'єкту, учасників будівництва, що викликає неможливість вибору оптимальної структури один раз – критерії оптимальності, як і вимоги до проекту можуть змінюватись; 2) неповнота і неточність інформації про хід будівництва, реалізацію проекту, взаємодію учасників (вплив даного чинника суттєво зменшується при використанні BIM-модельовання); 3) великі терміни життєвого циклу об'єктів нерухомості викликають додаткову невизначеність щодо прийняття проектних рішень, які будуть відобразитись на функціонуванні об'єкту і можуть значно впливати на його експлуатаційні параметри [11].

В зазначених умовах, підвищення якості проектних рішень досягається за рахунок цифровізації інвестиційно-будівельного процесу та використання моделей, які здатні враховувати невизначеність середовища інвестиційно-будівельного проекту. Такими моделями сьогодні є моделі, що базуються на методах нечіткої логіки, та широко використовуються у будівництві та інших галузях при вирішенні різного типу задач [6-12].

У дослідження застосовано методичний підхід до створення моделі цифрового розвитку проекту, який використано у роботах [14-18] для оцінювання ризиків, конкурентоспроможності та рівня цифровізації.

Для моделювання рівня цифровізації будівельного проекту, організаційно-технологічні параметри та структура проекту, з урахуванням життєвого циклу об'єкту можуть бути представлені у вигляді системи, яка включає вхідні елементи (чинники, параметри), елементи і процедури нечіткого моделювання та вихідні елементи.

Для побудови системи необхідно визначити перелік вхідних параметрів $X = \{x_i\}$ – чинників, які впливають на рівень цифровізації, а також перелік вихідних (результуючих) параметрів $Y = \{y_j\}$, які повністю характеризують рівень цифровізації проекту.

Аналіз літературних джерел [13; 14] дозволи виявити вхідні параметри для оцінювання рівня цифровізації (табл.1). Такими параметрами стали фактори, обрані на основі чотирьох компонентної системи оцінювання загального рівня ефективності ЄС для впровадження ВІМ, розробленої Робочою групою EU ВІМ, за підтримки Європейської Комісії для підприємств державного сектору. Модель має мінімальний набір параметрів, який може бути доповнений у разі оцінювання окремих ВІМ у рамках проектів, які мають галузеві або інші особливості.

Таблиця 1.

Параметри оцінювання рівня цифровізації будівельного проекту

Напрямок оцінювання	Позначка	Назва лінгвістичної змінної	Опис терм-множини
Процеси	X1	Обмін даними	T3 – «невідповідність (НВ) – часткова відповідність (ЧВ) – повна відповідність (ПВ)»
	X2	Спільна робота і координація	T3 – «невідповідність (НВ) – часткова відповідність (ЧВ) – повна відповідність (ПВ)»
	X3	Управління інформацією	T2 – «недостатній (НД) –достатній рівень (Д)»
Адміністрування	X4	Договори	T2 – «недостатній (НД) –достатній рівень (Д)»
	X5	Закупівлі	T2 – «недостатній (НД) –достатній рівень (Д)»
	X6	Учасники	T4 – дуже низький рівень (ДН) – низький рівень (Н) – середній рівень (С) – високий рівень (В)
Люди	X7	Обов'язки	T4 – дуже низький рівень (ДН) – низький рівень (Н) – середній рівень (С) – високий рівень (В)
	X8	Навички	T2 – «недостатній (НД) –достатній рівень (Д)»
	X9	Мотивація	T2 – «недостатній (НД) –достатній рівень (Д)»
Технічне забезпечення	X10	Безпека	T4 – дуже низький рівень (Н) – низький рівень (Н) – середній рівень (С) – високий рівень (В)
	X11	Технічні можливості	T2 – «достатній (Д) –недостатній рівень (НД)»
	X12	Використання	T2 – «достатній (Д) –недостатній рівень (НД)»

Для лінгвістичного опису чинників використано наступні терми:

T2 – двопараметричне оцінювання за шкалою «достатній (Д)–недостатній рівень (НД)»

T3 – трьохпараметричне оцінювання, де у якості терм-множин обрано «невідповідність (НВ) – часткову відповідність (ЧВ) – повну відповідність (ПВ)»

T4 – оцінювання за чотирьома параметрами, а саме «дуже низький рівень (ДН) – низький рівень (Н) – середній рівень (С) – високий рівень (В)»

Вихідні параметри оцінюють за п'ятипараметричною шкалою, у відповідності до рівня цифровізації будівельного проекту, а саме: T5 – «дуже низький рівень інтеграції цифрових технологій (ДНРІЦТ) – низький рівень інтеграції цифрових технологій (НРІЦТ) – середній рівень інтеграції цифрових технологій (СРІЦТ)– високий рівень інтеграції цифрових технологій (ВРІЦТ)– дуже високий рівень інтеграції цифрових технологій (ДВРІЦТ)».

Взаємозалежність між факторами і результатом задано у вигляді бази нечітких правил, які базуються на множині залежностей типу «якщо..., то...», оскільки зв'язок між множиною факторів і результуючих параметрів можна представити у вигляді нечіткого співвідношення відповідних факторів множини. Для подальшого оцінювання рівня цифровізації проекту та управління процесом цифрової трансформації використовуються обрані за методологією, яка наведена у роботах [4-18], нечіткі правила. Фрагмент бази яких наведено у табл. 2.

Таблиця 2.

Нечіткі правила моделі оцінювання рівня цифровізації будівельного проекту

Номер правила	Залежності вхідних параметрів	Вихідні параметри
1	2	3
П1	$X_1(НВ) \wedge X_2(НВ) \wedge X_3(НД) \wedge X_4(НД) \wedge X_5(НД) \wedge X_6(Н) \wedge X_7(ДН) \wedge X_8(НД) \wedge X_9(НД) \wedge X_{10}(ДН) \wedge X_{11}(НД) \wedge X_{12}(НД) \rightarrow$	Y=ДНРІЦТ
П 2	$X_1(НВ) \wedge X_2(ЧВ) \wedge X_3(Д) \wedge X_4(Д) \wedge X_5(Д) \wedge X_6(С) \wedge X_7(С) \wedge X_8(Д) \wedge X_9(Д) \wedge X_{10}(Н) \wedge X_{11}(Д) \wedge X_{12}(НД) \rightarrow$	Y=НРІЦТ
П 3	$X_1(ЧВ) \wedge X_2(НВ) \wedge X_3(НД) \wedge X_4(Д) \wedge X_5(Д) \wedge X_6(С) \wedge X_7(С) \wedge X_8(Д) \wedge X_9(Д) \wedge X_{10}(С) \wedge X_{11}(Д) \wedge X_{12}(Д) \rightarrow$	Y=НРІЦТ
...
П 21	$X_1(ЧВ) \wedge X_2(ЧВ) \wedge X_3(Д) \wedge X_4(Д) \wedge X_5(Д) \wedge X_6(С) \wedge X_7(С) \wedge X_8(Д) \wedge X_9(Д) \wedge X_{10}(С) \wedge X_{11}(Д) \wedge X_{12}(Д) \rightarrow$	Y=СРІЦТ
П22	$X_1(ЧВ) \wedge X_2(ЧВ) \wedge X_3(Д) \wedge X_4(Д) \wedge X_5(Д) \wedge X_6(В) \wedge X_7(С) \wedge X_8(Д) \wedge X_9(Д) \wedge X_{10}(С) \wedge X_{11}(Д) \wedge X_{12}(Д) \rightarrow$	Y=СРІЦТ
П23	$X_1(ЧВ) \wedge X_2(ПВ) \wedge X_3(Д) \wedge X_4(Д) \wedge X_5(Д) \wedge X_6(В) \wedge X_7(В) \wedge X_8(Д) \wedge X_9(Д) \wedge X_{10}(С) \wedge X_{11}(Д) \wedge X_{12}(Д) \rightarrow$	Y=ВРІЦТ
П24	$X_1(ЧВ) \wedge X_2(ПВ) \wedge X_3(Д) \wedge X_4(Д) \wedge X_5(Д) \wedge X_6(С) \wedge X_7(В) \wedge X_8(Д) \wedge X_9(Д) \wedge X_{10}(В) \wedge X_{11}(Д) \wedge X_{12}(Д) \rightarrow$	Y=ВРІЦТ
...

1	2	3
П32	$X_1(\text{ПВ}) \wedge X_2(\text{ПВ}) \wedge X_3(\text{Д}) \wedge X_4(\text{Д}) \wedge X_5(\text{Д}) \wedge X_6(\text{С}) \wedge X_7(\text{В}) \wedge X_8(\text{Д}) \wedge X_9(\text{Д}) \wedge X_{10}(\text{С}) \wedge X_{11}(\text{Д}) \wedge X_{12}(\text{Д}) \rightarrow$	Y=ВРІЦТ
П33	$X_1(\text{ПВ}) \wedge X_2(\text{ПВ}) \wedge X_3(\text{Д}) \wedge X_4(\text{Д}) \wedge X_5(\text{Д}) \wedge X_6(\text{С}) \wedge X_7(\text{В}) \wedge X_8(\text{Д}) \wedge X_9(\text{Д}) \wedge X_{10}(\text{С}) \wedge X_{11}(\text{Д}) \wedge X_{12}(\text{Д}) \rightarrow$	Y=ДВРІЦТ
П34	$X_1(\text{ПВ}) \wedge X_2(\text{ПВ}) \wedge X_3(\text{Д}) \wedge X_4(\text{Д}) \wedge X_5(\text{Д}) \wedge X_6(\text{В}) \wedge X_7(\text{В}) \wedge X_8(\text{Д}) \wedge X_9(\text{Д}) \wedge X_{10}(\text{В}) \wedge X_{11}(\text{Д}) \wedge X_{12}(\text{Д}) \rightarrow$	Y=ДВРІЦТ

Нечітка модель дозволяє не враховувати обмеження на кількість вхідних чинників, враховуючи як лінгвістичні, так і формалізовані числові параметри будівельних проектів, об'єднуючи якісні і кількісні параметри проекту для усебічного оцінювання рівня цифровізації, при цьому використовується дванадцять вхідних факторів, які у процесі реалізації проекту можуть змінюватись, впливаючи на рівень цифрової трансформації, зокрема за рахунок залучення нових учасників проекту, кожен із яких має власний рівень цифрового розвитку, що впливає на інших учасників та змінює рівень цифрової взаємодії в рамках ВІМ-моделі. Вихідні параметри моделі (п'ять рівні цифровізації проекту) дозволяють визначати рівень цифрового розвитку, а також конструктивні та деструктивні фактори для розвитку цифрового середовища проекту, а також виявляти пріоритети адміністрування цифровим розвитком, які є важливою складовою стратегії управління проектами.

Автоматизація оцінювання рівня цифровізації будівельних проектів здійснюється шляхом використання відповідного програмного забезпечення, яке значно підвищує ефективність аналітичної діяльності та дозволяє отримати розрахунки в автоматичному режимі.

У результаті отримано не тільки ряд залежностей, але і графічна інтерпретація впливу окремих чинників на результуючий показник – рівень цифровізації, які наведено на рис.1.

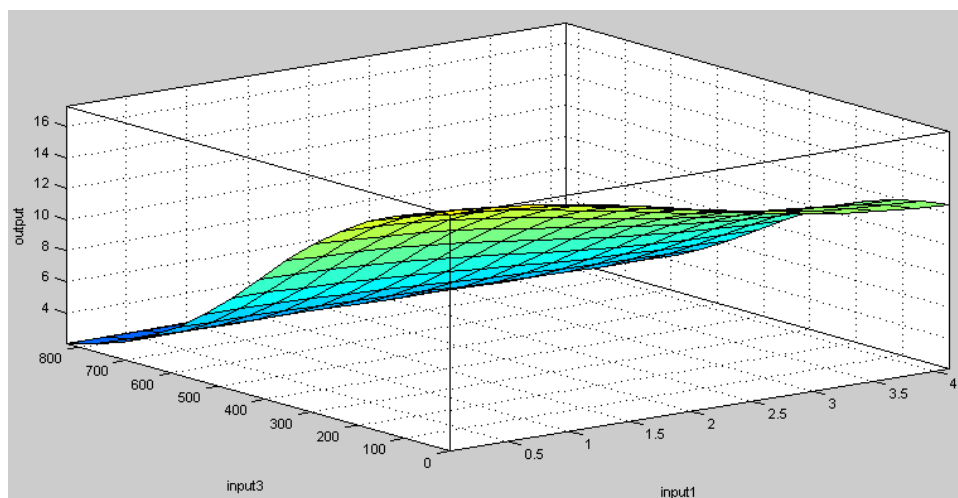


Рис.1. Вплив чинників X1 та X3 на рівень цифровізації проекту

Система цифрових індикаторів формалізовано описує та просуває на рівні проєкту директивно зважені та раціональні умови зростання конкурентних переваг бізнес-процесів як виконавця на ґрунті поліпшених: цифрових комунікацій підприємства, цифрового планування та бюджетування операційної діяльності цифрової взаємодії. Зазначені індикатори дають підстави на певній фазі циклу проєкту реінжинірингу виявити факт та міру досягнення підприємством сучасних цінностей та водночас дають наступні підстави для впровадження в процесі стратегічного контролю коригуючих заходів в операційній діяльності підприємства.

Висновки. Актуальність роботи полягає у розробленні та дослідженні моделей і методів отримання багатокритеріального оцінювання із застосуванням нейро-нечітких технологій, що на сьогодні є нерозкритим достатнім чином. Подібні TSKFS – Takagi-Sugeno-Kang Fuzzy System експертні системи можуть використовуватись як інтелектуальні бази даних при експертній оцінці технічного стану об'єктів будівництва. Запропонований підхід до фазифікації вхідних змінних базується на реальних дослідженнях, що забезпечує адекватність інтерпретації вхідних даних нейро-нечіткою моделлю. Дослідження присвячене проблемі оновлення системи управління будівельним проєктом на основі інтеграції концепцій процесно-орієнтованого та проєктно-орієнтованого управління в умовах впровадження новітніх технологій та цифрових моделей розумного будівництва, інформаційного моделювання будівель (BIM) та Інтернету речей (IoT). Відповідно до цього суттєвих трансформацій зазнає не тільки операційна система управління підприємством, а й перебіг бізнес-процесів в середовищі управління інвестиційно-будівельним проєктом. Результатом дослідження є модель цифрової проєктної компанії для управління життєвим циклом будівництва. Така модель управління віртуальним проєктом підприємством дозволить оптимізувати та здешевити існуючі операційні системи управління будівельним підприємством.

Список використаних джерел

1. Zadeh L. Fuzzy Sets. *Information and Control*. –1965. — Vol.8. — P. 338—353.
2. Takagi T, Sugeno M. (1985) Fuzzy Identification of Systems and Its Application to Modeling and Control. *IEEE Transactions on Systems, Man, and Cybernetics*, SMC-15, 116-132.
3. Командиров, О.В., Куліков П.М., Плоский В.О., Єременко Б.М. Застосування штучної нейро-нечіткої мережі Такаґи –Сугено – Канґа до оцінки технічного стану об'єктів будівництва. *Управління розвитком складних систем*. –2020.–№ 42. –С. 107–112.

4. Honcharenko, T., Akselrod, R., Shpakov, A., Khomenko, O. Information system based on multi-value classification of fully connected neural network for construction management. *IAES International Journal of Artificial Intelligence*, 2023, 12(2), 593–601.
5. Ryzhakova, G., Honcharenko, T., Predun, K., Malykhina, O., Khomenko, O. Using of Fuzzy Logic for Risk Assessment of Construction Enterprise Management System. *SIST 2023 - 2023 IEEE International Conference on Smart Information Systems and Technologies, Proceedings*, 2023, 208–213.
6. Chernyshev, D., Ryzhakova, G., Honcharenko, T., ...Chupryna, I., Reznik, N. Digital Administration of the Project Based on the Concept of Smart Construction. *Lecture Notes in Networks and Systems*, 2023, 495 LNNS, 1316–1331.
7. Ryzhakova, G., Malykhina, O., Pokolenko, V., Nesterenko, I., Honcharenko, T. Construction Project Management with Digital Twin Information System. *International Journal of Emerging Technology and Advanced Engineering*, 2022, 12(10), 19–28.
8. Гойко А.Ф, Л.В. Сорокіна, Скакун В.А. Управління бізнес-процесами як важливий чинник підвищення якості продукції будівництва. *Шляхи підвищення ефективності будівництва в умовах формування ринкових відносин*. 2018. Вип. 18. С. 150–158.
9. Караєва, Н. В. Ризик-менеджмент сталого розвитку енергетики: інформаційна підтримка прийняття рішень. www.voutko.kpi.in.ua, 2013.
10. Глущенко С.А., Довженко А.І. Система нечіткого моделювання ризиків інвестиційно-будівельних проектів. *Бізнес-інформатика*, 2015. №2/32. С.48-58.
11. Ryzhakova G., Pokolenko, V., Omirbayev, P. (2022). Modern structuring of project financing solutions in construction, *2022 IEEE International Conference on Smart Information Systems and Technologies (SIST)*.
12. Sergii P. Stetsenko (2020) Management of Adaptation of Organizational and Economic Mechanisms of Construction to Increasing Impact of Digital Technologies on the National Economy, *Journal of Reviews on Global Economics* 9:149-164. DOI: <https://doi.org/10.6000/1929-7092.2020.09.15>
13. Тугай О.А. Алгоритм попередньої оцінки достовірності інвестиційних проектів у будівельній галузі в умовах невизначеності. *Вісник ОДАБА: збірник наукових праць*. Вип. № 82. Одеса, ОДАБА – 2021. – С. 14.
14. Посібник з впровадження інформаційного моделювання в будівництві, створений Європейським державним сектором EU BIM https://www.eubim.eu/wp-content/uploads/2020/12/2017_EU-BIM-Handbook_ua.pdf

15. Tugai O.A., Hryhorovskiy P.Ye., Khyzhniak V.O. Organizational and technological, economic quality control aspects in the construction industry: *collective monograph*. Lviv-Toruń: Liha-Pres, 2019. 136 p.
16. Сорокіна Л. В. Моделі і технології управління ринковою вартістю будівельних підприємств. *монографія*. К.: Лазурит-поліграф, 2011. 516 с.
17. Беленкова О.Ю. Стратегія та механізми забезпечення конкурентоспроможності будівельних підприємств на основі моделі сталого розвитку: *монографія*. Київ: Ліра-К, 2020. 512 с
18. Demydova O., Lytvynenko O., Moholivets A., Novak Ye. Influence of seasonal factors on quality, cost, labor and other parameters of construction. The scientific heritage. *Technical sciences*, 2021. № 74 (74). Pp. 42 – 49.

Postgraduate student **Oleh Prykhodko**,
Kyiv National University of Construction and Architecture

FUZZY MODEL FOR ASSESSING THE COMPLIANCE OF ORGANIZATIONAL, TECHNOLOGICAL AND DIGITAL ADMINISTRATION LEVELS OF CONSTRUCTION PROJECTS

The article presents a visual and graphical defragmentation of the life and operational-production cycle of a construction project using the principles and applied tools of digitalization, presented as a Fuzzy model for assessing the compliance of organizational, technological and digital administration levels with construction projects. The combined use of the apparatus of fuzzy set theory and neural networks is a convenient modeling tool in multicriteria selection problems. It is proved that, as a rule, important information for management decision support systems comes from two sources: obtaining object assessments by certain quantitative indicators, which generates inaccuracy; and questionnaires-surveys of experts describing their knowledge of the subject area, which generates subjectivity and uncertainty. It is proposed to use quantitative estimates of the research object (aggregated estimates obtained using multi-criteria models) and linguistic considerations of experts in the neuro-fuzzy network; to test and verify the proposed model for an example of assessing the levels of deviations and risk that can be reduced through digitalization and the construction of a single information and organizational space for project administration, as well as the "interval representation" of synaptic weights of the neuro-fuzzy network. Methodological approaches to multi-criteria digital diagnostics of the state and prospects of development of the enterprise in this segment of the construction market are proposed. The innovation lies in the combination of digital administration,

diagnostics and the possibility of formalized, clearly predictable detection of the hit (or miss) of the current point of the enterprise's trajectory in a certain projection of the progressive development (or bifurcation) of the enterprise's operating system. This further gives grounds to model the predictors of the possibility of increasing the organizational and technological level of digitalization of a construction project using certain resources of the enterprise as a stakeholder in construction projects.

Keywords: construction organization; construction project; data mining; multicriteria digital diagnostics.

REFERENCES

1. Zadeh L. Fuzzy sets. Information and management. -1965. - Vol. 8. - P. 338-353. {in English}
2. Takagi T., Sugeno M. (1985) Fuzzy system identification and its application to modeling and control. IEEE Transactions on Systems, Man, and Cybernetics, SMC-15, 116-132. {in English}
3. Komandyrov, O.V., Kulikov, P.M., Ploskyi, V.O., Eremenko, B.M. Application of the Takagi-Sugeno-Kang artificial neuro-fuzzy network to the assessment of the technical condition of construction objects. Management of the development of complex systems. -2020.-No 42. – P. 107-112. {in Ukrainian}
4. Honcharenko, T., Akselrod, R., Shpakov, A., Khomenko, O. Information system based on multi-valued classification of a fully connected neural network for construction management. International Journal of Artificial Intelligence IAES, 2023, 12(2), 593-601. {in English}
5. Ryzhakova, G., Goncharenko, T., Predun, K., Malykhina, O., Khomenko, O. Using fuzzy logic to assess the risks of the construction enterprise management system. SIST 2023 - 2023 IEEE International Conference on Intelligent Information Systems and Technologies, Proceedings, 2023, P. 208-213. {in English}
6. Chernyshev, D., Ryzhakova, G., Goncharenko, T., Chuprina, I., Reznik, N. Digital project administration based on the concept of smart construction. Lecture Notes on Networks and Systems, 2023, 495 LNNS, P. 1316-1331. {in English}
7. Ryzhakova, G., Malykhina, O., Pokolenko, V., Nesterenko, I., Honcharenko, T. Construction Project Management with Digital Twin Information System. International Journal of Emerging Technology and Advanced Engineering, 2022, 12(10), P. 19-28. {in English}
8. Goiko A.F., Sorokina L.V., Skakun V.A. Business process management as an important factor in improving the quality of construction products. Ways to improve the efficiency of construction in the conditions of market relations. 2018. Issue 18. P. 150-158. {in Ukrainian}

9. Karaeva, N.V. Risk management of sustainable energy development: information support for decision-making. *www.voytko.kpi.in.ua*, 2013. {in Ukrainian}
10. Glushchenko S.A., Dovzhenko A.I. System of fuzzy risk modeling of investment and construction projects. *Business Informatics*, 2015. №2/32. С. 48-58. {in Ukrainian}
11. Ryzhakova G., Pokolenko, V., Omirbayev, S., Modern structuring of project financing solutions in construction, 2022 IEEE International Conference on Smart Information Systems and Technologies (SIST). {in English}
12. Sergii P. Stetsenko (2020) Management of Adaptation of Organizational and Economic Mechanisms of Construction to Increasing Impact of Digital Technologies on the National Economy, *Journal of Reviews on Global Economics* 9:149-164. DOI: <https://doi.org/10.6000/1929-7092.2020.09.15>. {in English}
13. Tugai O.A. Algorithm for preliminary assessment of the reliability of investment projects in the construction industry under conditions of uncertainty. *Bulletin of OSACA: collection of scientific papers. Issue No. 82 // Odesa, OSACA - 2021. - P. 14.* {in Ukrainian}
14. Guide to the implementation of information modeling in construction, created by the European public sector EU BIM https://www.eubim.eu/wp-content/uploads/2020/12/2017_EU-BIM-Handbook_ua.pdf. {in Ukrainian}
15. Tugai O.A., Hryhorovskiy P.Ye., Khyzhniak V.O. Organizational and technological, economic quality control aspects in the construction industry: collective monograph. Lviv-Toruń: Liha-Pres, 2019. 136 p. {in English}
16. Sorokina L.V. Models and technologies for managing the market value of construction enterprises. K.: Lazurit-polygraph, 2011. 516 c. {in Ukrainian}
17. Belenkova O.Yu. Strategy and mechanisms for ensuring the competitiveness of construction enterprises based on the model of sustainable development: a monograph. Kyiv: Lira-K, 2020. 512 p. {in Ukrainian}
18. Demydova O., Lytvynenko O., Moholivets A., Novak Ye. Influence of seasonal factors on quality, cost, labor and other parameters of construction. *The scientific heritage. Technical sciences*, 2021. № 74 (74). Pp. 42 - 49. {in English}