

А.В. Росинський,

аспірант кафедри економіки будівництва

ORCID: 0000-0003-4119-7463

Київський національний університет будівництва і архітектури, м. Київ

ВИКОРИСТАННЯ АЛГОРИТМІВ НЕЧІТКОГО ЛОГІЧНОГО ВИСНОВКУ В СИСТЕМІ УПРАВЛІННЯ РОЗВИТКОМ ЕКОНОМІЧНОГО ПОТЕНЦІАЛУ ДЕВЕЛОПЕРСЬКОЇ КОМПАНІЇ

У статті визначена необхідність впровадження алгоритмів нечіткого логічного висновку в систему управління розвитком економічного потенціалу девелоперської компанії. Запропоновано використання алгоритмів нечіткого висновку у дослідженні факторів впливу на прибутковість девелоперських проєктів, як передумови розвитку економічного потенціалу девелоперської компанії. Визначено, що на збільшення прибутковості та розвиток економічного потенціалу девелоперської компанії зокрема впливають управлінські рішення щодо цінової політики девелоперських проєктів, обґрунтування яких потребує обробки комплексної економічної інформації з використанням алгоритмів нечіткої логіки. У результаті проведеного вибіркового дослідження цінової політики різних девелоперських проєктів-аналогів багатопверхових житлових будівель на території м. Київ, виокремлено та згруповано фактори, що впливають на зміну цін на первинну житлову нерухомість. Розроблено алгоритм нечіткого логічного висновку для системи виокремлених факторів впливу, яка складається з окремих підсистем нечіткого висновку для кожної групи факторів (підсистеми впливу квартири, будівлі та часу), що дозволяє отримувати додаткову інформацію, необхідну для прийняття обґрунтованих управлінських рішень щодо розвитку економічного потенціалу девелоперської компанії. Визначено характеристики функцій належності термів вхідних та вихідних змінних для всіх підсистем впливу, а також розроблені набори правил (бази знань) кожної підсистеми. Наведено процес створення та імплементації розробленого алгоритму у середовищі Fuzzy Logic Designer програмного комплексу MATLAB, а також визначено можливість використання функціоналу його середовища з метою отримання динамічних числових та графічних даних (зокрема, графіків та поверхонь) для аналізу та дослідження стану, характеристик та тенденцій економічних процесів девелоперської компанії у режимі реального часу. Доведено доцільність застосування алгоритмів нечітких логічних висновків у системі управління розвитком економічного потенціалу девелоперської компанії.

Ключові слова: *алгоритми нечіткого логічного висновку, нечітка логіка, економічний потенціал, девелоперська компанія, управління розвитком економічного потенціалу, фактори впливу на ціну нерухомості, первинна житлова нерухомість, девелопмент нерухомості.*

Вступ. Передумовою стабільного збільшення економічного потенціалу девелоперської компанії є постійне удосконалення методів та підходів до управління його розвитком. Цей процес ускладнений постійними змінами економічного середовища, у якому перебувають девелоперські компанії, а також нечіткою та суб'єктивною природою факторів, які впливають на прибутковість девелоперських проектів та, відповідно, економічний розвиток таких компаній. Зважаючи на це, прийняття обґрунтованих управлінських рішень щодо розвитку економічного потенціалу девелоперської компанії не може обмежуватись використанням лише чітких та явно виражених моделей та алгоритмів, а вимагає впровадження елементів нечіткого логічного висновку при дослідженні факторів, що впливають на економічні результати девелоперської діяльності.

Аналіз досліджень і публікацій. Методи підвищення ефективності діяльності девелоперських компаній досліджуються у працях Т.Є. Кіщенко [1] та Л.В. Гусарової [2]. Питанню розвитку будівельного девелопменту та потенціалу будівельних організацій присвячені праці А.В. Шпакова [3, 4], який разом з Г.В. Шпаковою [5] також досліджував процеси управління девелоперськими компаніями. Дослідженню економічних та фінансових процесів шляхом використання елементів нечіткого висновку присвятили свої праці А.В. Матвійчук [6, 7, 8], В.Ф. Ситник, М.Т. Краснюк [9], К. Boratyńska [11], Madhu Mandal, В.К. Mohanty, Satyabhusan Dash [12], Л.В. Сорокіна та інші [10, 20-21]. Особливої уваги заслуговують праці Р.Т. Nguyen, Q.H.T.T. Nguyen, N.L.H.T.T. Quyen, V.D.V. Huynh [13, 14] щодо застосування нечіткої логіки у дослідженні індексів цін на будівництво.

Незважаючи на наявність низки наукових праць, пов'язаних з тематикою даної роботи, досі недостатньо дослідженою залишається проблема використання алгоритмів нечіткого логічного висновку в управлінні розвитком економічного потенціалу девелоперських компаній.

Постановка завдання. Завданням роботи є дослідження факторів, які впливають на прибутковість девелоперських проектів, з використанням алгоритмів нечіткого логічного висновку.

Основна частина. Процеси формування, реалізації та своєчасного коригування цінової політики девелоперського проекту є одними з найголовніших управлінських чинників впливу на збільшення прибутковості та розвиток економічного потенціалу девелоперської компанії. Дані управлінські процеси мають базуватись на економічній інформації відповідного девелоперського проекту, оброблення якої, через

її комплексність та багатогранність, неможливе без використання алгоритмів нечіткої логіки.

З метою аналізу цінової політики різних девелоперських компаній, було проведено вибіркове дослідження щодо значень цін на первинну житлову нерухомість протягом реалізації кожного відповідного девелоперського проекту. З метою нейтралізації територіального чинника впливу на ціну первинної нерухомості (регіональний аспект) у вибірку увійшли лише девелоперські проекти-аналоги, імплементація яких відбувалася виключно у м. Київ. У результаті вибіркового дослідження були виділені фактори, які впливають на зміну цін квартири у новобудові з боку девелопера. В подальшому набір означених факторів було розділено на групи факторів, структура яких зображена на рис. 1.

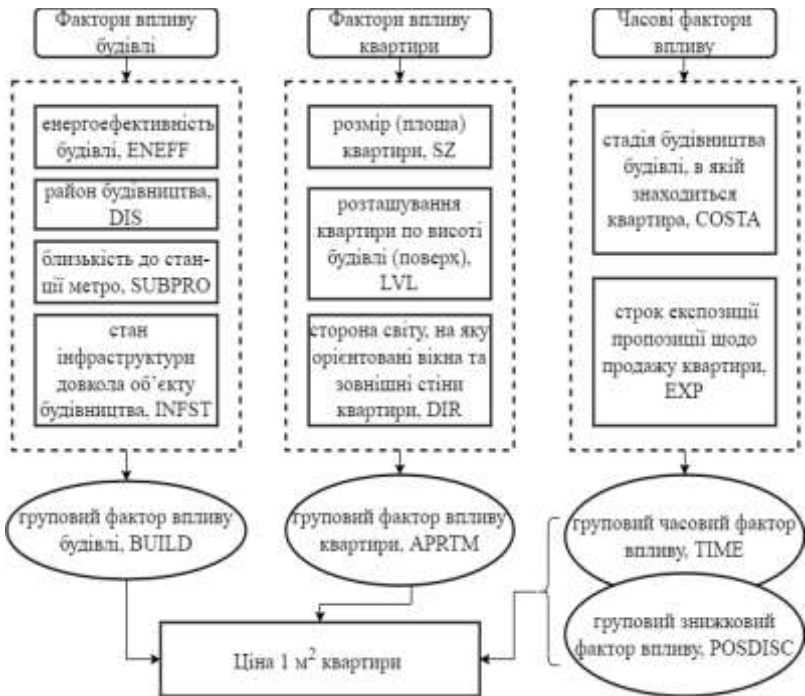


Рис. 1. Структура виявлених факторів, що впливають на зміну цін на первинну житлову нерухомість (розроблено автором)

Спираючись на рекомендації, викладені у працях [6 – 9], щодо розв'язку задач, пов'язаних з підвищенням якості управління економічними та фінансовими процесами з використанням теорії нечіткого висновку, використовуємо алгоритм Ларсена. Згідно з [9, с.

324], він характеризується використанням гаусових функцій належності, використанням добутку для імплікації, а також дефазифікацією методом центруїду. Реалізацію алгоритму виконуємо з використанням пакету Fuzzy Logic Designer у середовищі MATLAB.

Враховуючи достатню велику кількість факторів впливу, яка б значно ускладнила моделювання єдиної системи через необхідність великої кількості логічних правил, а також не могла б надавати проміжні аналітичні результати, було проведено групування факторів впливу (рис. 1), що дозволяє створити власні підсистеми нечіткого висновку для кожної виокремленої групи факторів, комбінація яких приведе не тільки до шуканого вирішення поставленої задачі, але і дозволить проаналізувати проміжні групові чинники, які є складовими кінцевого результату.

Алгоритм нечіткого висновку для розробленої системи зображено на рис. 2.

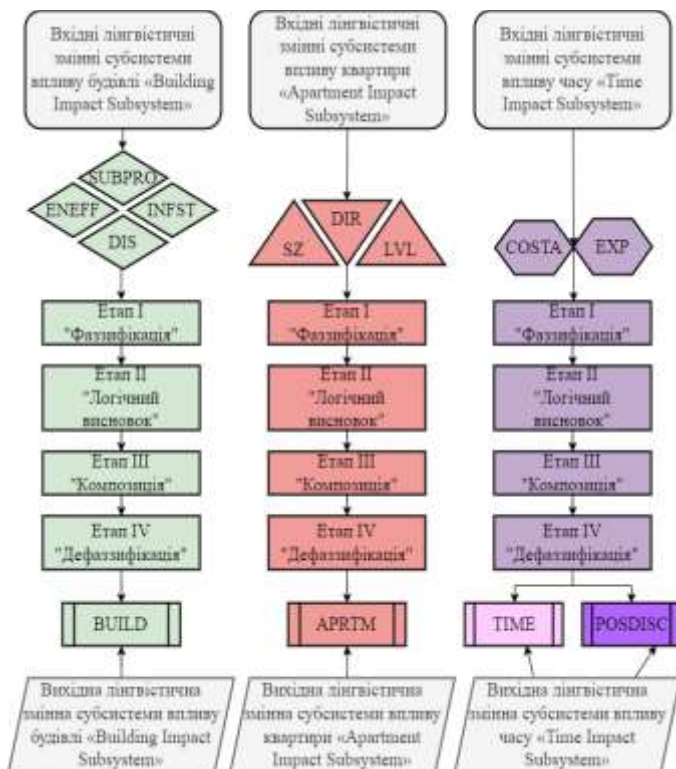


Рис. 2. Алгоритм нечіткого висновку для розробленої системи з виокремленими підсистемами групових факторів впливу (розроблено автором на основі [10, с. 303])

Розглянемо основні етапи його реалізації докладніше, враховуючи, що для всіх субсистем даної системи вони є методологічно спільними.

І етап «Фазифікація» складається з двох послідовних кроків:

- 1) задання функцій належності для термів вхідних і вихідних змінних;
- 2) складання набору правил логічного висновку (бази знань).

На першому кроці, у відповідності до прийнятого алгоритму Ларсена, для термів вхідних і вихідних змінних було прийнято використання гаусових функцій належності. Водночас, з метою збільшення меж інтервалів змінних та з урахуванням гіпотетичної можливості необмеженого варіювання універсуму як вхідних, так і вихідних змінних, доцільним є використання двопараметричних s- та z-подібних сплайн-функцій належності для граничних термів.

Перший крок етапу «Фазифікація» для вхідної змінної «size_(SZ)» (розмір/площа) субсистеми впливу квартири «Apartment Impact Subsystem» зображено у середовищі Fuzzy Logic Designer (діалогове вікно Membership Function Editor) програмного комплексу MATLAB на рис. 3, а введені параметри функцій належності всіх термів цієї змінної наведені у табл. 2. Універсум даної вхідної змінної обмежений інтервалом [10; 140]. І якщо ліва межа є фактичним обмеженням площі як виключно додатного значення, а також реальної площі навіть найменших квартир, то права межа не є граничним значенням площі квартири, для якої розроблена модель, а лише показує, що значення міри належності для квартир площею більше 140 квадратних метрів є сталим і відповідає значенню, визначеному для площі, що дорівнює рівно 140 квадратних метрів.

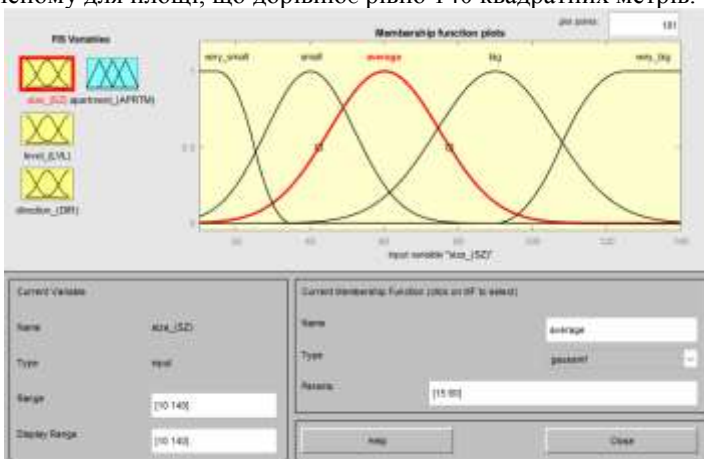


Рис. 3. Функції належності вхідної змінної «size_(SZ)» (розмір/площа) субсистеми впливу квартири «Apartment Impact Subsystem» у середовищі Fuzzy Logic Designer (діалогове вікно Membership Function Editor) програмного комплексу MATLAB (розроблено автором)

Задання функцій належності для термів вхідних та вихідних змінних всіх субсистем є принципово і методологічно однаковим з параметрами, наведеними у таблицях 1 – 5.

Таблиця 1

Параметри функцій належності термів вхідних змінних субсистеми впливу квартири «Apartment Impact Subsystem» (розроблено автором)

Лінгвістичний опис терму	Прийнятий тип функції належності	Значення параметрів функції належності	
вхідна змінна «size (SZ)»			
very small (дуже маленька)	zmf (z-подібна)	$a = 15$	$b = 35$
small (маленька)	gaussmf (гаусова)	$\sigma = 12$	$m = 40$
average (середня)	gaussmf (гаусова)	$\sigma = 15$	$m = 60$
big (велика)	gaussmf (гаусова)	$\sigma = 16$	$m = 90$
very big (дуже велика)	smf (s-подібна)	$a = 90$	$b = 125$
вхідна змінна «level (LVL)»			
first (перший)	zmf (z-подібна)	$a = 1$	$b = 1,5$
second (другий)	gaussmf (гаусова)	$\sigma = 0,4$	$m = 2$
low (низький)	gaussmf (гаусова)	$\sigma = 1$	$m = 4$
middle (середній)	gaussmf (гаусова)	$\sigma = 2$	$m = 8$
high (високий)	gaussmf (гаусова)	$\sigma = 2$	$m = 13$
last (останній)	smf (s-подібна)	$a = 15$	$b = 16$
вхідна змінна «direction (DIR)»			
N (Пн)	zmf (z-подібна)	$a = -0,9$	$b = -0,75$
NW_NE (ПнЗ ПнС)	gaussmf (гаусова)	$\sigma = 0,15$	$m = -0,53$
W_S (З Пд)	gaussmf (гаусова)	$\sigma = 0,21$	$m = 0$
E (С)	gaussmf (гаусова)	$\sigma = 0,12$	$m = 0,45$
SW_SE (ПдЗ ПдС)	smf (s-подібна)	$a = 0,55$	$b = 0,75$

Терми вхідної змінної «level_(LVL)» (поверх) адаптовані під зібрану вибірку, в якій поверховість розглянутих девелоперських проектів варіювала у межах від 15 до 20 поверхів. Зважаючи на це, використання запропонованої моделі для іншої поверховості споруджуваних житлових будівель потребує відповідного корегування параметрів термів даної вхідної змінної без зміни загального принципу їхнього розподілу.

Універсум вхідної змінної «direction_(DIR)» (сторона світу) обмежений інтервалом $[-1; 1]$, у якому кожному лінгвістичному опису сторони світу, на яку орієнтовані вікна та зовнішні стіни квартири призначені відповідні числові значення. Зважаючи на те, що вікна у квартирах у переважній більшості випадках виходять на декілька сторін світу, визначення фактичного числового значення даної вхідної змінної для конкретної квартири пропонується визначати шляхом розрахунку

середньозваженого показника з використанням в якості вагових коефіцієнтів координат максимуму відповідних функцій належності.

Таблиця 2

Параметри функцій належності термів вхідних змінних субсистеми впливу будівлі «Building Impact Subsystem» (розроблено автором)

Лінгвістичний опис терму	Прийнятий тип функції належності	Значення параметрів функції належності	
вхідна змінна «energy efficiency (ENEFF)»			
A	zmf (z-подібна)	$a = -50$	$b = -40$
A-B	gaussmf (гаусова)	$\sigma = 4$	$m = -40$
B	gaussmf (гаусова)	$\sigma = 5$	$m = -30$
B-C	gaussmf (гаусова)	$\sigma = 4$	$m = -17$
C	smf (s-подібна)	$a = -15$	$b = -5$
вхідна змінна «district (DIS)»			
Darn_Desn	zmf (z-подібна)	$a = 0,55$	$b = 0,7$
Obol_Sol_Dnpr	gaussmf (гаусова)	$\sigma = 0,06$	$m = 0,7$
Holos_Sviatosh	gaussmf (гаусова)	$\sigma = 0,075$	$m = 0,85$
Shevch_Podil	gaussmf (гаусова)	$\sigma = 0,1$	$m = 1,1$
Pechersk	smf (s-подібна)	$a = 1,2$	$b = 1,85$
вхідна змінна «subway proximity (SUBPRO)»			
close (близько)	zmf (z-подібна)	$a = 0,15$	$b = 0,5$
not_close_not_far (не близько і не далеко)	gaussmf (гаусова)	$\sigma = 0,15$	$m = 0,5$
far (далеко)	smf (s-подібна)	$a = 0,5$	$b = 0,85$
вхідна змінна «infrastructure (INFST)»			
undeveloped (не розвинена)	zmf (z-подібна)	$a = 10$	$b = 30$
below_average_dev (розвиток нижче середнього)	gaussmf (гаусова)	$\sigma = 9$	$m = 30$
average_dev (середній розвиток)	gaussmf (гаусова)	$\sigma = 11$	$m = 50$
above_average_dev (розвиток вище середнього)	gaussmf (гаусова)	$\sigma = 9$	$m = 70$
developed (розвинена)	smf (s-подібна)	$a = 70$	$b = 90$

Універсальна множина вхідної змінної «energy_efficiency_(ENEFF)» (енергоефективність) субсистеми впливу будівлі «Building Impact Subsystem» знаходиться у інтервалі $[-55; 0]$, що зумовлено вимогами п. 1 розділу II [15] та даними табл. 1 [16]. Так, згідно з [15], мінімально допустимим класом енергетичної ефективності будівлі при новому будівництві є клас «С», тому зважаючи на розгляд у даному дослідженні саме первинної нерухомості, немає потреби включати терми класів, що є нижчими за означений. Водночас, [16, табл. 1] регулює відсоткові межі

показника Δ_{EP} для кожного відповідного класу енергетичної ефективності будівлі, які і стали основою для формування параметрів термів функцій належності даної вхідної змінної.

Таблиця 3

Параметри функцій належності термів вхідних змінних підсистеми впливу часу «Time Impact Subsystem» (розроблено автором)

Лінгвістичний опис терму	Прийнятий тип функції належності	Значення параметрів функції належності	
вхідна змінна «construction stage (COSTA)»			
Territory_preparation (Підготовка території)	zmf (z-подібна)	$a = 5$	$b = 10$
Underground_cycle Піземний цикл)	gaussmf (гаусова)	$\sigma = 7$	$m = 17$
Low_levels_constr(Зведення «перших» поверхів)	gaussmf (гаусова)	$\sigma = 6$	$m = 30$
Mid_levels_constr (Зведення «середніх» поверхів)	gaussmf (гаусова)	$\sigma = 6$	$m = 42$
High_levels_constr (Зведення «останніх» поверхів)	gaussmf (гаусова)	$\sigma = 6$	$m = 54$
Roofing (Покрівельні роботи)	Gaussmf(гаусова)	$\sigma = 6$	$m = 66$
External_maintenance (Зовнішнє опорядження)	gaussmf (гаусова)	$\sigma = 6$	$m = 79,5$
Landscaping (Благоустрій території)	gaussmf (гаусова)	$\sigma = 3$	$m = 90$
Build_com (Прийняття будівлі в експлуатацію)	smf (s-подібна)	$a = 94$	$b = 97$
вхідна змінна «exposure period (EXP)»			
too_small (занадто малий)	zmf (z-подібна)	$a = 10$	$b = 30$
small (малий)	gaussmf (гаусова)	$\sigma = 10$	$m = 30$
below_average (нижче середнього)	gaussmf (гаусова)	$\sigma = 10$	$m = 50$
average (середній)	gauss2mf (гаусова двогілкава)	$\sigma_{left} = 20$ $\sigma_{right} = 20$	$m_{left} = 85$ $m_{right} = 115$
above_average (вище середнього)	gaussmf (гаусова)	$\sigma = 12$	$m = 155$
big (великий)	gaussmf (гаусова)	$\sigma = 12$	$m = 185$
too_big (занадто великий)	smf (s-подібна)	$a = 190$	$b = 220$

Зважаючи на те, що показники і клас енергоефективності будівлі розраховуються і вказуються у проектній документації [17, п. 2 статті 7], а отже відомі на початкових етапах девелопменту будівельного об'єкта, прийнято за доцільне використовувати саме ці значення при оцінці впливу енергоефективності будівлі на вартість об'єкту нерухомості. З іншого боку, до переліку термів були додані проміжні значення («А-В» та «В-С») зважаючи на теоретичний (прогнозний) метод визначення показників енергетичної ефективності у проектній документації, фактичне значення яких уточнюється сертифікацією енергетичної ефективності будівлі, яка

згідно з [17, п. 3 статті 7] виконується безпосередньо перед прийняттям побудованої будівлі в експлуатацію, тобто лише на завершальних етапах маркетингових процесів девелоперського проєкту. Врахування потенційної можливості появи відхилень у показниках енергоефективності на різних етапах девелопменту об'єкту нерухомості [19] і є причиною введення додаткових перехідних термів.

Множина значень вхідної змінної «district_(DIS)» (район будівництва) знаходиться у проміжку [0,5; 2], де лінгвістичним назвам районів міста (у даному дослідженні – міста Києва) відповідають розраховані згідно зі статистичними даними [18] числові значення. У випадку адаптації запропонованої моделі для інших населених пунктів або розширенню географії девелоперських проєктів на різні населені пункти варто уніфікувати терми даної вхідної змінної у відповідності до рівнів «привабливості» для потенційних інвесторів як різних районів всередині одного населеного пункту, так і відповідних населених пунктів між собою всередині вибірки (розмір якої регулюється фактичною діяльністю та стратегічними цілями відповідної девелоперської компанії).

Вхідна змінна «subway_proximity_(SUBPRO)» (близькість до метро) є впливовим чинником для великих міст, у яких наявна мережа станцій метро, а також не є релевантною для міст, у яких відсутній даний тип громадського транспорту. Універсум даної змінної знаходиться у інтервалі [0; 1], у якому крайові значення відповідають граничним лінгвістичним описам («однозначно близько» чи «однозначно далеко»), а інтервальні значення відображають перебіг між граничними лінгвістичними описами з середнім значенням 0,5, що відповідає максимуму терму «не близько і не далеко» як показнику абсолютної невпевненості щодо висновку про близькість розташування станції метро.

Таблиця 4

Параметри функцій належності термів вихідних змінних субсистем впливу квартири «Apartment Impact Subsystem» та будівлі «Building Impact Subsystem» (розроблено автором)

Лінгвістичний опис терму	Прийнятий тип функції належності	Значення параметрів функції належності	
вихідні змінні «apartment (APRTM)» та «building (BUILD)»			
low (низький)	zmf (z-подібна)	$a = 0,55$	$b = 0,8$
below_average (нижче середнього)	gaussmf (гаусова)	$\sigma = 0,1$	$m = 0,82$
average (середній)	gaussmf (гаусова)	$\sigma = 0,12$	$m = 1$
above_average (вище середнього)	gaussmf (гаусова)	$\sigma = 0,1$	$m = 1,18$
high (високий)	smf (s-подібна)	$a = 1,15$	$b = 1,4$

Терми вхідної змінної «*infrastructure_(INFST)*» (інфраструктура) класифікують рівні розвитку інфраструктури довкола об'єкта будівництва на інтервалі значень $[0; 100]$, де розрахункові значення враховують не лише фактичний стан інфраструктури, але й прогностичний - очікуваний після прийняття будівлі в експлуатацію або завершення девелопменту всього житлового комплексу, складовою якого виступає будівля, що оцінюється за рівнем розвитку своєї інфраструктури.

Універсум вхідної змінної «*construction_stage_(COSTA)*» (стадія будівництва) підсистеми впливу часу «*Time Impact Subsystem*» обмежений значеннями від 0 до 100, які у відсотковому вираженні відображають фактичний стан «готовності» будівлі та відповідний етап її зведення.

У свою чергу вхідна змінна «*exposure_period_(EXP)*» (термін експозиції) класифікує тривалість експозиції (у днях) кожної конкретної квартири для придбання у системі продажів девелоперської компанії за рангами, які дозволяють відстежувати життєвий цикл пропозицій з моменту їхнього створення до моменту укладання інвестиційної угоди. Значення терміну експозиції більші за 240 днів не входять в універсум даної вхідної змінної, адже за впливом на вихідні змінні відповідають максимальному значенню у 240 днів. Терм «*average*» (середній) даної вхідної змінної побудований двогілковою гаусовою функцією належності, яка є комбінацією двох гаусових функцій.

Терми вихідних змінних «*apartment_(APRTM)*» (груповий фактор впливу квартири) та «*building_(BUILD)*» (груповий фактор впливу будівлі) співпадають, у той час як вихідні змінні «*time_(TIME)*» (груповий часовий фактор впливу) та «*possible_discount_(POSDISC)*» (груповий знижковий фактор впливу) мають особисті терми та універсуми через порівняно більшу кількість термів вхідних змінних підсистеми, а також через обмеженість розміру та фактичної можливості застосування знижки. Так, особливої уваги заслуговує терм «*no_discount*» (без знижки) вихідної змінної «*possible_discount_(POSDISC)*», який є технічним обмеженням висновку щодо можливості застосування знижки за даними вхідних змінних підсистеми впливу часу «*Time Impact Subsystem*» і використовується для побудови бази знань другого кроку етапу «Фазифікація».

Другим кроком I етапу «Фазифікація» є створення наборів правил логічного висновку для кожної підсистеми. Побудова правил базується на використанні логічних операторів. У наступних базах знань використані оператори «якщо», «тоді», «тоді не», «або», «та», які дозволяють описати взаємний вплив термів відповідних вхідних змінних на терми вихідних змінних.

Таблиця 5

**Параметри функцій належності термів вихідних змінних
субсистеми впливу часу «Time Impact Subsystem» (розроблено
автором)**

Лінгвістичний опис терму	Прийнятий тип функції належності	Значення параметрів функції належності	
вихідна змінна «time (TIME)»			
too_low (занадто низький)	zmf (z-подібна)	$a = 0,55$	$b = 0,65$
low (низький)	gaussmf (гаусова)	$\sigma = 0,065$	$m = 0,72$
below_average (нижче середнього)	gaussmf (гаусова)	$\sigma = 0,065$	$m = 0,86$
average (середній)	gaussmf (гаусова)	$\sigma = 0,065$	$m = 1$
above_average (вище середнього)	gaussmf (гаусова)	$\sigma = 0,065$	$m = 1,14$
high (високий)	gaussmf (гаусова)	$\sigma = 0,065$	$m = 1,28$
too_high (занадто високий)	smf (s-подібна)	$a = 1,35$	$b = 1,45$
вихідна змінна «possible_discount (POSDISC)»			
high (висока)	zmf (z-подібна)	$a = 0,82$	$b = 0,87$
average (середня)	gauss2mf (гаусова двогілкава)	$\sigma_{left} = 0,01$	$m_{left} = 0,85$
		$\sigma_{right} = 0,015$	$m_{right} = 0,9$
low (низька)	gauss2mf (гаусова двогілкава)	$\sigma_{left} = 0,02$	$m_{left} = 0,945$
		$\sigma_{right} = 0,005$	$m_{right} = 0,972$
no_discount (без знижки)	smf (s-подібна)	$a = 1$	$b = 1$

Так, набір правил для субсистеми впливу квартири «Apartment Impact Subsystem» зображено у середовищі Fuzzy Logic Designer (діалогове вікно Rule Editor) програмного комплексу MATLAB на рис. 4. З метою більш комфортного візуального сприйняття правил та результатів наступних етапів у середовищі програмного комплексу, правила були додатково згруповані з використанням декількох вхідних змінних в одному правилі.

Зважаючи на це, база знань для субсистеми впливу квартири «Apartment Impact Subsystem» складається з 6 наступних правил:

1) Якщо SZ - «very small» або LVL - «high» або DIR - «SW_SE» modi APRTM - «high».

2) Якщо SZ - «small» або LVL - «last» або DIR - «E» modi APRTM - «above average».

3) Якщо SZ - «average» або LVL - «middle» або DIR - «W_S» modi APRTM - «average».

4) Якщо SZ - «big» або LVL - «second» або DIR - «NW_NE» modi APRTM - «below average».

5) Якщо SZ - «very big» або LVL - «first» або DIR - «N» modi APRTM - «low».

6) Якщо LVL - «low» modi APRTM - «above average».

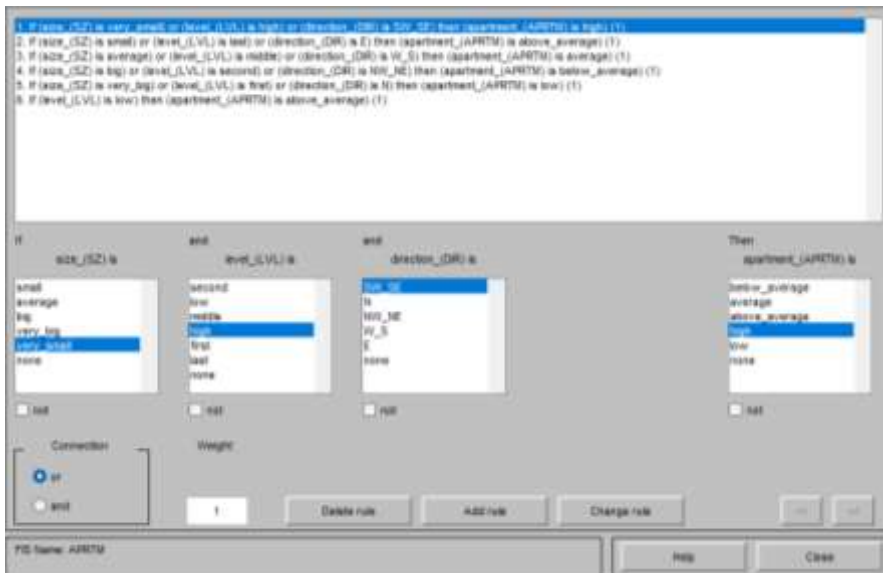


Рис. 4. База знань субсистеми впливу квартири «Apartment Impact Subsystem» у середовищі Fuzzy Logic Designer (діалогове вікно Rule Editor) програмного комплексу MATLAB (розроблено автором)

Означені правила базуються на тенденціях ринку первинної житлової багатоповерхової нерухомості м. Києва в контексті рівня попиту та преференцій інвесторів щодо виокремлених факторів-характеристик квартир, на які відповідним чином реагують девелопери у своїх маркетингових стратегіях та ціноутворенні (підвищуючи чи знижуючи ціну 1 м² квартири з відповідними характеристиками).

База знань субсистеми впливу будівлі «Building Impact Subsystem» включає в себе 5 правил:

- 1) Якщо ENEFF - «A» або DIS - «Pechersk» або SUBPRO - «close» або INFST - «developed» modi BUILD - «high».
- 2) Якщо ENEFF - «A-B» або DIS - «Shevch Podil» або SUBPRO - «not close not far» або INFST - «above average dev» modi BUILD - «above average».
- 3) Якщо ENEFF - «B» або DIS - «Holos Sviatosh» або SUBPRO - «far» або INFST - «average dev» modi BUILD - «average».
- 4) Якщо ENEFF - «B-C» або DIS - «Obol Sol Dnibr» або INFST - «below average dev» modi BUILD - «below average».
- 5) Якщо ENEFF - «C» або DIS - «Darn Desn» або INFST - «undeveloped» modi BUILD - «low».

Виокремлені правила відображають вплив конкурентних переваг та недоліків різних девелоперських проєктів м. Києва на рівень цін будь-яких квартир у відповідних багатоповерхових житлових новобудовах.

У свою чергу, база знань субсистеми впливу часу «Time Impact Subsystem» включає в себе 23 правила, адже включає в себе правила, що стосуються двох вихідних змінних. З метою більш якісної програмної візуалізації та, відповідно, більшої комфортності як налаштування бази знань, так і сприйняття та аналізу подальших результатів, базу знань субсистеми та її програмне відтворення було вирішено розділити на дві складові, які відповідають двом вихідним змінним. Таким чином, база знань вихідної змінної «time_(TIME)» включає в себе 14 наступних правил:

- 1) Якщо COSTA - «Territory preparation» *modi* TIME - «too low».
- 2) Якщо COSTA - «Underground cycle» *modi* TIME - «low».
- 3) Якщо COSTA - «Low levels constr» *modi* TIME - «below average».
- 4) Якщо COSTA - «Mid levels constr» *modi* TIME - «average».
- 5) Якщо COSTA - «High levels constr» *modi* TIME - «above average».
- 6) Якщо COSTA - «High levels constr» *ma* EXP - «too small» *modi* TIME - «high».
- 7) Якщо COSTA - «Roofing» *ma* EXP - «small» *modi* TIME - «high».
- 8) Якщо COSTA - «Roofing» *ma* EXP - «too small» *modi* TIME - «high».
- 9) Якщо COSTA - «Roofing» *modi* TIME - «above average».
- 10) Якщо COSTA - «External maintenance» *modi* TIME - «high».
- 11) Якщо COSTA - «Landscaping» *modi* TIME - «too high».
- 12) Якщо COSTA - «Build com» *modi* TIME - «too high».
- 13) Якщо COSTA - «Landscaping» *ma* EXP - «above average» *modi* TIME - «high».
- 14) Якщо COSTA - «Build com» *ma* EXP - «big» *modi* TIME - «high».

Побудована база знань відображає кореляцію ціни довільної квартири довільного девелоперського проєкту зі стадією будівництва відповідної багатоповерхової житлової новобудови та терміном експозиції для інвесторів відповідної квартири.

Водночас, база знань вихідної змінної «possible_discount_(POSDISC)» складається з 9 правил:

- 1) Якщо EXP - «above average» *modi* POSDISC - «low».
- 2) Якщо EXP - «big» *modi* POSDISC - «average».
- 3) Якщо EXP - «too big» *modi* POSDISC - «high».
- 4) Якщо COSTA - «Territory preparation» *або* EXP - «too small» *modi* POSDISC - «no discount».
- 5) Якщо COSTA - «Underground cycle» *або* EXP - «small» *modi* POSDISC - «no discount».
- 6) Якщо COSTA - «Low levels constr» *або* EXP - «below average» *modi* POSDISC - «no discount».

7) Якщо COSTA - «Mid levels constr» або EXP - «average» *modi* POSDISC - «no discount».

8) Якщо COSTA - «Roofing» та EXP - «too big» *modi* POSDISC не є «high».

9) Якщо COSTA - «High levels constr» та EXP - «too big» *modi* POSDISC не є «high».

Сформульовані правила дозволяють обмежити застосування знижок на виокремлених відносних часових етапах, а також визначити максимально допустимий рівень знижки у випадку її допустимості у заданих умовах.

II етап «Логічний висновок» (рис. 2) полягає у визначенні ступенів істинності висновків всіх сформованих на попередньому етапі правил в залежності від ступенів істинності вхідних умов, які залежать від ступенів належності чітких значень вхідних змінних до відповідних термів. Ступінь істинності варіюється у межах від 0 до 1, де значення «0» відповідає правилам, що побудовані на термах, яким чітко значення відповідної вхідної змінної не належить, а значення «1» присвоюється таким правилам, які побудовані на термах, яким в повному обсязі належить відповідне чітке значення.

Отже, починаючи з цього етапу імплементація алгоритму, зображеного на рис. 2, вимагає призначення конкретних значень для всіх вхідних змінних системи. Зважаючи на це, розглянемо реалізацію цього та наступних етапів алгоритму для підсистеми впливу квартири «Apartment Impact Subsystem» за наступними даними: однокімнатна квартира площею 45 м² (SZ = 45) розташована на 2 поверсі (LVL = 2) з вікнами та зовнішніми стінами, що зорієнтовані виключно на північ (DIR = -1).

Використання середовища Fuzzy Logic Designer (діалогове вікно Rule Viewer) програмного комплексу MATLAB дає можливість візуалізувати виконання етапу «Логічний висновок» за допомогою набору анімованих графіків, які змінюються у режимі реального часу відповідно до введених значень вхідних змінних. На рис. 5 зображено діалогове вікно Rule Viewer для підсистеми впливу квартири «Apartment Impact Subsystem», база знань якої складається з 6 правил, з введеними значеннями вхідних змінних (Input) у відповідності до прийнятих даних. Кількість стовпців графіків відповідає сумі вхідних та вихідних змінних (для підсистеми, що розглядається: 3 вхідні змінні + 1 вихідна змінна = 4 стовпці графіків), а кількість рядків відповідає кількості правил у базі знань підсистеми (в даному випадку – 6).

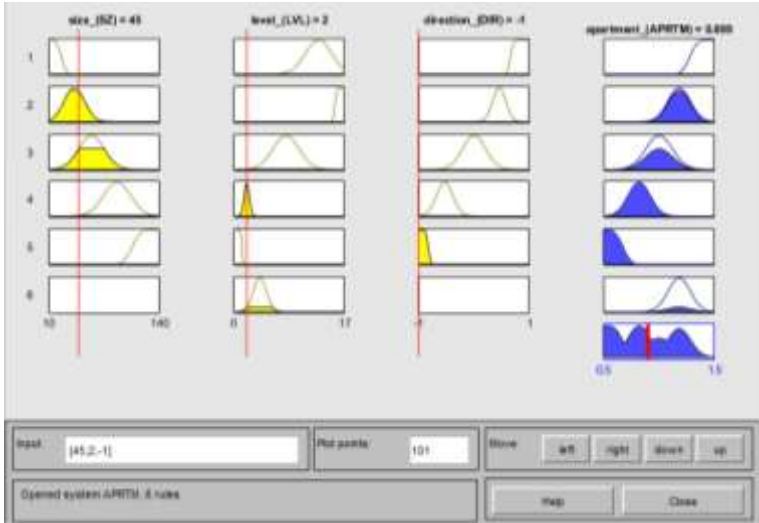


Рис. 5. Графічне відображення результатів II, III та IV етапів алгоритму нечіткого висновку для підсистеми впливу квартири «Apartment Impact Subsystem» у середовищі Fuzzy Logic Designer (діалогове вікно Rule Viewer) програмного комплексу MATLAB (розроблено автором)

У тому випадку, коли ступені істинності вхідних та вихідних змінних за певним правилом є нульовими, то на графіках відображається лише крива, що відповідає прийнятому типу функції належності відповідного терму. Якщо ж ступінь істинності є більшим за нуль, то окрім кривих на графіках буде відображений відповідний рівень зафарбування (для вхідних змінних жовтого кольору, а для вихідних – блакитного). Водночас, якщо у правило не входить певна вхідна змінна (наприклад, змінні SZ та DIR у 6 правилі на рис. 5), то у відповідному прямокутнику не буде відображене ані зафарбування, ані крива функції належності.

З рисунку 5 видно, що досліджувана квартира зі ступенем впевненості 92% є маленькою та зі ступенем впевненості 61% є середньою, але точно не є дуже маленькою, великою чи дуже великою. Водночас, квартира розташована на 2 поверсі з упевненістю у 100%, та на низьких поверхах з упевненістю 14%. Що ж стосується сторони світу, то зі 100% впевненістю можна констатувати факт, що стіни та вікна квартири виходять на північ. В результаті серед набору правил підсистеми, за введеними вхідними даними активованими виявилися правила з другого по шостий, у той час як перше правило, яке характеризувало б високе значення вихідної змінної APRTM, має нульовий ступінь істинності. Активовані правила №2 та №6 вимагають, що значення вихідної змінної APRTM має бути вище

середнього з 92% та 14% впевненості відповідно. Водночас, правила №4 та №5 відображають 100%-вий рівень впевненості у тому, що вихідна змінна має мати значення «нижче середнього» та «низьке» відповідно. Що ж стосується правила №3, то воно відображає 61%-вий рівень впевненості у тому, що вихідна змінна є середньою.

III етап «Композиція» (рис. 2) полягає у об'єднанні всіх термів вихідних змінних. Цей етап реалізується графічно шляхом побудови акумульованих графіків вихідних змінних, які у діалоговому вікні Rule Viewer середовища Fuzzy Logic Designer, розташовуються у стовпчиках відповідних вихідних змінних у рядку, що знаходиться одразу під останнім правилом бази знань (рис. 5). На цьому етапі алгоритм Ларсена вимагає використання max-підходу, який передбачає побудову акумульованого графіку вихідної змінної шляхом агрегації зафарбованих площ цієї змінної, відображених у результатах всіх правил бази знань. Тому у прикладі, що розглядається, акумульований графік вихідної змінної APRTM (впливу квартири) побудовано шляхом поєднання зафарбованих фігур, що виникли у стовпчику вихідної змінної шляхом активації правил з другого по шостий (рис. 5).

Реалізація IV етапу «Дефазифікація» (рис. 2) дозволяє отримати чіткі (дефазифіковані) значення вихідних змінних. Даний етап за алгоритмом Ларсена реалізується із застосуванням centroid-підходу, згідно з яким значення абсциси центру ваги акумульованої фігури, отриманої на попередньому етапі, і є чітким значенням вихідної змінної. Ручний розрахунок центрів ваги акумульованих фігур ускладнений необхідністю проведення інтегрування інтервалів всіх функцій належності, які складають відповідну акумульовану фігуру, проте і цей розрахунок автоматично виконується у діалоговому вікні Rule Viewer середовища Fuzzy Logic Designer з виведенням результату у першому рядку стовпчика відповідної вихідної змінної. Так, згідно з рис. 5, чітке значення вихідної змінної APRTM у результаті автоматизованого розрахунку дорівнює 0,899, а місцезнаходження абсциси центру ваги акумульованої фігури позначено вертикальною лінією.

Варто зазначити, що методологічно реалізація етапів II – IV розробленого алгоритму (рис. 2) для всіх підсистем системи нечіткого умовиводу є принципово однаковою і дозволяє в результаті отримати акумульовані фігури і їхні центроїди, тобто чіткі значення, для всіх вихідних змінних кожної виділеної підсистеми.

Додатковий дослідницький інтерес мають результати, які можна отримати у діалоговому вікні Surface Viewer середовища Fuzzy Logic Designer програмного комплексу MATLAB у результаті імплементації перших двох етапів алгоритму (рис. 2) для кожної підсистеми. Означене вікно дозволяє отримати набір графіків та поверхонь, завдяки яким можна дослідити динаміку зміни значень вихідних змінних в залежності від зміни значень відповідних вхідних змінних.

Так, графік зображений на рис. 6 дозволяє простежити тенденцію щодо зменшення значення вихідної змінної APRTM зі збільшенням значення вхідної змінної SZ. Отже, результати факторного дослідження доводять, що зі збільшенням загальної площі квартири, яка виставлена на продаж у новобудові, вартість кожного 1 м^2 її площі зменшується. Порівняно різкий «стрибок» на проміжку між 20 та 40 на осі абсцис викликаний переходом у цьому діапазоні від так званих «смарт»-квартир, які характеризуються підвищеним попитом, порівняно обмеженою пропозицією та відповідно підвищеною ціною 1 м^2 своєї площі, до більш традиційних за площею однокімнатних квартир.

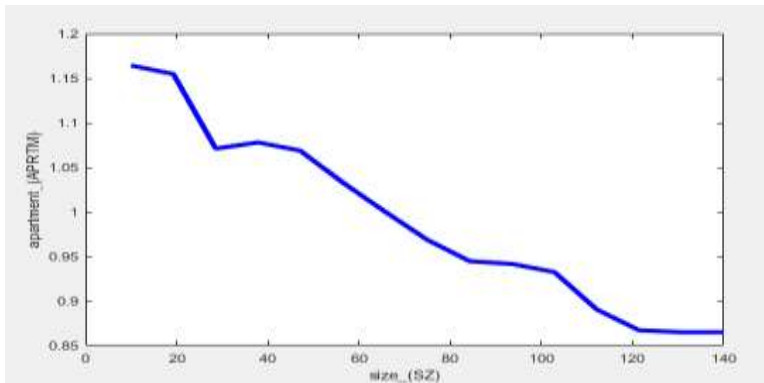


Рис. 6. Графік залежності вихідної змінної APRTM від вхідної змінної SZ субсистеми впливу квартири «Apartment Impact Subsystem» у середовищі Fuzzy Logic Designer (діалогове вікно Surface Viewer) програмного комплексу MATLAB (розроблено автором)

Аналогічно можна провести аналіз сукупного впливу динаміки двох вхідних змінних на значення вихідної шляхом побудови поверхні залежності. Наприклад, поверхня зображена на рис. 7 відображає динаміку зміни вихідної змінної POSDISC при різних значеннях (в межах відповідних універсумів) вхідних змінних COSTA та EXP. Так, за будь-якого значення COSTA, при значенні EXP менше за 100 спостерігається сталість вихідної змінної, що відповідає терму «no discount», тобто передбачає заборону на застосування будь-яких знижок. Водночас при збільшенні значень EXP значення вихідної змінної стабільно спадає, маючи стрибок на максимальних значеннях EXP на проміжку від 40 до 80 значень COSTA. Це пояснюється тим, що за максимальних значень EXP на означеному проміжку COSTA краще не пропонувати знижки потенційним інвесторам, а змінити маркетингову стратегію щодо означеної нерухомості, дослідивши причини відсутності попиту. Означені

обмеження не застосовані на проміжку від 0 до 40 значень COSTA через часову природу входних змінних – фізично максимальні значення EXP на початкових етапах COSTA можуть існувати у виключних (форс-мажорних) ситуаціях, що призвело до призупинення процесів будівельного виробництва. Моделювання таких явищ знаходиться поза межами даного дослідження, зокрема через унікальність таких форс-мажорних ситуацій.

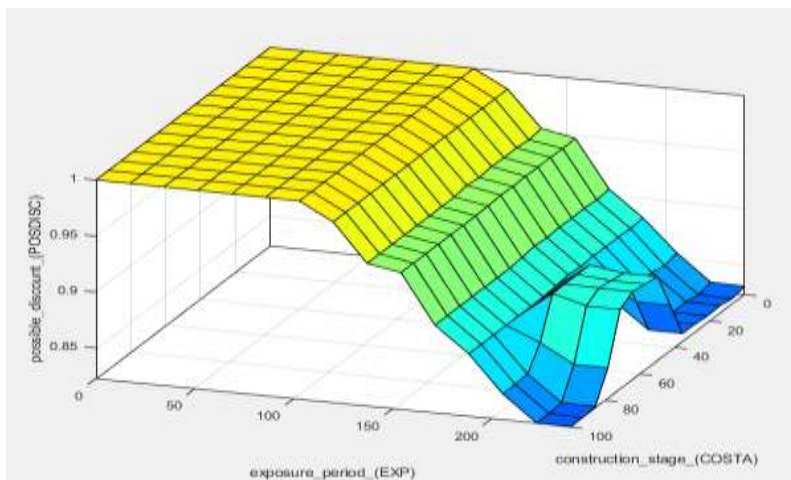


Рис. 7. Поверхня залежності вихідної змінної POSDISC від входних змінних COSTA та EXP субсистеми впливу часу «Time Impact Subsystem» у середовищі Fuzzy Logic Designer (діалогове вікно Surface Viewer) програмного комплексу MATLAB (розроблено автором)

Використання програмного інструментарію діалогового вікна Surface Viewer середовища Fuzzy Logic Designer програмного комплексу MATLAB дозволяє отримати поверхні та графіки для двох типів комбінацій: «вхідна змінна»-«вихідна змінна» або «2 вхідні змінні»-«вихідна змінна». Отримання таких візуалізацій дозволяє провести факторний аналіз всіх наявних залежностей, а також дослідити їхні закономірності та нетипові (а іноді й раптові) зміни трендів.

Висновки. Впровадження алгоритмів нечітких логічних висновків у систему управління розвитком економічного потенціалу девелоперської компанії дозволяє приймати управлінські рішення, обґрунтовані комплексною економічною інформацією, заданою як чітко, так і лінгвістично. Розроблений алгоритм нечіткого висновку для системи факторів впливу на ціну первинної нерухомості дає можливість обробляти та аналізувати економічну інформацію в режимі реального часу, що

підвищує ефективність управління девелоперським проектом. Реалізація розробленого алгоритму нечіткого висновку у середовищі Fuzzy Logic Designer програмного комплексу MATLAB надає вагому підтримку при здійсненні факторного аналізу та економічного прогнозування.

У подальших дослідженнях у даному напрямку варто звернути увагу на можливості автоматизації запропонованого алгоритму з метою удосконалення та додаткової підтримки системи прийняття управлінських рішень щодо розвитку економічного потенціалу девелоперських компаній. Також перспективою розвитку даного напрямку досліджень є розробка алгоритмів нечіткого логічного висновку для девелоперських проектів приватного житлового та нежитлового будівництва.

Список літератури:

1. Кіщенко Т.С. Підвищення ефективності діяльності девелоперських компаній за рахунок використання концептуальних підходів до реалізації проектів котеджної забудови. *Шляхи підвищення ефективності будівництва в умовах формування ринкових відносин*. 2020. № 44. С.17–23. DOI: <https://doi.org/10.32347/2707-501x.2020.44.17-23>

2. Кіщенко Т.С., Гусарова Л. В. Особливості девелопменту в реалізації інвестиційних проектів будівництва об'єктів різного функціонального призначення. *Шляхи підвищення ефективності будівництва в умовах формування ринкових відносин*, 2018. Вип. 36. С. 22 – 26. DOI: <https://doi.org/10.32347/2707-501x.2018.36.22-26>

3. Шпаков А.В. Інноваційні стратегії розвитку сучасного будівельного девелопменту. *Причорноморські економічні студії*, 2021. Вип. 70. С. 110-114. DOI: <https://doi.org/10.32843/bses.70-17>

4. Шпаков А.В. Імплементация механізмів взаємної трансформації внутрішнього та зовнішнього потенціалу будівельних організацій. *Економічний простір*, 2021. Вип. № 176. С.99 - 102. DOI: <https://doi.org/10.32782/2224-6282/176-17>

5. Шпакова Г.В. Трансформація процесів управління девелоперськими компаніями в період екологічної переорієнтації. *Шляхи підвищення ефективності будівництва в умовах формування ринкових відносин*. 2021. № 47(2). С. 179-189. DOI: [https://doi.org/10.32347/2707-501x.2021.47\(2\).179-189](https://doi.org/10.32347/2707-501x.2021.47(2).179-189)

6. Матвійчук А.В. Моделювання економічних процесів із застосуванням методів нечіткої логіки: монографія. К.: КНЕУ, 2007. 264 с.

7. Матвійчук А.В. Аналіз та прогнозування розвитку фінансово-економічних систем із використанням теорії нечіткої логіки: монографія. К. : Центр навчальної літератури, 2005. 208 с.

8. Matviychuk A., Lukianenko O., Miroshnychenko I. Neuro-fuzzy model of country's investment potential assessment. *Fuzzy Economic Review*. 2019. Vol. 24, no. 02, pp. 65 – 68. DOI: <https://doi.org/10.25102/fer.2019.02.04>

9. Ситник В.Ф., Краснюк М. Т. Інтелектуальний аналіз даних (дейтамайнінг) [Текст]: навч. посіб. К. : КНЕУ, 2007. 376 с.
10. Сорокіна Л.В. Моделі і технології управління ринковою вартістю будівельних підприємств: монографія. К., 2011. 541 с.
11. Boratyńska Katarzyna T. A new approach for risk of corporate bankruptcy assessment during the COVID-19 pandemic. *Journal of Risk and Financial Management*, 2021, MDPI, Basel, Vol. 14, Iss. 12, pp. 1-14. DOI: <https://doi.org/10.3390/jrfm14120590>
12. Madhu Mandal, B.K. Mohanty, Satyabhusan Dash. Understanding consumer preference through fuzzy-based recommendation system. *IIMB Management Review*, 2021, Vol. 33, Iss. 4, pp. 287-298. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.iimb.2021.03.015>
13. Nguyen P.T., Huynh V.D.B., Nguyen Q.L.H.T.T. Evaluation Factors Influencing Construction Price Index in Fuzzy Uncertainty Environment. *Journal of Asian Finance, Economics and Business*, 2021, 8 (2), pp. 195 – 200. DOI: <https://doi.org/10.13106/jafeb.2021.vol8.no2.0195>
14. Nguyen P.T., Q.H.T.T. Nguyen. Critical factors affecting construction price index: An integrated fuzzy logic and analytical hierarchy process. *Journal of Asian Finance, Economics and Business*, 2020, 7 (8), pp. 197 – 204. DOI: <https://doi.org/10.13106/jafeb.2020.vol7.no8.197>
15. Про затвердження Мінімальних вимог до енергетичної ефективності будівель: Наказ М-ва розвитку громад та територій від 27.10.2020 р. № 260. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z1257-20>
16. Про затвердження Методики визначення енергетичної ефективності будівель: Наказ М-ва регіон. розвитку, буд-ва та житлово-комун. госп-ва України від 11.07.2018 р. № 169: станом на 28 груд. 2020 р. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0822-18>
17. Про енергетичну ефективність будівель: Закон України від 22.06.2017 р. № 2118-VIII. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/2118-19>
18. ЛУН Статистика. ЛУН Місто – Громадська організація дослідження комфорту та якості життя в українських містах. URL: <https://misto.lun.ua/stat/kyiv>
19. Енергоефективність в муніципальному секторі. Навчальний посібник для посадових осіб місцевого самоврядування. Асоціація міст України в рамках Проекту USAID ДІАЛОГ, 2015. 184 с.
20. Stetsenko S., Shpakov, A., Shpakova, H., Sorokina, L., Akselrod, R. Assessment of the Influence of Adaptability Factors on the Effectiveness of Managing Changes in Enterprises by Fuzzy Logic. *Scientific Horizons*, 2021, 24(10), pp. 72–82. URL: [https://doi.org/10.48077/scihor.24\(10\).2021.72-82](https://doi.org/10.48077/scihor.24(10).2021.72-82).
21. Sorokina, L.V., Goyko, A.F. and other. Econometric tools for managing the financial security of a construction enterprise: monograph. Kyiv: Kyiv National University of Construction and Architecture, 2017. 404 p.

References:

1. Kishchenko, T.Ie. (2020). Pidvyshchennia efektyvnosti diialnosti developerskykh kompani za rakhunok vykorystannia kontseptualnykh pidkhodiv do realizatsii proektiv kotedzhnoi zabudovy. *Shliakhy pidvyshchennia efektyvnosti budivnytstva v umovakh formuvannia rynkovykh vidnosyn*, 44, 17–23. DOI: <https://doi.org/10.32347/2707-501x.2020.44.17-23>
2. Kishchenko, T. & Husarova, L. (2018). Osoblyvosti developmentu v realizatsii investytsiinykh proektiv budivnytstva obektiv riznogo funktsionalnogo pryznachennia. *Shliakhy pidvyshchennia efektyvnosti budivnytstva v umovakh formuvannia rynkovykh vidnosyn*, 36, 22 – 26. DOI: <https://doi.org/10.32347/2707-501x.2018.36.22-26>
3. Shpakov, A. (2021). Innovative development strategies of modern construction development. *Black Sea Economic Studies*, 70, 110 – 114. DOI: <https://doi.org/10.32843/bses.70-17>
4. Shpakov, A. (2021). Implementation of mutual transformation mechanisms of internal and external potential of building organizations. *Economic scope*, 176, 99–102. DOI: <https://doi.org/10.32782/2224-6282/176-17>
5. Shpakova, H.V., Shpakov, A.V. (2021). Transformation of management processes of development companies during the period of environmental reorientation. *Shliakhy pidvyshchennia efektyvnosti budivnytstva v umovakh formuvannia rynkovykh vidnosyn*. No. 47(2). 179-189. DOI: [https://doi.org/10.32347/2707-501x.2021.47\(2\).179-189](https://doi.org/10.32347/2707-501x.2021.47(2).179-189)
6. Matviychuk, A. (2007). Modeliuvannia ekonomichnykh protsesiv iz zastosuvanniam metodiv nechitkoi lohiky: monograph. *KNEU*.
7. Matviychuk, A. (2005). Analiz ta prohnozuvannia rozvytku finansovo-ekonomichnykh system iz vykorystanniam teorii nechitkoi lohiky: monograph. *Tsentr navchalnoi literatury*.
8. Matviychuk, A., Lukianenko, O., & Miroshnychenko, I. (2019). Neuro-fuzzy model of country's investment potential assessment. *Fuzzy Economic Review*, 24(02), 65 – 68. DOI: <https://doi.org/10.25102/fer.2019.02.04>
9. Sytnyk, V. & Krasniuk, M. (2007). Intelektualnyi analiz danykh (deitamainih): tutorial. *KNEU*.
10. Sorokina, L. (2011). Modeli i tekhnolohii upravlinnia rynkovoiv vartistiu budivnykh pidpriemstv: monograph.
11. Boratyńska, K. (2021). A new approach for risk of corporate bankruptcy assessment during the COVID-19 pandemic. *Journal of Risk and Financial Management*, MDPI, Basel, 14(12), 1-14. DOI: <https://doi.org/10.3390/jrfm14120590>
12. Madhu, Mandal, Mohanty, B.K. & Satyabhusan, Dash. (2021). Understanding consumer preference through fuzzy-based recommendation system. *IIMB Management Review*, 33 (4), 287-298. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.iimb.2021.03.015>

13. Nguyen, P.T., Huynh, V.D.B., & Nguyen, Q.L.H.T.T. (2021). Evaluation Factors Influencing Construction Price Index in Fuzzy Uncertainty Environment. *Journal of Asian Finance, Economics and Business*, 8(2), 195 – 200. DOI: <https://doi.org/10.13106/jafeb.2021.vol8.no2.0195>
14. Nguyen, P.T., & Nguyen, Q.H.T.T. (2020). Critical factors affecting construction price index: An integrated fuzzy logic and analytical hierarchy process. *Journal of Asian Finance, Economics and Business*, 7 (8), 197 – 204. DOI: <https://doi.org/10.13106/jafeb.2020.vol7.no8.197>
15. Ministry of Communities and Territories Development. (2020). The Order from 27.10.2020 №260 «Pro zatverdzhennia Minimalnykh vymoh do enerhetychnoi efektyvnosti budivel». URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z1257-20>
16. Ministry of Regional Development, Construction and Communal Services. (2020). The Order from 11.07.2018 № 169 (as of 28.12.2020) «Pro zatverdzhennia Metodyky vyznachennia enerhetychnoi efektyvnosti budivel». URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0822-18>
17. The Verkhovna Rada of Ukraine (2017). The Law of Ukraine from 22.06.2017 № 2118-VIII «On the energy efficiency of buildings». URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/2118-19>
18. LUN Statistics. LUN Misto – Non-governmental organization researching comfort and quality of life in Ukrainian cities. URL: <https://misto.lun.ua/stat/kyiv>
19. Enerhoefektyvnist v munitsypalnomu sektori. Navchalnyi posibnyk dlia posadovykh osib mistsevoho samovriaduvannia. Asotsiatsiia mist Ukrainy v ramkakh Proektu USAID, 2015.
20. Stetsenko S., Shpakov, A., Shpakova, H., Sorokina, L., Akselrod, R. (2021) Assessment of the Influence of Adaptability Factors on the Effectiveness of Managing Changes in Enterprises by Fuzzy Logic. *Scientific Horizons*. 24(10), pp. 72–82. URL: [https://doi.org/10.48077/scihor.24\(10\).2021.72-82](https://doi.org/10.48077/scihor.24(10).2021.72-82).
21. Sorokina, L.V., Goyko, A.F. and other. (2017) *Econometric tools for managing the financial security of a construction enterprise: monograph*. Kyiv: Kyiv National University of Construction and Architecture. Ukraine.

A. Rosynskyi

Fuzzy logic inference algorithms utilization in the economic potential growth management system of the real estate development company

The article defines the need to introduce fuzzy logic inference algorithms into the economic potential growth management system of the real estate development company. The use of fuzzy inference algorithms in the study of influencing factors on the profitability of development projects as prerequisites for economic potential growth of the real estate development company is proposed. It was determined that the increase in profitability and economic potential growth of the development company are particularly affected by

managerial decisions regarding the development projects' pricing policy, the justification of which requires the processing of complex economic information using fuzzy logic algorithms. As a result of a selective study of the price policy of various similar development projects of multi-story residential buildings in Kyiv, the factors affecting the change in prices for primary residential real estate were identified and grouped. A fuzzy logic inference algorithm was developed for the system of identified impact factors, which consists of separate subsystems of fuzzy inference for each factor group (apartment, building and time impact subsystems), which allows obtaining additional information necessary for making informed management decisions regarding the economic potential growth of a real estate development company. The characteristics of the input and output variables terms membership functions for all impact subsystems were determined, as well as sets of rules (knowledge bases) of each subsystem were developed. The process of creating and implementing the developed algorithm in the Fuzzy Logic Designer environment of the MATLAB software complex is presented, as well as the possibilities of using the functionality of its environment in order to obtain dynamic numerical and graphic data (in particular, graphs and surfaces) for the analysis and research of the state, characteristics and trends of development company economic processes in real time. The expediency of fuzzy logic inference algorithms utilization in the economic potential growth management system of the real estate development company has been proven.

Keywords: fuzzy logic inference algorithms, fuzzy logic, economic potential, development company, economic potential growth management, factors affecting real estate prices, primary residential real estate, real estate development.

Посилання на статтю

APA: Rosynskyi, A. (2022). Fuzzy logic inference algorithms utilization in the economic potential growth management system of the real estate development company. *Shliakhy pidvyshchennia efektyvnosti budivnytstva v umovakh formuvannia rynkovykh vidnosyn*, 50 (2), 180-202.

ДСТУ: Росинський А.В. Використання алгоритмів нечіткого логічного висновку в системі управління розвитком економічного потенціалу девелоперської компанії. *Шляхи підвищення ефективності будівництва в умовах формування ринкових відносин*. 2022. № 50 (2). С. 180-202.