

УДК 681.518.3:65.012.226

**Венгіна Олена Сергіївна**

Асистент кафедри економічної кібернетики та інформаційних технологій, [orcid.org/0000-0002-1776-2234](https://orcid.org/0000-0002-1776-2234)  
Харківський національний університет будівництва та архітектури, Харків

**Старкова Ольга Володимирівна**

Доцент, кандидат технічних наук, доцент кафедри економічної кібернетики та інформаційних технологій, [orcid.org/0000-0002-9034-8830](https://orcid.org/0000-0002-9034-8830)  
Харківський національний університет будівництва та архітектури, Харків

## ІНФОРМАЦІЙНА СИСТЕМА ВИБОРУ ФУНКЦІОНАЛЬНОГО ПРИЗНАЧЕННЯ ПРОДУКТУ ПРОЕКТУ РЕДЕВЕЛОПМЕНТУ З ВИКОРИСТАННЯМ АПАРАТУ НЕЧІТКОЇ ЛОГІКИ

***Анотація.** Розглянуто загальну схему системи нечіткого логічного виводу і класичну модель нечіткої логіки Мамдані, викладено результати наукових досліджень, присвячених розробці методологічного та програмного інструментарію для вибору функціонального призначення продукту проекту редевелопменту, що складе основу експертної системи підтримки прийняття рішень. Проведено аналіз та виділено групи властивостей, які впливають на вибір альтернативного варіанта типу нерухомості. Представлено ієрархічну класифікацію чинників, що впливають на вибір ефективного функціонального призначення продукту проекту редевелопменту та запропоновано інструментарій для обґрунтованого вибору функціонального призначення продукту проекту редевелопменту на основі груп властивостей об'єкта нерухомості. Проектування експертної системи проведено за алгоритмом нечіткого логічного виводу Мамдані в пакеті Fuzzy Logic Toolbox trial-версії обчислювального середовища MATLAB.*

*Спроектовано дев'ять нечітких баз знань, результати роботи яких обробляються у створеній узагальненій системі підтримки прийняття рішення щодо вибору функціонального призначення продукту проекту редевелопменту. Кожна із створених баз знань містить понад 200 правил.*

***Ключові слова:** проект редевелопмента; властивості об'єкта; правила; база знань; нечітка логіка*

### Вступ

Сьогодні у мегаполісах країни значна частина будівельних об'єктів різного призначення використовується неефективно. Це означає, що частина міських територій разом з розташованими на них об'єктами нерухомості, не приносить дохід міській громаді, але потребує постійних витрат як з боку власників підприємств, так і міської влади. Одним із способів підвищення економічної ефективності використання міських територій є розвиток цих територій з метою створення середовища комфортабельного мешкання для населення та ведення бізнесу, підвищення інвестиційної привабливості в рамках макроекономічної перспективи. Наведене вище свідчить про необхідність впровадження саме проектів редевелопменту, які пов'язані з підвищенням ефективності використання міських територій шляхом зміни функціонального призначення та реконструкції відповідних об'єктів нерухомості [1], що не передбачено у проектах девелопменту, які здійснюються лише відносно створення виключно нового продукту проекту, не

існуючого раніше як фізичний об'єкт соціально-економічних відносин.

Аналіз інструментальних засобів вирішення задачі щодо функціонального призначення продукту проекту редевелопменту визначає необхідність побудови інформаційної системи підтримки прийняття відповідних рішень.

### Мета статті

Метою даної роботи є моделювання та реалізація подібної системи як експертної системи прецедентного типу. Дана експертна система буде забезпечувати підтримку прийняття рішень в ситуаціях, для яких алгоритм визначення функціонального призначення заздалегідь не відомий і формується за вихідними даними у вигляді ланцюга міркувань (продукційних правил) з бази знань.

### Аналіз попередніх досліджень

В роботі [2] визначено групи властивостей об'єкта нерухомості: фізичні, геометричні та конструктивні характеристики об'єкта нерухомості,

телекомунікаційні характеристики, характеристики земельної ділянки, параметри інженерно-технічної інфраструктури, природно-ландшафтні властивості, характеристики містобудівної зони, параметри транспортної інфраструктури та інші.

У публікаціях [3; 4] розглянуто підхід до побудови експертної системи в галузі девелопменту та редевелопменту. Запропонована експертна система застосована до задачі вибору можливого функціонального призначення об'єкта нерухомості. Представлено вид продукційної моделі і проведено класифікацію продукційних правил. Як інструментальний засіб розробки експертної системи використано програмне середовище Clips.

У статті [5] запропоновано метод оцінки альтернативних варіантів функціонального зонування територій міста. Запропонований метод дозволяє оцінити територію населеного пункту щодо перспективного розвитку того чи іншого типу нерухомості.

У роботі [6] розглянуто модель автоматизованої системи підтримки прийняття рішень на етапі приїскізного проектування, яка дозволяє визначити тип функціонального призначення об'єкта нерухомості на досліджуваній території.

У статті [7] розглянуто багатокритеріальну задачу вибору ефективного варіанта використання територій міста, яка зведена до розв'язання задачі векторної оптимізації та запропоновано математичну модель оптимізаційної задачі для прийняття інвестиційних рішень на ринку комерційної нерухомості.

Публікація [8] присвячена аналізу типових інструментальних оболонок для створення експертних систем. Виявлено переваги та недоліки цих оболонок з точки зору методів побудови системи продукційних правил і механізму виведення, що застосовуються. Зроблено висновки про переваги і недоліки застосування даних систем для створення інтелектуальних САПР з адаптацією на потрібну предметну область.

Якісні властивості об'єкта нерухомості частіше описані вербально. Якщо ж показники мають числові значення, то їх складно звести до однієї одиниці виміру, в цьому випадку для організації методики вибору функціонального призначення об'єкта нерухомості найбільш доцільно використовувати нечітко логічний підхід.

У роботі [9] розглянуто математичний підхід та використання нечітких моделей для опису об'єктів житлового середовища. У статті [10] розглянуто етапи побудови нечіткого SWOT-аналізу для спрощення задачі врахування лише тих факторів, що мають значний вплив на дану територію, яка розглядається як претендент під майбутню житлову забудову.

Апарат нечіткої логіки було ефективно використано для вирішення технічних задач авторами праць [11; 12].

Таким чином, актуальним є застосування даного математичного апарату для визначення альтернативного варіанта функціонального призначення продукту проекту редевелопменту.

### Виклад основного матеріалу

При проектуванні інформаційної системи з вибору альтернативного варіанта функціонального призначення продукту проекту редевелопменту застосовано відомий математичний апарат теорії нечітких множин та нечіткої логіки, які описані в [11-13].

Математична теорія нечітких множин та нечіткої логіки є узагальненням класичної теорії множин і класичної формальної логіки. При побудові моделей систем і процесів із застосуванням нечіткомножинного підходу і апарату нечіткої логіки всі вхідні (множина  $P_1 = \{P_{11}, P_{12}, \dots, P_{1M_1}\}$ ,  $l = 1, \dots, 9$  властивості об'єкта нерухомості) і вихідні (множина  $A$  – альтернативні варіанти функціонального призначення продукту проекту редевелопменту, а саме:  $A_1$  – торговельне;  $A_2$  – офісне;  $A_3$  – багатоповерхове житлове;  $A_4$  – малоповерхове житлове;  $A_5$  – складське;  $A_6$  – промислове;  $A_7$  – готельне та  $A_8$  – розважальне) змінні представляються як лінгвістичні [11-13].

При цьому для опису лінгвістичної змінної необхідно задати її ім'я ( $P$ ), множину допустимих значень або терм-множину ( $T$ ), кожний елемент якої (терм) є нечіткою множиною на універсальній множині  $U$ . Також необхідно задати синтаксичні правила ( $G$ ), які породжують назви термів, та семантичні правила ( $M$ ), що задають функції приналежності нечітких термів, породжених синтаксичними правилами  $G$  [11-13].

Функція приналежності дозволяє обчислити ступінь приналежності нечіткій множині довільного елемента універсальної множини.

Перетворення нечіткої множини в чітке число відбувається за допомогою процедури дефазифікації, яка в теорії нечітких множин є аналогом знаходження характеристик положення (математичного сподівання, моди, медіани) випадкових величин в теорії ймовірності.

Апроксимація залежності «входи-вихід» при використанні апарату нечіткої логіки, яка називається також нечітким логічним виводом, здійснюється на підставі правил типу «ЯКЩО-ТО» та операцій над нечіткими множинами.

У загальному випадку механізм логічного виводу включає чотири етапи: введення нечіткості

(фазифікація), нечіткий вивід, композиція та приведення до чіткості (дефазифікація).

Одним з найбільш поширених способів логічного виводу в нечітких системах є алгоритм Мамдані, в основі якого лежить використання мінімаксної композиції нечітких множин для апроксимації вихідних даних [13].

Функціональну модель інформаційної системи з вибору функціонального призначення продукту проекту редевелопменту побудовано з урахуванням

груп властивостей, що характеризують внутрішні аспекти проекту редевелопменту. На підставі обраних груп властивостей сформовані вхідні та вихідні змінні (терм-множини), терми та їх опис (таблиця). При визначенні значень термів частину терм-множин орієнтовано на реальні значення. Наприклад, висоту поверху до 3 метрів описано термом [0; 3], а інші терм-множини визначалися на основі обробки результатів експертних опитувань.

Таблиця – Змінні, терм-множини та терми

| Позначення чинника                                      | Терм-множина                      | Терми   | Опис  |
|---|-----------------------------------|---|---|
| 1   | 2                                 | 3   | 4   |
| <b>P<sub>1</sub> – геометричні характеристики</b>       |                                   |   |   |
| p <sub>11</sub>   | Поверховість                      | [0;1]<br>[1;3]<br>[3;25]                                      | 1 поверх<br>1-3 поверхів<br>3-25 поверхів   |
| p <sub>12</sub>   | Висота поверху                    | [0;3]<br>[3;∞)<br>[6;∞)<br>[10;∞)                             | До 3 метрів<br>Від 3 і більш метрів<br>Від 6 метрів<br>Від 10 метрів  |
| p <sub>13</sub>   | Планування                        | [0;0,5]<br>[0,51;1]   | Коридорно-кабінетне<br>Вільне   |
| p <sub>14</sub>   | Дах                               | [0;1]<br>[1,1;2]  | Плоский<br>Скатний  |
| p <sub>15</sub>   | Розташування будівлі              | [0;1]<br><br>[1,1;2]<br><br>[2,1;3]<br><br>[3,1;4]<br>[4,1;5] | Вбудовано-прибудоване приміщення в житловий будинок<br>Вбудоване приміщення в житловий будинок<br>Прибудоване приміщення до житлового будинку<br>Цокольний поверх<br>Окремо розташована будівля |
| <b>P<sub>2</sub> – телекомунікаційні характеристики</b> |                                   |   |   |
| p <sub>21</sub>   | Інтернет                          | [0; 0,5]<br>[0,51; 1]   | Немає<br>Є  |
| p <sub>22</sub>   | Телефон                           | [0; 0,5]<br>[0,51; 1]   | Немає<br>Є  |
| p <sub>23</sub>   | Охоронна сигналізація             | [0; 0,5]<br>[0,51; 1]   | Немає<br>Є  |
| p <sub>24</sub>   | Пожежна сигналізація              | [0; 0,5]<br>[0,51; 1]   | Немає<br>Є  |
| p <sub>25</sub>   | Автоматична система пожежогасіння | [0; 0,5]<br>[0,51; 1]   | Немає<br>Є  |
| p <sub>26</sub>   | Система відеонагляду              | [0; 0,5]<br>[0,51; 1]   | Немає<br>Є  |
| <b>P<sub>3</sub> – характеристики земельної ділянки</b> |                                   |   |   |
| p <sub>31</sub>   | Дитячий майданчик                 | [0; 0,5]<br>[0,51; 1]   | Немає<br>Є  |
| p <sub>32</sub>   | Паркінг                           | [0;1]<br>[1,1;2]<br>[2,1;3]                                   | Наземний відкритий<br>Наземний закритий<br>Підземний  |
| p <sub>33</sub>   | Розворотний майданчик             | [0; 0,5]<br>[0,51; 1]   | Немає<br>Є  |
| p <sub>34</sub>   | Огорожа території                 | [0; 0,5]<br>[0,51; 1]   | Немає<br>Є  |

| 1   | 2   | 3                                      | 4   |
|---|---|--|---|
| <b>P<sub>4</sub> – параметри інженерно-технічної інфраструктури</b> |   |  |   |
| p <sub>41</sub>   | Опалення  | [0;1]<br>[1,1;2]<br>[2,1;3]<br>[3,1;4] | Централізоване<br>Автономне газове<br>Автономне твердопаливне<br>Автономне електричне |
| p <sub>42</sub>   | Вентиляція  | [0;1]<br>[1,1;2]                       | Природна<br>Механічна   |
| p <sub>43</sub>   | Кондиціонування   | [0; 0,5]<br>[0,51; 1]                  | Немає<br>Є  |
| p <sub>44</sub>   | Водопостачання  | [0;1]<br>[1,1;2]                       | Автономне<br>Централізоване   |
| p <sub>45</sub>   | Каналізація   | [0;1]<br>[1,1;2]                       | Автономна<br>Централізована   |
| p <sub>46</sub>   | Електропостачання   | [0;1]<br>[1,1;2]                       | Автономне<br>Централізоване   |
| <b>P<sub>5</sub> – природно-ландшафтні властивості</b>              |   |  |   |
| p <sub>51</sub>   | Рівень шумового забруднення                                 | [0;1]<br>[1,1;2]<br>[2,1;3]            | Високий<br>Середній<br>Низький  |
| p <sub>52</sub>   | Рівень хімічного забруднення повітря                        | [0;1]<br>[1,1;2]<br>[2,1;3]            | Високий<br>Середній<br>Низький  |
| p <sub>53</sub>   | Рівень підземних вод  | [0;1]<br>[1,1;2]<br>[2,1;3]            | Високий<br>Середній<br>Низький  |
| p <sub>54</sub>   | Відстань до річок   | [100;∞)<br>[0; 99,9)                   | Не менше 100 метрів<br>Немає  |
| p <sub>55</sub>   | Відстань до озер  | [100;∞)<br>[0; 99,9)                   | Не менше 100 метрів<br>Немає  |
| p <sub>56</sub>   | Відстань до лісів   | [50;∞)<br>[0; 49,9]                    | Не менше 50 метрів<br>Немає   |
| p <sub>57</sub>   | Відстань до рекреаційної зони                               | [50;∞)<br>[0; 49,9)                    | Не менше 50 метрів<br>Немає   |
| <b>P<sub>6</sub> – характеристики містобудівної зони</b>            |   |  |   |
| p <sub>61</sub>   | Селітебна зона:<br>багатоповерхова забудова                 | [0; 0,5]<br>[0,51; 1]                  | Ні<br>Так   |
| p <sub>62</sub>   | Селітебна зона: малоповерхова<br>збудова                    | [0; 0,5]<br>[0,51; 1]                  | Ні<br>Так   |
| p <sub>63</sub>   | Промислова зона   | [0; 0,5]<br>[0,51; 1]                  | Ні<br>Так   |
| p <sub>64</sub>   | Ділове ядро міста   | [0; 0,5]<br>[0,51; 1]                  | Ні<br>Так   |
| p <sub>65</sub>   | Рекреаційна зона  | [0; 0,5]<br>[0,51; 1]                  | Ні<br>Так   |
| <b>P<sub>7</sub> – параметри транспортної інфраструктури</b>        |   |  |   |
| p <sub>71</sub>   | Відстань до станції метро                                   | [20;∞)                                 | Не менше 20 м   |
| p <sub>72</sub>   | Відстань до зупинки<br>громадського наземного<br>транспорту | [20;250]<br>[20;400]<br>[20;∞)         | Від 20 м й не більше 250 м<br>Від 20 м й не більше 400 м<br>Не менше 20 м             |
| p <sub>73</sub>   | Транспортні вузли   | [0; 0,5]<br>[0,51; 1]                  | Немає<br>Є  |
| p <sub>74</sub>   | З.-д. магістралі  | [100;∞)<br>[3;100]                     | Від 100 м<br>Від 3 м до 100 м   |

Закінчення таблиці

| 1                              | 2         | 3                     | 4                         |
|--------------------------------|-----------|-----------------------|---------------------------|
| $P_8$ – фізичні характеристики |           |                       |                           |
| $p_{81}$                       | Ліфт      | [0; 1]<br>[1,1; 2]    | Пасажирський<br>Вантажний |
| $p_{82}$                       | Ескалатор | [0; 0,5]<br>[0,51; 1] | Немає<br>Є                |

| 1        | 2       | 3                     | 4          |
|----------|---------|-----------------------|------------|
| $p_{83}$ | Паркінг | [0; 0,5]<br>[0,51; 1] | Немає<br>Є |

| $P_9$ – конструктивні характеристики |            |  |   |
|--------------------------------------|------------|--|---|
| $p_{91}$                             | Каркас     | [0;1]<br>[1,1;2]<br>[2,1;3]<br>[3,1;4]                       | Металевий<br>Збірний залізобетон (з/б)<br>Монолітний з/б<br>Будівля без колон           |
| $p_{92}$                             | Стіни      | [0;1]<br>[1,1;2]<br>[2,1;3]<br>[3,1;4]                       | Цегляні<br>Блоки з легкого бетону<br>Монолітні з/б<br>Збірні з/б                        |
| $p_{93}$                             | Перекрыття | [0;1]<br>[1,1;2]<br>[2,1;3]                                  | Збірні з/б<br>Монолітні з/б<br>Металоконструкції  |
| $p_{94}$                             | Фасад      | [0;1]<br>[1,1;2]<br>[2,1;3]<br>[3,1;4]<br>[4,1;5]<br>[5,1;6] | Штукатурний<br>Профлист<br>Касетний<br>Керамогранітний<br>Сайдинг<br>Облицювальна цегла |

| Вихідна змінна |   |  |   |
|----------------|---|--|---|
| A              | Функціональне призначення об'єкта нерухомості | [0;1]<br>[1,1;2]<br>[2,1;3]<br>[3,1;4]<br>[4,1;5]<br>[5,1;6]<br>[6,1;7]<br>[7,1;8] | Торговельне ( $A_1$ )<br>Офісне ( $A_2$ )<br>Багатоповерхове житлове ( $A_3$ )<br>Малоповерхове житлове ( $A_4$ )<br>Складське ( $A_5$ )<br>Промислове ( $A_6$ )<br>Готельне ( $A_7$ )<br>Розважальне ( $A_8$ ) |

Введемо поняття чинники  $P_i$  – групи властивостей об'єкта нерухомості, які впливають на визначення функціонального призначення. Чинники, що наведені в таблиці, зручно класифікувати у вигляді ієрархічного дерева логічного виведення (рис. 1).

Елементи дерева логічного виведення інтерпретуються таким чином:

- корінь дерева – функціональне призначення продукту проекту редевелопменту (A);
- термінальні вершини – чинники впливу ( $p_{11}, p_{12}, \dots, p_{1m_1}$ );
- нетермінальні вершини – згортки чинників впливу;
- дуги графа, що виходять з нетермінальних вершин – укрупнені чинники впливу ( $P_1, P_2, \dots, P_9$ ).

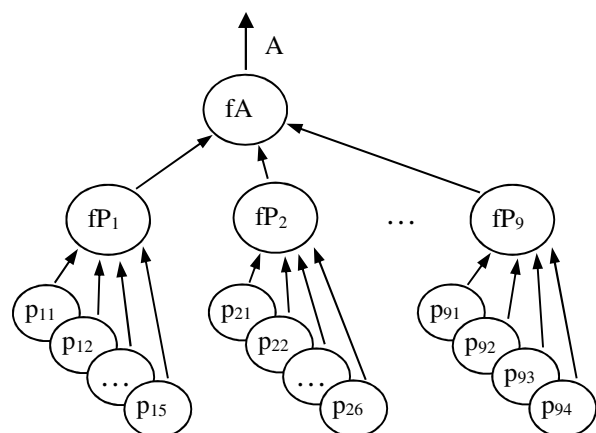


Рисунок 1 – Ієрархічна класифікація чинників, що впливають на вибір функціонального призначення продукту проекту редевелопменту

Згортки  $fP_1, fP_2, \dots, fP_9$  виконуються за допомогою логічного виведення за нечіткими базами знань.

Модель вибору функціонального призначення продукту проекту редевелопменту можна подати у вигляді:  $P = (P_1, P_2, \dots, P_L) \rightarrow A \in [0; 8]$ ,  $L = 1, \dots, 9$ , де  $P$  – вектор чинників, що впливають на вибір функціонального призначення.

**Створення нечітких баз знань типу Мамдані**

Для моделювання укрупнених впливаючих чинників (див. таблицю) створено експертні нечіткі бази знань типу Мамдані. Елементи посилань (антецедентів) нечітких правил зв'язані логічною операцією ТА (АБО). Для проектування системи використано засоби Fuzzy Logic Toolbox системи Matlab, яка містить набір GUI-модулів, що забезпечує проведення етапу структурної ідентифікації в діалоговому режимі.

Приклад графіків функцій належності нечітких термів однієї із вхідних змінних  $p_{21}$  та вихідної змінної  $A$ , представлені на рис. 2–3.

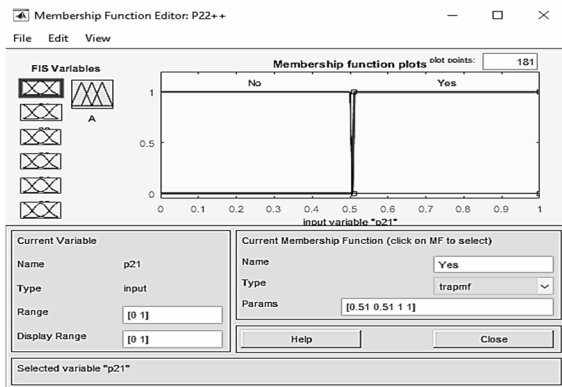


Рисунок 2 – Фазифікація змінної  $p_{21}$

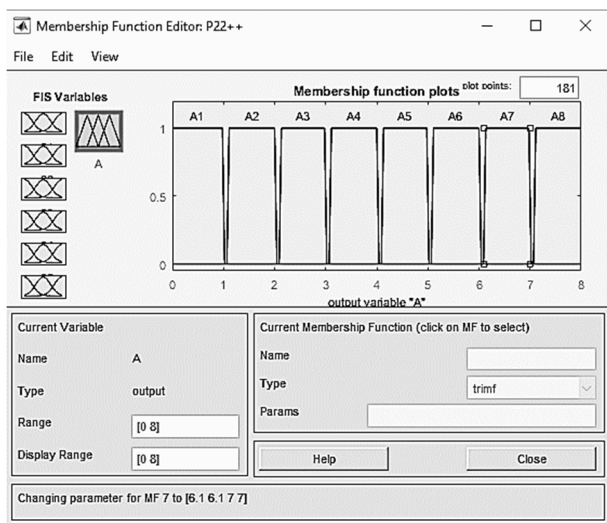


Рисунок 3 – Дефазифікація змінної  $A$  (функціональне призначення продукту проекту редевелопменту)

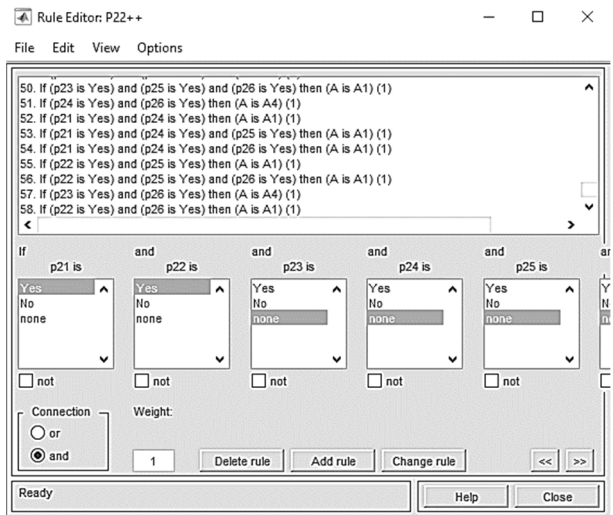


Рисунок 4 – База знань, яка дозволяє обрати функціональне призначення продукту проекту редевелопменту на основі впливаючих чинників

Сформовано правила нечіткої бази знань для оцінки критерію телекомунікаційних характеристик (рис. 4) та графічний інтерфейс (рис. 5), що дає змогу переглянути роботу нечіткої бази знань і оцінити коректність формування її правил, проаналізувати оцінку критерію телекомунікаційних характеристик для різних значень впливаючих чинників.

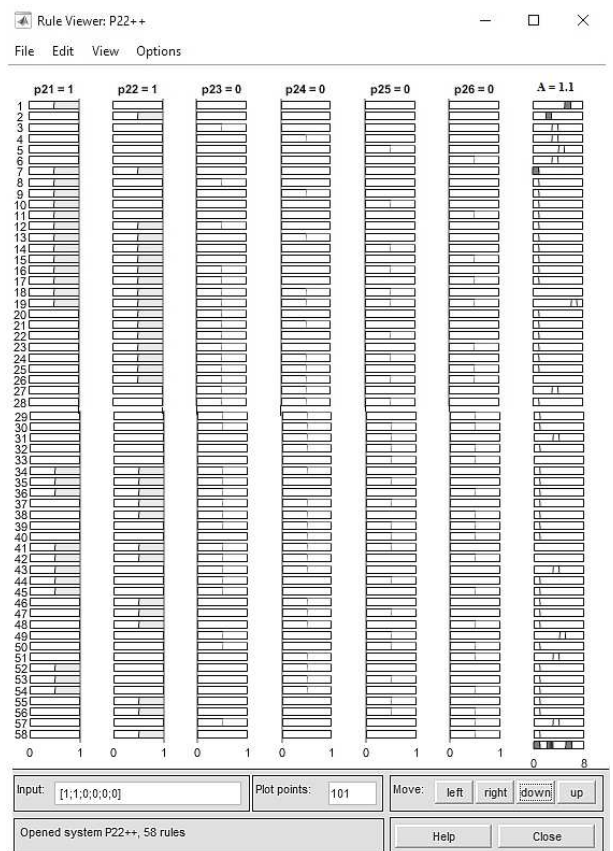


Рисунок 5 – Результат роботи системи нечіткого логічного виводу щодо  $P_2$

Аналогічно формуються нечіткі бази знань типу Мамдані для оцінки всіх інших критеріїв.

Таким чином створено дев'ять нечітких баз знань типу Мамдані та створено узагальнену систему підтримки прийняття рішення щодо вибору функціонального призначення продукту проекту редевелопменту (рис. 6), спроектованого з метою обробки вихідних даних систем нечіткого логічного виводу, що розроблені раніше. Створені бази знань містять понад 200 правил.

На рис. 5, 6 наведені результати дослідження щодо альтернативного функціонального призначення продукту проекту редевелопменту. До застосування інформаційної системи об'єкт нерухомості, розташований по вул. Пушкінській, 29 у м. Харкові, та прилегла до нього територія, мали функціональне призначення «промисловість» (книжкова фабрика).

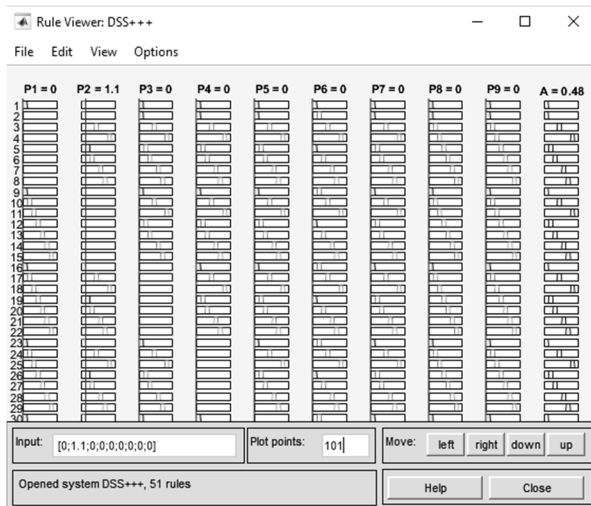


Рисунок 6 – Результат роботи системи нечіткого логічного виводу з вибору функціонального призначення продукту проекту редевелопменту

Оскільки на даний час об'єкт нерухомості та прилегла територія використовується неефективно, виникає необхідність у застосуванні проекту редевелопменту. Запропонована система рекомендує торговельне функціональне призначення продукту проекту редевелопменту.

Розроблена інформаційна система є достатньо гнучкою. Її можна адаптувати з урахуванням будь-яких побажань особи, що приймає рішення. вибору функціонального призначення продукту проекту редевелопменту.

## Висновки

Сучасні мегаполіси не мають достатньо вільних територій для нового будівництва, а значна частина наявної забудови використовується неефективно або не використовуються зовсім. Розвиток даних територій та об'єктів, які не приносять прибуток місту та інвестору, вимагає реалізації ефективних проектів редевелопменту. В даній роботі представлено методологічний та програмний інструментарій для вибору функціонального призначення продукту проекту редевелопменту як основи експертної системи підтримки прийняття рішень щодо найбільш ефективного варіанта функціонального призначення продукту проекту редевелопменту на основі виділених груп властивостей об'єкта нерухомості.

У подальшому планується розвиток даної системи у напрямку збільшення кількості критеріїв, врахування яких є доцільним при виборі функціонального призначення продукту проекту редевелопменту, а саме буде розроблено системи, що дозволять врахувати соціально-економічні характеристики та основні показники ринку нерухомості.

## Список літератури

1. Бондаренко Е.С. Проект редевелопмента: форми продукта, особенности этапов жизненного цикла / Е.С. Бондаренко, М.В. Новожилова // Коммунальное хозяйство городов. – 2014. – Вып. 116. – С. 12-16.
2. Новожилова М.В. Моделирование функции полезности продукта проекта редевелопмента / М.В. Новожилова, Н.Г. Долгова, Е.С. Бондаренко // 4-я Международная научная конференция «Математическое моделирование, оптимизация и информационные технологии». – Кишинэу, 25-28 марта 2014 г. Тезисы докладов – Кишинэу, 2014 г. – С. 359-363.
3. Венгерина Е.С. Построение экспертной системы в программной среде Clips / Е.С. Венгерина // 7-а Всеукраїнська науково-практична конференція «Free and open source software». – Харків, 24-27 листопада 2015 р. Тези доповідей – Х.:ХНУБА, 2015 р. – С. 26.
4. Венгерина Е.С. Производственная модель выбора функционального назначения объекта недвижимости / Е.С. Венгерина // V Всеукраїнська науково-практична інтернет-конференція «Економіка сьогодні: проблеми моделювання та управління». – Полтава, 18-20 листопада 2015 р. Тези доповідей – Полтава: ПУЕТ, 2015 р. – С. 119-121.
5. Долгова Н.Г. Метод оценки альтернативных вариантов функционального зонирования территории города / Н.Г. Долгова, М.В. Новожилова, О.И. Синельникова // АСУ и приборы автоматики. – 2008. – Вып. 145. – С. 73-79.
6. Долгова Н.Г. Автоматизация процесса предэскизного проектирования объекта недвижимости / Н.Г. Долгова, М.В. Новожилова // Научный вестник строительства. – 2009. – Вып. 54. – С. 227-231.
7. Новожилова М.В. Критерии определения привлекательности районов города для реализации девелоперских проектов / М.В. Новожилова, Н.Г. Долгова // Научный вестник строительства. – 2006. – Вып. 38. – С. 219-225.

8. Морозова О.В. Анализ методов построения экспертных систем в производственных инструментальных оболочках / О.В. Морозова, А.В. Григорьев // Наукові праці ДонНТУ Серія "Інформатика, кібернетика та обчислювальна техніка". – 2012. – Вип. 16(204). – С. 180-191.

9. Гайна Г.А. Використання нечітких моделей для опису об'єктів житлового середовища / Г.А. Гайна, Н.В. Тістол // Управління розвитком складних систем. – 2014. – №19. – С. 102-108.

10. Гайна Г.А. Нечіткий стратегічний підхід до вибору найвпливовіших факторів у житловому будівництві / Г.А. Гайна, Т.А. Гончаренко, А.В. Єрукаєв // Управління розвитком складних систем. – 2016. – №25. – С. 96-102.

11. Гончаренко Д.Ф. Разработка автоматизированной системы выбора способа восстановления водоводов с использованием аппарата нечеткой логики / Д.Ф. Гончаренко, О.В. Старкова, А.И. Алейникова // Системы обработки информации. – 2014. – Вип. 8(124). – С. 18-23.

12. Костюк Т.А. Разработка инструментария для обоснованного выбора состава композита с повышенными гидрофизическими характеристиками на основании качественных характеристик эксплуатируемых объектов / Т.А. Костюк // Системы обработки информации. – 2015. – Вип. 9(134). – С. 46-50.

13. Заде Л.А. Понятие лингвистической переменной и его применение к принятию приближенных решений / Л.А. Заде. – М.: Мир, 1976. – 342 с.

Стаття надійшла до редколегії 03.04.2017

**Рецензент:** д-р фіз.-мат. наук, проф. Н.Д. Сізова, Харківський національний університет будівництва та архітектури, Харків.

#### **Венгринна Елена Сергеевна**

Ассистент кафедры экономической кибернетики и информационных технологий, [orcid.org/0000-0002-1776-2234](https://orcid.org/0000-0002-1776-2234)  
Харьковский национальный университет строительства и архитектуры, Харьков

#### **Старкова Ольга Владимировна**

Доцент, кандидат технических наук, доцент кафедры экономической кибернетики и информационных технологий, [orcid.org/0000-0002-9034-8830](https://orcid.org/0000-0002-9034-8830)  
Харьковский национальный университет строительства и архитектуры, Харьков

### **ИНФОРМАЦИОННАЯ СИСТЕМА ВЫБОРА ФУНКЦИОНАЛЬНОГО НАЗНАЧЕНИЯ ПРОДУКТА ПРОЕКТА РЕДЕВЕЛОПМЕНТА С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ АППАРАТА НЕЧЕТКОЙ ЛОГИКИ**

**Аннотация.** В статье рассмотрена общая схема системы нечеткого логического вывода и классическая модель нечеткой логики Мамдани, изложены результаты научных исследований, посвященных разработке методологического и программного инструментария для выбора функционального назначения продукта проекта редевелопмента, который составит основу экспертной системы поддержки принятия решений. Проведен анализ и выделены группы свойств, которые влияют на выбор альтернативного варианта типа недвижимости. Представлена иерархическая классификация факторов, влияющих на выбор эффективного функционального назначения продукта проекта редевелопмента, и предложен инструментарий для обоснованного выбора функционального назначения продукта проекта редевелопмента на основе групп свойств объекта недвижимости. Проектирование экспертной системы проведено по алгоритму нечеткого логического вывода Мамдани в пакете Fuzzy Logic Toolbox trial-версии вычислительной среды MATLAB. Спроектированы девять нечетких баз знаний, результаты работы которых обрабатываются в созданной обобщенной системе поддержки принятия решения по выбору функционального назначения продукта проекта редевелопмента. Каждая из созданных баз знаний содержит более 200 правил.

**Ключевые слова:** проект редевелопмента; свойства объекта; правила; база знаний; нечеткая логика

#### **Olena Vengrina**

Assistant of the Department of Economic Cybernetics and Information Technologies, [orcid.org/0000-0002-1776-2234](https://orcid.org/0000-0002-1776-2234)  
Kharkiv National University of Civil Engineering and Architecture, Kharkov

#### **Olha Starkova**

Docent, Candidate of Technical Sciences, Docent of the Department of Economic Cybernetics and Information Technologies, [orcid.org/0000-0002-9034-8830](https://orcid.org/0000-0002-9034-8830)  
Kharkiv National University of Civil Engineering and Architecture, Kharkov

### **INFORMATION SYSTEM OF CHOICE FUNCTIONAL PURPOSE REDEVELOPMENT PROJECT WITH THE USE APPARATUS OF FUZZY LOGIC**

**Abstract.** The article describes the general scheme of the fuzzy logic inference system and the classical model of Mamdani fuzzy logic, set out the results of research on the development of methodological and software tools for selecting the functional purpose of the product of the redevelopment project, which will form the basis of the expert system decision support. The analysis and the groups of properties that influence the choice of an alternative embodiment of the property type. Submitted by a hierarchical factors classification which influencing the choice of the effective functionality the product redevelopment project, and offered



tools to make informed choices functionality redevelopment project-based product groups, the properties of the property. Expert system design conducted by the Mamdani algorithm of fuzzy inference in the package Fuzzy Logic Toolbox trial-version of MATLAB computing environment. Nine fuzzy knowledge bases have been designed, the results of which are processed in the created generalized decision support system for selecting the functional purpose of the redevelopment project product. Each of the created knowledge bases contains more than 200 rules.

**Keywords:** redevelopment project, object properties, rules, knowledge base, fuzzy logic.

#### References

1. Bondarenko, E.S., Novozhilova, M.V. (2014). Redevelopment project: forms products, especially the lifecycle stage. Scientific and technical collection "Municipal economy of cities", 116, 12-16.
2. Novozhilova, M.V., Dolgova, N.G., Bondarenko, E.S. (2014). Modeling the utility function of the redevelopment project product. International Scientific Conference «Mathematical modeling, optimization and information technologies» (pp. 359-363). Chisinau.
3. Vengrina, E.S. (2015). Building an expert system in the Clips software environment. 7th All-Ukrainian Scientific and Practical Conference «Free and open source software». (p. 26). Kharkiv: KHNUBA.
4. Vengrina, E.S. (2015). Productive model of the choice of the functional purpose of the real estate object. V All-Ukrainian scientific-practical Internet conference «Economics today: problems and management». (pp. 119-121). Poltava: PUET.
5. Dolgova, N.G., Novozhilova, M.V., Sinelnikova, O.I. (2008). Method of alternative variants of functional zoning of a city area. Management Information System and Devices, 145, 73-79.
6. Dolgova, N.G. Novozhilova, M.V. (2009). Automation of the process of Pre-design of the real estate object. NBB, 54, 227-231.
7. Novozhilova, M.V. Dolgova, N.G. (2006). Criteria for determining the attractiveness of the city's districts for the implementation of development projects. NBB, 38, 219-225.
8. Morozova, O.V., Grigoriev, A.V. (2012). Analysis of Expert Systems Methods in Production Tool Shells. Scientific papers of DonNTU Series "Informatics, Cybernetics and Computer technique", 16(204), 180-191.
9. Gaina, G.A., Tistol, N.V. (2014). Using ontological approach to describe the residential environment. Management of Development of Complex Systems, 19, 102-108.
10. Haina, Heorhii, Honcharenko, Tetyana, Yerukaiev, Andrii. (2016). Fuzzy strategic approach of selecting the most influential factors in residential construction. Management of Development of Complex Systems, 25, 96-102.
11. Goncharenko, D.F., Starkova, O.V., Aleynikova, A.I (2014). Development of automated system selection method for reducing water lines using fuzzy logic. Information Processing Systems, 8(124), 18-23.
12. Kostyuk, T.A. (2015). The development of tools to make informed choices of composite with increased hydro-physical characteristics based on a qualitative characteristics operated facilities. Information Processing Systems, 9(134), 46-50.
13. Zadeh, L.A. The concept of a linguistic variable and its application to the concept approximate solutions. New York: Wiley, 1976.

#### Посилання на публікацію

- APA Vengrina, Olena, Starkova, Olha. (2017). Developing of information system of choice functional purpose redevelopment project with the use apparatus of fuzzy logic. Management of Development of Complex Systems, 30, 92–100.
- ГОСТ Венгріна О.С. Розробка інформаційної системи вибору функціонального призначення продукту проекту редевелопменту з використанням апарату нечіткої логіки / О.С. Венгріна, О.В. Старкова // Управління розвитком складних систем. – 2017. – № 30. – С. 92 – 100.