

УДК 338.3

МАЛЯР Станіслав Анатолійович,
аспірант, кафедра фінансів та економіки
Київський університет імені Бориса Грінченка, Україна
ORCID ID: 0000-0003-3136-853X
E-mail: st.malyar@gmail.com

МОДЕЛЬ ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ ПІДТРИМКИ ПРИЙНЯТТЯ РІШЕНЬ З ПОШУКУ ОПТИМАЛЬНИХ НАПРЯМІВ МОДЕРНІЗАЦІЇ ТА ВІДНОВЛЕННЯ ЖИТЛОВОГО ФОНДУ

В роботі розроблено модель інтелектуальної підтримки прийняття рішень з пошуку оптимальних шляхів модернізації та відновлення житлового фонду.

Житловий фронт України потребує відновлення і модернізації. Навіть не пошкоджені в наслідок бойових дій будинки все одно в переважній більшості потребують певних заходів з модернізації, це, в першу чергу, термомодернізація будівель, заміна систем опалення і тепlopостачання, модернізація електричних систем і ліфтів, заміна систем водopостачання і каналізації тощо. На всі заходи потрібні дуже значні кошти, яких у мешканців зазвичай не вистачає. Фізичне зношення, пошкодження внаслідок військових дій, моральне старіння житлового фонду вимагають від власників житла обґрунтованих дій щодо вибору шляхів вирішення проблем їхнього житла. Вибір пріоритетної сукупності заходів з відновлення і модернізації житлового фонду потрібно робити комплексно, з врахуванням якісних і кількісних факторів, які можна розділити на три групи – економічні, технічні, експлуатаційні.

***Ключові слова:** потенціал, енергоаудит, енергозбереження, тепловий насос, рентабельність*

JEL classification: G11; L60; M21

DOI: <https://doi.org/10.31649/ins.2022.2.177.183>

1. ПОСТАНОВКА ПРОБЛЕМИ У ЗАГАЛЬНОМУ ВИГЛЯДІ ТА ЇЇ ЗВ'ЯЗОК ІЗ ВАЖЛИВИМИ НАУКОВИМИ ЧИ ПРАКТИЧНИМИ ЗАВДАННЯМИ

В наслідок тривалої експлуатації житловий фонд в Україні потребує модернізації і ремонту, а в окремих випадках і заміни житла громадянам на нове. У довоєнний час певна кількість громадян проживала у зношених, ветхих і аварійних будинках, а після початку агресії цей показник значно зріс, з'явилося багато пошкоджених і зруйнованих будинків у тому числі з тих, які раніше не відносилися до проблемних. Так, за даними Держстату [1] до 1 січня 2021 року загальна кількість квартир в Україні становила більше 17,5 млн одиниць загальною площею 1,014 млрд м². З них ветхими визнані 45,6 тис будинків загальною площею 3,3 млн м², аварійним визнано 17,2 тис одиниць житла або 1,01 млн м². Після

початку збройної агресії ситуація значно погіршилась. Згідно до [2]: «станом на 1 червня 2022 року 3,5 млн українців мають пошкоджене або зруйноване житло. Йдеться про 116 тис. об'єктів загальною площею 14 млн кв.м. З них багатоповерхових будинків — 12,3 тис. (12 млн м²), Незначних пошкоджень (до 25%) зазнали 3,8 тис. багатоквартирних та 24,4 тис. індивідуальних будинків. Відновлення шляхом нового будівництва потребують 30 тис. багатоквартирних та 27,3 тис. індивідуальних будинків. Капітального ремонту або реконструкції — 58,5 тис. багатоквартирних та 52,6 тис. індивідуальних будинків». Таким чином станом на червень 2022 року більше 18 млн м² житла потребує ремонту, модернізації або заміни і ситуація може ще погіршуватися. Фінансування заходів щодо відновлення і модернізації житлового фонду обмежене. Тому постає задача у визначенні пріоритетної оптимальної

сукупності заходів з ремонту, відновлення і модернізації будівель і інженерних мереж. Для цього потрібно розробити математичну модель інтелектуальної підтримки прийняття рішень з пошуку оптимальних шляхів модернізації та відновлення житлового фонду.

2. АНАЛІЗ ОСТАННІХ ДОСЛІДЖЕНЬ ТА ПУБЛІКАЦІЙ

Питання присвячені вибору оптимальних інвестиційних рішень розглядалися в низці робіт, зокрема [3-6]. При цьому досить мало уваги в сучасних літературних джерелах присвячено дослідженню факторів впливу на прийняття інвестиційних рішень з оптимізації та відновлення житлового фонду і математичним підходам щодо вибору оптимальної сукупності заходів.

3. ВИДІЛЕННЯ НЕВИРШЕНИХ РАНІШЕ ЧАСТИН ЗАГАЛЬНОЇ ПРОБЛЕМИ, КОТРИМ ПРИСВЯЧУЄТЬСЯ ОЗНАЧЕНА СТАТТЯ

Питання врахування сукупності кількісних якісних факторів впливу на вибір оптимального інвестиційного рішення з пошуку оптимальних шляхів модернізації та відновлення житлового фонду потребують детального дослідження.

4. ФОРМУЛЮВАННЯ ЦІЛЕЙ СТАТТІ

Метою статті є розробка моделі інтелектуальної підтримки прийняття рішень з пошуку оптимальних шляхів модернізації та відновлення житлового фонду.

5. ВИКЛАД ОСНОВНОГО МАТЕРІАЛУ ДОСЛІДЖЕННЯ З ПОВНИМ ОБҐРУНТУВАННЯМ ОТРИМАНИХ НАУКОВИХ РЕЗУЛЬТАТІВ

Кожен житловий будинок в процесі експлуатації потребує періодичного ремонту і модернізації. Але локальні косметичні ремонти не можуть замінити ґрунтовної модернізації чи відновлення. Фізичне зношення, пошкодження внаслідок військових дій, моральне старіння житлового фонду вимагають від власників житла обґрунтованих дій щодо вибору шляхів вирішення проблем їхнього житла. Будь-який будинок повинен спочатку бути оглянутим і продіагностованим фахівцями. Якщо питання

постає лише в термомодернізації і заміні інженерних мереж, то такими фахівцями є енергоаудитори. Фахівці з будівельних конструкцій повинні досліджувати пошкоджені будинки. В загальному випадку процес обстеження відбувається наступним чином (рис. 1). Фахівці обстежуючи будинок визначають, чи відноситься дана будівля в цілому, чи її окремі частини до аварійних, або умовно справних. Якщо об'єкт визнано аварійним, він потребує ремонту або заміни. Умовно справний будинок може мати наступні характеристики свого стану: «відмінний стан», «хороший стан», «задовільний стан», «критичний стан». Критичний стан – це такий стан перед аварійний стан будівлі в цілому чи її частини, який потребує постійного моніторингу, а будівля, стан якої визнаний критичним, потребує ремонту, або заміни окремих частин. На відміну від аварійного стану, критичний стан не вимагає негайного вирішення виявлених проблем.

Для вибору оптимальної сукупності заходів з модернізації і відновлення житлового фонду постає задача з розробки математичної моделі інтелектуальної підтримки прийняття рішень. На нашу думку, оптимальним математичним апаратом для вирішення такої задачі є теорія нечіткої логіки та лінгвістичної змінної [3-7]. Дана теорія дозволяє поєднати в одній математичній моделі кількісні і якісні фактори впливу. В загальному випадку процес обробки інформації в нечіткій математичній моделі має наступний вигляд (рис. 2): у вхідному блоці вхідна інформація фазифікується, тобто перетворюється з чіткої в нечітку.

У блоці обробки інформації на основі баз знань формуються функції належності, нечіткі логічні рівняння, здійснюється основна обробка вхідної інформації.

У вихідному блоці відбувається дифазифікація – процес перетворення нечіткої інформації в чітку. Найбільш поширеними математичними пакетами для роботи з нечіткими математичними моделями є Matlab, Scilab, FisPro та інші. Показник інвестиційної привабливості заходу з оптимізації чи відновлення жилого фонду можна представити наступним чином:



Рис. 1. Алгоритм діагностики стану об'єкту житлового фонду



Рис. 2. Структурна схема нечіткої математичної моделі

$$St = f(x_1, x_2, x_3, x_4, x_5, y_1, y_2, y_3, y_4, y_5, z_1, z_2, z_3, z_4) \quad (1)$$

де X – блок економічних факторів впливу,

Y – блок технічних факторів впливу,

Z – блок експлуатаційних факторів впливу.

Дерево логічного висновку ієрархічних зав'язків факторів впливу зображено на рисунку 3. Кореню дерева відповідає шуканий показник інвестиційної привабливості заходу з відновлення та модернізації житлового фонду, а висячим вершинам – фактори впливу.

У таблиці 1 наведено згруповані за характеристиками впливу фактори.

Розглянемо їх більш детально. Економічний блок представляють фактори $x_1 \dots x_5$. Фактор x_1 «Чиста приведена вартість заходу NPV за 10 років, млн грн» характеризує чисту приведену вартість заходу за 10 років експлуатації. Враховуючи, що переважну більшість заходів з модернізації і відновлення житлового фонду становлять заходи з термомодернізації будівлі, а також заходи з ремонту, заміни інженерних мереж, а термін ефективної експлуатації теплової ізоляції, інженерного обладнання та мереж становить не менше 10 років, то визначення чистої приведеної вартості заходу за такий період є обґрунтованим.

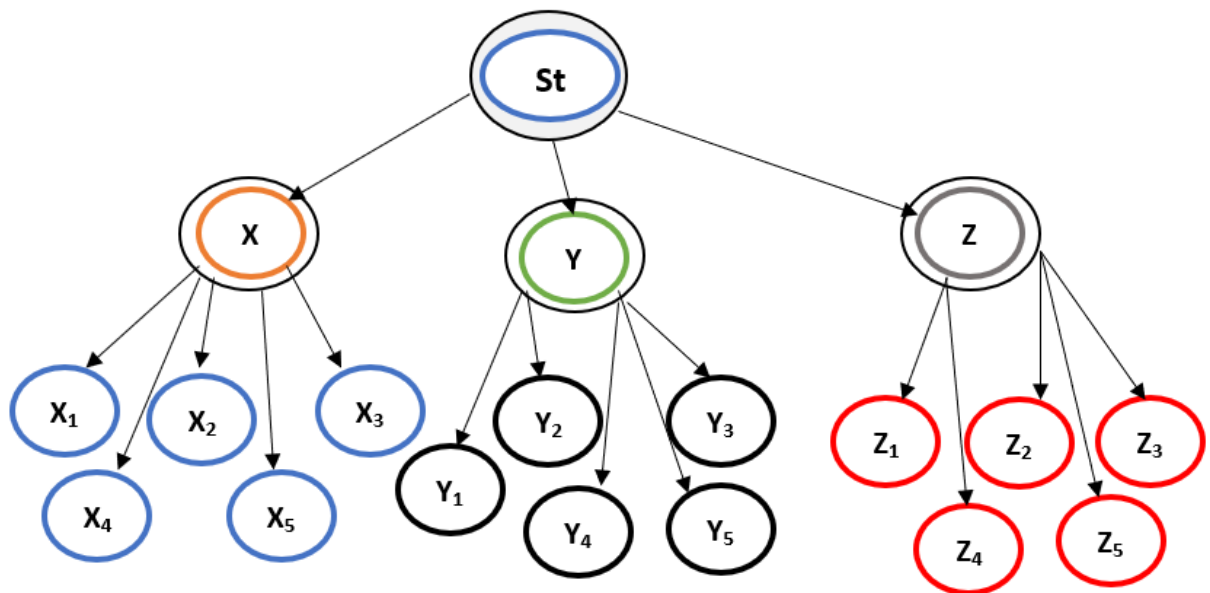


Рис. 3. Дерево логічного висновку ієрархічних зав'язків факторів впливу на показник інвестиційної привабливості заходу з відновлення та модернізації житлового фонду

Простий термін окупності дозволяє просто охарактеризувати для інвестора термін, за який кошти вкладені у даний захід окупляться без врахування зміни вартості грошей у часі. Тому другий економічний фактор x_2 доповнює економічну характеристику заходу чи сукупності заходів. Дуже важливим є визначити вартість інвестиційного капіталу. Цей капітал може складатися з власних і залучених коштів. Залучені кошти, в свою чергу, найчастіше поділяються на кредитні і грантові. Тому фактори економічного блоку «частка залучених кредитних коштів від суми проекту», «частка грантових коштів від суми проекту», «відсоткова ставка кредиту» характеризують в певній мірі вартість інвестиційного капіталу.

Технічний блок факторів представлено наступними факторами: y_1 - «Зниження питомого енергоспоживання будинку на $\text{kВт}\times\text{год}/\text{м}^2$ в рік» Це основна характеристика енергозберігаючих заходів. Значення зниження питомого енергоспоживання комплексно характеризує енергоефективність будівлі, показник, який вноситься в енергетичний сертифікат будівлі. Важливим якісним показником заходу з модернізації та відновлення жилого фонду є характеристика «якість обладнання і матеріалів», на відміну від першого показника y_1 , який має чіткі методики розрахунку, даний показник y_2 характеризує «якість» - експертну оцінку обладнання і матеріалів. Велике значення має термін, за який буде виконано те чи інше відновлення або модернізація будинку, бо його окремих частин. Термін реалізації проекту визначається розрахунками, в залежності від трудомісткості робіт і норм часу на їх виконання, або експертно. Проекти потрібно порівнювати по технічній складності реалізації. Технічно складний проект потребує висококваліфікованих фахівців для розробки проекту, монтажу та експлуатації, що не завжди можливо реалізувати. Але це не значить, що потрібно відмовлятися від складних проектів у технічному плані. Головна мета при врахуванні цього фактору – надати комплексну оцінку заходу, і дана характеристика там грає не останню роль.

Фактор впливу y_5 «Технічна готовність будинку до реалізації заходу» характеризує «готовність» будинку до впровадження того чи іншого заходу. Підготовчі роботи, або роботи з модернізації будинку для реалізації даного конкретного заходу можуть займати значний час і вимагати багато коштів.

Сукупність експлуатаційних факторів представлена наступними: z_1 – «період життя проекту»; z_2 – «експлуатаційні витрати»; z_3 - «складність експлуатаційного процесу», z_4 - «вмотивованість мешканців до реалізації даного заходу» - характеризують експлуатаційні характеристики заходу.

Таблиця 1

Фактори впливу на значення показника інвестиційної привабливості заходу з відновлення та модернізації житлового фонду

Тип	Фактор		Діапазон варіювання
Економічні	x ₁	Чиста приведена вартість заходу NPV за 10 років, млн грн	незначна [0...0,5]; середня [0.6...3]; значна [3...20];
	x ₂	Простий термін окупності заходу, років	малий [0...3]; середній [3,1...7]; високий [7,1...10]
	x ₃	Частка залучених кредитних коштів від суми проекту, %	незначна [0...25]; середня [26...65]; висока [66...100];
	x ₄	Частка грантових коштів від суми проекту, %	незначна [0...25]; середня [26...65]; висока [66...100];
	x ₅	Відсоткова ставка кредиту, %	низька [0...10]; середня [16...20]; висока [21...30];
Технічні	y ₁	Зниження питомого енергоспоживання будинку на кВт×год/м ² в рік	низьке [1...19]; середнє [20...40]; високе [41...70]
	y ₂	Якість обладнання та матеріалів, бали	низька [0...3.5]; середня [3.6...7.5]; висока [7.5...10];
	y ₃	Термін реалізації проекту, місяці	низький [0...1]; середній [2...6]; високий [6...24];
	y ₄	Технічна складність модернізації, балів	значна [0...3.5]; середня [3.6...6.5]; незначна [6.6...10];
	y ₅	Технічна готовність будинку до реалізації заходу, балів	недостатня [0...3.5]; середня [3.6...6.5]; висока [6.6...10];
Експлуатаційні	z ₁	Період життя проекту, років	короткотерміновий [0...5]; середньо терміновий [6...10]; довготерміновий [11...30]
	z ₂	Експлуатаційні витрати в рік, млн грн	незначні [0...0.3]; середні [0.4...0.8]; значні [0.9...1.0]
	z ₃	Складність експлуатаційного процесу, балів	значна [0...3.5]; середня [3.6...6.5]; незначна [6.6...10];
	z ₄	Вмотивованість мешканців до реалізації даного заходу, балів	низька [0...3.5]; середня [3.6...6.5]; відмінна [6.6...10];

Нечітка математична модель представлена сукупністю нечітких логічних рівнянь, які формуються на основі інформації отриманої з баз знань. Базы знань наповнюються експертною, аналітичною і експериментальною інформацією. Фрагмент математичної моделі представлено нижче:

$$\begin{aligned} & \mu^H(x_1) \wedge \mu^B(x_2) \wedge \mu^B(x_3) \wedge \mu^H(x_4) \wedge \\ & \mu^B(x_5) \wedge \mu^H(y_1) \wedge \mu^H(y_2) \wedge \mu^H(y_3) \wedge \mu^3(y_4) \wedge \\ & \mu^H(y_5) \wedge \mu^K(z_1) \wedge \mu^3(z_2) \wedge \mu^3(z_3) \wedge \mu^H(z_4) \vee \\ & \mu^H(x_1) \wedge \mu^B(x_2) \wedge \mu^C(x_3) \wedge \mu^H(x_4) \wedge \\ & \mu^B(x_5) \wedge \mu^H(y_1) \wedge \mu^C(y_2) \wedge \mu^H(y_3) \wedge \mu^3(y_4) \wedge \\ & \mu^H(y_5) \wedge \mu^K(z_1) \wedge \mu^3(z_2) \wedge \mu^3(z_3) \wedge \mu^C(z_4) \vee \\ & \mu^H(x_1) \wedge \mu^B(x_2) \wedge \mu^B(x_3) \wedge \mu^H(x_4) \wedge \\ & \mu^B(x_5) \wedge \mu^H(y_1) \wedge \mu^H(y_2) \wedge \mu^H(y_3) \wedge \mu^3(y_4) \wedge \\ & \mu^H(y_5) \wedge \mu^K(z_1) \wedge \mu^3(z_2) \wedge \mu^3(z_3) \wedge \mu^H(z_4) \vee \\ & \mu^H(x_1) \wedge \mu^B(x_2) \wedge \mu^C(x_3) \wedge \mu^H(x_4) \wedge \\ & \mu^C(x_5) \wedge \mu^H(y_1) \wedge \mu^C(y_2) \wedge \mu^H(y_3) \wedge \mu^3(y_4) \wedge \\ & \mu^H(y_5) \wedge \mu^K(z_1) \wedge \mu^3(z_2) \wedge \mu^C(z_3) \wedge \mu^C(z_4) = \\ & = \mu^H(St); \end{aligned} \quad (2)$$

Реалізація даної моделі в математичному пакеті Matlab дозволяє практично отримати результати - значення показника інвестиційної привабливості заходу з відновлення та модернізації житлового фонду. За значеннями даного показника можна проранжувати запропоновані заходи в порядку їх комплексної інвестиційної привабливості і обрати лише той захід, або сукупність заходів, які мають найвищі значення показника і їх сумарна потреба в інвестиціях не перевищує наявного фінансового ресурсу.

6. ВИСНОВКИ З ДАНОГО ДОСЛІДЖЕННЯ І ПЕРСПЕКТИВИ ПОДАЛЬШИХ РОЗВІДОК У ДАНОМУ НАПРЯМКУ

Житловий фронт України потребує відновлення і модернізації. Навіть не пошкоджені в наслідок бойових дій будинки все одно в переважній більшості потребують

певних заходів з модернізації, це, в першу чергу, термомодернізація будівель, заміна систем опалення і теплопостачання, модернізація електричних систем і ліфтів, заміна систем водопостачання і каналізації тощо. На всі заходи потрібні дуже значні кошти, яких у мешканців зазвичай не

вистачає. Вибір пріоритетної сукупності заходів з відновлення і модернізації житлового фонду потрібно робити комплексно, з врахуванням якісних і кількісних факторів, які можна розділити на три групи – економічні, технічні, експлуатаційні.

Література

1. Офіційний сайт Держстату України. Електронний ресурс. URL: <https://ukrstat.gov.ua/>
2. Сайт Мультимедійної планформи іннововлення України «Укрінформ». URL: <https://www.ukrinform.ua/rubric-ato/3507870-zagarbniki-zrujnuvali-abo-poskodili-v-ukraini-116-tisac-zitlovih-budinkiv.html>
3. Заде Л. *Понятие лингвистической переменной и ее применение к принятию приближенных решений*. М. : Мир, 1976. 167 с.
4. Ротштейн О. П., Ларюшкін Є. П., Мітюшкін Ю.І. *Soft Computing в біотехнології: багатофакторний аналіз і діагностика* : моногр. Вінниця : УНІВЕРСУМ-Вінниця, 2008. 144 с.
5. Дзеджула В. В. *Енергозбереження промислових підприємств: методологія формування, механізм управління*. Вінниця: ВНТУ. 2014. 347 с.
6. Yepifanova I. Yu., Dzhedzhula V. V. Modelling of potential level of industrial enterprises. *WSEAS Transactions on Environment and Development*. 2021. Volume 17. pp. 556-565.
7. Yepifanova I. Yu., Dzhedzhula V. V. Financial support of industrial enterprise's innovative directions of energy saving : Monograph. Vinnytsia: VNTU, 2022. 138 p.

References

1. Official website of the State Statistics Service of Ukraine. Available at: <https://ukrstat.gov.ua/>
2. Ukrinform website of the Multimedia News Broadcasting Plan of Ukraine. Available at: <https://www.ukrinform.ua/rubric-ato/3507870-zagarbniki-zrujnuvali-abo-poskodili-v-ukraini-116-tisac-zitlovih-budinkiv.html>
3. Zade L. (1976) *Poniatye linyvystycheskoi peremennoi y ee prymerenye k pryniatyiu pryblzhennikh reshenyi* [The concept of a linguistic variable and its application to the adoption of approximate decisions]. М.: Myr.
4. Rotshtein O.P., Laryushkin E.P., Mityushkin Y.I. (2008) *Soft Computing v biotekhnologii: bahatofaktorni analiz i diahnozyka : monohr.* [Soft Computing in Biotechnology: Multivariate Analysis and Diagnostics : monogr]. Vinnytsia: UNIVERSUM-Vinnytsia..
5. Dzhedzhula V. V. (2014) *Enerhozberzhennia promyslovykh pidpriemstv: metodolohiia formuvannia, mekhanizm upravlinnia* [Energy conservation of industrial enterprises: formation methodology, management mechanism] Vinnytsia: VNTU.
6. Yepifanova I. Yu., Dzhedzhula V. V. (2021) Modelling of potential level of industrial enterprises. *WSEAS Transactions on Environment and Development*, Volume 17, pp. 556-565.
7. Yepifanova I. Yu., Dzhedzhula V. V. (2022) Financial support of industrial enterprise's innovative directions of energy saving : Monograph. Vinnytsia: VNTU.

Abstract

MALIAR Stanislav. Model of intellectual decision support for assessment of the housing fund

The question of taking into account the totality of quantitative and qualitative factors influencing the choice of the optimal investment solution for the search for optimal ways of modernization and restoration of the housing stock requires detailed research.

The work developed a model of intellectual decision-making support for finding optimal ways to modernize and restore the housing fund.

The housing market of Ukraine needs restoration and modernization. Even the houses that were not damaged as a result of hostilities, the overwhelming majority still need certain modernization measures, this is, first of all, thermal modernization of buildings, replacement of heating and heat supply systems, modernization of electrical systems and elevators, replacement of water supply and sewage systems, etc. All activities require very significant funds, which residents usually do not have. Physical wear and tear, damage as a result of military operations, moral aging of the housing stock require reasonable actions from the owners of housing in choosing ways to solve the problems of their housing. The selection of a priority set of measures for the restoration and modernization of the housing stock must be done comprehensively, taking into account

qualitative and quantitative factors, which can be divided into three groups - economic, technical, and operational.

Factors influencing the value of the indicator of investment attractiveness of the measure for the restoration and modernization of the housing stock are determined. According to the values of the proposed indicator, it is possible to rank the proposed measures in the order of their comprehensive investment attractiveness and choose only that measure or set of measures that have the highest values of the indicator and their total need for investment does not exceed the available financial resources.

Keywords: *potential, energy audit, energy saving, heat pump, profitability*

Стаття надійшла до редакції 07.06.2022 р.

Бібліографічний опис статті:

Маляр С. А. Модель інтелектуальної підтримки прийняття рішень з пошуку оптимальних напрямів модернізації та відновлення житлового фонду. *Innovation and Sustainability*. 2022. № 2. С. 177-183.

Maliar S. (2022) Model of intellectual decision support for assessment of the housing fund. *Innovation and Sustainability*, № 2, pp. 177-183.