

МОДЕЛЮВАННЯ ПРОЦЕСІВ БУДІВЕЛЬНОГО ВИРОБНИЦТВА

УДК 692.82

DOI 10.31649/2311-1429-2024-1-91-95

Г. С. Ратушняк

Ю. С. Бікс

А. О. Лялюк

Д. А. Ратушняк

МОДЕЛЮВАННЯ СИСТЕМИ ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ ПІДТРИМКИ ПРИЙНЯТТЯ РІШЕНЬ З ОЦІНЮВАННЯ ЕНЕРГОЕФЕКТИВНОСТІ ОГОРОДЖУВАЛЬНИХ КОНСТРУКЦІЙ БУДІВЕЛЬ З ВИКОРИСТАННЯМ ЛІНГВІСТИЧНИХ ЗМІННИХ

Вінницький національний технічний університет

За результатами аналізу останніх досліджень та публікацій існуючих методів моделювання енергетичної ефективності огорожувальних конструкцій будівель означено гіпотезу, яка базується на припущенні про необхідність та можливість покращення енергетичних показників теплоізоляційної оболонки. Подальший розвиток інструментарію оцінювання організаційно-технологічних рішень із забезпечення оптимальної енергоефективності теплоізоляційної оболонки передбачає урахування системного впливу визначальних чинників для мінімізації енергетичних витрат на влаштування, експлуатацію та рециклінг матеріалів огорожувальних конструкцій будівель.

З врахуванням, що експертні дані про параметри впливу на енергетичну ефективність огорожувальних конструкцій характеризуються кількісними та якісними величинами, як математичний інструментарій для моделювання використано теорію нечітких множин та лінгвістичних змінних. Запропоновано структуру ієрархічної нейрон-нечіткої мережі, яка відповідає дереву логічного висновку стосовно енергоефективності огорожувальних конструкцій. Розроблено нечітку матрицю знань про співвідношення на системному рівні впливу визначальних чинників на енергоефективність огорожувальних конструкцій будівель. Чинники впливу на енергоефективність огорожувальних конструкцій будівель розглядаються як лінгвістичні змінні, що задані на відповідних універсальних множинах і оцінюються нечіткими термами, які є лінгвістичною змінною.

Ключові слова: енергоефективність, лінгвістична змінна, моделювання, нечіткі множини, огорожувальні конструкції.

Вступ

Забезпечення сталого розвитку економіки держави передбачає реалізацію одного із базових принципів концепції щодо зменшення енерговитрат в будівельній галузі та житлово-комунальному господарстві з взаємозв'язку з одночасним врахуванням екологічних проблем. Шляхи вирішення цих проблем енергоефективності, економічності та екологічності окреслено в законодавчих актах Верховної ради України «Про енергетичну ефективність будівель» [1] та «Про енергозбереження» [2]. Оптимізація сумарних енерговитрат в будівельній сфері вимагає реалізації організаційно-технологічних рішень щодо підвищення енергоефективності огорожувальних конструкцій будівель за весь період їх життєвого циклу [3, 4, 5]. Подальше вдосконалення інструментарію оцінювання енергетичної ефективності огорожувальних конструкцій будівель передбачає використання результатів моделювання динаміки визначальних чинників теплоізоляційної оболонки [5, 6]. Тому розвиток досліджень, що містять пошук ефективних інноваційних організаційно-технологічних рішень з підвищення енергоефективності огорожувальних конструкцій будівель за результатами математичного моделювання, є актуальною невирішеною проблемою.

Актуальність та аналіз останніх досліджень і публікацій

Одним із шляхів ефективного споживання традиційних та відновлювальних джерел енергії для створення оптимальних параметрів мікроклімату в приміщеннях є використання інноваційних інтелектуальних технологій підтримки прийняття управлінських рішень при виборі конструктивних параметрів теплоізоляційної оболонки будівель. Аналіз теоретичних досліджень та практичного досвіду з методичних підходів до організації та управління заходами із підвищення енергоефективності будівель в цілому та їх окремих конструктивних елементів висвітлено в роботах

[5, 6, 7]. Цим аналізом встановлено відсутність системних досліджень з оптимізації організаційно-технологічних рішень з влаштування та термомодернізації теплоізоляційної оболонки будівель. Запропоновано для вирішення цієї задачі залучати сучасні методи моделювання управління енергоощадністю будівель за період їхнього життєвого циклу з врахуванням впливу визначальних чинників на цільову функцію.

Для виявлення основних чинників впливу на величину енергетичних витрат протягом життєвого циклу будівлі при забезпеченні нормативних санітарно-гігієнічних параметрів приміщень в статті [8] запропоновано ієрархічну класифікацію та формалізацію параметрів впливу на енергоефективність огорожувальних конструкцій будівель. Підкреслено доцільність при визначенні енергоефективності огорожувальних конструкцій враховувати сумарні енерговитрати протягом всіх етапів життєвого циклу будівель, а саме затрати енергії на влаштування, реконструкцію та рециклінг матеріалів теплоізоляційної оболонки. Узагальнену модель взаємозв'язку між параметрами впливу на системному рівні на забезпечення енергоефективності огорожувальних конструкцій будівель як їх ієрархічну класифікацію представлено у вигляді дерева логічного висновку. Корінь дерева логічного висновку визначає сумарні витрати енергії на забезпечення енергоефективності огорожувальних конструкцій будівель, а висячі вершини є визначальними параметрами впливу, які можуть характеризуватися різноманітними кількісними та якісними параметрами і описуватися лінгвістичними змінними.

Таким чином, виявлені кількісні та якісні чинники впливу на енергетичну ефективність огорожувальних конструкцій будівель та їх формалізація та ієрархічна класифікація, можуть бути вихідною базою даних для моделювання системи інтелектуальної підтримки рішень з оцінювання затрат енергії на влаштування теплоізоляційної оболонки будівель.

Формування мети та постановка задачі статті

Експурс розвитку науково-методичних основ з моделювання методів процесу інтелектуальної підтримки прийняття рішення з оцінювання енергоефективності огорожувальних конструкцій будівель дозволив сформулювати мету та задачі досліджень. Метою роботи є розробка математичної моделі інтелектуальної підтримки прийняття рішення з оцінювання енергоефективності огорожувальних конструкцій будівель з використання ієрархічної нейро-нечіткої мережі та лінгвістичних змінних, які дозволяють враховувати кількісні та якісні збуджуючі параметри впливу. Для цього необхідно вирішити наступні задачі:

- побудувати структуру ієрархічної нейро-нечіткої мережі енергоефективності огорожувальних конструкцій будівель;
- здійснити оцінку рівнів лінгвістичних змінних як кількісних та якісних факторів впливу на енергоефективність огорожувальних конструкцій будівель шляхом створення нечіткої матриці знань про співвідношення між визначальними чинниками та цільовою функцією.

Результати досліджень

Відповідно до досліджень [7, 8] за інтегральний критерій прийняття рішень стосовно енергетичної ефективності огорожувальних конструкцій будівель прийнято сумарні витрати енергії за весь життєвий цикл на забезпечення оптимальних параметрів мікроклімату приміщень. Узагальнена модель взаємозв'язку між кількісними та якісними параметрами впливу на енергоефективність огорожувальних конструкцій будівель у вигляді дерева логічного висновку стала підґрунтям для побудови ієрархічної нейро-нечіткої моделі для обґрунтування інтелектуальної підтримки рішення при оцінюванні значень цільової функції (L) (рис. 1). Як лінгвістичні змінні впливу на цільову функцію витрати енергії на капітальне будівництво або реконструкцію огорожувальних конструкцій (X, X_1, X_2, X_i), витрати енергії на експлуатацію (Y, Y_1, Y_2, Y_j) та витрати енергії на рециклінг матеріалів (Z, Z_1, Z_2, Z_k).

Параметри впливу на прийняття рішень при обґрунтуванні енергетичної ефективності огорожувальних конструкцій будівель оцінюються нечіткими термами як лінгвістичними змінними [9]. Для побудови нечіткої матриці знань про співвідношення між енергетичною ефективністю огорожувальних конструкцій будівель (рис.) та визначальними параметрами впливу прийнято такі кількісні вирази: «низька» (Н), «нижче середньої» (НС), «середня» (С), «вище середньої» (ВС) та «висока» (В). Правила виконання нечітких логічних операцій виконано з використанням узагальненого елемента нечіткого логічного висновку між лінгвістичними змінними нечіткі висновки апроксимації залежності $L=f(x, y, z)$ та здійснено за допомогою нечітких правил «ЯКЩО-ТО» (табл. 1) [4, 9].

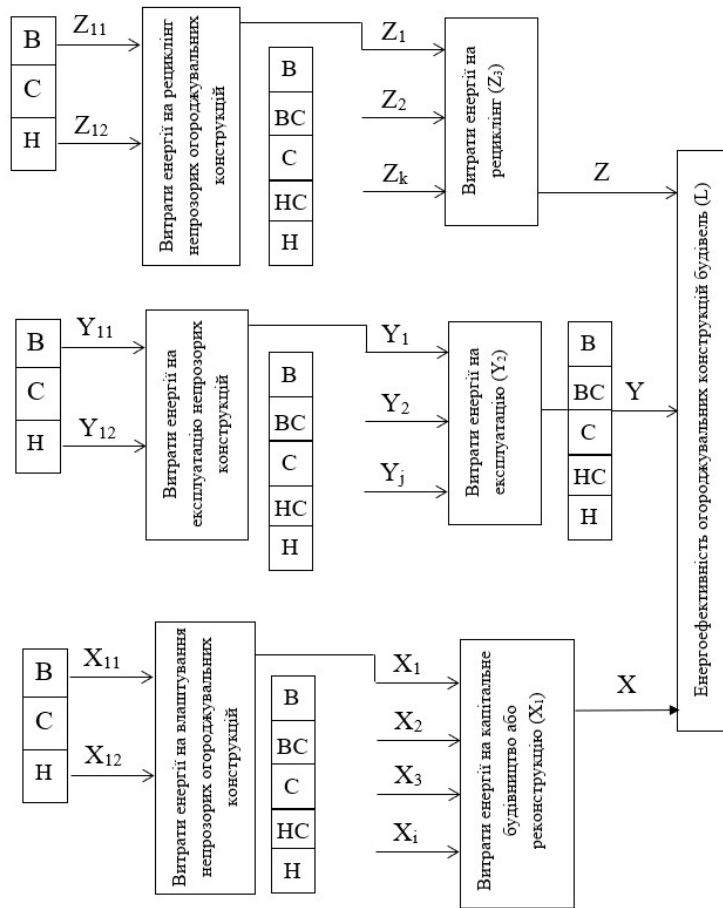


Рисунок 1 – Структура ієрархічної нейро-неїткої мережі енергоефективності огорожувальних конструкцій будівель

Таблиця 1

Нечітка матриця знань про співвідношення між енергоефективністю огорожувальних конструкцій будівель та визначальними параметрами впливу як лінгвістичними змінними на системному рівні

ЯКЩО			ТО
Вплив витрат енергії на капітальне будівництво або реконструкцію (X)	Вплив витрат енергії на експлуатацію (Y)	Вплив витрат енергії на рециклінг матеріалів (Z)	Енергоефективність огорожувальних конструкцій (L)
низький (Н)	низький (Н)	низький (Н)	низький (Н)
середній (С)	низький (Н)	низький (Н)	
низький (Н)	середній (С)	низький (Н)	
низький (Н)	низький (Н)	середній (С)	нижче середньої (С)
низький (Н)	середній (С)	середній (С)	
середній (С)	низький (Н)	середній (С)	
середній (С)	середній (С)	низький (Н)	середній (С)
середній (С)	середній (С)	середній (С)	
вище середньої (ВС)	середній (С)	середній (С)	
середній (С)	вище середньої (ВС)	середній (С)	вище середньої (ВС)
середній (С)	середній (С)	вище середньої (ВС)	
вище середньої (ВС)	вище середньої (ВС)	середній (С)	
вище середньої (ВС)	середній (С)	вище середньої (ВС)	високий (В)
середній (С)	вище середньої (ВС)	вище середньої (ВС)	
вище середньої (ВС)	вище середньої (ВС)	вище середньої (ВС)	
високий (В)	високий (В)	вище середньої (ВС)	високий (В)
високий (В)	вище середньої (ВС)	високий (В)	
високий (В)	вище середньої (ВС)	вище середньої (ВС)	
високий (В)	високий (В)	високий (В)	

Лінгвістичні висловлювання, що наведені в табл. 1, є підґрунтям для складання системи нечітких логічних рівнянь, які характеризують поверхню належності змінних відповідним термом. Отримані нечіткі логічні рівняння на відповідному ієрархічному рівні (рис.) дозволяють виявити функції належності вхідних і вихідних змінних та побудувати аналітичні моделі функцій належності параметрів впливу на енергетичну ефективність огорожувальних конструкцій будівель.

Висновки

Запропонована структура ієрархічної нейро-нечіткої моделі факторів впливу на енергетичну ефективність огорожувальних конструкцій дозволить за наявною базою експертних кількісних та якісних даних виявити узагальнений елемент нечіткого висновку між відповідними лінгвістичними змінними.

Отримані апроксимації за допомогою нечітких правил між вхідними і вихідними змінними дозволять побудувати аналітичні моделі функцій належності параметрів впливу на енергетичну ефективність огорожувальних конструкцій. Результати моделювання є теоретичним обґрунтуванням інтелектуальної підтримки прийняття рішень стосовно оцінювання енергетичної ефективності теплоізоляційної оболонки будівель з врахуванням впливу вхідних параметрів на цільову функцію.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Про енергетичну ефективність будівель: Закон України від 22.06.2017 № 2118-VIII. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/main/2118-19>
2. Про енергозбереження: Закон України від 01.07.94 р. № 74/94-ВР. Дата оновлення: 23.07.2017. URL: <https://zakon4.rada.gov.ua/laws/show/74/94-вр>
3. ДБН В.6 – 31:2016. Теплова ізоляція будівель.[Чинний від 2017-05-01]. Вид. Офіц. Київ: Мінрегіонбуд України, 2017. 33 с. (Державні будівельні норми).
4. Ратушняк Г. С., Ратушняк О. Г. Управління проектами енергозбереження шляхом термореновації будівель: навч. посіб. Вінниця: Універсум-Вінниця, 2006. 120 с.
5. Бікс Ю. С., Ратушняк Г. С., Лялюк О. Г., Ратушняк О. Г. Потенціал енергоефективності огорожувальних конструкцій із біосферосумісних матеріалів: монографія. Вінниця: ВНТУ, 2022. – 136 с.
6. Філоненко О.І., Юрін О.І. Будівельна теплофізика огорожувальних конструкцій будівель. Навч. посібник. Полтава, ПНТУ ім. Ю. Кондратюка. – 2015. – 328 с.
7. Ратушняк Г.С., Бікс Ю.С., Лялюк А.О. Організаційно-технологічні чинники впливу на енергоефективність огорожувальних конструкцій будівель. Науково-технічний збірник «Сучасні технології, матеріали і конструкції в будівництві». №11. 2022. с. 203-210.
8. Ратушняк Г.С., Бікс Ю.С., Лялюк А.О. Формалізація та ієрархічна класифікація параметрів впливу на енергоефективність огорожувальних конструкцій будівель. Науково-технічний збірник «Сучасні технології, матеріали і конструкції в будівництві». №2. 2023. с. 98-103.
9. Мітюшкін Ю.І., Мокін Б.І., Ротштейн О.П. Soft Computing: ідентифікація закономірностей нечіткими базами знань. Монографія. – Вінниця: УНІВЕРСУМ – Вінниця. 2002. 145 с.

REFERENCES

1. Pro energetichnu efektyvnist budivel: Zakon Ukrayini vid 22.06.2017 № 2118-VIII. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/main/2118-19>
2. Pro energozberezhennya: Zakon Ukrayini vid 01.07.94 r. № 74/94-VR. Data onovlennya: 23.07.2017. URL: <https://zakon4.rada.gov.ua/laws/show/74/94-вр>
3. DBN V.6 – 31:2016. Teplova izolyaciya budivel.[Chinnij vid 2017-05-01]. Vid. Ofic. Kiyiv: Minregionbud Ukrayini, 2017. 33 s. (Derzhavni budivelni normi).
4. Ratushnyak G. S., Ratushnyak O. G. Upravlinnya proektami energozberezhennya shlyahom termorenovaciyi budivel: navch. posib. Vinnicya: Universum-Vinnicya, 2006. 120 s.
5. Biks Yu. S., Ratushnyak G. S., Lyalyuk O. G., Ratushnyak O. G. Potencial energoefektivnosti ogorodzhualnih konstrukcij iz biosferosumisnih materialiv: monografiya. Vinnicya: VNTU, 2022. – 136 s.
6. Filonenko O.I., Yurin O.I. Budivelna teplofizika ogorodzhualnih konstrukcij budivel. Navch. posibnik. Poltava, PNTU im. Yu. Kondratyuka. – 2015. – 328 s.
7. Ratushnyak G.S., Biks Yu.S., Lyalyuk A.O. Organizacijno-tehnologichni chinniki vplivu na energoefektivnist ogorodzhualnih konstrukcij budivel. Naukovo-tehnichnij zbirnik «Suchasni tehnologiyi, materialy i konstrukciyi v budivnictvi». №11. 2022. s. 203-210.
8. Ratushnyak G.S., Biks Yu.S., Lyalyuk A.O. Formalizaciya ta iyerarhichna klasifikaciya parametriv vplivu na energoefektivnist ogorodzhualnih konstrukcij budivel. Naukovo-tehnichnij zbirnik «Suchasni tehnologiyi, materialy i konstrukciyi v budivnictvi». №2. 2023. s. 98-103.
9. Mityushkin Yu.I., Mokin B.I., Rotshtejn O.P. Soft Computing: identifikaciya zakonemernostej nechetkimi bazami

znaniy. Monografiya. – Vinnicya: UNIVERSUM – Vinnicya. 2002. 145 s.

Ратушняк Георгій Сергійович – к.т.н., професор, завідувач кафедри Інженерних систем у будівництві Вінницького національного технічного університету, e-mail: ratusnag@gmail.com, ORCID 0000-0001-9656-5150

Бікс Юрій Семенович – к.т.н., доцент, Вінницький національний технічний університет, e-mail: biksuriy@gmail.com, ORCID-0000-0002-5775-2014

Лялюк Андрій Олександрович – аспірант, Вінницький національний технічний університет, ORCID-0000-0002-4803-1629.

Ратушняк Денис Андрійович – магістр, e-mail: denysratushnyak@gmail.com, ORCID 0009-0006-6810-1301.

G. Ratushnyak

Yu. Biks

A. Lyalyuk

D. Ratushnyak

SIMULATION OF THE INTELLECTUAL SUPPORT SYSTEM FOR DECISION-MAKING ASSESSMENT OF THE ENERGY EFFICIENCY OF ENCLOSURE STRUCTURES OF BUILDINGS USING LINGUISTIC VARIABLES

Vinnitsia National Technical University

According to the results of the analysis of the latest researches and publications of the existing methods of modeling the energy efficiency of the enclosing structures of buildings, a hypothesis is defined, which is based on the assumption of the need and possibility of improving the energy performance of the thermal insulation shell. The further development of the toolkit for evaluating organizational and technological solutions to ensure optimal energy efficiency of the thermal insulation shell involves taking into account the systemic impact of determining factors to minimize energy costs for installation, operation and recycling of building envelope construction materials.

Taking into account that expert data on the parameters of influence on the energy efficiency of fencing structures is characterized by quantitative and qualitative values, the theory of fuzzy sets and linguistic variables was used as a mathematical tool for modeling. The structure of a hierarchical neuron-fuzzy network is proposed, which corresponds to a tree of logical conclusion regarding the energy efficiency of fencing structures. A fuzzy matrix of knowledge about the relationship at the system level of the influence of determining factors on the energy efficiency of the enclosing structures of buildings has been developed. Factors influencing the energy efficiency of building envelope structures are considered as linguistic variables defined on the corresponding universal sets and evaluated by fuzzy terms, which are a linguistic variable.

Keywords: energy efficiency, linguistic variable, modeling, fuzzy sets, enclosing structures.

Ratushnyak Georgy Sergeevich - Ph.D., Professor, Head of the Department of Engineering Systems in Construction of Vinnitsia National Technical University, e-mail: ratusnag@gmail.com

Biks Yuriy Semenovych - Ph.D., Associate Professor, Vinnitsia National Technical University, e-mail: biksuriy@gmail.com

Lyalyuk Andriy Oleksandrovych - post-graduate student, Vinnitsia National Technical University, ORCID-0000-0002-4803-1629.

Ratushnyak Denys Andriyovych – master, e-mail: denysratushnyak@gmail.com, ORCID 0009-0006-6810-1301.