

УДК 681.515:674.11

DOI: 10.30977/BUL.2219-5548.2021.95.0.209

БАГАТОКРИТЕРІАЛЬНА МОДЕЛЬ ВИБОРУ ПРОГРАМНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ДЛЯ ПРОЕКТУВАННЯ ДЕРЕВ'ЯНИХ БУДИНКІВ

Філь Н. Ю.¹, Кононихін О. С.¹

¹Харківський національний автомобільно-дорожній університет

***Анотація.** В роботі проведено аналіз проблеми вибору програмного забезпечення для проектування дерев'яних будинків. Сучасна людина прагне жити в екологічній будівлі. А деревина має унікальні властивості, що робить її відмінним вибором для зведення екологічного житла. Для проектування дерев'яних будинків існує багато програмного забезпечення, яке має різні функції та можливості, вартість, а також вимоги до апаратного забезпечення. Вперше розроблено модель вибору програмного забезпечення для проектування дерев'яних будинків, яка, на відміну від існуючих, дозволяє обрати програмне забезпечення за багатьма критеріями та обмеженнями в умовах нечіткої вхідної інформації. Подальші дослідження будуть спрямовані на практичну реалізацію моделі у вигляді програмно-методичного комплексу.*

***Ключові слова:** дерев'яний будинок, програмне забезпечення, критерій, альтернатива, нечіткий вибір, функція приналежності.*

Вступ

Сьогодні на перший план під час будівництва сучасного житла виходить екологічність. Як відомо, дерево – натуральний полімер з унікальними властивостями, що роблять його відмінним вибором для зведення екологічного сучасного житла. Деревина як матеріал має чимало переваг: добра міцність за порівняно невеликої маси, легкість в обробці та довговічність, високі ізоляційні якості.

У минулому столітті, в період масової забудови великих і малих міст, основний акцент робився на цегляні та бетонні багатопверхівки, а дерев'яні будинки були незаслушено забуті. Сучасні будівельні технології дозволили значно поліпшити експлуатаційні якості деревини як матеріалу. Але важливо розуміти, що не будь-який дерев'яний будинок буде екологічно безпечним і вигідним у процесі експлуатації. У процесі проектування дерев'яного будинку необхідно використовувати сучасне програмне забезпечення, яке дозволяє не тільки отримати 3D-візуалізацію проекту, але зробити будинок міцним і безпечним та заощадити при будівництві, скоротити терміни будівництва дерев'яних будинків.

Аналіз публікацій

Сучасне житло повинно не тільки бути обладнане енергоефективними системами забезпечення та пристроями для регенерації відходів, які працюють в автономному режимі, але й бути екологічним. Будівництво таких будинків стало практично одночасно

практикуватися в різних країнах світу. Цей процес є відповіддю на погіршення екологічної ситуації та прогнозування енергетичної кризи.

В Європі котеджі з дерева мають чимало прихильників [1]. Все більше німців воліють жити в будинках із деревини. Дерев'яні будинки обходяться набагато дешевше та будуються у значно коротші терміни. Енергії на їх опалення витрачається менше, а головні переваги дерев'яного будинку – це екологічність, комфорт, затишок. До того ж, мешкаючи в такому будинку, людина відчуває особливу близькість до природи.

Європейські країни переходять на дерев'яне житлове будівництво. Для цього є кілька причин [2]:

– дерев'яне висотне житлове будівництво передбачає велике завантаження заводських потужностей, що економить витрати на роботу силу на будівельному майданчику;

– швидкість зведення. Висока заводська якість і точність конструкцій дозволяє набагато швидше будувати будинок, у порівнянні з бетонними спорудами. Відповідно економиться час і грошові витрати;

– дерев'яний будинок дає більш швидку усадку, ніж бетонний;

– акцент на екологічність. Безумовно, в дерев'яному будинку мікроклімат і якість повітря набагато кращі, ніж у бетонному [2].

У таких країнах як Фінляндія, Австрія, Німеччина не тільки високий процентний рівень людей, що проживають у дерев'яних будинках, але і дуже сильні традиції масово-

го будівництва дерев'яних будинків. Ці країни постійно покращують технології будівництва з дерева. Зокрема Mjøstårnet Tower був побудований із клеєного бруса найвищої якості, а також інноваційних CLT-панелей. На такі панелі виробники дають гарантію до 200 років. Будинки з CLT-плит можуть витримувати землетруси до 9 балів. Завдяки своїй легкості (він у рази легше бетону) і високим показникам міцності, він може скласти серйозну конкуренцію бетону в найближчому майбутньому [2].

Також варто відзначити, що є потужна підтримка на державному рівні. Так, в Європейському Союзі є програма «Дерев'яна Європа», завдання якої – довести частку дерев'яного домобудівництва до 2022 року до 80 % [2].

В Японії будують 350-метровий дерев'яний хмарочос, найвищий у світі [3]. Ще 2010 року влада Японії ухвалила закон, який зобов'язує забудовників використовувати дерево у всіх проектах до трьох поверхів. Бо будівлі з бетону або сталі – екологічно небезпечні. На перші припадає 8 % світових викидів у атмосферу, на другі – 5 %. В Японії справжній дерев'яний будинок, доставлений з Фінляндії, може собі дозволити тільки дуже заможна людина [3].

В Японії, яка не може похвалитися багатими запасами деревини, кожен другий будинок зводиться з дерева [3].

Дерев'яні будинки в наш час будуються із профільованого та клеєного бруса, оциліндрованих колод, дерев'яних щитів на каркасі. Рубана колода вже майже не використовується. Найбільш затребуваним на сьогодні є просушений в заводських умовах клеєний брус. Він не вимагає тривалого часу на усадку після будівництва, а працювати з ним можна в будь-який час року. Ціна клеєного бруса становитиме 30–35 % від вартості всього будівництва [1].

Таким чином, в наш час популярність дерев'яних будинків зростає. А будівництво дерев'яного будинку – це добре рішення для повсякденного життя: натуральні матеріали, висока якість збірки, зручність і комфортабельність. Крім того, проживання в дерев'яному будинку позитивно позначається на настрої та самопочутті людини.

Інформаційні технології та інноваційні матеріали з кожним роком все більше інтегруються в будівельну сферу.

Використовуючи сучасне програмне забезпечення, можна реалізувати найсміливіші

ідеї майбутнього дерев'яного будинку.

В роботі [4] розглядається задача вибору програмного забезпечення офісу з управління проектами. Розроблено математичну модель вибору програмних засобів з урахуванням бізнес-процесів. Але проектування дерев'яних будинків має свою специфіку.

В наш час існує велика кількість різного програмного забезпечення (ПЗ) для проектування дерев'яних будинків (ПДБ). В основному в цих програмах можна спроектувати дерев'яний будинок з оциліндрованого, пиленого або профільованого бруса.

В роботі [5] розглянуто ПЗ: «К3-Котедж», Archicad, cadwork 3D-CAD, HouseCreator. Розглянуто основні плюси та мінуси програм, порівняння їх можливостей, орієнтації на будівництво або дизайн.

У роботі [6] проведено аналіз ПЗК3-Котедж – унікальної комп'ютерної програми для дерев'яного домобудівництва. Розглянуто можливості програм ArchiCAD, CADWork, Sema, Ditrix для дерев'яного домобудівництва. Але в ArchiCAD немає точності розкрою, оптимізації витрат матеріалу, грошових і часових витрат. У програмах CADWork, Sema, Ditrix виникають складності з технічною підтримкою.

Основні вимоги до систем автоматизованого проектування сформульовані в роботі [7]. Проведено порівняльний аналіз доцільності використання програмних комплексів під час проектування дерев'яних конструкцій в залежності від конструктивних особливостей і призначення споруд.

Особливості проектування та розрахунку дерев'яного каркасного будинку за канадською технологією наведені в роботі [8].

Проведений аналіз літератури [5–8] показав, що на сьогодні не приділяється достатньої уваги науковому обґрунтуванню вибору програмного забезпечення для проектування дерев'яних будинків.

Мета і постановка завдання

Метою роботи є розробка моделі вибору програмного забезпечення для проектування дерев'яного будинку за багатьма критеріями, яка дозволить скоротити час науково обґрунтованого вибору та, таким чином, підвищити ефективність процесу проектування дерев'яного будинку.

Для досягнення поставленої мети необхідно провести аналіз існуючого ПЗ ПДБ, розглянути критерії вибору ПЗ ПДБ, розробити модель для науково обґрунтованого

вибору ПЗ ПДБ за багатьма функціональними й вартісними критеріями та навести приклад використання розробленої моделі.

Загальна постановка задачі вибору ПЗ ПДБ

Розглянемо загальну постановку задачі вибору ПЗ ПДБ. Відомо:

– множина альтернатив ПЗ ПДБ $X = \{x_i\}$, ($i = \overline{1, n}$);

– множина критеріїв для оцінки ПЗ ПДБ $C = \{C_j\}$, ($j = \overline{1, m}$), вага яких задається множиною $W = \{w_j\}$, ($j = \overline{1, m}$), що визначає їх значущість;

– кожному критерію з множини може бути поставлено у відповідність нечіткі функції належності альтернатив [9–10].

$$A(C_j) = \{\mu_{C_j}(x_1), \mu_{C_j}(x_2), \dots, \mu_{C_j}(x_n)\}, \quad (1)$$

де $\mu_{C_j}(x_i)$ – функція належності оцінки альтернативи x_i , ($i = \overline{1, n}$) за критерієм C_j ($j = \overline{1, m}$) та $\mu_{C_j}(x_i) \in [0, 1]$. Тобто вона є мірою відповідності альтернативи висуненим вимогам за критерієм C_j ($j = \overline{1, m}$).

Необхідно визначити альтернативу x_i , яка в найбільшій мірі відповідає вимогам усієї сукупності критеріїв.

Для вирішення поставленого завдання доцільно використати моделі, побудовані з використанням апарату нечітких множин (нечіткої математики) або за допомогою лінгвістичних змінних [9].

Для прийняття рішень будемо використовувати схему Беллмана–Заде [9–11].

Нечіткий багатокритеріальний аналіз варіантів

Будемо вважати відомими:

– множину варіантів, які підлягають багатокритеріальному аналізу $X = \{x_1, x_2, \dots, x_k\}$;

– множину кількісних і якісних критеріїв, якими оцінюються варіанти $G = \{G_1, G_2, \dots, G_n\}$.

Завдання багатокритеріального аналізу полягає в упорядкуванні елементів множини X за критеріями із множини G .

Нехай $\mu_{G_i}(x_j)$ – число в діапазоні $[0; 1]$, яке характеризує рівень оцінки варіанта $x_j \in X$ за критерієм $G_i \in G$: чим більше

число $\mu_{G_i}(x_j)$, тим вище оцінка варіанта x_j за критерієм G_i , ($i = \overline{1, n}; j = \overline{1, k}$). Тоді критерій G_i можна представити у вигляді нечіткої множини \tilde{G}_i на універсальній множині варіантів X :

$$\tilde{G}_i = \left\{ \frac{\mu_{G_i}(x_1)}{x_1}, \frac{\mu_{G_i}(x_2)}{x_2}, \dots, \frac{\mu_{G_i}(x_k)}{x_k} \right\} \quad (2)$$

де $\mu_{G_i}(x_j)$ – ступінь приналежності елемента x_j нечіткій множині \tilde{G}_i .

Знаходити ступінь приналежності нечіткої множини (2) зручно методом побудови функцій приналежності на основі парних порівнянь. При використанні цього методу необхідно сформулювати матриці парних порівнянь варіантів за кожним критерієм. Загальна кількість таких матриць збігається з кількістю критеріїв і дорівнює n .

Найкращим варіантом буде той, який одночасно є кращим за всіма критеріями. Нечітке рішення \tilde{D} знаходиться як перетин часткових критеріїв:

$$\tilde{D} = \tilde{G}_1 \cap \tilde{G}_2 \cap \dots \cap \tilde{G}_n = \left\{ \frac{\min_{i=1, n} \mu_{G_i}(x_1)}{x_1}, \frac{\min_{i=1, n} \mu_{G_i}(x_2)}{x_2}, \dots, \frac{\min_{i=1, n} \mu_{G_i}(x_k)}{x_k} \right\} \quad (3)$$

Згідно з отриманою нечіткою множиною \tilde{D} найкращим варіантом слід вважати той, для якого ступінь приналежності є найбільшим.

За умов нерівноважних критеріїв формула (3) набирає вигляду:

$$\tilde{D} = \left\{ \frac{\min_{i=1, n} \mu_{G_i}(x_1)^{\alpha_i}}{x_1}, \dots, \frac{\min_{i=1, n} \mu_{G_i}(x_k)^{\alpha_i}}{x_k} \right\}, \quad (4)$$

де α_i – коефіцієнт відносної важливості критерію G_i , $\sum_{i=1}^n \alpha_i = 1$.

Показник ступеня у формулі (4) свідчить про концентрацію нечіткої множини відповідно до міри важливості критерію G_i . Коефіцієнти відносної важливості критеріїв можуть бути визначені різними методами, на-

приклад, за допомогою парних порівнянь за шкалою Сааті [12].

Для прийняття рішення в нечітких умовах використовується метод аналізу ієрархій Т. Сааті [12].

Вирішальне правило вибору найкращої альтернативи може бути представлено як знаходження перетину відповідних нечітких множин:

$$R = A_{C_1} \cap A_{C_2} \cap \dots \cap A_{C_m}. \quad (5)$$

Відповідно до визначення операції перетину нечітких множин функція належності шуканого рішення знаходиться як:

$$\mu_{A_R}(x_i) = \min_{i=1, n} \{\mu_{A_{C_j}}(x_i)\}, j = \overline{1, m}. \quad (6)$$

Таким чином, в якості найкращої повинна бути обрана та з альтернатив x_i^* , для якої значення функції належності $\mu_D(x_i^*)$ виявиться максимальним. Тобто:

$$\mu_D(x_i^*) = \max_{i=1, n} \{\mu_{A_R}(x_i)\}, i = \overline{1, n}. \quad (7)$$

Саме ця альтернатива і є рішенням задачі, оскільки вона найбільшою мірою задовольняє вимогам всієї сукупності розглянутих критеріїв.

Відзначимо, що в розглянутій задачі всі критерії C_j за замовчуванням передбачалися рівноправними, тобто мають однакову важливість. Однак у практиці прийняття рішень нерідко зустрічаються ситуації, коли потрібно вирішувати багатокритеріальну оптимізаційну задачу в умовах різної важливості критеріїв досягнення максимуму цільової функцією. В подібних випадках кожним критерієм C_j доцільно поставити у відповідність деякий ваговий коефіцієнт, причому λ_j [9]:

$$\sum_{j=1}^m \lambda_j = 1, (j = \overline{1, m}). \quad (8)$$

Звісно, чим більшою є важливість критерію, тим більше значення приписується його ваговому коефіцієнту.

З урахуванням цього, вирішальне правило вибору R найкращої альтернативи в умовах багатокритеріальної задачі з нерівнозначними критеріями C_j , що мають вагові коефіці-

єнти λ_j , використовує процедуру знаходження перетину нечітких множин

$$R = A_{C_1}^{\lambda_1} \cap A_{C_2}^{\lambda_2} \cap \dots \cap A_{C_m}^{\lambda_m}. \quad (9)$$

Значення самих вагових коефіцієнтів визначаються на основі стандартної процедури попарного порівняння критеріїв. Для цього спочатку формується матриця B попарних порівнянь, для знаходження елементів b_{ij} якої можна ввести наступну шкалу оцінок, наведену в табл. 1 [9, 11].

Таблиця 1 – Шкала оцінок відносної важливості критеріїв

Відносна важливість критеріїв C_i і C_j	Значення елемента b_{ij}
Однакова важливість	1
Дещо важливіше	3
Важливіше	5
Помітно важливіше	7
Істотно важливіше	9
Проміжні значення	2, 4, 6, 8

Оскільки порівняння будь-якого критерію із самим собою означає тільки однакову важливість, то всі $b_{ij} = 1$.

Крім того, в силу симетричності відносин важливості критеріїв домовимося вважати

$$b_{ij} = \frac{1}{b_{ji}}. \quad (10)$$

Після цього, відповідно до стандартної процедури, знаходиться власний вектор w матриці B , який відповідає її максимальному власному числу v_{\max} з рівняння [9, 12].

$$Bw = v_{\max} w. \quad (11)$$

Шукані значення вагових коефіцієнтів λ_j визначаються шляхом множення відповідних елементів власного вектора w на число w , що забезпечує виконання умови (8) [9, 12]

$$\lambda_j = mw_j, (j = \overline{1, m}). \quad (12)$$

Приклад використання розробленої моделі вибору ПЗ ПДБ

Проектування дерев'яних будинків – це творчий процес, коли разом працюють фахівець і замовник проекту. Тому програмне

забезпечення для проектування дерев'яних будинків повинно мати зрозумілий інтерфейс.

Програмне забезпечення для проектування дерев'яних будинків повинно дозволяти побачити чітку картинку – 3D-модель будинку з усіх боків. Можливість облаштувати будинок або внести в нього зміни до початку зведення стін та інших елементів – основа комп'ютерного сервісу, доступного навіть користувачеві.

Програмне забезпечення для проектування дерев'яних будинків має дозволяти автоматизовано формувати всю технічну документацію: креслення розкладки стін, плани всіх поверхів, плани перекриттів і фундаменту, складати специфікацію необхідних будівельних матеріалів.

Як критерії вибору ПЗ ПДБ будемо розглядати такі характеристики: зручність інтерфейсу, можливості програмного забезпечення для якісної побудови 3D-моделі, можливість формування повного комплексу технічної документації, вартість, легкість користування.

Проілюструємо особливості вирішення багатокритеріальної задачі нечіткої оцінки альтернатив на прикладі.

Із множини ПЗ ПДБ відібрано 7 варіантів програмного забезпечення для проектування дерев'яних будівель, які утворюють наступну множину альтернатив [13]:

$$X = \{x_1, x_2, x_3, x_4, x_5, x_6, x_7\},$$

де x_1 – Google SketchUp;

x_2 – Revit;

x_3 – Sema Software;

x_4 – FloorPlan 3D;

x_5 – ArchiCAD;

x_6 – «КЗ - котедж»;

x_7 – Chief Architect.

Оцінювати будемо за наступними 5 критеріями, що утворюють множину [12]:

$$C = \{C_1, C_2, C_3, C_4, C_5\},$$

де C_1 – зручність інтерфейсу; C_2 – можливості програмного забезпечення для якісної побудови 3D-моделі; C_3 – можливість формування повного комплексу технічної документації; C_4 – вартість; C_5 – легкість користування.

Визначивши ступінь відповідності кожної альтернативи встановленим критеріям, сформуємо таку сукупність нечітких множин, що описує таку їх відповідність за кожним критерієм:

$$A_{C_1} = \{ \langle x_1; 0,5 \rangle, \langle x_2; 0,3 \rangle, \langle x_3; 0,7 \rangle, \langle x_4; 0,8 \rangle, \langle x_5; 0,8 \rangle, \langle x_6; 0,9 \rangle, \langle x_7; 0,8 \rangle \};$$

$$A_{C_2} = \{ \langle x_1; 0,8 \rangle, \langle x_2; 0,6 \rangle, \langle x_3; 0,7 \rangle, \langle x_4; 0,4 \rangle, \langle x_5; 0,8 \rangle, \langle x_6; 0,9 \rangle, \langle x_7; 0,6 \rangle \};$$

$$A_{C_3} = \{ \langle x_1; 0,2 \rangle, \langle x_2; 0,1 \rangle, \langle x_3; 0,8 \rangle, \langle x_4; 0,1 \rangle, \langle x_5; 0,9 \rangle, \langle x_6; 0,9 \rangle, \langle x_7; 0,7 \rangle \};$$

$$A_{C_4} = \{ \langle x_1; 0,5 \rangle, \langle x_2; 0,3 \rangle, \langle x_3; 0,4 \rangle, \langle x_4; 0,8 \rangle, \langle x_5; 0,2 \rangle, \langle x_6; 0,3 \rangle, \langle x_7; 0,3 \rangle \};$$

$$A_{C_5} = \{ \langle x_1; 0,9 \rangle, \langle x_2; 0,2 \rangle, \langle x_3; 0,5 \rangle, \langle x_4; 0,7 \rangle, \langle x_5; 0,1 \rangle, \langle x_6; 0,6 \rangle, \langle x_7; 0,7 \rangle \};$$

Оскільки обрані критерії мають різний ступінь важливості, проведемо попарне їх порівняння. Результати порівняння наведемо у вигляді такої матриці:

$$B = \begin{pmatrix} & C_1 & C_2 & C_3 & C_4 & C_5 \\ C_1 & 1 & 1/3 & 1/5 & 1/5 & 1/3 \\ C_2 & 3 & 1 & 1/2 & 1/3 & 1/2 \\ C_3 & 5 & 2 & 1 & 1 & 2 \\ C_4 & 5 & 3 & 1 & 1 & 2 \\ C_5 & 3 & 2 & 1/2 & 1/2 & 1 \end{pmatrix}.$$

Обчислюємо власний вектор матриці, розрахунки виконуємо в Microsoft Excel 2010 (рис. 1).

B	C	D	E	F	G	H	I
1	1/3	1/5	1/7	1/3	0.003	0.316	0.052
3	1	1/2	1/3	1/2	0.250	0.758	0.124
5	2	1	1	2	20.000	1.821	0.299
7	3	1	1	2	42.000	2.112	0.347
3	2	1/2	1/2	1	1.500	1.084	0.178
19.000	8.333	3.200	2.976	5.833		6.091	1.000
0.987	1.037	0.956	1.032	1.039	5.051		

Рис. 1. Обчислення власного вектора матриці B

Отримаємо наступні значення компонентів власного вектора матриці B (стовпець I):

$$w_1 = 0,052; w_2 = 0,124; w_3 = 0,283;$$

$$w_4 = 0,347; w_5 = 0,178.$$

Помножуючи їх на число критеріїв – 5, отримаємо величини вагових коефіцієнтів, що характеризують важливість кожного критерію. Відповідно отримуємо:

$$\lambda_1 = 0,260; \lambda_2 = 0,622; \lambda_3 = 1,494;$$

$$\lambda_4 = 1,733; \lambda_5 = 0,890.$$

З урахуванням вагових коефіцієнтів побудуємо множини $A_{C_j}^{(\lambda_j)}$, що будуть мати наступний вигляд:

$$A_{C_1}^{(\lambda_1)} = \{ \langle x_1, 0,835 \rangle, \langle x_2, 0,731 \rangle, \langle x_3, 0,912 \rangle, \langle x_4, 0,944 \rangle, \langle x_5, 0,944 \rangle, \langle x_6, 0,944 \rangle, \langle x_7, 0,944 \rangle \};$$

$$A_{C_2}^{(\lambda_2)} = \{ \langle x_1, 0,87 \rangle, \langle x_2, 0,728 \rangle, \langle x_3, 0,801 \rangle, \langle x_4, 0,566 \rangle, \langle x_5, 0,870 \rangle, \langle x_6, 0,937 \rangle, \langle x_7, 0,728 \rangle \};$$

$$A_{C_3}^{(\lambda_3)} = \{ \langle x_1, 0,090 \rangle, \langle x_2, 0,032 \rangle, \langle x_3, 0,716 \rangle, \langle x_4, 0,032 \rangle, \langle x_5, 0,854 \rangle, \langle x_6, 0,854 \rangle, \langle x_7, 0,587 \rangle \};$$

$$A_{C_4}^{(\lambda_4)} = \{ \langle x_1, 0,301 \rangle, \langle x_2, 0,124 \rangle, \langle x_3, 0,204 \rangle, \langle x_4, 0,679 \rangle, \langle x_5, 0,061 \rangle, \langle x_6, 0,124 \rangle, \langle x_7, 0,124 \rangle \};$$

$$A_{C_5}^{(\lambda_5)} = \{ \langle x_1, 0,910 \rangle, \langle x_2, 0,239 \rangle, \langle x_3, 0,540 \rangle, \langle x_4, 0,728 \rangle, \langle x_5, 0,129 \rangle, \langle x_6, 0,635 \rangle, \langle x_7, 0,910 \rangle \}.$$

Застосовуючи правило вибору шуканої альтернативи, знайдемо перетин цих множин, який матиме такий вигляд:

$$D = \{ \langle x_1, 0,09 \rangle, \langle x_2, 0,032 \rangle, \langle x_3, 0,204 \rangle, \langle x_4, 0,032 \rangle, \langle x_5, 0,061 \rangle, \langle x_6, 0,124 \rangle, \langle x_7, 0,124 \rangle \}$$

Графіки функцій приналежності нечітких множин представлені на рис. 2.

Оскільки максимальне значення функції приналежності має альтернатива 3, її необхідно обрати в якості рішення задачі – програмне забезпечення Sema Software.

Висновки

В роботі визначено, що сучасні інформаційні технології будівництва розширили можливості просторового планування житлової, робочої, торгово-розважальної, спортивної та інших сфер проектування.

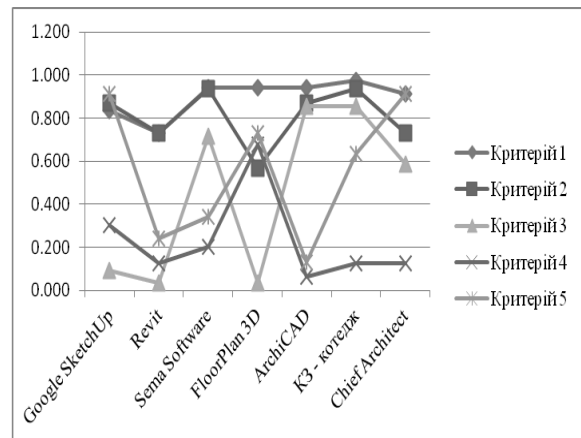


Рис. 2. Графіки функцій приналежності альтернатив за критеріями

Розроблено модель вибору програмного забезпечення для проектування дерев'яного будинку в умовах нечіткої інформації, яка дозволяє обирати програмне забезпечення за багатьма функціональними та вартісними критеріями в умовах нечіткої вхідної інформації. Наведено приклад використання розробленої моделі вибору програмного забезпечення для проектування дерев'яного будинку.

Література

1. Дерево в тренде: какие дома строят в Германии URL: <https://www.dw.com/ru/a-5874689> (дата звернення 10.05.2021).
2. Зачем Европе высокоэтажные деревянные дома? URL: <https://stroikadialog.ru/articles/stroitelstvo-podklyuch/zachem-evrope-vysokojetazhnye-derevyannye-doma> (дата звернення 10.05.2021).
3. В Японии збудують 350-метровий дерев'яний хмарочос, найвищий у світі. URL: <https://tokar.ua/read/23803> (дата звернення 10.05.2021).
4. Модель выбора программного обеспечения офиса по управлению проектами / Л.И. Нефёдов, В.Е. Овчаренко, Ю.А. Петренко, Т.В. Плугина, В.А. Щеголь // Технология приборостроения. 2008. № 1. С. 23-27. URL: http://nbuv.gov.ua/UJRN/Tr_2008_1_7/
5. Чаплыгин Е. Н., Трегуб А. И. Анализ компьютерных программ для деревянного домостроения // Вісник Харків. нац. техн. ун-ту сіл. госп-ва ім. П. Василенка. Харків: ХНТУСГ, 2014. Вип. 155. С. 167-171. URL: http://nbuv.gov.ua/UJRN/Vkhdtsug_2014_155_31/
6. Володченко А.А., Кунцев А.С. Анализ программ для проектирования деревянных домов // Наука и инновации в строительстве (к 45-летию каф. строительства и городского хозяйства): сб. докладов межд. науч.-практ. конф., (Белгород, 21 апреля 2017 г.) / Белгород. государственный технологический университет

- им. В.Г. Шухова. – Белгород, 2017. – Т. 2.– С. 265–270.
7. Ушаков А.Ю., Антонов М.Д. Автоматизация проектирования и анализ программного обеспечения для деревянного домостроения // Успехи современной науки. 2017. №11. С.13–15.
 8. Пашков Д.Е., Фурманов В.В. Особенности проектирования и расчета деревянного каркасного дома // Международный студенческий строительный форум 2018 (к 165-летию со дня рождения В.Г. Шухова) / Белгород: Изд-во БГТУ им. В.Г. Шухова, 2018. С. 141–145.
 9. Ротштейн А.П., Штовба С.Д., Штовба Е.В. Многокритериальный выбор бренд-проекта с помощью нечетких парных сравнений альтернатив // Управление проектами и программами, 2006. № 2(6). С. 138–145.
 10. Беллман Р., Заде Л. Принятие решений в расплывчатых условиях // Вопросы анализа и процедуры принятия решений. 1976. С. 172–215.
 11. Нефедов Л.И., Филь Н.Ю., Ковальов Д.С. Модель выбору php-фреймворків для розробки веб-додатків для інформатизації проектної організації // Вісник ХНАДУ. 2019. №87 Т.2. С. 28–33.
 12. Саати Т. Принятие решений. Метод анализа иерархий. Москва: Радио и связь, 1993. 278 с.
 13. Проектирование деревянных домов. URL: <https://derevyannydom.ru/proektirovanie-derevyannyh-domov> (дата звернення 11.05.2021).
 6. Volodchenko A.A., Kunccev A.S. Analiz programm dlja proektirovanija derevjannyh domov [Analysis of programs for the design of wooden houses]. *Anotatsii dopovidei Mizhn. nauk.-prakt. konf "Nauka i innovacii v stroitel'stve (k 45-letiju kaf. stroitel'stva i gorodskogo hozjajstva)*. Belgorod. gosudarstvennyj tehnologicheskij universitet im. V.G. Shuhova. - Belgorod, 2017. no. 2. pp. 265–270.
 7. Ushakov A.Yu., Antonov M.D. Avtomatizacija proektirovanija i analiz programmogo obespechenija dlja derevjannogo domostroenija [Design automation and the analysis of the software for wooden housing construction]. *Uspеhi sovremennoj nauki*, 2017, no. 11. pp.13–15.
 8. Pashkov D.E., Furmanov V.V. Osobennosti proektirovanija i rascheta derevjannogo karkasnogo doma. *Anotatsii dopovidei "International student building forum 2018" (to the 165th anniversary since the birth of Vladimir Shukhov)*. Belgorod: Publishing house BGТУ named after V.G.Shukhov. 2018. pp. 141–145.
 9. Rotshtein, A. P., Shtovba, S. D., Shtovba, E. V. Mnogokriterialnyy vybor brend-proekta s pomoshchju nechetkikh parnykh sravneniy alternative. *Upravleniye proektami i programmami (Project and Program Management)*, 2006. no. 2, pp.138–146.
 10. Bellman R., Zade L. Prinjatие reshenij v rasplyvchatyh uslovijah. *Voprosy analiza i procedury prinjatija reshenij*. Moscow, Mir Publ. 1976, pp. 174–215.
 11. Nefedov, L. Fil, N. Kovalev, D. Model' vyboru PHP-frejmvorkiv dlja rozroblennja veb-dodatkov informatyzacii' proektnoi' organizacii' [Model of choice of PHP-framework for development of web applications informatization of the project organization]. *Visnyk Harkivs'kogo nacional'nogo avtomobil'no-dorozhn'ogo universytetu : zb. nauk. pr / 2019, no. 87, pp. 74–79. doi: 10.30977/BUL.2219-5548.2019.87.0.74*
 12. Saati T. *Prinjatие reshenij. Metod analiza ierarhij* [Making decisions. Hierarchy analysis methods]. Moscow, Radio i svjaz' Publ., 1993. 278 с.
 13. *Proektirovanie derevjannyh domov*. Available at: <https://derevyannydom.ru/proektirovanie-derevyannyh-domov> (accessed 11 May 2021).

References

1. Derevo v trende: kakie doma strojat v Germanii Available at: <https://www.dw.com/ru/a-5874689> (accessed 10 May 2021).
 2. Zchem Evrope vysokojetazhnye derevjannye doma? Available at: <https://www.cian.ru/stati-derevjannye-vysotki-utopija-ili-realnost-302588/> (accessed 10 May 2021).
 3. V Japonii' zbudujut' 350-metrovyj derev'janyj hmarochos, najvyshhyj u sviti. Available at: <https://tokar.ua/read/23803> (accessed 10 May 2021).
 4. Nefjedov L.I., Ovcharenko V.E., Petrenko Ju.A., Plugina T.V., Shhegol' V.A. *Model' vybora programmogo obespechenija ofisa po upravleniju proektami* [Project Management Office Software Selection Model]. *Tehnologija priborostroenija*. 2008. no 1. pp. 23–27. URL: http://nbuv.gov.ua/UJRN/Tr_2008_1_7.
 5. Chaplygin E.N., Tregub A. I. Analiz komp'juternyh programm dlja derevjannogo domostroenija [Analysis of computer programs for a wooden house]. *Bulletin of the Kharkiv National Technical University of the Silsk State University named after Pyotr Vasilenko*. Kharkiv, 2014. no. 155. pp. 167–171. URL: http://nbuv.gov.ua/UJRN/Vkhdtusg_2014_155_31/
- Філь Наталія Юрїївна**¹, к.т.н., доц. каф. автоматизації та комп'ютерно-інтегрованих технологій, fil_nu@i.ua.
- Кононихін Олександр Сергійович**², к.т.н., доц. автоматизації та комп'ютерно-інтегрованих технологій, makonon@i.ua.
- ¹Харківський національний автомобільно-дорожній університет, 61002, Україна, м. Харків, вул. Ярослава Мудрого, 25.

A model intended to choose optimal wooden construction software according to many criteria
Abstract. Problem statement. Environmental friendliness gains increasing importance for people in

constructing modern residential buildings. Wood is a natural polymer with unique properties that make it an excellent choice for the construction of environmentally-friendly new housing. New building technologies have significantly improved the performance of wood as a material. Modern software allows not only to get a 3D-visualization of the project, but to make the house strong and safe, save costs on construction, and reduce the build time of wooden houses. Currently, there are a large number of various software packages for wooden construction, so it may be a problem to choose the appropriate one based on the criteria of the required functionality and cost-effectiveness. **Aim.** This work aims at the development of a model intended to choose optimal wooden construction software according to many criteria, which will reduce the time of the scientifically grounded decision, and in such a way, increase the efficiency of a wooden house designing process. To achieve this goal, it is necessary to analyze the existing wooden construction software, to consider the criteria for selecting designing programs, to develop a model for scientifically grounded choice of software on many functional and cost criteria in the conditions of fuzzy information; and to provide an example of using this model has been developed. **Methodology.** A fuzzy multicriteria analysis of variants according to the Bellman-Zade scheme is used.

Results. Modern building information technologies have expanded the possibilities of spatial planning of residential, working, shopping, entertainment, sports, and other areas of design. The model for the choice of wooden construction software that allows choosing software according to many functional and cost criteria in the conditions of fuzzy input information is presented. An example of using the developed model for the choice of wooden construction software is given. **Practical value.** The use of the developed model for wooden construction choice in the conditions of fuzzy information based on many functional and cost criteria will make the choice scientifically grounded.

Key words: wooden construction, software, criterion, alternative, fuzzy choice, membership function.

Nataliya Fil¹, Ph.D., Assoc. Prof. Department of Automation and Computer-Integrated Technologies, fil_nu@i.ua,

Kononykhin Aleksandr, Phd, Assoc. Prof. Department of Automation and Computer-Integrated Technologies, makonon@i.ua.

¹Kharkov National Automobile and Highway University, 25, Yaroslava Mudrogo str., Kharkiv, 61002, Ukraine.
