

УДК 004.827+728.1.012

Гайна Г.А., к.т.н., проф., Єрукаєв А.В.,
асп., КНУБА, м. Київ

НЕЧІТКИЙ БАГАТОКРИТЕРІАЛЬНИЙ АНАЛІЗ ВАРІАНТІВ ВІЛЬНИХ МІСЬКИХ ТЕРИТОРІЙ

Розглянуто метод Белмана-Заде (нечіткий багатокритеріальний аналіз) для вільних міських територій. Міські території характеризуються досить значною кількістю факторів, що впливають на їх вибір для потреб житлового будівництва. Крім того, відповідні фактори досить часто важко представити в конкретному математичному вигляді. І щоб їх можна було застосовувати для аналізу міських територій і було обрано метод нечіткого багатокритеріального аналізу. В якості варіантів обрані вільні міські території за впливом аерації та інсоляції. Процес виконання методу Белмана-Заде представлений за допомогою діаграми потоків даних (DFD). Сам аналіз виконаний в середовищі MS Excel 2003. Результатом є вибір найкращої території з усіх розглянутих варіантів та інтерпретація переваги даного варіанту щодо усіх інших розглянутих вільних міських територій.

КЛЮЧОВІ СЛОВА: метод Белмана-Заде, нечітка множина, степінь належності, бальна шкала Сааті.

Вступ. Зведення в місті нового житлового будинку потребує врахування досить багатьох факторів [1]. Як один з варіантів, що дозволяє керуватися різними факторами, що мають різноманітне представлення і був запропонований метод Белмана-Заде.

Цілі і задачі публікації. Побудова нечіткого багатокритеріального аналізу вільних міських територій, що представляє вибір даних територій з позиції нечітких множин та погоджених думок експертів. Задачею даної публікації є представлення процесу отримання результату (найкраща територія під житлове будівництво) та інтерпретація інших варіантів за результатом, що має перший ранг.

Основна частина. Нечіткий багатокритеріальний аналіз варіантів (НБАВ) містить такі дані:

1. $t = \{t_1, t_2, t_3, t_4\}$ – множина варіантів вільних міських територій;
2. $K = \{K_1, K_2, \dots, K_6\}$ – множина критеріїв оцінки варіантів вільних міських територій.

На рис. 1 представлена загальна схема НБАВ вільних міських територій.

У табл. 1 представлений повний опис критеріїв оцінки вільних міських територій.

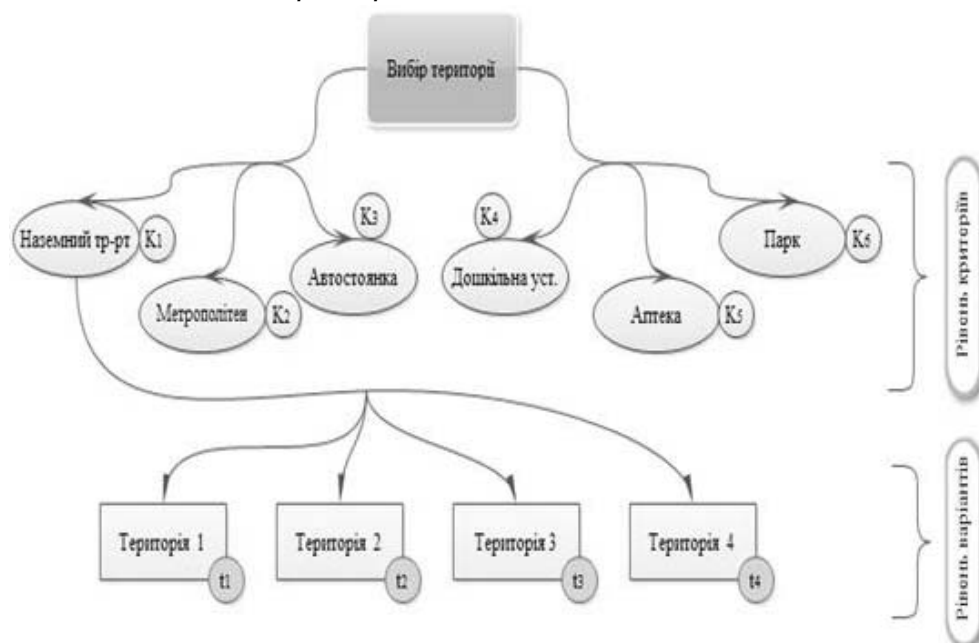


Рис. 1. Загальна схема НБАВ вільних міських територій

Таблиця 1

Опис критеріїв оцінки вільних міських територій

№ з/п	Назва критерію	Опис
1	Наземний транспорт	Відстань від майбутнього будинку до найближчої зупинки наземного транспорту
2	Метрополітен	Відстань від майбутнього будинку до найближчої зупинки метрополітену
3	Авто-стоянка	Відстань від майбутнього будинку до автостоянки
4	Дошкільна установа	Відстань від майбутнього будинку до дошкільної установи
5	Аптека	Відстань від майбутнього будинку до аптеки
6	Парк	Відстань від майбутнього будинку до парку

Для представлення основних кроків побудови НБАВ вільних міських територій запропонована діаграма потоків даних DFD, основні елементи якої представлені в табл. 2 [5]:

Таблиця 2

Основні елементи діаграми потоків даних

№ з/п	Елементи діаграми DFD		Пояснення
	Назва	Графічне представлення	
1	Потік даних		Визначає інформацію, що передається через деяке з'єднання від джерела до приймача
2	Процес		Представляє собою перетворення вхідних потоків даних у вихідні у відповідності з певним алгоритмом
3	Накопичувач (сховище) даних		Абстрактний пристрій для зберігання інформації
4	Зовнішня сутність (термінатор)		Фізична особа, що виступає як джерело чи приймач інформації

На рис. 2 представлено дерево процесів, що містить ієрархію кроків побудови НБАВ вільних міських територій.



Рис. 2. Дерево процесів, що містить ієрархію кроків побудови НБАВ вільних міських територій

На рис. 3-5 представлено, відповідно, контекстну діаграму та діаграми декомпозицій 1-го та 2-го рівнів на які поділяються процеси побудови НБАВ вільних міських територій.

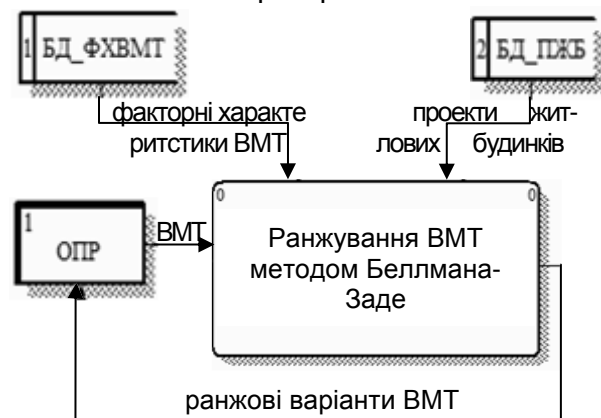


Рис. 3. Контекстна діаграма побудови НБАВ вільних міських територій

Контекстна діаграма (діаграма верхнього рівня) – вершина деревоподібної структури діаграм, що показує призначення системи (головну функцію) і її взаємодію з зовнішнім середовищем [6].

Скорочення, які наведені на рис. 2-5 пояснюються в табл. 3:

Відповідно до [3, 4] території були обрані за показниками впливу аерації та інсоляції на вигляд майбутнього будинку (орієнтація, поверховість, протяжність будинку, відстань між будинками). Характеристики територій представлені в табл. 4.

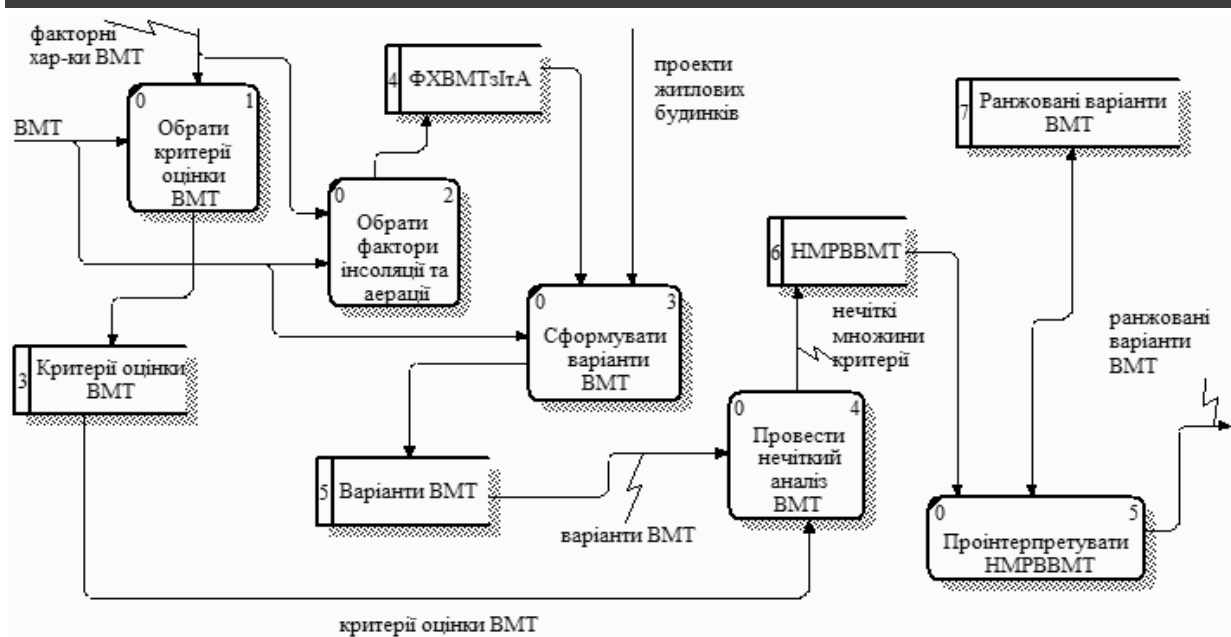


Рис. 4. Діаграма декомпозиції 1-го рівня побудови НБАВ вільних міських територій

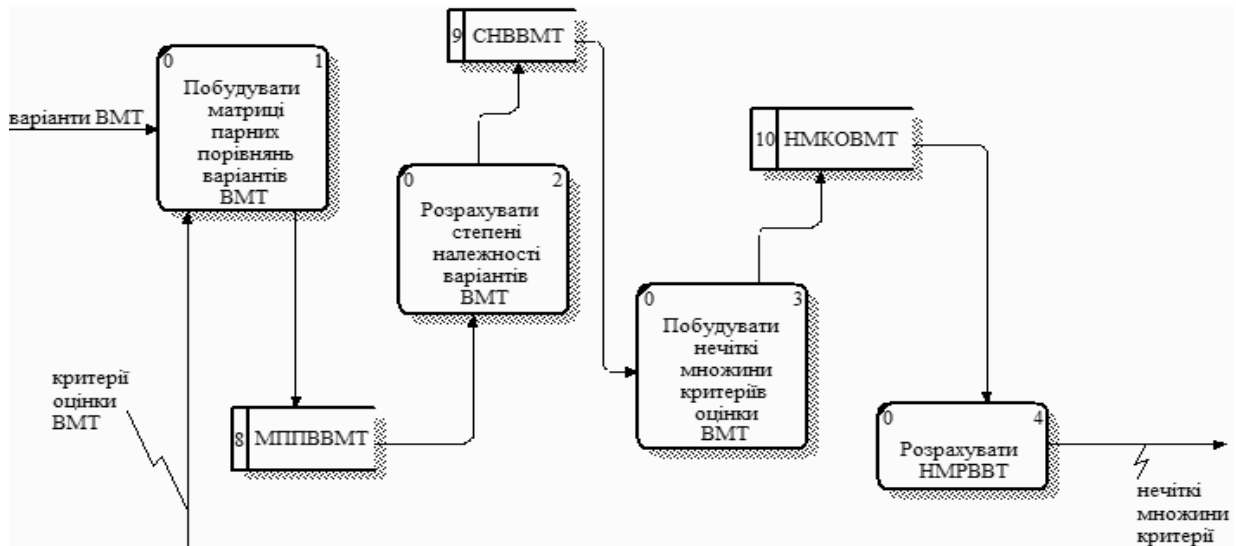


Рис. 5. Діаграма декомпозиції 2-го рівня побудови НБАВ вільних міських територій

Таблиця 3

Пояснення скорочень

№ з/п	Скорочення	Пояснення
1	ВМТ	Вільні міські території
2	БД_ФХВМТ	База даних факторних характеристик ВМТ
3	БД_ПЖБ	База даних проектів житлових будинків
4	ФХВМТзІтА	Факторні характеристики ВМТ за інсоляцією та аерацією
5	НМРВВМТ	Нечітка множина рішень варіантів ВМТ
6	МППВВМТ	Матриці парних порівнянь варіантів ВМТ
7	СНВВМТ	Степені належності варіантів ВМТ
8	НМКОВМТ	Нечіткі множини критеріїв оцінки ВМТ

Таблиця 4

Характеристики територій за впливом аерації та інсоляції

Назва території	Фактор впливу	
	Інсоляція	Аерація
Територія 1	-	-
Територія 2	-	+
Територія 3	+	-
Територія 4	+	+

У табл. 4 знак "+" означає, що попередній проект будинку необхідно змінити через вплив відповідного фактору.

Опис процесів, що використовуються на діаграмі декомпозиції 2-го рівня (рис. 5), формули, що використовуються для виконання цих процесів, а також результат, що їм відповідає:

1. Побудувати матриці парних порівнянь варіантів ВМТ

$$A = \begin{matrix} & t_1 & t_2 & \dots & t_4 \\ t_1 & a_{11} & a_{12} & \dots & a_{14} \\ t_2 & a_{21} & a_{22} & \dots & a_{24} \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ t_4 & a_{41} & a_{42} & \dots & a_{44} \end{matrix} \quad (1)$$

Результат представлений на рис. 6, 7.

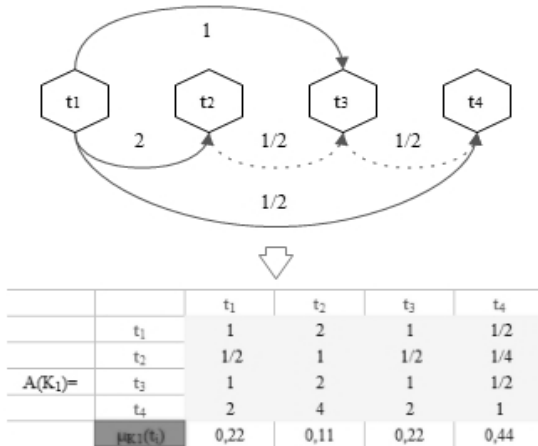


Рис. 6. Матриця парних порівнянь варіантів вільних міських територій за критерієм відстань до наземного транспорту за погоджених думок експертів

1. Розрахувати степені належності варіантів ВМТ

$$\mu_{Kj}(t_i) = \frac{1}{a_{1i} + a_{2i} + \dots + a_{ni}} \quad (2)$$

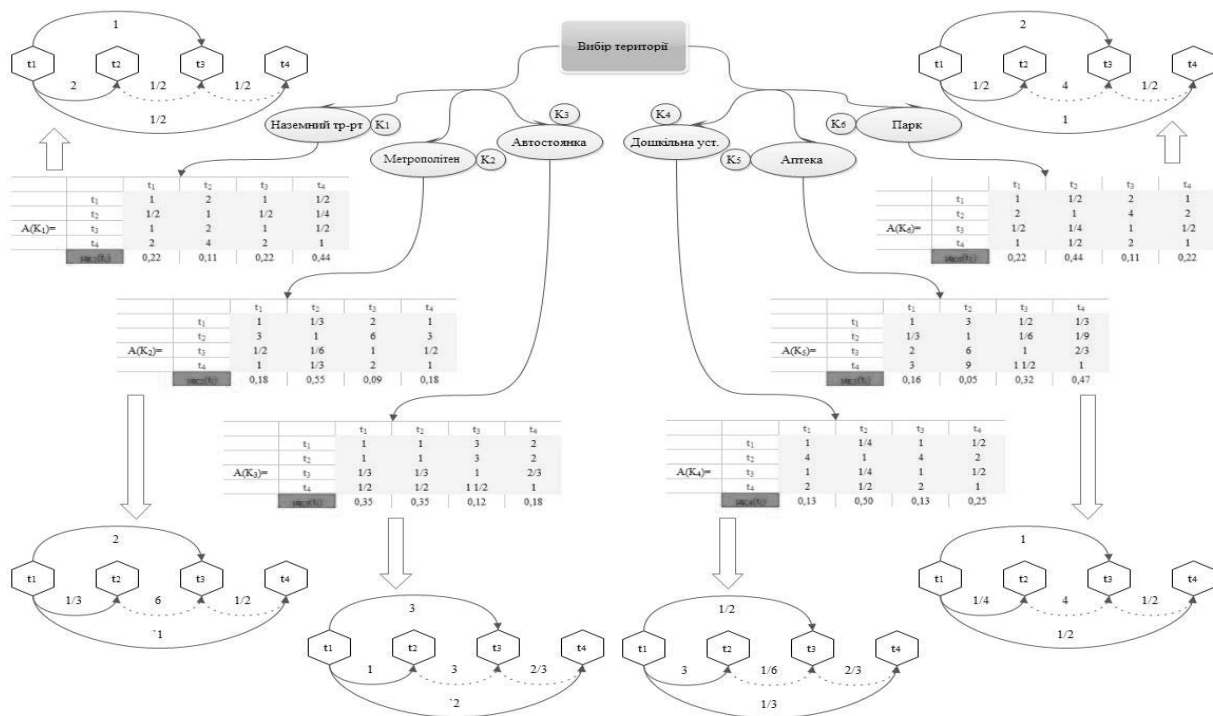


Рис. 7. Матриці парних порівнянь вільних міських територій за усіма шістьма критеріями оцінки за погоджених думок експертів

Результат представлений на рис. 6, 7.

2. Побудувати нечіткі множини критеріїв оцінки ВМТ

$$\tilde{K}_i = \left\{ \frac{\mu_{K_i}(t_1)}{t_1}, \frac{\mu_{K_i}(t_2)}{t_2}, \dots, \frac{\mu_{K_i}(t_n)}{t_n} \right\} \quad (3)$$

Результат представлений на рис. 8.

3. Розрахувати НМРВВМТ

$$\tilde{D} = \left\{ \frac{\min_{i=1,m} \mu_{K_i}(t_1)}{t_1}, \dots, \frac{\min_{i=1,m} \mu_{K_i}(t_n)}{t_n} \right\} \quad (4)$$

Результат представлений на рис. 9.

Всі процеси, що використовуються на діаграмі декомпозиції 2-го рівня було виконано в середовищі Microsoft Excel 2003 [7,8].

$\mu_{K_i}(t_j)$ - число в діапазоні $[0, 1]$, що характеризує рівень оцінки варіанту $t_j \in t$ за критерієм $K_i \in K$. Відповідно, чим більше число $\mu_{K_i}(t_j)$, тим вище оцінка варіанту t_j за критерієм K_i , $i = \overline{1, m}$, $j = \overline{1, n}$. Тоді критерій K_i можна представити у вигляді нечіткої множини $\tilde{K}_i$ на універсальній множині варіантів t (у формулі 3).

		t_1	t_2	t_3	t_4	
	t_1	1	2	1	1/2	
	t_2	1/2	1	1/2	1/4	
$A(K_1)=$	t_3	1	2	1	1/2	
	t_4	2	4	2	1	
	$\mu_{K_1}(t_i)$	0,22	0,11	0,22	0,44	
	{-----}					
$\hat{K}_1=$	{	0,22	0,11	0,22	0,44	}
		t_1	t_2	t_3	t_4	

Рис. 8. Побудова нечіткої множини для критерію оцінки вільної міської території "Наземний тр-рт"

$\tilde{K}_1 =$	{	0,22	0,11	0,22	0,44	}
		t_1	t_2	t_3	t_4	
$\tilde{K}_2 =$	{	0,18	0,55	0,09	0,18	}
		t_1	t_2	t_3	t_4	
$\tilde{K}_3 =$	{	0,35	0,35	0,12	0,18	}
		t_1	t_2	t_3	t_4	
$\tilde{K}_4 =$	{	0,13	0,50	0,13	0,25	}
		t_1	t_2	t_3	t_4	
$\tilde{K}_5 =$	{	0,16	0,05	0,32	0,47	}
		t_1	t_2	t_3	t_4	
$\tilde{K}_6 =$	{	0,22	0,44	0,11	0,22	}
		t_1	t_2	t_3	t_4	
		min				
		0,13	0,05	0,09	0,18	
		t_1	t_2	t_3	t_4	
$\tilde{D} =$	{	0,13	0,05	0,09	0,18	}
		t_1	t_2	t_3	t_4	

Рис. 9. Побудова нечіткої множини рішень варіантів вільних міських територій

Степені приналежності нечіткої множини знаходяться за допомогою методу побудови функцій приналежності на основі парних порівнянь (у формулі 1). Рівень переваги елементу t_i над t_j (a_{ij}) визначається за дев'ятибальною шкалою Сааті [9]:

1 - якщо відсутня перевага елементу t_i над елементом t_j ;

3 - якщо є слабка перевага t_i над t_j ;

5 - якщо є суттєва перевага t_i над t_j ;

7 - якщо є явна перевага t_i над t_j ;

9 - якщо є абсолютна перевага t_i над t_j ;

2, 4, 6, 8 - проміжні порівняльні оцінки (майже).

За погоджених думок експертів матриця парних порівнянь має наступні властивості [1,2]:

- вона діагональна, тобто $a_{ij} = 1, i = 1..n$;

- вона обернено симетрична, тобто елементи, що симетричні відносно головної діагоналі, пов'язані залежністю

$$a_{ij} = \frac{1}{a_{ji}}, i, j = 1..n;$$

- вона транзитивна, тобто $a_{ik} \cdot a_{kj} = a_{ij}, i, j, k = 1..n$.

Побудова матриць парних порівнянь за погоджених думок експертів здійснювалась за схемою, що представлена на рис. 6. Крім того, у формулі 2 були розраховані степені належності варіантів, що представлені на рис. 6, 7.

На рис. 8-10 представлені результати виконання процесів, що використовуються на діаграмі декомпозиції 2-го рівня.

Відповідно з отриманою нечіткою множиною $\tilde{D}$ (рис. 9), найкращим варіантом треба вважати той, для якого ступінь приналежності є найбільшою [10]. Результат представлений на рис. 10.

$\tilde{D} =$	{	0,13	0,05	0,09	0,18	}
		t_1	t_2	t_3	t_4	
		max				
						
		Найкращий варіант: 0,18 t_4				

Рис. 10. Отримання найкращого варіанту вільної міської території

У результаті отримано рішення, яке показує, що варіант t_4 найкращий. Крім того, можна зробити наступні висновки:

- між варіантами t_4 та t_1 є слабка перевага;

- між варіантами t_1 та t_3 є слабка перевага;

- між варіантами t_4 та t_3 є суттєва перевага;
- між варіантами t_2 та t_3 є слабка перевага;
- між варіантами t_4 та t_2 є явна перевага.

Графік порівняння варіантів вільних міських територій (t_1, t_2, t_3, t_4) з врахуванням важливості критеріїв ($K_1, K_2, K_3, K_4, K_5, K_6$) [11, 12], а також дані, які необхідні для його побудови представлено на рис. 11.

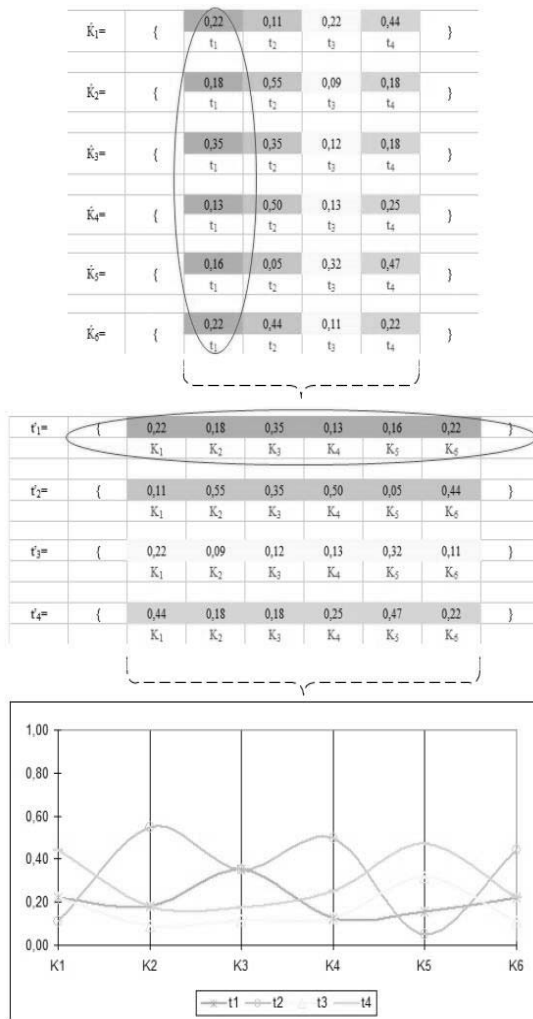


Рис. 11. Графік порівняння варіантів вільних міських територій з врахуванням важливості критеріїв

Тобто, для побудови графіку (рис.11) необхідно побудувати нечіткі множини, що показують наскільки повно варіанти вільних міських територій (t_1, t_2, t_3, t_4) задовольняють критеріям ($K_1, K_2, K_3, K_4, K_5, K_6$) [8].

Висновок. Отримані ранжовані

варіанти вільних міських територій за методом нечіткого багатокритеріального аналізу. Але найкращим варіантом була обрана та територія, яка відчуває на собі вплив і аерації, і інсоляції. Тобто забудовнику доведеться змінювати попередній проект будинку.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ:

1. Штовба С.Д. Проектирование нечетких систем средствами MATLAB [Текст] / С.Д. Штовба. - М.: Горячая линия - Телеком, 2007. - 288 с.
2. Многокритериальный выбор бренд-проекта с помощью нечетких парных сравнений альтернатив [Текст] / А.П. Ротштейн, С.Д. Штовба, Е.В. Штовба // Управление проектами и программами. - 2006. - №02(06). - С. 138 - 136.
3. Штовба С.Д. Введение в теорию нечетких множеств и нечеткую логику [Електронний ресурс]. - Режим доступу: <http://matlab.exponenta.ru/fuzzylogic/book1/index.php>
4. Разработка функциональной модели. - [Електронний ресурс]. - Режим доступу: http://edu.dvgups.ru/METDOC/GDTRAN/YAT/ITIS/PROEK_INF_SIS/METOD/UMK_DO/frame/UMK_DO/M3/L6.HTM.
5. Калянов Г.Н. CASE-технологии. Консалтинг в автоматизации бизнес-процессов [Текст] / Г.Н. Калянов. - М.: Горячая линия - Телеком, 2000. - 320 с.
6. Сафонова Л.А. Методы и инструменты принятия решений [Текст] / Л.А. Сафонова, Г.Н. Смоловик. - Новосибирск, 2012 - 298 с.
7. Саати Т. Принятие решений. Метод анализа иерархий [Текст] / пер. с. англ. / Т.Саати. - М.: Радио и связь, 1993. - 278 с.
8. Ротштейн А.П. Нечеткий многокритериальный анализ вариантов с применением парных сравнений [Текст] / А.П. Ротштейн, С.Д. Штовба // Известия академии наук. Теория и системы управления. - 2001. - №3. - С. 150 - 154.
9. Лещинский Б.С. Нечеткий многокритериальный выбор объектов недвижимости [Текст] / Б.С. Лещинский //

Экономические науки. - 2003. - С. 116 - 119.

10. Валентюк М.Р. Анализ вариантов структур для автоматизации подсистемы хранения гидрометеорологических данных [Текст] / М.Р. Валентюк // Автоматизація процесів та управління. - 2009. - №95. - С. 146 - 150.

11. Методика выбора оптимального схемного решения в нечетких условиях на основе многокритериального анализа вариантов при равновесных и неравновесных критериях [Текст] / М.М. Жилейкин, Калимулин М.Р., Мирошниченко А.В. // Наука и образование. - 2012. - №12. - С. 107 - 118.

12. Гигиенические требования к инсоляции и солнцезащите помещений жилых и общественных зданий и территорий. СанПиН 2.2.1/2.1.1.1076-01. - [Чинний від 2002-02-01]. - М.: Минюст РФ, 2001. - 8 с.

13. Руководство по оценке и регулированию ветрового режима жилой застройки. [Чинний від 1986]. - М.: Стройиздат, 1986. - 60 с.

АННОТАЦИЯ

Рассмотрен метод Беллмана-Заде (нечеткий многокритериальный анализ) для свободных городских территорий. Городские территории характеризуются достаточно большим количеством факторов, влияющих на их выбор для нужд жилищного строительства. Кроме того, соответствующие факторы зачастую трудно представить в конкретном математическом виде. И чтобы их можно было применять для анализа городских территорий и был выбран метод нечеткого многокритериального анализа. В качестве вариантов выбраны свободные городские территории по влиянию

аэрации и инсоляции. Процесс выполнения метода Беллмана-Заде представлен с помощью диаграммы потоков данных (DFD). Сам анализ выполнен в среде MS Excel 2003. Результатом является выбор наилучшего территории из всех рассмотренных вариантов и интерпретация преимущества данного варианта по всех рассмотренных свободных городских территорий.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: метод Беллмана-Заде, нечеткое множество, степень принадлежности, балльная шкала Saati.

ANNOTATION

The method of Bellman-Zadeh (fuzzy multi-criteria analysis) for free urban areas. Urban areas are characterized by a considerable number of factors influencing their selection for the needs of housing construction. As the chief was chosen as the distance factor. That is, the distance from home before other objects of civil, commercial, green building. Furthermore, the relevant factors are often difficult to represent in a particular mathematical form. And so they can be used for the analysis of urban areas and was elected a method of fuzzy multi-criteria analysis. As options selected available urban areas on the influence of aeration and sun exposure. The method's execution of Bellman-Zadeh represented using data flow diagrams (DFD). The analysis itself is performed in MS Excel 2003. The result is a selection of the best site out of all the options considered, and interpretation benefits of this option relative to all other considered free of urban areas.

KEYWORDS: method of Bellman-Zadeh, fuzzy set, the degree of belonging, ball scale Saati.