

УДК 711.1:510.532

### ВИКОРИСТАННЯ МЕТОДУ АНАЛІЗУ ІЄРАРХІЙ ДЛЯ ВИРШЕННЯ ЗАВДАНЬ ПЛАНУВАЛЬНОЇ ОРГАНІЗАЦІЇ ТЕРИТОРІЇ МІСТА

**В. І. Козарь, Л. М. Козарь**

Кременчуцький національний університет імені Михайла Остроградського  
вул. Першотравнева, 20, 39600, м. Кременчук, Україна. E-mail: [kozar@sat.poltava.ua](mailto:kozar@sat.poltava.ua)

**Т. М. Ільченко**

Полтавський національний технічний університет імені Юрія Кондратюка  
пр-т Першотравневий, 24, 36000, м. Полтава, Україна. E-mail: [k34@pntu.edu.ua](mailto:k34@pntu.edu.ua)

Розглянута процедура вибору найбільш оптимального варіанту використання території при застосуванні методу аналізу ієрархій. Апробація методики підтвердила можливість її застосування при складанні схем функціонального зонування населених пунктів.

**Ключові слова:** планувальна організація території, функціональне зонування, метод аналізу ієрархій.

### USING ANALYSIS METHOD OF HIERARCHIES FOR DECISION OF TASKS OF A PLAN ORGANIZATION OF CITY TERRITORY

**V. Kozar, L. Kozar**

Kremenchuk Mykhailo Ostrohradskyi National University  
vul. Pershotravneva, 20, 39600, Kremenchuk, Ukraine. E-mail: [kozar@sat.poltava.ua](mailto:kozar@sat.poltava.ua)

**T. Pchenko**

Juriy Kondratyuk National Technical University of Poltava  
prosp. Pershotravnevyyi, 24, 36000, Poltava, Ukraine. E-mail: [k34@pntu.edu.ua](mailto:k34@pntu.edu.ua)

Procedure of choice of the most optimum variant of the territory is considered with the using of analysis method of hierarchies. Approbation techniques confirmed the possibility of its application in the preparation of functional zoning scheme settlements.

**Key words:** plan organization of territory, functional zoning, analysis method of hierarchies.

### ИСПОЛЬЗОВАНИЕ МЕТОДА АНАЛИЗА ИЕРАРХИЙ ДЛЯ РЕШЕНИЯ ЗАДАЧ ПЛАНИРОВОЧНОЙ ОРГАНИЗАЦИИ ТЕРРИТОРИИ ГОРОДА

**В. И. Козарь, Л. Н. Козарь**

Кременчугский национальный университет имени Михаила Остроградского  
ул. Первомайская, 20, 39600, г. Кременчуг, Украина. E-mail: [kozar@sat.poltava.ua](mailto:kozar@sat.poltava.ua)

**Т. Н. Ильченко**

Полтавский национальный технический университет имени Юрия Кондратюка  
пр-т Первомайский, 24, 36000, г. Полтава, Украина. E-mail: [k34@pntu.edu.ua](mailto:k34@pntu.edu.ua)

Рассмотрена процедура выбора наиболее оптимального варианта использования территории при использовании метода анализа иерархий. Апробация методики подтвердила возможность ее применения при составлении схем функционального зонирования населенных пунктов.

**Ключевые слова:** планировочная организация территории, функциональное зонирование, метод анализа иерархий.

**АКТУАЛЬНІСТЬ РОБОТИ.** Планувальна організація території – це раціональне просторове поєднання функціонально-територіальних елементів, які об'єднуються структурами управління з метою створення і підтримання повноцінного середовища проживання людини. Об'єктами планувальної організації території є просторові соціально-економічні системи різних ієрархічних рівнів [1]: країна в цілому (глобальний рівень); автономна Республіка Крим, область або група областей (регіональний рівень); внутрішньообласні райони (субрегіональний рівень); міські та сільські поселення (локальний рівень).

Особлива увага приділяється раціональному територіальному розвитку міст як важливому засобу формування сприятливого міського середовища та ефективного використання природних ресурсів, забезпечення сталого розвитку інфраструктури населених пунктів. Процес регулювання використання території населеного пункту полягає у створенні та

впровадженні містобудівної документації, ухваленні та реалізації відповідних рішень [2]. Основними видами містобудівної документації для населених пунктів є схема генерального плану, генеральний план, проект детального планування населеного пункту або його частини, проект меж, план червоних ліній, проекти зонування, забудови, розподілу території та ін.

Населений пункт є складною системою, формування якої залежить від багатьох чинників. Вибір містобудівних рішень пов'язаний зі складною багатоступінчастою системою критеріїв, із порівнянням часто кількісно не сумірних факторів, із невизначеністю прогнозних ситуацій. Крім цього, вибір рішення залежить від проектувальника, тобто є суб'єктивним. Це обумовлює необхідність сполучення наукових і емпіричних (експертних) методів прийняття рішень та розробки методів обґрунтування містобудівних рішень.

Дослідження як вітчизняних, так і зарубіжних фахівців проводились за різними напрямками, які відрізняються метою вивчення проблем, моделями та методами їх вирішення. Серед них можна виділити дослідження проблем стратегічного планування та розвитку міст (В. Агафонов, С. Аніміц, М. Дьомін, В. Іноземцев, В. Лаженцев, Л. Шепотько, Я. Хмілевські, Г. Колодко); методології системного та структурного аналізу, моделювання управління розвитком містобудівних систем (Ю. Нагірний, Ю. Білоконь, О. Гутнов, Є. Ключніченко, К. Лінч, І. Смоляр); загальної методології містобудівної науки (М. Дьомін, Г. Лаврик, І. Смоляр, З. Яргіна); взаємодії людини і навколишнього середовища (Д. Барановський, М. Гродзинський, К. Кондратьєв, М. Немченко, І. Фашевський); еколого-містобудівної оцінки умов розвитку територій (А. Большаков, В. Вадімов, В. Зарецький, Т. Панченко, І. Устінова); теорії та практики містобудування і планування систем розселення (Ю. Білоконь, В. Владіміров, В. Тімохін, Є. Ключніченко, О. Кудрявцев, М. Кушніренко, Б. Павлишин, Ю. Пітюренко, І. Фомін, Б. Хорєв, К. Шешельгіс); ландшафтознавства та ландшафтної архітектури (А. Белкін, А. Вергунов, В. Владіміров, Л. Зелеська, О. Мікуліна, В. Машенко, В. Пашенко, Х. Пойкер, В. Преображенський, Д. Саймондс) та ін.

Проведені дослідження дозволили розробити принципи використання сучасних методів для вдосконалення процедур управління розвитком населених пунктів і прийняття обґрунтованих проектних рішень щодо ефективної організації їх території. Значний обсяг робіт виконано в області застосування методів імітаційного моделювання на базі системного підходу до вирішення проблем організації території населених пунктів.

Багато публікацій присвячені методам передпроектного аналізу територій (С. Кабакова, С. Сосновський, В. Крогіус, Ю. Бочаров, Т. Устенко, І. Конторович, О. Розенфельд, С. Куць, С. Куць, А. Оситнянко). На сьогоднішній день розроблено багато методів оцінки як комбінованих, так і вузьконаправлених (оцінка демографічної ємності району, оцінка соціально-виробничого потенціалу, аналіз рельєфу, оцінка стану оточуючого середовища, комплексна оцінка території тощо).

Більшість методів як цільову функцію використовує мінімум приведених витрат. До цих витрат належать, в основному, витрати на освоєння будівельного майданчика (інженерна підготовка, компенсація сільськогосподарських угідь); влаштування інженерних комунікацій (водо-, газо- і електропостачання, каналізації, транспортних та ін.); залучення робочих кадрів; вартість експлуатації житлових будинків, усіх споруд міського господарства та інженерних мереж, установ культурно-побутового обслуговування населення та ін. Такий підхід не дозволяє комплексно врахувати всі фактори, що визначають вибір найбільш раціонального використання території. Таким чином, питання розробки методик обґрунтування оптимального режиму використання територіальних

ресурсів населених пунктів залишаються актуальними.

Метою роботи є розробка методики обґрунтування вибору найбільш оптимального варіанту використання території населеного пункту на основі ієрархії природних і антропогенних факторів із погляду їх сприятливості для умов проживання населення і основних видів господарської діяльності, а також апробація методики на полігонній ділянці м. Кременчука.

**МАТЕРІАЛ І РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕНЬ.** Як було сказано вище, населений пункт є складною системою. Методологія системного аналізу має у своєму арсеналі досить великий набір методів. Одним із них є метод аналізу ієрархій [2]. Він успішно використовувався для вирішення різноманітних практичних завдань і, зокрема, завдань багатокритеріальної оптимізації, що виникають при аналізі організації виробництва, вирішенні екологічних проблем, плануванні випуску продукції, розвитку галузей промисловості, окремих підприємств [3, 4].

Метод аналізу ієрархій (МАІ) дозволяє застосувати об'єктивні математичні методи для обробки суб'єктивних переваг індивідуумів або їх груп у заданих ухваленні рішень. Методологія МАІ полягає в побудові ієрархії з подальшим формуванням суджень на основі парних порівнянь елементів за загальними для них критеріями або властивостями. У результаті отримують шкали відношень, з яких потім синтезується узагальнена за всією структурою шкала для вибору кращої альтернативи. У найбільш елементарному виді ієрархія будується з вершини (мета), через проміжні рівні (критерії, від яких залежать наступні рівні) до самого нижнього рівня (який звичайно є переліком альтернатив) [3].

Традиційно МАІ використовується для завдань ранжирування або вибору кращих альтернатив шляхом обчислення пріоритетів альтернатив і критеріїв. Зазвичай вибір критеріїв є прерогативою особи, що приймає рішення (ОПР), при цьому критерії можуть вимірюватися в різних шкалах, прикладами яких є шкали для вимірювання ваги і відстані. Крім того, у завданнях приймання рішень можуть зустрічатися критерії, для яких відсутні шкали вимірів. Виміри в різних шкалах не можна просто об'єднати або скласти. Тому в МАІ спочатку обчислюються пріоритети критеріїв у термінах важливості, яка характеризує їх внесок в головну мету, потім пріоритети альтернатив, що показують міру відповідності альтернатив вимогам критеріїв. Ці пріоритети отримуються з матриць парних порівнянь, заповнених судженнями або відношеннями реальних вимірів, якщо такі є. Процес упорядкування об'єктів відповідно до пріоритетів дозволяє вирішити проблему, пов'язану із застосуванням різних типів шкал, шляхом визначення значущості об'єктів у системі цінностей ОПР. Завершальною стадією МАІ є синтез узагальнених (глобальних) пріоритетів альтернатив, що характеризують їх внесок у головну мету, розташовану на вершині ієрархії. Синтез включає операції множення і складання, які можна застосовувати не лише до пріоритетів, але й до реальних вимірів властивостей альтернатив, якщо вони належать одній шкалі [3].

Таким чином, МАІ дозволяє звести проблему багатокритеріальної оптимізації до одновимірного завдання і може успішно застосовуватись для вирішення завдань планувальної організації території населених пунктів.

Перший етап застосування МАІ полягає у декомпозиції та поданні проблеми у вигляді ієрархії (рис. 1). З позицій землеустрою найважливішим результатом планувальної організації території населеного пункту є її функціональне зонування, яке передбачає виділення основних функціональних зон та раціональне їх взаємне розміщення, тобто, на першому (верхньому) рівні ієрархії можна розташувати основну мету – вибір найбільш оптимального варіанта використання цієї чи іншої території.

Можливе використання території визначається комплексом обмежень, умов і вимог: природних, санітарно-гігієнічних, економічних, функціональних та архітектурно-планувальних. На основі аналізу нормативної та науково-технічної літератури було сформовано систему факторів, які мають найбільший вплив на формування території населеного пункту. Всі фактори було розділено на дві групи (природні й антропогенні), які знаходяться на другому рівні ієрархії. На третьому рівні знаходяться три підгрупи природних і шість підгруп антропогенних факторів, а на четвертому – 31 фактор чи критерій, кожен з яких робить певний внесок в загальну мету (рис. 1).

На нижньому (п'ятому) рівні (рис. 1) знаходяться можливі варіанти використання території, визначені за нормативно-методичними літературними джерелами [5, 6]: землі с/г призначення; території садибної забудови; території багатоквартирної забудови; території громадської забудови; озеленені території загального користування, в тому числі рекреаційного призначення; озеленені території спеціального користування, в тому числі заповідного, оздоровчого призначення; землі історико-культурного призначення; землі водного фонду; землі розміщення об'єктів промисловості, зв'язку, енергетики, оборони; землі розміщення об'єктів наукового та наукововиробничого призначення; землі розміщення об'єктів зовнішнього транспорту; землі розміщення об'єктів комунально-складського господарства; землі запасу та резервні землі. Основним завданням виконаних побудов є отримання пріоритетів елементів останнього рівня, що найкраще відображають відносний вплив на вершину ієрархії.

На наступному етапі для визначення впливу (ваги) факторів (елементи четвертого рівня) на спільну для них характеристику (елементи третього рівня) було виконане їх попарне порівняння. Оцінка відносно важливості факторів виконувалась за 9-бальною шкалою, ефективність і правомочність якої порівняно з іншими шкалами доведена теоретично [2, 3]. За результатами порівнянь було складено дев'ять матриць попарних порівнянь для четвертого рівня. Всі матриці квадратні і обернено симетричні. Наприклад, матриця порівняння факторів планувальної підгрупи має вигляд, наведений у табл. 1.

Аналогічно були побудовані матриці для наступних (третього й другого) рівнів ієрархії.

Після цього виконана математична обробка

отриманих суджень: визначені власні вектори кожної матриці; шляхом нормалізації власних векторів розраховані вектори пріоритетів; проведена перевірка узгодженості матриць (для кожної матриці визначено індекс і відношення узгодженості); визначенні пріоритети критеріїв у термінах важливості, яка характеризує їх внесок у головну мету (шляхом множення компонентів нормалізованих векторів елементів нижчого рівня на компоненти нормалізованих векторів відповідних елементів вищого рівня, які ними направляються).

Таблиця 1 – Матриця порівняння факторів планувальної підгрупи

Планувальні фактори	Віддаленість від центру міста	Віддаленість від місць прикладення праці	Віддаленість від закладів побутового обслуговування	Віддаленість від зупинок транспорту
Віддаленість від центру міста	1	4	3	3
Віддаленість від місць прикладення праці	1/4	1	1/2	1/2
Віддаленість від закладів побутового обслуговування	1/3	2	1	1
Віддаленість від зупинок транспорту	1/3	2	1	1

У результаті було отримано вектор складених пріоритетів, який може бути застосований для оцінки того чи іншого варіанту використання території (табл. 2).

Подальша процедура вибору найбільш оптимального варіанту функціонального використання території передбачає:

- аналіз природно-планувальних особливостей території населеного пункту як просторової бази;
- виділення земельно-оціночних одиниць, що характеризуються відносною однорідністю факторів, визначених в ієрархії;
- попарні порівняння для п'ятого рівня ієрархії, що ілюструють порівнянню ефективність варіанту функціонального використання території відносно до критеріїв четвертого рівня (для кожного району складається 31 матриця розміром 13×13);
- визначення власних і нормалізованих векторів матриць з перевіркою їх узгодженості;
- складання результуючої матриці (розміром 13×31), у якій стовпчики відображають відносну важливість альтернатив за одним фактором, а рядки – відносну важливість факторів для однієї альтернативи;
- синтез отриманих пріоритетів шляхом множення результуючої матриці на вектор складених пріоритетів.

Результатом буде вектор глобальних пріоритетів усіх 13 альтернатив. Більш оптимальним є варіант функціонального використання, який має більше значення пріоритету.





Таблиця 2 – Вектор складених пріоритетів

Фактор	Пріоритет
Існуючі об'єкти	0,010
Цінність природних умов	0,040
Величина схилу	0,006
Експозиція схилу	0,002
Затопленість	0,011
Ґрунти	0,017
Наявність корисних копалин	0,066
Небезпечні геологічні процеси	0,040
Сейсмічність	0,008
Стан існуючої вулично-дорожньої мережі	0,010
Пропускна здатність існуючої вулично-дорожньої мережі	0,004
Зовнішні транспортні зв'язки	0,003
Інженерна інфраструктура	0,021
Наявність незайнятого резерву	0,007
Потреби галузей господарства	0,041
Фінанси	0,016
Потреби житла	0,012
Потреби в соціальній інфраструктурі	0,005
Історико-культурна або архітектурна цінність	0,047
Екологічна забрудненість	0,130
Необхідність озеленення	0,033
Санітарно-захисні зони	0,065
Водоохоронні території та прибережні смуги	0,130
Від центру міста	0,055
Від місць прикладення праці	0,011
Від закладів соціально-побутового обслуговування	0,020
Від зупинок міського та міжміського транспорту	0,020
Забезпечення реалізації політики органів місцевого самоврядування	0,041
Забезпечення реалізації державної політики	0,096
Врачування громадської думки	0,024
Врачування приватних інтересів	0,009

Апробація описаної методики була проведена на полігонній ділянці м. Кременчука. При цьому використано дані земельно-оціночної структуризації території м. Кременчука, виконаної при грошовій оцінці земель міста. Вибрана ділянка обмежена вулицями Московська, Київська, 60-річчя Жовтня, Країна, Бетонна та річкою Крива Руда. За відносною однорідністю факторів, визначених в ієрархії, на ділянці виділено сім оціночних районів (рис. 2).

Для кожного району було проведено порівняння варіантів функціонального використання за 31 фактором, визначені власні і нормалізовані вектори, складено результуючу матрицю, виконано синтез отриманих пріоритетів і сформовано вектор пріоритетів. Результати розрахунків наведено у табл. 3.

Порівняння рекомендованого та фактичного функціонального використання території полігонної ділянки показало, що для деяких оціночних районів вони збігаються (райони 2, 5, 7 і частково райони 1 і 3), а для деяких оптимальним є інше функціональне використання. Результати порівняння наведені у табл. 4.



Рисунок 2 – Районування території полігонної ділянки

Таблиця 3 – Результати обчислення пріоритетів функціонального використання оціночних районів

Варіанти функціонального використання	Пріоритети варіантів функціонального використання оціночних районів						
	№1	№2	№3	№4	№5	№6	№7
Землі с/г призначення	0,053	0,052	0,044	0,053	0,053	0,054	0,051
Території садибної забудови	0,079	0,069	0,060	0,077	0,082	0,083	0,083
Території багатоквартирної забудови	0,096	0,067	0,058	0,068	<b>0,118</b>	<b>0,121</b>	<b>0,110</b>
Території громадської забудови	<b>0,118</b>	0,072	0,061	0,072	0,097	0,096	0,094
Озеленені території загального користування	0,094	0,130	0,118	0,127	0,094	0,094	0,095
Озеленені території спеціального призначення	0,111	<b>0,150</b>	0,147	<b>0,145</b>	0,103	0,100	0,106
Землі історико-культурного призначення	0,070	0,091	0,077	0,084	0,078	0,076	0,072
Землі водного фонду	0,059	0,072	<b>0,165</b>	0,061	0,063	0,062	0,061
Об'єкти промисловості, зв'язку, енергетики, оборони	0,062	0,059	0,054	0,060	0,066	0,066	0,068
Об'єкти наукового та науково-виробничого призначення	0,067	0,063	0,060	0,067	0,065	0,065	0,066
Об'єкти зовнішнього транспорту	0,056	0,054	0,047	0,055	0,056	0,057	0,056
Об'єкти комунально-складського господарства	0,068	0,058	0,056	0,066	0,063	0,064	0,072
Землі запасу та резервні землі	0,067	0,063	0,053	0,065	0,060	0,062	0,066

Таблиця 4 – Порівняння фактичного та рекомендованого використання території

№ району	Фактичне використання	Оптимальне використання	Збіг
1	Території житлової багатоповерхової та громадської забудови	Території громадської забудови	+/-
2	Озеленені території загального користування	Озеленені території спеціального чи загального користування	+
3	Землі водного фонду та садибної забудови	Землі водного фонду	+/-
4	Території садибної забудови	Озеленені території спеціального чи загального користування	-
5	Території багатоповерхової та громадської забудови	Території багатоквартирної забудови	+
6	Промислово-виробничий район	Території багатоквартирної забудови	-
7	Території перспективного розвитку житлової забудови	Території багатоквартирної забудови	+

ВИСНОВКИ. Запропонована методика вибору найбільш оптимального варіанту використання території на основі ієрархічного подання факторів дозволяє приймати обґрунтовані проектні рішення при розробці містобудівної документації. Апробація методики підтвердила можливість її застосування при складанні схем функціонального зонування населених пунктів. Запропоноване ієрархічне подання проблеми вибору оптимального варіанта використання території містить, на думку авторів, найбільш вагомі фактори, але може коригуватися залежно від соціально-економічних умов конкретного населеного пункту.

#### ЛІТЕРАТУРА

1. Містобудування. Довідник проектувальника / За ред. Т.Ф. Панченко. – К.: Укрархбудінформ, 2001. – 192 с.
2. Саати Т. Принятие решений. Метод анализа иерархий. – М.: «Радио и связь», 1993. – 278 с.
3. Саати Т., Кернс К. Аналитическое планирование. Организация систем / Пер. с англ. – М.: Радио и связь, 1991. – 224 с.
4. Саати Томас Л. Принятие решений при зависимостях и обратных связях: Аналитические сети / Пер. с англ. – М.: Издательство ЛКИ, 2008. – 360 с.
5. Постанова Кабінету Міністрів України "Про затвердження порядку складання плану земельно-господарського устрою території населеного пункту" від 22.02.2008 № 79.

6. ДБН 360-92\*\*. Містобудування. Планування і забудова міських і сільських поселень. – К.: Укрархбудінформ, 2002. – 92 с.

#### REFERENCES

1. Town planning. Reference proektirovshchika / Ed. T.F. Panchenko. – K.: Ukrarhstroyinform, 2001. – 192 p. [in Ukrainian].
2. Saaty T. Decision-making. The method of analysis of hierarchies. – M.: Radio and Communications, 1993. – 278 p. [in Russian].
3. Saaty T.C. Cairns Analytical Planning. Organization systems / Trans. from English. – M.: Radio and Communications, 1991. – 224 p. [in Russian].
4. Saaty Thomas L. Decision Making in the dependencies and feedback: The analytic network / Trans. from English. – M.: Publishing LKI, 2008. – 360 p. [in Russian].
5. Cabinet of Ministers of Ukraine "On approval of a plan of land in the Territory of the economic settlement" of 22.02.2008 № 79 [in Ukrainian].
6. DBN 360-92 \*\*. Town planning. Planning and construction of urban and selskih populations. – K.: Ukrarhstroyinform, 2002. – 92 p. [in Ukrainian].

Стаття надійшла 15.10.10  
Рекомендована до друку  
к.т.н., доц. Жорняком М.С.