

**А. В. Сохацький**, доктор технічних наук,  
завідувач кафедри транспортних систем  
та технологій Академії митної служби України  
**А. Б. Горбушина**, аспірант кафедри  
транспортних систем та технологій  
Академії митної служби України

## МЕТОДИКА ОПТИМІЗАЦІЇ РОЗМІЩЕННЯ ЛОГІСТИЧНОГО ЦЕНТРУ

*Розглянуто питання привабливості регіону для розміщення логістичного центру. Розроблено методику визначення місця розташування логістичних потужностей на основі розрахунку інтегрованої оцінки привабливості регіону, надано рекомендації щодо виду та специфіки діяльності майбутніх логістичних центрів.*

*Ключові слова: логістичний центр; кореляційний аналіз; метод аналізу ієрархії; інтегрована оцінка привабливості регіону.*

*The question of appeal of the region for placement of the logistic center is considered. The technique of determination of location of logistic capacities on the basis of calculation of the integrated assessment of appeal of the region is developed and recommendations concerning a type and specifics of activity of future logistic centers are made.*

*Key words: logistics center; correlation analysis; the method of analytic hierarchy; integrated evaluation of the attractiveness of the region.*

**Постановка проблеми.** Рациональне розміщення логістичного центру (ЛЦ) дуже важлива, проте складна проблема, що потребує розробки інтегрованих показників ефективності [1]. Під час проведення дослідження, пов'язаного з вибором оптимального місця розміщення ЛЦ, користуються різноманітними підходами, які не враховують усі критерії оцінки ефективності [2–4]. У зв'язку з цим під час визначення місця розташування логістичних об'єктів на макрорівні з великою кількістю учасників логістичного ланцюга та складно описуваними зв'язками між ними вибір місця розташування логістичних потужностей такими методами стає неефективним через багатofакторність впливів на вибір місця розміщення.

Крім того, будівництво нових логістичних центрів за відсутності єдиної методології та налагоджених методик формування транспортно-логістичної інфраструктури призводить до нерівномірного розподілу логістичних потужностей на території країни [1].

**Аналіз останніх досліджень і публікацій.** Вибір оптимального місця розміщення логістичного центру в обслуговуваному ним регіоні залежить від цілого ряду факторів. Зазвичай великі транспортно-логістичні центри розташовуються в місцях, які мають високий показник розвитку промисловості й торгівлі, чисельності населення, а також вигідне географічне положення відносно сухопутних транспортних коридорів. Крім відстаней і обсягів майбутніх перевезень, пов'язаних з роботою логістичного центру, на вибір впливають різні взаємопов'язані соціально-економічні та інфраструктурно-географічні чинники [2; 5]. Задачі даного типу належать до багатокритеріальних. Проведений аналіз наукової літератури показує, що їх розв'язування є надзвичайно складним процесом [1–7]. Для цього потрібно розробити методики з використанням інтегрованих показників, які повною мірою відображали б сутність поставленої мети [1; 8].

© А. В. Сохацький, А. Б. Горбушина, 2014

---

**Мета статті.** Розробка методики оптимізації розміщення логістичного центру на основі інтегрованої оцінки привабливості регіону та надання рекомендацій щодо виду і специфіки діяльності логістичного центру.

**Виклад основного матеріалу.** Розроблена методика передбачає добір базових факторів, які згідно з дослідженнями чи за пріоритетними напрямками діяльності ЛЦ будуть значущими для його розміщення. Пропонуємо виділити такі групи факторів:

– *соціально-економічні* (щільність населення, кількість суб'єктів ЄДРПОУ, показник валового регіонального продукту, середній дохід на душу населення, обсяг промислового виробництва, обсяг роздрібного товарообігу, експорт продукції з регіону, імпорт продукції в регіон);

– *інфраструктурно-географічні* (забезпеченість регіону автомобільними дорогами з твердим покриттям, залізничними шляхами, наявність міжнародних транспортних коридорів на території регіону);

– *чинники транспортної роботи регіону* (обсяг перевезених вантажів залізничним транспортом, обсяг перевезених вантажів автомобільним транспортом).

Оскільки базові чинники оцінюються як кількісними, так і якісними показниками, а також мають ієрархічно складну структуру, пропонуємо враховувати їх вплив на розміщення об'єктів логістичної інфраструктури з використанням “інтегрованої оцінки привабливості регіону”.

Інтегрована оцінка привабливості регіону – це показник ефективності розміщення в регіоні елементів транспортно-логістичної інфраструктури, який дає можливість урахувати вплив системи соціально-економічних, інфраструктурних, географічних і транспортних факторів [1], що є відносним показником, отже, не має залежати від розмірів території або чисельності населення регіону. Тому всі чинники конкурентоспроможності за необхідності можуть бути перетворені, наприклад приведені до відносних показників і виражені у відсотках, частках, або можуть бути введені додаткові показники, які становлять агреговані величини наявних показників [9].

Розроблена методика вибору місця розміщення логістичного центру, що ґрунтується на розрахунку інтегрованої оцінки привабливості регіону, має такі етапи.

1. Розрахунок оцінки певного чинника для  $j$ -го регіону методом статистичного аналізу паттернів і добір нових базових чинників для проведення подальших досліджень.

Метод статистичного аналізу паттернів дозволяє отримати оцінки частинних показників за допомогою співвідношення фактичних значень  $x_{ij}$  з найкращими  $x_{\max}$  [1]. Розрахунок оцінки  $j$ -го регіону за  $i$ -м фактором визначається з формули:

$$t_{ij} = \frac{x_{ij}}{x_{\max}}, \quad (1)$$

де  $x_{ij}$  – фактичне значення  $i$ -го фактора для  $j$ -го регіону,  $x_{\max}$  – найбільше значення  $i$ -го фактора,  $t_{ij}$  – оцінка  $j$ -го регіону за  $i$ -м фактором.

Слід провести первинну статистичну обробку даних для вивчення взаємозв'язків між показниками. Цей етап дозволяє виділити зв'язки і залежності між обраними показниками й за необхідності скоротити кількість змінних. Можливість редукції кількості змінних дуже важлива з урахуванням зростання складності та часових витрат на роботу алгоритму під час збільшення розмірності вхідних показників. Для визначення залежності між показниками

---

проводиться аналіз кореляційних зв'язків між ними. Для цього можемо використовувати лінійний коефіцієнт кореляції під час аналізу. Лінійний коефіцієнт кореляції – це нормована на стандартні відхилення коваріація. Якщо коефіцієнт кореляції між двома показниками свідчить про їх тісний взаємозв'язок, приймається рішення про виключення одного з показників [9].

Пропонуємо під час проведення кореляції розглядати дані базових показників у динаміці, тобто для визначення взаємозв'язків використовувати дані не одного року, а п'яти, щоб запобігти вилученню показників, які згодом можуть впливати на рівень привабливості регіону. Тобто якщо сильна кореляція певних показників наявна впродовж усіх п'яти років, такі показники пропонується вилучати, в іншому разі їх слід залишити. Таким чином, у результаті буде сформовано нові базові чинники.

## 2. Визначення вагових коефіцієнтів кожного чинника методом аналізу ієрархії.

Оскільки кожен показник по-різному впливає на вибір місць розташування логістичного центру та на ефективність його роботи в майбутньому, то на цьому етапі визначаються вагові коефіцієнти кожного фактора методом аналізу ієрархії (МАІ).

МАІ враховує багатокритеріальність і невизначеність задачі, дозволяє приймати рішення з множини альтернатив різного типу на підставі критеріїв, що виражаються як кількісними, так і якісними характеристиками.

Для встановлення пріоритетів окремих факторів у МАІ формують матрицю попарних порівнянь (табл. 1). Порядок матриці визначається кількістю показників, за якими здійснюється вибір. У табл. 1  $A_1, A_2, \dots, A_n$  – показники конкурентоспроможності регіону;  $w_1, w_2, \dots, w_n$  – відповідно їх вага. Ваговий коефіцієнт кожного фактора визначається на основі аналізу факторів попиту і вивченні закономірностей розміщення логістичних центрів [10].

Для переведення якісної інформації в числа в МАІ використовується вербально-числова шкала співвідношень, яка дозволяє розставляти певні числа відповідно до ступеня переваги одного показника над іншим. У МАІ оцінюються важливість елементів лівого стовпця матриці щодо елементів верхнього рядка. Порівнюючи дві групи показників за ступенем їх впливу на рівень якості, експерт заносить у матрицю попарних порівнянь числа від 1 до 9 (або їх обернені значення: 1, 1/3, ..., 1/9). Наприклад, якщо порівнюються два показники  $A_1$  і  $A_2$ , то в матрицю попарних порівнянь на перетині рядка  $A_1$  і стовпця  $A_2$  заносяться:

- 1, якщо  $A_1$  і  $A_2$  однаково важливі;
- 3, 5, 7, якщо  $A_1$  важливіше, ніж  $A_2$ , зазначаючи ступінь важливості  $A_1$  над  $A_2$ ;
- 9, якщо  $A_1$  за своєю значущістю перевищує  $A_2$ .

Числа 2, 4, 6, 8 заносять до матриці в разі, коли експерт не може зробити однозначний вибір однієї з альтернатив.

Потім за отриманою матрицею обчислюється вектор пріоритетів. Він розраховується для кожного рядка як середнє геометричне показників даного рядка. Отримані значення нормалізуються. Загальний вигляд матриці попарних порівнянь з розрахунковими формулами подано в табл. 1 [2].

3. Розрахунок оцінки  $j$ -го регіону з урахуванням вагових коефіцієнтів для кожної групи факторів: соціально-економічних ( $\Omega_{ек}$ ), інфраструктурно-географічних ( $\Omega_{инф}$ ), показників транспортної роботи регіону ( $\Omega_{мп}$ ) за формулою:

$$\Omega = \sum_{i=1}^n t_{ij} \times x_i, \quad (2)$$

де  $t_{ij}$  – інтегральна оцінка  $i$ -го показника кожної групи факторів для  $j$ -го регіону,  $x_i$  – ваговий коефіцієнт  $i$ -го показника.

## Загальний вигляд матриці попарних порівнянь

	$A_1$	$A_2$	$A_j$	$A_n$	Оцінки компонент власного вектора за рядком	Нормалізація результату
$A_1$	1	$w_{12}$	$w_{1j}$	$w_{1n}$	$e_1 = \sqrt[n]{w_{11} \times w_{12} \times w_{1j} \times w_{1n}}$	$x_1 = e_1 / \sum_{i=1}^n e_i$
$A_2$	$w_{21}$	1	$w_{2j}$	$w_{2n}$	$e_2 = \sqrt[n]{w_{21} \times w_{22} \times w_{2j} \times w_{2n}}$	$x_2 = e_2 / \sum_{i=1}^n e_i$
$A_i$	$w_{i1}$	$w_{i2}$	1	$w_{in}$	$e_i = \sqrt[n]{w_{i1} \times w_{i2} \times w_{ij} \times w_{in}}$	$x_i = e_i / \sum_{i=1}^n e_i$
$A_n$	$w_{n1}$	$w_{n2}$	$w_{nj}$	1	$e_n = \sqrt[n]{w_{n1} \times w_{n2} \times w_{nj} \times w_{nn}}$	$x_n = e_n / \sum_{i=1}^n e_i$

4. Визначення консолідованих коефіцієнтів кожної групи факторів  $K_{ек}$ ,  $K_{мп}$ ,  $K_{інф}$ .

Рівень привабливості регіону можна оцінити, зіставляючи оцінку конкурентоспроможності досліджуваного регіону з оцінкою конкурентоспроможності регіону-еталона. Як еталонний регіон найдоцільніше використовувати регіон (реальний або умовний), що має найкращі характеристики конкурентоспроможності.

Додамо до наявних регіонів ще два умовних  $P_{max}$  і  $P_{min}$ . Перший абсолютно найкращий, має, відповідно, максимальні оцінки за кожним  $i$ -м фактором. Регіон  $P_{min}$  абсолютно найгірший, має, відповідно, найменші оцінки з усіх показників.

Обчислюємо значення консолідованого коефіцієнта групи соціально-економічних факторів ( $K_{ек}$ ) кожного з регіонів  $P_{max}$ ,  $P_j$ ,  $P_{min}$  за формулою:

$$K_{ек, j} = 1 - \frac{|\Omega_{max} - \Omega_{ек}|}{|\Omega_{max} - \Omega_{min}|}, \quad (3)$$

де  $K_{ек, j}$  – консолідований коефіцієнт групи соціально-економічних факторів по  $j$ -му регіону,  $\Omega_{max}$ ,  $\Omega_{min}$  – відповідно, максимальне і мінімальне значення оцінки  $j$ -го регіону за даною групою факторів.

Тоді:

- для абстрактного найкращого регіону  $P_{max}$   $K_{ек} = 1$ ;
- для абстрактного найгіршого регіону  $P_{min}$   $K_{ек} = 0$ .

Аналогічно визначаються консолідовані коефіцієнти за групою факторів інфраструктурно-географічних показників ( $K_{інф}$ ) і показників транспортної роботи ( $K_{мп}$ ).

Отже, для кожного регіону маємо трійку основних оцінних коефіцієнтів  $P_j$  ( $K_{ек}$ ,  $K_{мп}$ ,  $K_{інф}$ ).

5. Визначення інтегрованої оцінки привабливості регіону.

Для ранжирування регіонів визначаємо величину  $s$ , що виступає показником інтегрованої оцінки привабливості регіону. Чим більше значення  $s$ , тим привабливіший регіон для будівництва логістичного центру.

Величина  $s$  розраховується як середня квадратична за формулою:

$$s = \sqrt{\frac{(K_{ек}^j)^2 + (K_{мп}^j)^2 + (K_{інф}^j)^2}{n}}, \quad (4)$$

де  $s$  – інтегрована оцінка привабливості регіону,  $n$  – кількість груп оцінних факторів (у нашому випадку  $n = 3$ ).

Ураховуючи, що привабливість регіону визначається на основі трьох консолідованих коефіцієнтів, які для кожного суб'єкта вносять різний вклад у загальну інтегровану оцінку привабливості, пропонуємо порівняти значення консолідованих коефіцієнтів між собою. Порівняння консолідованих коефіцієнтів дозволить виявити групу факторів за кожним суб'єктом, значення яких необхідно поліпшити з метою підвищення привабливості регіону, а також дасть змогу розробити рекомендації щодо формування ефективної транспортно-логістичної інфраструктури [1].

Матрицю угруповання регіонів за рівнем привабливості для розміщення логістичного центру під час порівняння значень консолідованих коефіцієнтів між собою подано на рис. 1.

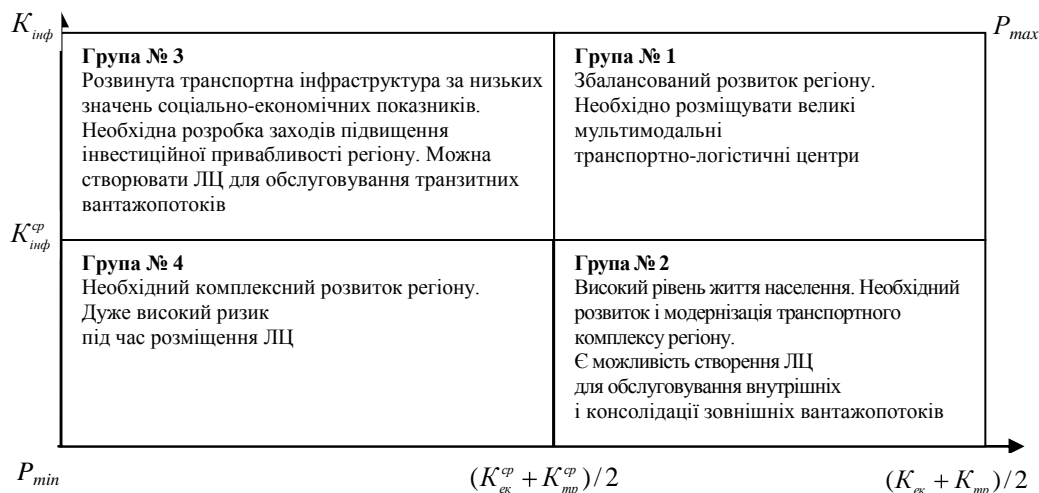


Рис. 1. Матриця угруповання регіонів за рівнем привабливості для розміщення логістичного центру

Рішення про розміщення логістичного центру під час зіставлення значень консолідованих коефіцієнтів приймається, якщо виконується умова, виражена у вигляді нерівності:

$$K_{інф}^j \times \frac{K_{ек}^j + K_{мп}^j}{2} \geq K_{інф}^{сп} \times \frac{K_{ек}^{сп} + K_{мп}^{сп}}{2}, \quad (5)$$

де  $K_{інф}^{сп}$ ,  $K_{ек}^{сп}$ ,  $K_{мп}^{сп}$  – середні значення консолідованих коефіцієнтів групи інфраструктурних, соціально-економічних факторів і показників транспортної роботи регіону відповідно.

Пропонуємо алгоритм визначення місць оптимального розміщення логістичного центру (рис. 2).

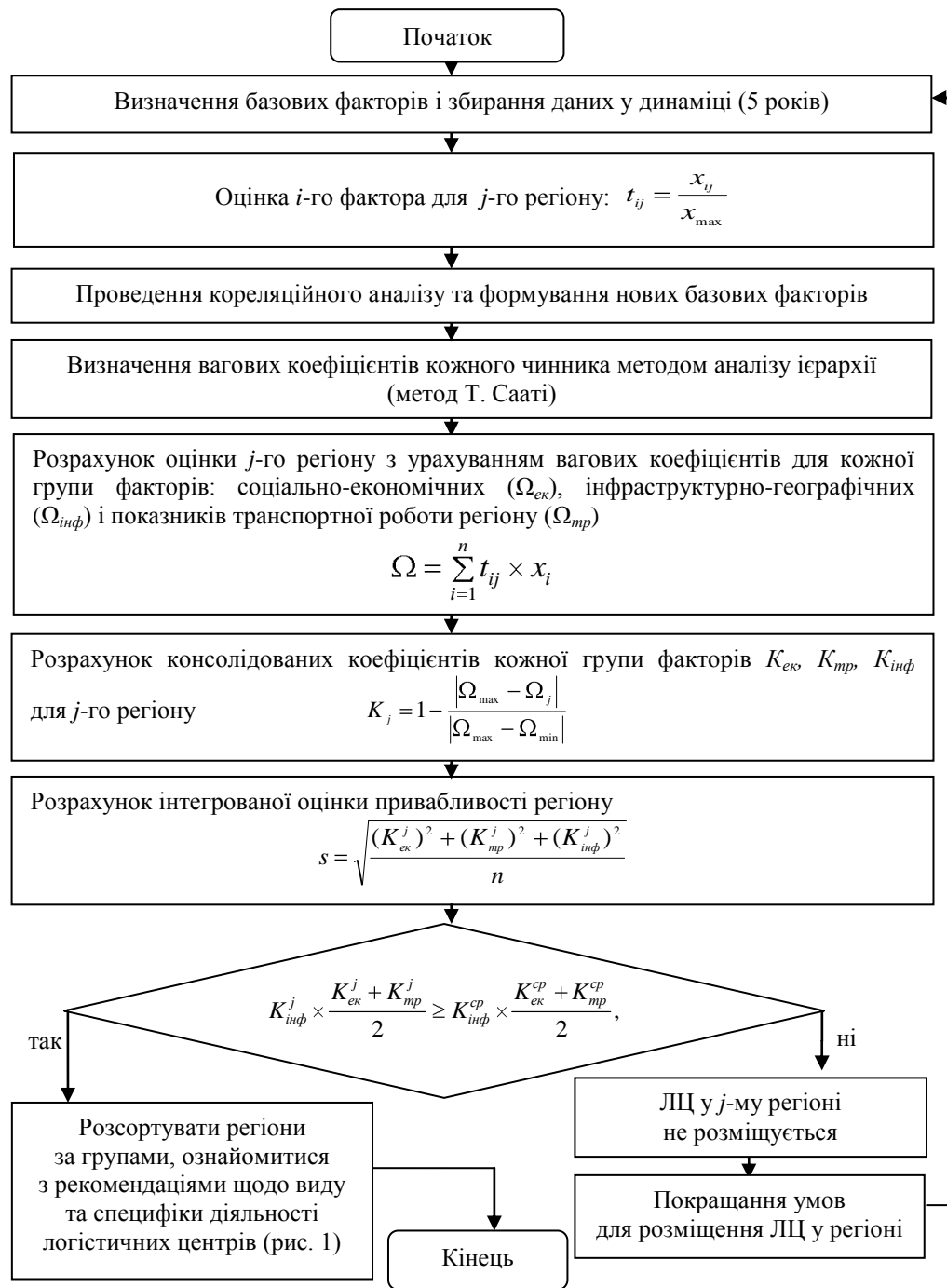


Рис. 2. Алгоритм визначення місць оптимального розміщення логістичного центру

---

**Висновки з даного дослідження і перспективи подальших розвідок у даному напрямку.** Географічне розташування України на шляху потужних вантажопотоків між перенасиченим західним і стрімко зростаючим східним ринками розкриває значні перспективи для будівництва логістичних центрів. Проте відсутність єдиної методології та налагоджених методик формування транспортно-логістичної інфраструктури призводить до регіональної диспропорції логістичних потужностей по території країни.

Розроблена методика дозволяє дещо нормалізувати розміщення логістичних центрів на території країни, визначити оптимальні регіони для їх розміщення, а також окреслити основні проблеми регіонів України, покращання яких створить привабливіший клімат для будівництва ЛЦ на їхній території.

Дану методику також може бути використано для оптимізації розташування логістичних об'єктів у промислових центрах. У такому разі базові фактори мають коректуватися відповідно до поставленого завдання.

#### **Список використаних джерел:**

1. Рахмангулов А. Н. Комплексная оценка привлекательности региона для размещения логистических центров [Электронный ресурс] / А. Н. Рахмангулов, О. А. Копылова. – Магнитогорск : Изд-во Магнитогорск. гос. техн. ун-та им. Г. И. Носова, 2012. – Режим доступа : <http://www.sworld.com.ua/index.php/ru/c113-1/16198-c113-107>
2. Кайгородцев А. А. Система методов выбора места размещения логистического распределительного центра / А. А. Кайгородцев // Современные проблемы транспортного комплекса России : межвуз. сб. науч. тр. – 2012. – Вып. 2. – С. 23–37.
3. Тараканов М. Л. Принципи формування регіональних логістичних комплексів / М. Л. Тараканов // Вісник соціально-економічних досліджень. – 2012. – Вип. 1 (44). – С. 122–128.
4. Бауэрсокс Д. Дж. Логистика: интегрированная цепь поставок / Д. Дж. Бауэрсокс, Д. Клосс. – М. : ЗАО “Олимп-Бизнес”, 2008. – 640 с.
5. Соколова О. Є. Теоретико-методологічні основи формування транспортно-логістичної системи України [Електронний ресурс] : збірник наукових праць / Соколова О. Є. – К. : НАУ, 2010. – Вип. 27. – 258 с. – Режим доступу : [http://www.lib.nau.edu.ua/Journals/3\\_27\\_2010/Sokolova.pdf](http://www.lib.nau.edu.ua/Journals/3_27_2010/Sokolova.pdf)
6. Савченко Л. В. Оптимизация решений в логистике: теория и практика / Савченко Л. В. – К. : РИО НТУ, 2007. – 248 с.
7. Мадера А. Г. Определение оптимального размещения логистических мощностей / А. Г. Мадера // Интегрированная логистика. – 2005. – № 3. – С. 12–15.
8. Левин Р. Ю. Интегральная оценка развития региона и формирование его инвестиционного комплекса : дис. ... канд. экон. наук : 08.00.05, 08.00.10 / Р. Ю. Левин. – СПб., 2003. – 122 с.
9. Анализ данных науки, образования и инновационной деятельности с использованием методов анализа паттернов / Алескеров Ф. Т., Гохберг Л. М., Егорова Л. Г. и др. – М. : Изд. дом Высшей школы экономики, 2012.
10. Саати Т. Принятие решений. Метод анализа иерархий / Саати Т. – М. : Радио и связь, 1993. – 278 с.