

УДК 332.7+338.5
JEL: R31
DOI: <https://doi.org/10.32983/2222-4459-2026-4-136-144>

МОДЕЛЮВАННЯ ЗОН ВПЛИВУ ПІДПРИЄМСТВ РОЗДРІБНОЇ ТОРГІВЛІ: ГЕОІНФОРМАЦІЙНИЙ ПІДХІД

©2026 ПОМОРЦЕВА О. Є., ПЕТРОВА А. Ю.

УДК 332.7+338.5
JEL: R31

Поморцева О. Є., Петрова А. Ю. Моделювання зон впливу підприємств роздрібною торгівлі: геоінформаційний підхід

У статті розглядається актуальна проблема моделювання зон впливу торговельних підприємств. Предметом дослідження є мережа аптек АНЦ у місті Харкові. Метою статті є розробка та апробація геоінформаційного підходу до визначення потенційних зон впливу торговельних точок на основі побудови полігонів Вороного. У ході дослідження було розроблено та апробовано геоінформаційний підхід до визначення ближніх зон впливу торговельних точок на прикладі мережі аптек АНЦ у місті Харкові. Завданням статті є дослідження можливості застосування методу полігонів Вороного (Тіссена) для моделювання зон впливу торговельних об'єктів. Було проаналізовано закономірності формування меж і просторових параметрів зон впливу торговельних точок, розглянуто можливості використання геоінформаційних систем для просторового аналізу розміщення підприємств роздрібною торгівлі. Залучення просторової складової для аналізу зон впливу було виконано за допомогою безкоштовного програмного забезпечення – геоінформаційної системи Quantum GIS. За допомогою цієї геоінформаційної системи було побудовано діаграму Вороного для мережі аптек АНЦ у місті Харкові та визначено потенційні ближні зони впливу торговельних точок. Завдяки візуалізації конкурентного середовища та відображення на карті, тобто введення просторового чинника, стала зрозуміла ситуація що склалася в цій мережі. У разі необхідності керівництво зможе прийняти вірне управлінське рішення щодо просторової організації мережевого бізнесу або більш докладного вивчення ситуації за допомогою методу ізохрон, що враховує транспортну мережу або використання гравітаційних моделей. Отримані результати можуть стати корисними для власників підприємств роздрібною торгівлі та при аналізі просторової структури торговельних мереж, визначенні потенційних зон впливу торговельних точок та обґрунтуванні рішень щодо їх подальшого розвитку.

Ключові слова: геоінформаційна система; моделювання; просторовий розподіл; торговельна міська географія; геомаркетинг; зона обслуговування.

Рис.: 4. **Формул.:** 7. **Бібл.:** 13.

Поморцева Олена Євгенівна – кандидат технічних наук, доцент, доцент кафедри економічної кібернетики та прикладної економіки, Харківський національний університет імені В. Н. Каразіна (майдан Свободи, 4, Харків, 61022, Україна)

E-mail: elenapomor7@gmail.com

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-5257-8117>

Scopus Author ID: <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=57216844851>

Петрова Анжела Юріївна – кандидат фізико-математичних наук, доцент кафедри економічної кібернетики та прикладної економіки, Харківський національний університет імені В. Н. Каразіна (майдан Свободи, 4, Харків, 61022, Україна)

E-mail: a.petrova@karazin.ua

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-1773-1427>

UDC 332.7+338.5
JEL: R31

Pomortseva O. Ye., Petrova A. Yu. Modeling the Catchment Areas of Retail Enterprises: A Geoinformation Approach

The article addresses the current problem of modeling the catchment areas of commercial enterprises. The subject of the study is the ANC pharmacy network in the city of Kharkiv. The aim of the article is to develop and test a geoinformation approach to determining potential catchment areas of retail outlets based on the construction of Voronoi polygons. During the study, a geoinformation approach was developed and tested to determine the nearby catchment areas of retail outlets using the example of the ANC pharmacy network in the city of Kharkiv. The task of the article is to examine the possibility of applying the Voronoi (Thiessen) polygon method for modeling the catchment areas of commercial facilities. Patterns of the formation of boundaries and spatial parameters of retail outlets' catchment areas were analyzed, and the possibilities of using geoinformation systems for spatial analysis of the placement of retail enterprises were considered. The involvement of the spatial component for analyzing influence zones was carried out using free software – the geographic information system Quantum GIS. Using this geoinformation system, a Voronoi diagram was constructed for the ANC pharmacy network in the city of Kharkiv, and potential nearby influence zones of the retail outlets were determined. Thanks to the visualization of the competitive environment and its representation on the map, that is, the introduction of the spatial factor, the situation that has developed in this network became clear. If necessary, management will be able to make the right managerial decision regarding the spatial organization of the network business or a more detailed study of the situation using the isochrone method, which takes into account the transport network, or the use of gravity models. The obtained results can be useful for retail business owners and when analyzing the spatial structure of retail networks, determining potential influence zones of retail outlets, and substantiating decisions regarding their further development.

Keywords: geoinformation system; modeling; spatial distribution; urban trade geography; geomarketing; service area.

Fig.: 4. **Formulae:** 7. **Bibl.:** 13.

Pomortseva Olena Ye. – PhD (Engineering), Associate Professor, Associate Professor of the Department of Economic Cybernetics and Applied Economics, V. N. Karazin Kharkiv National University (4 Svobody Square, Kharkiv, 61022, Ukraine)

E-mail: elenapomor7@gmail.com

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-5257-8117>

Scopus Author ID: <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=57216844851>

Сучасний розвиток роздрібної торгівлі характеризується високою конкуренцією між торговельними підприємствами та швидким зростанням мережевих форматів бізнесу. У цих умовах особливого значення набуває раціональне просторове розміщення торгових точок, яке безпосередньо впливає на ефективність діяльності підприємств, рівень доступності товарів для населення та конкурентоспроможність торговельних мереж.

Для торговельних підприємств традиційно виділяють ближню, середню та дальню зони впливу торгової точки, які відрізняються інтенсивністю відвідування та часткою покупців. Для малих торговельних підприємств, таких як аптеки, невеликі заклади громадського харчування, на кшталт кав'ярень, невеликі магазини визначальне значення має саме ближня зона впливу, оскільки основна частина клієнтів формується за рахунок населення, що знаходиться у межах пішохідної доступності. За таких умов аналіз просторового розміщення торгових точок і визначення потенційних зон їх обслуговування стає важливим інструментом прийняття управлінських рішень щодо розвитку торговельної мережі.

Сучасні геоінформаційні технології відкривають широкі можливості для дослідження просторової структури роздрібної торгівлі. Одним із поширених інструментів геоінформаційного аналізу є діаграми Вороного (полігони Тіссена), які дозволяють розділити територію на зони найближчого тяжіння до певних точкових об'єктів. У контексті роздрібної торгівлі такими об'єктами виступають магазини або інші торговельні заклади, а сформовані полігони можуть інтерпретуватися як потенційні зони впливу торгових точок. У зв'язку з цим виникає необхідність дослідження можливостей використання цього методу саме як інструменту попереднього просторового аналізу ближніх зон впливу торгових підприємств, що дозволяє швидко оцінити структуру торговельної мережі та визначити потенційні території для її подальшого розвитку.

Для досягнення цієї мети поставлені такі завдання.

1. Проаналізувати можливості застосування методу полігонів Вороного (Тіссена) для моделювання ближньої зони впливу торговельних об'єктів.

2. Визначити закономірності формування меж і просторових параметрів зон впливу.

3. Розглянути можливості застосування геоінформаційних систем для просторового аналізу розміщення торговельних точок.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Дослідження просторової організації роздрібної торгівлі є важливим напрямом сучасної економічної географії та геомаркетингу. Одним із ключових питань у цій галузі є визначення зон впливу торгових підприємств, що дозволяє оцінювати територіальне охоплення ринку, конкурентні взаємодії між магазинами та перспективи розвитку торговельних мереж.

Класичні дослідження торгових зон визначають їх як територію, з якої підприємство отримує основну частину своїх покупців. У деяких дослідженнях торгівлю зону розглядають як географічний простір, у межах якого рівень проникнення магазину на ринок є найбільшим, а покупці мають найвищу ймовірність здійснення покупок у конкретному торговому об'єкті. Підкреслюється що зона впливу формується під впливом імовірнісного вибору споживачами місця покупки та залежить від відстані до магазину та його привабливості [1].

Наразі розроблено низку методів визначення торгових зон, які можна поділити на теоретичні, емпіричні та статистичні. Теоретичні методи базуються на моделях просторової взаємодії, зокрема гравітаційних моделях і теорії центральних місць [2], тоді як емпіричні підходи використовують фактичні дані про поведінку споживачів. Водночас статистичні моделі дозволяють прогнозувати ймовірність відвідування певного магазину залежно від просторових і соціально-економічних характеристик території. Поєднання статистичних моделей з сучасними геоінформаційними (ГІС) технологіями та просторовими моделями поведінки споживачів відкриває нові можливості для аналізу конкурентного середовища та планування розвитку роздрібної торгівлі. У наш час активно використовуються геоінформаційні системи для аналізу просторової структури роздрібної торгівлі. Використання ГІС дозволяє інтегрувати різні джерела просторових даних, включаючи дані про щільність населення, транспортну інфраструктуру, функціональне зонування території та розміщення

конкурентних підприємств. Дослідження показують, що ГІС-аналіз дає можливість виявляти закономірності розміщення торговельних об'єктів, оцінювати рівень доступності послуг і визначати фактори, що впливають на формування торговельної структури міста. Такі підходи широко застосовуються у дослідженнях просторового розподілу торгових підприємств та аналізу факторів їх розміщення [3; 4].

У межах геомаркетингових досліджень значного поширення набули геометричні методи аналізу простору, серед яких особливе місце займають полігони Вороного. Цей метод передбачає поділ території на області таким чином, що кожна точка простору належить до найближчого об'єкта, зокрема точки інтересу. Таким чином, формуються потенційні зони обслуговування, які відображають територію, для якої конкретна точка інтересу є найближчою [5–7].

Окремий напрям сучасних досліджень пов'язаний із використанням алгоритмів геопросторового аналізу для сегментації території та виявлення просторових структур у торговельних мережах. Такі підходи базуються на узагальнених полігонах Вороного, які дозволяють враховувати складні просторові умови та різні типи географічних об'єктів. Наприклад, у дослідженнях, присвячених геопросторовому майнінгу даних [8], запропоновано алгоритми побудови узагальнених діаграм Вороного для сегментації картографічного простору та аналізу торгових зон. Такі методи дозволяють підвищити точність визначення меж торгових територій і розширюють можливості їх використання в системах підтримки прийняття управлінських рішень.

Для виявлення зон обслуговування запропоновано модифіковану модель зважених діаграм Вороного для аналізу торгових зон. Врахування характеристик магазинів, таких як їх привабливість або розмір, дозволяє моделювати більш точні торгові території та аналізувати конкуренцію між підприємствами роздрібною торгівлі [9].

Подальший розвиток цих підходів пов'язаний із використанням геоінформаційних технологій, які дозволяють поєднувати геометричні моделі з великими масивами просторових даних. Сучасні дослідження показують, що діаграми Вороного можуть ефективно використовуватися для аналізу просторової структури торгових мереж, зокрема для виявлення зон конкуренції між магазинами й оцінки нерівномірності їх розміщення. Наприклад, у дослідженні мереж магазинів повсякденного попиту запропоновано метод визначення торгових зон на основі полігонів Вороного, який дозволяє

виявляти просторові спільноти торгових підприємств і аналізувати конкурентну структуру ринку. Окрім цього, сучасні дослідження демонструють можливості використання полігонів Вороного для аналізу конкурентних взаємодій між торговими підприємствами та формування територіальних спільнот роздрібною торгівлі. Наприклад, у роботі [10] запропоновано методи виявлення просторових спільнот магазинів на основі розбиття території за допомогою полігонів Вороного. Отримані результати показують, що сформовані таким чином зони дозволяють ефективно відображати реальні ринкові межі та виявляти територіальні відмінності у структурі роздрібною торгівлі. Крім того, зазначається, що подібні моделі можуть використовуватися для планування розвитку торговельних мереж та оцінки рівня конкуренції між підприємствами.

У роботі [11] запропоновано модифіковані моделі торгових зон, що враховують не лише відстань до торговельного об'єкта, але й його привабливість, розмір та інші характеристики. У таких моделях використовується концепція зважених полігонів Вороного, що дозволяє формувати більш реалістичні торгові території та враховувати конкуренцію між торговими підприємствами. Автори підкреслюють, що застосування багатопорядкових і зважених полігонів Вороного дозволяє моделювати ситуацію, коли споживач може обирати між кількома найближчими магазинами, що відповідає реальним умовам функціонування ринку роздрібною торгівлі.

Водночас у роботі [12] підкреслюється, що використання полігонів Вороного має певні обмеження, пов'язані з тим, що класична модель базується на евклідовій відстані між об'єктами. У реальних умовах доступність торговельних підприємств визначається не лише геометричною відстанню, але й транспортною інфраструктурою, рельєфом території та іншими просторовими факторами. Тому деякі дослідження пропонують використовувати мережеві моделі або модифіковані варіанти діаграм Вороного, які враховують реальні шляхи пересування та структуру дорожньої мережі. Це дозволяє підвищити точність визначення зон обслуговування та зробити результати просторового аналізу більш наближеними до реальних умов функціонування міського середовища.

Таким чином, аналіз сучасних наукових досліджень свідчить про активне використання геометричних та геоінформаційних методів у дослідженні просторової організації роздрібною торгівлі. Полігони Вороного залишаються одним із ключових інструментів геоінформаційного аналізу, що дозволяє швидко оцінювати потен-

ційні зони обслуговування торговельних об'єктів та досліджувати структуру торговельних мереж.

Викладення основного матеріалу. Подальші дослідження у сфері просторового аналізу роздрібною торгівлі спрямовані на інтеграцію класичних геометричних підходів із більш складними моделями поведінки споживачів та просторової взаємодії. Значну увагу приділено вдосконаленню моделей визначення торгових зон на основі полігонів Вороного. Важливим чинником, що визначає ефективність розміщення торговельних об'єктів, є встановлення меж їх зон впливу. Аналіз таких зон дає можливість оцінити територію потенційного обслуговування кожної торговельної точки та дослідити просторову взаємодію між об'єктами роздрібною торгівлі.

Для визначення зон впливу доцільно застосовувати метод полігонів Вороного. Використання цього підходу дозволяє враховувати просторове розташування торговельних об'єктів, визначати території, для яких певний магазин є найближчим, а також встановлювати межі зон обслуговування на основі принципу просторової доступності. Такий підхід дає змогу аналізувати розподіл території між конкурентними торговельними закладами.

Метод полігонів Вороного ґрунтується на геометричному поділі досліджуваної території на окремі області, кожна з яких пов'язана з певним об'єктом. До відповідної області належать усі точки простору, відстань від яких до даного об'єкта є меншою, ніж до будь-якого іншого.

Діаграма Вороного (діаграма Діріхле або багатокутники Тіссена) – різновид тесселяції, тобто поділу поверхні на клітинки. У ній поверхня розділена відносно заданого набору точок так, що кожна комірка складається з усіх точок площини, розташованих ближче до неї, ніж до будь-якої іншої точки. Як видно з *рис. 1*, якщо навколо кожної точки буде збільшуватися окружність, будуть отримані полігони Вороного.

У задачах аналізу розміщення об'єктів роздрібною торгівлі важливо визначити зону тяжіння покупців до найближчого магазину. Одним із математичних методів просторового поділу терито-

рії є діаграма Вороного. Метод полягає в тому, що територія поділяється на області таким чином, що кожна точка області знаходиться ближче до певного магазину, ніж до будь-якого іншого. У цьому випадку точки – це місця розташування магазинів, а полігони Вороного – це території потенційної зони обслуговування кожного магазину. Таким чином, отримується просторовий поділ ринку між торговими об'єктами (*рис. 2*).

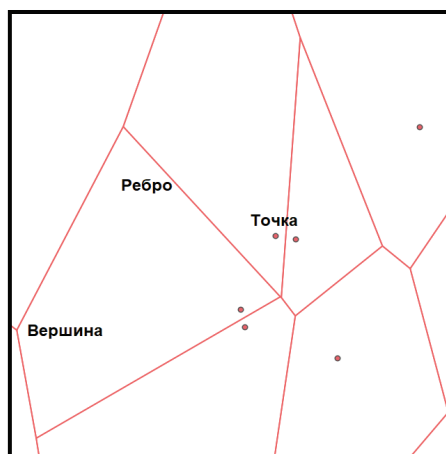


Рис. 2. Візуалізація просторового поділу

Джерело: розроблено авторами.

Математично полігони Вороного формуються на основі евклідової відстані між точками. Наприклад, задано множину точок:

$$S = \{p_1, p_2, \dots, p_n\}, \quad (1)$$

де p_i – координати магазинів на певній території.

Для кожної точки p_i визначається область:

$$V(p_i) = \{x | d(x, p_i) < d(x, p_j) | j \neq i\}, \quad (2)$$

де x – довільна точка території;

$d(x, p)$ – відстань між точками;

$V(p_i)$ – полігон Вороного для магазину p_i .

Інакше кажучи, полігон містить усі точки, які ближчі до магазину p_i ніж до інших магазинів. При використанні полігонів Вороного для аналізу торгових зон важливим є математичне визначення межі між двома магазинами. Така межа проходить по лінії, де відстань до обох магазинів однакова.

Припустимо, що на певній території задано два магазини: $A(x_1, y_1), B(x_2, y_2)$.

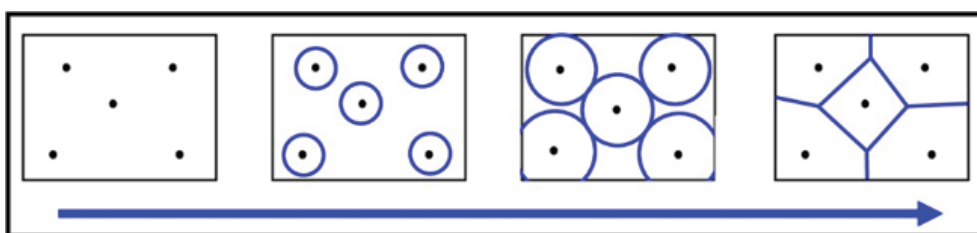


Рис. 1. Отримання полігонів Вороного

Джерело: авторська розробка.

Необхідно визначити множину точок, які однаково віддалені від цих двох магазинів. Для довільної точки площини $P(x, y)$ відстані до обох магазинів повинні бути однаковими:

$$d(P, A) = d(P, B).$$

Використовуючи формулу евклідової відстані, маємо:

$$\sqrt{(x - x_1)^2 + (y - y_1)^2} = \sqrt{(x - x_2)^2 + (y - y_2)^2}. \quad (3)$$

Після перетворення цього рівняння маємо:

$$2x(x_2 - x_1) + 2y(y_2 - y_1) = x_2^2 + y_2^2 - x_1^2 - y_1^2. \quad (4)$$

Рівняння описує серединний перпендикуляр до відрізка між магазинами А і В. Ця лінія має такі властивості – проходить через середину відрізка АВ; є перпендикулярною до відрізка АВ; кожна її точка має однакову відстань до обох магазинів.

Координати середини відрізка між магазинами визначаються формулами:

$$x_m = \frac{x_1 + x_2}{2}, \quad y_m = \frac{y_1 + y_2}{2}. \quad (5)$$

Середина відрізка між магазинами належить межі між торговими зонами. Якщо відрізок між полігонами відповідних магазинів має нахил:

$$k = \frac{y_2 - y_1}{x_2 - x_1}, \quad (6)$$

то кутівий коефіцієнт серединного перпендикуляра буде:

$$k_{\perp} = -\frac{1}{k}. \quad (7)$$

Таким чином, визначається напрямок межі між торговими зонами.

В контексті роздрібної торгівлі межа між полігонами є межею між ближніми торговими зонами двох магазинів. Тобто всі точки по один бік межі ближчі до магазину А, усі точки по інший бік ближчі до магазину В. Якщо на території розташовано багато магазинів, для кожної пари точок будуються подібні межі. Перетин цих меж формує полігони Вороного, які представляють зони потенційного торгового тяжіння кожного магазину.

Якщо на території розташовано багато магазинів, для кожної пари точок будуються подібні межі. Перетин цих меж формує полігони Вороного, які представляють зони потенційного торгового тяжіння кожного магазину (зона впливу).

Діаграма Вороного – це тип візерунка мозаїки, в якому кількість точок, розкиданих на площині, ділиться точно n клітинками, де кожна клітинка охоплює частину площини, яка є найближчою до кожної точки. Якщо існує n точок (кафе, аптеки – будь які роздрібні торгові магазини), розкидані на

певній території, діаграма Вороного цих точок точно поділяє площину n клітинками, що охоплюють частину площини, яка є найближчою до кожної точки. Це створює мозаїку, яка повністю покриває площину. На *рис. 3* наведено мережу аптек АНЦ у місті Харкові та відповідну їм діаграму Вороного.

Як видно, кожна точка розташована в клітинці, межі якої рівновіддалені між двома або більше точками. Іншими словами, область, укладена в клітинку, знаходиться ближче до точки в клітинці, ніж до будь-якої іншої точки.

Використання цього підходу дає змогу чітко визначити ближню зону впливу торговельної точки. Тобто оцінити покриття території торговельною мережею. За допомогою цього підходу для задалегідь нанесених на карту точкових об'єктів (досліджувані об'єкти – аптеки АНЦ) будується діаграма Вороного, і завдяки цьому територія автоматично поділяється на зони впливу магазинів. Отримані полігони можна інтерпретувати як потенційні зони тяжіння покупців.

У роздрібній торгівлі зазвичай виділяють три зони впливу торгової точки – ближню, середню та дальню. Для малих торгових підприємств важлива переважно ближня зона, саме вона дає основну частину відвідувачів (приблизно 60–70%). Тобто для невеликих торгових об'єктів, таких як аптеки, кав'ярні, невеликі магазини, пекарні, ключове значення має саме ближня зона впливу, з кількох причин:

- ✦ пішохідна доступність (5–10 хвилин);
- ✦ імпульсивний характер покупок (покупка є спонтанною або ситуативною – люди не готові їхати далеко за такими товарами чи послугами);
- ✦ висока конкуренція та велика щільність закладів (споживач зазвичай обирає найближчий варіант);
- ✦ невеликий асортимент і вузька спеціалізація;
- ✦ повсякденний характер попиту (клієнт прагне мінімізувати час і відстань до місця покупки).

Отже, для малих торгових підприємств визначальною є саме ближня зона впливу, оскільки більшість клієнтів формується за рахунок населення, яке знаходиться в безпосередній пішохідній доступності від закладу. Середня та дальня зони для них мають значно менший вплив на формування потоку покупців.

При дослідженні ближніх зон впливу мережних торгових підприємств, незважаючи на певні обмеження цього методу (ігнорування транспортної мережі, бар'єрів, поведінкових факторів спожи-

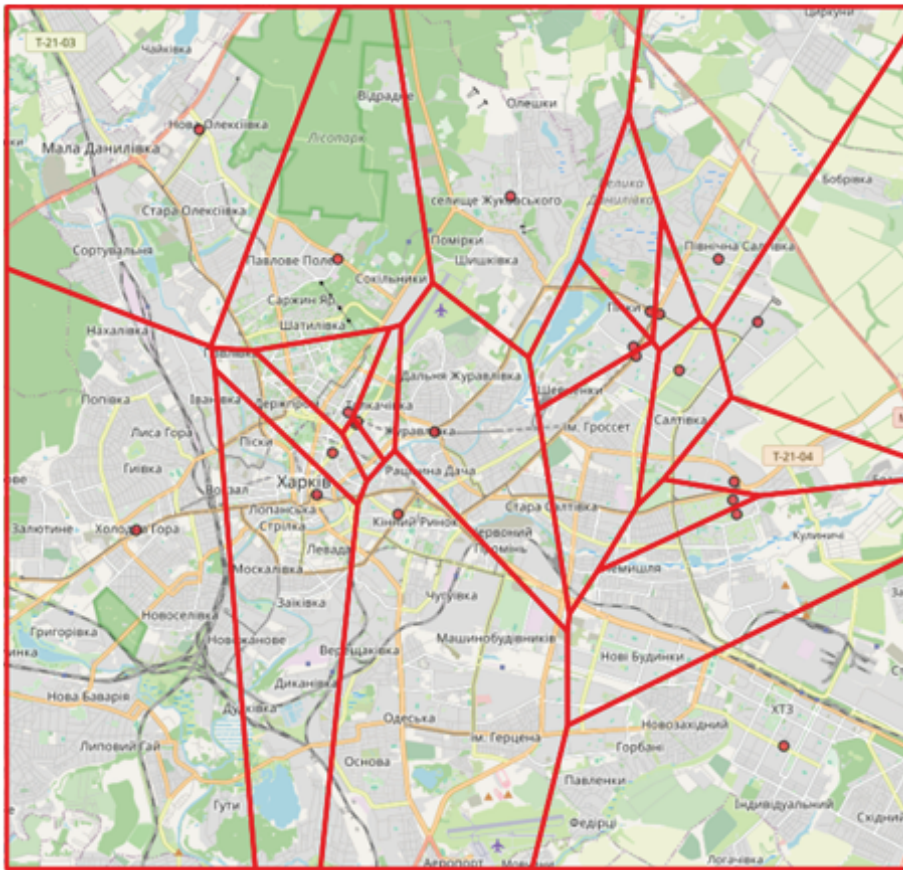


Рис. 3. Візуалізація полігонів Вороного для мережі аптек АНЦ у м. Харкові

Джерело: авторська розробка.

вачів), їх використання доцільне на етапі попереднього просторового аналізу торгової мережі.

За допомогою полігонів Вороного можна наочно відобразити конкурентне середовище та створити систему суміжних полігонів, які відображають потенційні зони обслуговування кожного окремого магазину. Такий підхід дозволяє візуалізувати ближні торгові зони, показуючи, де саме проходять умовні межі впливу між ними. Це дає змогу швидко оцінити, як магазини поділяють між собою територію та які ділянки можуть бути предметом конкуренції.

Також це дає можливість оцінки нерівномірності розміщення торгових точок. Аналіз площ полігонів Вороного дозволяє визначити ступінь рівномірності або концентрації торгових об'єктів. Малі полігони свідчать про високу щільність торгових точок і, відповідно, високий рівень конкуренції. Великі полігони можуть вказувати на території з недостатнім забезпеченням торговими об'єктами та потенційно перспективні зони для відкриття нових підприємств (рис. 4).

Як видно з наведеного рис. 4, наочність та інтерпретація результатів дозволяють швидко дійти

до певних управлінських рішень щодо просторової організації мережевого бізнесу. На територіях, які знаходяться в межах полігонів з більш темною (більша площа) заливкою, має сенс відкрити нові торгові точки; на територіях які знаходяться в межах полігонів зі світлою (менша площа) заливкою, аптек достатньо.

Метод не потребує складних вхідних даних і може бути швидко реалізований у більшості геоінформаційних системах (ГІС). У цьому дослідженні була використана геоінформаційна система QGIS. Це робить полігони Вороного зручним інструментом для швидкої первинної оцінки просторової структури торгової мережі.

У задачах аналізу роздрібної торгівлі роль таких точок виконують магазини або інші торговельні заклади, тоді як сформовані полігони інтерпретуються як території, для яких відповідний об'єкт є найближчим. Таким чином, визначаються потенційні зони впливу або обслуговування кожної торговельної точки.

Однак полігони Вороного базуються лише на геометричній відстані, тому вони не враховують реальні умови пересування населення. Основні обмеження використання цього методу:

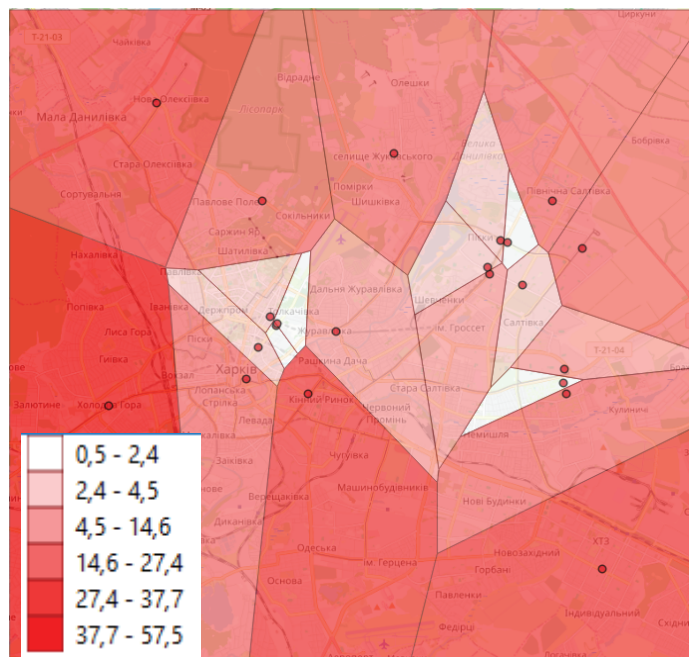


Рис. 4. Візуалізація конкурентного простору мережі аптек АНЦ

Джерело: авторська розробка.

- ✦ не враховують дорожню мережу (люди рухаються дорогами, а не по прямій);
- ✦ не враховують природні та штучні бар'єри (річки, залізниці, магістралі, парки);
- ✦ не враховують привабливість магазину (площу торгового залу, асортимент, цінову політику, бренд) [13];
- ✦ не враховують щільність населення.

Тому полігони Вороного доцільно використовувати лише для визначення потенційної найближчої зони впливу, а не фактичної торгової території. Для точного визначення зони впливу та визначення середньої та дальньої зон необхідно в подальшому поєднати цей метод з іншими методами аналізу.

Результати побудови полігонів можуть використовуватися як базова модель зон впливу, яка надалі буде уточнюватися з урахуванням транспортної доступності, густоти населення, бар'єрів міського середовища або поведінкових характеристик споживачів. Після цього слід використовувати мережевий аналіз, ізохрони доступності, гравітаційні моделі торгівлі.

Незважаючи на це, полігони Вороного можуть використовуватися як ефективний інструмент ПС-аналізу для попереднього визначення ближніх торгових зон закладів роздрібної торгівлі. Вони дозволяють розділити територію на зони найближчого обслуговування. Проте через те, що метод враховує лише геометричну відстань, його результати потребують уточнення за допомогою більш складних моделей просторового аналізу.

Таким чином, попри певні обмеження, полігони Вороного є ефективним інструментом попереднього просторового аналізу торгової мережі, оскільки дозволяють наочно відобразити конкурентний простір між магазинами та оцінити нерівномірність їх розміщення на території. Це створює основу для подальшого, більш детального дослідження зон обслуговування торгових підприємств.

ВИСНОВКИ

Використання полігонів Вороного дозволяє здійснити первинну оцінку територіального покриття торговельної мережі, виявити зони високої конкуренції та визначити території з недостатнім забезпеченням торговими об'єктами.

Незважаючи на те, що класична модель полігонів Вороного має певні обмеження – вона базується на евклідовій відстані між об'єктами та не враховує транспортну мережу, природні бар'єри або поведінкові фактори споживачів. Отримані результати такого аналізу можна використовувати при попередній оцінці зон впливу, яка може бути уточнена за допомогою складніших моделей просторової взаємодії або аналізу транспортної доступності.

Таким чином, полігони Вороного є ефективним інструментом первинного просторового аналізу торгових мереж. Поєднання цього методу з ПС-аналізом транспортної доступності та моделями поведінки споживачів відкриває можливості для більш точного дослідження просторової організації роздрібно торгівлі. ■

БІБЛІОГРАФІЯ

1. Verhetsel A., Beckers J., Cant J. Regional retail landscapes emerging from spatial network analysis. *Regional Studies*. 2022. Vol. 56. Iss. 11. P. 1829–1844. DOI: <https://doi.org/10.1080/00343404.2021.2014444>
2. Liang Y., Gao S., Cai Y., Foutz N. Z., Wu L. Calibrating the dynamic Huff model for business analysis using location big data. *Transactions in GIS*. 2020. Vol. 24. Iss. 3. P. 681–703. DOI: <https://doi.org/10.1111/tgis.12624>
3. Luo X., Che Rose R. A., Awang A. GIS-based analysis of retail spatial distribution and driving mechanisms in a resource-based transition city. *ISPRS International Journal of Geo-Information*. 2025. Vol. 14. Iss. 12. Art. 483. DOI: <https://doi.org/10.3390/ijgi14120483>
4. Pangarkar N. Location capture by oligopolists: Evidence from the Singapore supermarket industry. *Journal of Strategy and Management*. 2018. Vol. 11. Iss. 1. P. 131–146. DOI: <https://doi.org/10.1108/JSMA-07-2017-0052>
5. Boots B., South R. Modeling retail trade areas using higher-order, multiplicatively weighted Voronoi diagrams. *Journal of Retailing*. 1997. Vol. 73. Iss. 4. P. 519–536. DOI: [https://doi.org/10.1016/S0022-4359\(97\)90033-6](https://doi.org/10.1016/S0022-4359(97)90033-6)
6. Mota D. R., Takano M., Gonzales Taco P. W. A Method Using GIS Integrated Voronoi Diagrams for Commuter Rail Station Identification: A Case Study from Brasilia (Brazil). *Procedia – Social and Behavioral Sciences*. 2014. Vol. 162. P. 477–486. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.sbspro.2014.12.229>
7. Long X., Zhang Y., Chen Y. Using Voronoi Diagram in Construction the Scope of Logistics Park Hinterland: An Engineering Application. *Systems Engineering Procedia*. 2011. Vol. 2. P. 69–76. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.sepro.2011.10.009>
8. Lee I., Torpelund-Bruin C., Lee K. Map segmentation for geospatial data mining through generalized higher-order Voronoi diagrams with sequential scan algorithms. *Expert Systems with Applications*. 2012. Vol. 39. Iss. 12. P. 11135–11148. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.eswa.2012.03.042>
9. Widaningrum D. L. A GIS-based Approach for Catchment Area Analysis of Convenience Store. *Procedia Computer Science*. 2015. Vol. 72. P. 511–518. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.procs.2015.12.158>
10. Jiao Y., Azri S., Ujang U. Graph-based community detection in convenience store networks using Voronoi partitioning and multi-weights. *Discover Computing*. 2025. Vol. 28. Art. 339. DOI: <https://doi.org/10.1007/s10791-025-09874-x>
11. Antonio A., Fabris-Rotelli I., Thiede R., Stander R. Spatial linear network Voronoi analysis to quantify accessibility of police stations in South Africa. *Crime Science*. 2026. Vol. 15. Art. 3. DOI: <https://doi.org/10.1186/s40163-025-00262-w>
12. Поморцева О. Є., Наливайко Т. А., Козиренко В. П., Паньків В. В. Геоінформаційне моделювання торговельних зон з використанням баз даних та програмно-аналітичного підходу. *Вісник Харківського національного університету імені В. Н. Каразіна. Серія «Міжнародні відносини. Економіка. Країнознавство. Туризм»*. 2025. Вип. 22. С. 126–133. DOI: <https://doi.org/10.26565/2310-9513-2025-22-13>
13. Поморцева О. Є., Наливайко Т. А., Козиренко В. П., Козиренко С. І. Впровадження моделі маркетингової стратегії у поєднанні з базами геоданих. *Здобутки економіки: перспективи та інновації*. 2025. № 21. DOI: <https://doi.org/10.5281/zenodo.17150772>

REFERENCES

- Antonio A., Fabris-Rotelli I., Thiede R. & Stander R. (2026). Spatial linear network Voronoi analysis to quantify accessibility of police stations in South Africa. *Crime Science*, 15, Art. 3. <https://doi.org/10.1186/s40163-025-00262-w>
- Boots B. & South R. (1997). Modeling retail trade areas using higher-order, multiplicatively weighted Voronoi diagrams. *Journal of Retailing*, 4(73), 519–536. [https://doi.org/10.1016/S0022-4359\(97\)90033-6](https://doi.org/10.1016/S0022-4359(97)90033-6)
- Jiao Y., Azri S. & Ujang U. (2025). Graph-based community detection in convenience store networks using Voronoi partitioning and multi-weights. *Discover Computing*, 28, Art. 339. <https://doi.org/10.1007/s10791-025-09874-x>
- Lee I., Torpelund-Bruin S. & Lee K. (2012). Map segmentation for geospatial data mining through generalized higher-order Voronoi diagrams with sequential scan algorithms. *Expert Systems with Applications*, 12(39), 11135–11148. <https://doi.org/10.1016/j.eswa.2012.03.042>
- Liang Y., Gao S., Cai Y., Foutz N. Z. & Wu L. (2020). Calibrating the dynamic Huff model for business analysis using location big data. *Transactions in GIS*, 3(24), 681–703. <https://doi.org/10.1111/tgis.12624>
- Long X., Zhang Y. & Chen Y. (2011). Using Voronoi Diagram in Construction the Scope of Logistics Park Hinterland: An Engineering Application. *Systems Engineering Procedia*, 2, 69–76. <https://doi.org/10.1016/j.sepro.2011.10.009>
- Luo X., Che Rose R. A. & Awang A. (2025). GIS-based analysis of retail spatial distribution and driving mechanisms in a resource-based transition city. *ISPRS International Journal of Geo-Information*, 12(14), Art. 483. <https://doi.org/10.3390/ijgi14120483>
- Mota D. R., Takano M. & Gonzales Taco P. W. (2014). A Method Using GIS Integrated Voronoi Diagrams for Commuter Rail Station Identification: A Case Study from Brasilia (Brazil). *Procedia – Social and Behavioral Sciences*, 162, 477–486. <https://doi.org/10.1016/j.sbspro.2014.12.229>

- Pangarkar N. (2018). Location capture by oligopolists: Evidence from the Singapore supermarket industry. *Journal of Strategy and Management*, 1(11), 131–146.
<https://doi.org/10.1108/JSMA-07-2017-0052>
- Pomortseva O. Ye., Nalyvaiko T. A., Kozyrenko V. P. & Kozyrenko S. I. (2025). Vprovadzhenia modeli marketinghovoї stratehii u poiednanni z bazamy heodanykh [Implementation of a marketing strategy model in combination with geodatabases]. *Zdobutky ekonomiky: perspektyvy ta innovatsii*, 21.
<https://doi.org/10.5281/zenodo.17150772>
- Pomortseva O. Ye., Nalyvaiko T. A., Kozyrenko V. P. & Pankiv V. V. (2025). Heoinformatsiine modeliuвання torhovelynykh zon z vykorystanniam baz danykh ta prohramno-analitychnoho pidkhotu [Geoinformation modeling of trade zones using databases and a software-analytical approach]. *Visnyk Kharkivskoho natsionalnoho universytetu imeni V. N. Karazina. Seriia «Mizhnarodni vidnosyny. Ekonomika. Kraïnoznnavstvo. Turyzm»*, 22, 126–133.
<https://doi.org/10.26565/2310-9513-2025-22-13>
- Verhetsel A., Beckers J. & Cant J. (2022). Regional retail landscapes emerging from spatial network analysis. *Regional Studies*, 11(56), 1829–1844.
<https://doi.org/10.1080/00343404.2021.2014444>
- Widaningrum D. L. (2015). A GIS-based Approach for Catchment Area Analysis of Convenience Store. *Procedia Computer Science*, 72, 511–518.
<https://doi.org/10.1016/j.procs.2015.12.158>
- Стаття надійшла до редакції / Received: 06.04.2026
Статтю прийнято до публікації / Accepted: 19.04.2026
Оприлюднено / Published: 04.06.2026