

Мищишин О.Я.

кандидат фізико-математичних наук, доцент,
доцент кафедри цифрової економіки та бізнес-аналітики
Львівського національного університету імені Івана Франка
ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-5225-828X>

Назаркевич І.Б.

доктор економічних наук, професор,
професор кафедри фінансового менеджменту
Львівського національного університету імені Івана Франка

Романич І.Б.

кандидат економічних наук,
доцент кафедри цифрової економіки та бізнес-аналітики
Львівського національного університету імені Івана Франка

Myshchysyn Orest, Nazarkevych Ihor, Romanych Ihor
Ivan Franko National University of Lviv

МОДЕЛЮВАННЯ СОЦІАЛЬНО-ЕКОНОМІЧНИХ СТРУКТУР ТЕРИТОРІАЛЬНИХ ГРОМАД

MODELING OF SOCIO-ECONOMIC STRUCTURES OF TERRITORIAL COMMUNITIES

Використано інтерактивну карту OSM для моделювання густоти населення в населених пунктах. Визначено що оптимальним рівнем грануляції та аналізу даних, які використовують для оптимізації соціально-економічних структур великої територіальної громади є окремий будинок чи багатоповверхівка. Запропонована модель дозволяє оптимізувати транспортні, торговельні, освітні та інші соціально-економічні мережі та структури територіальних громад. Крім того за допомогою моделі можна створити інтерактивні онлайн візуалізації цих процесів. На основі аналізу даних була розроблена мережа громадського транспорту міста Львова та розрахована потужність транспортних зупинок. На основі моделі також було визначено потребу у додаткових місцях для навчання в школах великих населених пунктів де здійснюється інтенсивне будівництво.

Ключові слова: територіальна громада, соціально-економічні процеси, модель густоти населення, урбаністика, транспортна структура, система освіти, оптимізація структур територіальних громад.

An interactive OSM map was used to model population density in settlements. Based on this model, it is possible to optimize transportation, trade, educational, and other socio-economic networks and structures of territorial communities. Moreover, interactive online visualizations of these processes can be created. The optimal level of granulation and data analysis used for optimizing the socio-economic structures of a large territorial system is an individual house or a multi-story building. To find the characteristics of buildings, it is necessary to use the database of the interactive online map OSM and the query language OverPass Turbo, and as building parameters (number of residents, number of apartments), real stochastic characteristics (mean value, standard deviation) should be used. Based on the data analysis, the public transport network of the city of Lviv was developed and the capacity of the stops was calculated. The visualization used data on population density, the number of people living near the stop, as well as the number of routes and stops. The authors also used OpenStreetMap to determine the need for additional school places in settlements, for example, using a population density model. Based on the conducted research, the following chain of statements can be formulated. The effectiveness of the system, particularly educational institutions, is determined by the optimal use of resources (financial, labor, economic capabilities). Managing complex systems means making (sometimes unpopular) decisions. If management is conducted through democratic methods, such decisions require reasoned explanations based on open data. The reasonableness of the explanations is ensured by the analysis of system parameters, the determination of system indicators as a whole, and the individual components. This means that the conducted research can be useful for government

institutions when making decisions about optimizing the number of educational institutions or assessing the feasibility and efficiency of spending on educational services.

Keywords: territorial community, socio-economic processes, population density model, urban studies, transport structure, education system, optimization of territorial community structures.

Постановка проблеми. Сучасні тенденції розвитку економіки на рівні територіальних громад включають швидкі зміни, спричинені сучасними інформаційними технологіями, зовнішніми інформаційними потоками, швидкою цифровізацією соціально-економічних процесів, використанням нових технологій для створення інноваційних товарів і послуг, а також участь держави в цифровій трансформації територій. Основними труднощами, з якими стикається сучасне суспільство, є запізнення з впровадженням нових інформаційних технологій і одночасно захист інформаційного середовища від шкідливого впливу ворожого контенту.

Інформаційні технології, які складаються з цифрових інструментів, можуть значно полегшити моделювання, планування та оцінку ефективності соціально-економічних процесів, які відбуваються в територіальних громадах. Тим не менш, ефективне використання цифрового інструментарію можливе лише за умов його застосування до верифікованих, очищених і перетворених у певний формат актуальних даних. Наповнення баз даних в свою чергу потребує часу та грошей.

Наступним кроком цифровізації територій є структурування окремих об'єктів, створення кластерів і груп і побудова інтерактивних візуалізацій, які відображають різні аспекти ефективного функціонування територіальної громади.

Застосування обраного системного підходу ефективно сприяє детальному аналізу складної, багатогранної структури територіальної громади, включаючи її складові: освіту, медицину, транспорт, торгівлю, індустрію відпочинку, спорту та туризму, а також інші сфери. У результаті цього аналізу можна створити набір соціально-економічних і фінансових показників території, який інформує бізнесові структури про економічні можливості територіальної громади та спрощує розуміння ризиків створення нових підприємств, торгових точок і туристичних об'єктів.

Крім того, важливо пам'ятати, що ці процеси є частиною цифрової трансформації суспільства, яка включає широке використання високотехнологічних та інтелектуальних послуг. У цих процесах інформаційні технології відіграють важливу роль у перетворенні, накопиченні, безпечному зберіганні та передачі великих обсягів конфіденційної інформації.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Теоретичні аспекти юридичних основ сформулювали в своїх працях вітчизняні вчені: А.С. Лісніченко [1],

А.І. Берлача, Т.А. Мацелик, О.І. Харитонова. Концепцію територіальних громад в своїх роботах розвивали вітчизняні дослідники: Л.М. Пронько [2], Л.А. Мельник, О.М. Безпалько. Основні положення оптимального моделювання територіальних громад в своїх роботах вивчали вітчизняні дослідники: Р.Р. Бігун, В.В. Литвин [3], Ю.І. Ганущак, О.М. Бориславська.

Метою статті є розробка методики моделювання густоти населення на рівні багатоквартирних чи одноквартирних будівель і використання цієї моделі для оптимізації транспортних, торговельних, освітніх та інших соціально-економічних структур і мереж територіальних громад та створення інтерактивних онлайн візуалізацій цих процесів.

Виклад основного матеріалу дослідження. Термін «територіальна громада» стосується до групи громадян, які проживають разом у межах одного населеного пункту (села, селища, міста), який є самостійної адміністративно-територіальної одиницею, або до кількох добровільно об'єднаних груп громадян, які мешкають в різних населених пунктах, що мають єдиний адміністративний центр [4]. Згідно з Законом України «Про місцеве самоврядування в Україні», вони є основними суб'єктами місцевого самоврядування та носіями всіх повноважень і функцій, які вони здійснюють. Право на місцеве самоврядування належить лише вказаним громадянам або їхнім об'єднанням. Коли йде мова про правову природу територіальних громад, потрібно пам'ятати про органи місцевого самоврядування, які походять від них і виконують функції та повноваження місцевого самоврядування від імені мешканців територіальних громад та в їх інтересах. Органи місцевого самоврядування, беззаперечно, є суб'єктами адміністративного права, або, якщо бути точніше, суб'єктами публічної адміністрації, оскільки вони здійснюють публічні владні повноваження. Наприклад, ці органи відповідають за організацію надання населенню регіону широкого спектру публічних послуг, включаючи транспорт, спорт, культуру, освіту, охорону здоров'я та охорону природних ресурсів, серед інших. Вони також повинні виконувати інші повноваження у сфері місцевого самоврядування від їхнього імені та в інтересах громадян даної територіальної одиниці [1].

Органи та посадові особи місцевого самоврядування відповідають перед громадами, та відповідно є підзвітними, підконтрольними

перед громадянами даної територіальної одиниці [4]. Відповідно [4] в свою чергу територіальні громади відповідають за виконання актів органів і посадових осіб місцевого самоврядування на своїх територіях.

До цього моменту не існувало будь-якої картографічної інтерактивної онлайн основи для всіх територіальних громад, яка могла б бути корисною як для поточної роботи, так і для планування місцевого розвитку. Більшість громад змінили свій склад і площу територій через новий адміністративно територіальний. Таким чином, їхній розвиток буде більш планомірним, якщо створити інтерактивну карту, на якій будуть показані межі громади, автомобільні дороги, інфраструктурні об'єкти, водні та лісові ресурси тощо. Це дуже важливий ресурс для громад, який допомагає ефективно керувати адміністративними одиницями.

Децентралізація призвела до того, що повноваження органів місцевого самоврядування територіальних громад поширюються на всю територію країни і вже не обмежуються територіями населених пунктів. Громадам потрібна проста та зрозуміла картографічна основа, щоб вони могли чітко розуміти свої межі та бачити, що знаходиться на їхній території. Це повинно покращити управління територією, інвентаризацію майна та ресурсів і планування розвитку громади. Власне за підтримки ОБСЄ в Україні для кожної громади були розроблені картосхеми.

Картосхеми або їхні інтерактивні аналоги допомагають мешканцям громад контролювати прийняття управлінських рішень та стати основою для більш складних інструментів обліку матеріальних та нематеріальних цінностей, планування економічного розвитку територій та інше. Картосхема, або інший інтерактивний аналог цифрової онлайн карти, є важливим компонентом планування розвитку територіальної громади. Зазначимо, що на порталі «Децентралізація» певний час були доступні картосхеми для різних територіальних громад у цифровому форматі pdf та jpeg) [5]. Недолік таких картосхем полягає в тому, що вони лише зображення, а не інтерактивні об'єкти, до яких можна вносити зміни, а також у тому, що користувачеві зараз неможливо отримати доступ до цих візуалізацій.

Прийняття рішень, іноді непопулярних, є частиною управління складними системами, такими як великі громади. Для прийняття демократичних рішень потрібні обґрунтовані пояснення на основі відкритих даних. Аналіз параметрів системи дозволяє визначити показники як для всієї системи, так і для окремих її компонентів, щоб підвищити аргументованість пояснень.

На даний час існує велика кількість цифрових карт. Звичайно, самі електронні карти не містять достатньо даних для оптимізації та планування міст. Однією із переваг карти OpenStreetMap (OSM) є те, що вона пропонує безкоштовно доступ до баз даних електронних об'єктів картографування, такі як будівлі, дороги, школи та лікарні. Інтерактивний інструмент OSM — це прикладне програмне забезпечення, яке дозволяє створювати цифрову інтерактивну онлайн карту кожному користувачеві. Ця програма є основою для багатьох існуючих цифрових карт, а також всього що стосується географії та картографії. Це пов'язано з тим, що OSM є єдиною картою, до внутрішньої структури якої є повний доступ. Ця інтерактивна цифрова карта побудована наступним чином. Як підкладка для карти використовується готова фотографія (фото зі супутника чи літака) з відображеною картою, яка може використовуватися для всіх інших карт створених на її основі. Карта-підкладка має реперні точки які є географічними координатами (довготою і широтою). Крім того до карти OSM прив'язані об'єкти (будівлі, дороги, ліси і річки з їхніми різноманітними характеристиками), які складають базу даних картографічних об'єктів карти OSM.

Насправді OpenStreetMap — це не просто цифрова інтерактивна онлайн карта, це також база геопросторових даних (будівель, доріг, лісів і річок). Вона містить інформацію про об'єкти вищого рівня, такі як лінії, що з'єднують точки, зв'язки, які можуть включати точки та лінії, а також базові об'єкти — точки з їхніми атрибутами — географічними координатами (довготою і широтою). Усю інформацію збирають та наносять добровольці, які входять до співтовариства картографів OSM. Одним з основних видів об'єктів є будівлі, які поділяються на жилі і нежилі. Одним з важливих атрибутів є тип будівлі. Окремі будинки для однієї родини чи багатоквартирні будинки для великої кількості мешканців.

Для великих міст електронні карти OpenStreetMap заповнені об'єктами майже повністю, крім того в вільному доступі є інші джерела інформації про будівлі та мешканців населених пунктів (бази даних, супутникові фотографії поверхні землі). Зовсім інша ситуація для невеликих населених пунктів. Для створення карт густини невеликих населених пунктів необхідно в першу чергу заповнити об'єктами карти OpenStreetMap для них.

На основі даних OSM можуть бути побудовані різноманітні сервіси, що дозволяють оптимізувати процеси прийняття управлінських рішень в галузі урбаністики та містобудування. Звичайно, коли в кожному будинку чи квартирі є дані про кількість мешканців, на базі

демографічного складу мешканців можна розрахувати потреби в соціальній сфері (школи, лікарні, дитячі садки, магазини), логістиці (автобуси та електротранспортні маршрути, зупинки транспорту) та інших сферах. Один з таких прикладів демографічної інформації на рівні окремих будинків можна отримати за посиланням [6]. Проте такі дані є для окремих великих міст, як в Україні так і в інших країнах. Для багатьох інших міст, містечок а також менших населених пунктів така інформація у відкритому доступі відсутня.

Тут у нагоді стає метод моделювання густоти населення і частково демографії на основі відкритих даних бази об'єктів OSM. Тобто структури будинків з характеристиками багатопверховості помешкань. За допомогою запропонованого інструменту на основі усереднених даних для одного з міст з відомою кількістю мешканців для будинків з однаковою поверховістю [7] можна змодельовати густоту населення для іншого українського та навіть європейського міста. Отримати дані з наповнених карт OSM можна з допомогою програми OverPass turbo. OverPass turbo – вебінструмент отримання даних OSM за потрібними критеріями. Використовуючи команди даної програми отримано записи в таблиці у форматі csv (файловий формат, котрий є текстовим форматом для зберігання табличних даних, у якому поля розділяються комою).

Багато обласних і навіть районних центрів використовують електронні ресурси для розміщення інформації про структуру міст, адреси будівель, медицину та освіту. Інформація, стосовно громади Львова, доступна за посиланням [7]. Відкриті дані міської влади міста Львова у вигляді карти помешкань із вказанням адреси та демографічного складу мешканців особняків і багатопверхівок дозволяють пов'язати

дві таблиці: базу даних OSM та демографічну базу даних. Пов'язуючи рядки двох баз даних шляхом верифікації однакових адрес та створення зв'язку через ключове поле, отримаємо реальну демографічну базу даних, яку можна використовувати як структуру розподілу мешканців в різних типах будівель великого міста.

На основі реальних значень кількості жителів міста можна розрахувати стохастичні значення розподілу кількості мешканців для будинків певної поверховості: середнє та модальне значення, дисперсію та інші характеристики.

Для моделювання густоти населення, було створено карту точок з координатами довготи і широти. Кожна точка відображає один будинок (рис. 3). Використовуючи інструменти програми Tableau створено карту об'єктів Львова та DashBoard, який дозволяє розрахувати кількість мешканців в околі певної точки, густоту населення на певній площі, відобразити типи будівель та їхні адреси (рис 1). Інструмент для розрахунку густоти населення на основі окремих будинків можна спробувати за посиланням [8]. Модель була використана для побудови карт густоти населення для таких міст: Львів, Тернопіль, Дрогобич, Ряшів, Краків. Реальні та модельні значення відрізнялися в межах 10%.

Запропонований інструмент [8] може бути використаний державними структурами управління та бізнесом для вирішення управлінських завдань:

- планування та оптимізація об'єктів соціальної сфери (школи, лікарні) (рис. 1);
- планування та обслуговування міських мереж та комунікацій (газопостачання, водопостачання та водовідведення, електропостачання);
- планування та оптимізацію розташування торгових точок, аптек та використання даних карт густоти для порівняння показників діяльності існуючих об'єктів;

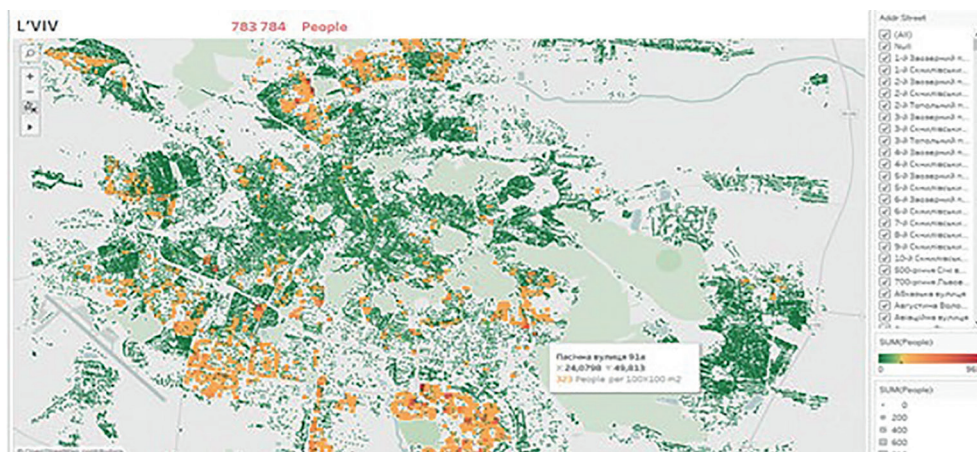


Рис. 1. Густота населення міста Львова (кожна точка – кількість мешканців на площі 100 на 100 м)
Джерело: побудовано авторами за даними [8] та на основі авторської моделі

- оптимізація розташування виборчих дільниць;
- планування і оптимізація транспортної інфраструктури (рис. 2).

На основі даних, які були проаналізовані, було створено мережу громадського транспорту міста Львова і розраховано потужність зупинок мережі. Для візуалізації використано дані про густоту населення [8], кількість мешканців в околі точки [10] і кількість маршрутів та зупинці. Мережа громадського транспорту міста Львів виглядає так (рис. 2). Потужність зупинки [9] відображає розмір кола на карті. На карті транспортної мережі чітко видно, що мережа міського транспорту є надзвичайно складною у Шевченківському районі та більшій частині Личаківського і Залізничного районів. У цих районах майже немає зупинок,

і мешканці користуються власним автотранспортом. У результаті велика кількість транспорту створює корки та збільшує завантаженість доріг.

Автори також використовували OpenStreetMap для визначення потреб у додаткових місцях для навчання в школах населених пунктів, наприклад, за допомогою моделі густоти населення. Диспропорція між кількістю закладів освіти і відповідно збільшенням новобудов, а отже кількості населення є однією з проблем росту великих міст. Це пов'язано з проблемою відкриття нових дитячих садочків, побудовою нових навчальних. Для прикладу розглянемо проблему неузгодження структури великого житлового комплексу, який розташований у Шевченківському районі міста Львова, і недостатньою кількістю місць для навчання в школах навколо цих новобудов (рис. 3)

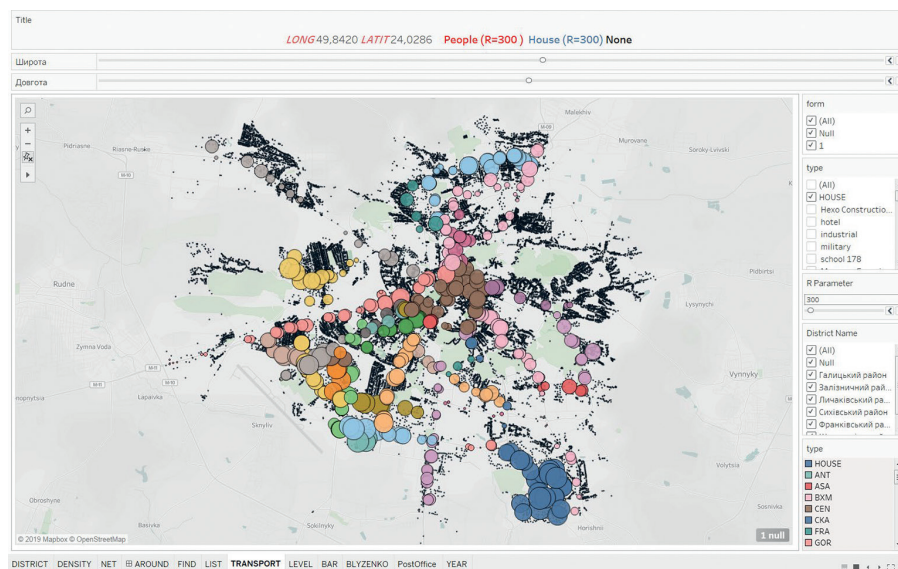


Рис. 2. Транспортна мережа міста Львова

Джерело: побудовано авторами за даними OSM та на основі авторської моделі

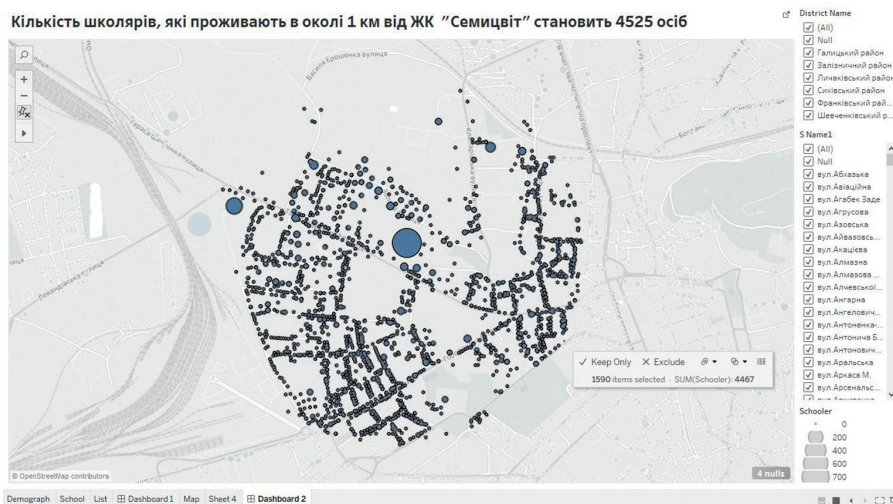


Рис. 3. Кількість школярів в околі 1000 метрів навколо ЖК

Джерело: побудовано авторами за даними [6] та на основі авторської моделі

Карту, яка побудована на основі демографічної карти міста Львова [6], відображена на рис. 3. Ця карта створена з використанням фільтру вибору лише дітей шкільного віку серед усіх мешканців. На основі демографічної карти густини населення [6] було визначено, що 4525 осіб шкільного віку проживають у радіусі одного кілометра навколо згаданого житлового комплексу.

Використовуючи онлайн-ресурс [11], який містить інформацію про типи навчальних закладів, кількість учнів і вчителів, визначено кількість місць для навчання в радіусі одного кілометра навколо згаданого житлового комплексу. Звичайно, гімназії, ліцеї та спеціалізовані школи були виключені зі списку шкіл, які розглядаються для можливості навчання звичайного учня. За даними карти шкіл Львівщини розраховано згадана кількість місць (2775 місць) що на 38% менше від потреби. Таким чином, у цьому районі потрібно побудувати принаймні одну школу на 1700 місць, яка буде розташована якнайближче до новобудов.

Висновки. Використання запропонованої моделі довело, що оптимальним рівнем ґрунтяції та аналізу даних, які використовують для оптимізації соціально-економічних структур великої територіальної системи є окремий будинок чи багатоповерхівка. Для пошуку

характеристик будівель потрібно використувати базу даних інтерактивної онлайн карти OSM та мову запитів OverPass turbo, а в якості параметрів будівель (кількість мешканців, кількість квартир, поверховість будівель) та реальні стохастичні характеристики (середнє значення, середньоквадратичне відхилення).

Узагальнюючи наведені дослідження, можна сформулювати наступний ланцюжок тверджень. Ефективність системи ефективної територіальної громади, зокрема закладів освіти, визначається оптимальним використанням ресурсів (фінансів, трудових ресурсів, економічних можливостей). Управління складними системами означає прийняття (іноді непопулярних) рішень. Якщо управління здійснюється демократичними методами, то такі рішення потребують аргументованих пояснень на основі відкритих даних. Аргументованість пояснень забезпечується аналізом параметрів системи, визначенням показників системи в цілому та окремих складових. Це означає, що проведення дослідження може бути корисним державним установам при прийнятті рішення про оптимізацію кількості навчальних закладів або перевірку доцільності та ефективності витрат на освітні послуги, структури транспортної мережі та інших об'єктів територіальних громад.

Список використаних джерел:

1. Лісніченко А. С. Громади як суб'єкти адміністративного права. *Національний юридичний журнал: теорія і практика*. 2019. № 5. С. 67–71. URL: <http://www.jurnaluljuridic.in.ua/archive/2019/5/15.pdf>
2. Пронько Л. М., Затайдух К. Ю. Економічний розвиток територіальних громад: сутність, особливості та стратегічні перспективи. *Економіка та суспільство*. 2024. № 59. С. 70–80. URL: <https://economyandsociety.in.ua/index.php/journal/article/view/3428/3356>
3. Бігун Р.Р., Литвин В. В. Моделювання процесів розвитку територіальних громад. *Вісник Національного університету «Львівська політехніка». Інформаційні системи та мережі*. 2022. № 11. С. 173–186. URL: http://nbuv.gov.ua/UJRN/VNULPICM_2022_11_14
4. Закон України «Про місцеве самоврядування в Україні». URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/280/97-%D0%B2%D1%80#Text>
5. Портал «Децентралізація». URL: <https://decentralization.ua/>
6. Густота населення міста Львова в розрізі вікових та статевих груп. URL: https://public.tableau.com/app/profile/orestmyshchyshyn/viz/Demograph_Syhyv_Lviv/Dashboard1
7. Геопортал відкритих даних Львівської міської ради. Кадастрова карта. URL: <https://map.city-adm.lviv.ua/map/main#map=12//49.8372096//24.03509786&layer=12047211593411934-1,100>
8. Карта густоти населення міста Львова. URL: https://public.tableau.com/app/profile/orestmyshchyshyn/viz/Density_Lviv/Sheet1
9. Безлюбченко О. С. Гордієнко С. М. Завальний О. В. Планування міст і транспорт. Навчальний посібник. Харків: ХНУМГ ім. О. М. Бекетова, 2021. 271 с. URL: <https://eprints.kname.edu.ua/58505/1/2019%20посібник%20ПМТР%20сборка.pdf>
10. Інструмент визначення кількості мешканців в околі точки. URL: https://public.tableau.com/app/profile/nazar.mazur7432/viz/lvi_tb/Dashboard1
11. Карта шкіл Львівщини. URL: https://public.tableau.com/app/profile/orestmyshchyshyn/viz/LODA_MAP_3/Dashboard3

References:

1. Lisnichenko A. (2019) Gromady jak subekty administratyvnogo [Communities as subjects of administrative law]. *National Law Journal: Theory and Practice*, no 5, pp. 67–71.
2. Pronko L., Zatajduh K. (2024) Ekonomichnyj rozvytok teorytorialnyh gromad: sutnist, osoblywosti ta strategichni perspektyvy [Economic development of territorial communities: essence, features, and strategic prospects]. *Economy and society*, no 59, pp. 70–80.

3. Bigun R., Lytwyn V. (2022) Modeljuvannja procesiv rozvytku territorialnyh gromad [Modeling the processes of development of territorial communities]. *Visnyk Nacionalnogo universytetu "Lvivska politehnika". Informacijni systemy ta meregi*. No 11, pp. 173–186.
4. Zakon Ukrainy "Pro misceve samovraduvannja v Ukraini" [The Law of Ukraine "On Local Self-Government in Ukraine"]. Available at: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/280/97-%D0%B2%D1%80#Text>
5. Portal "Decentralizacija" [Portal "Decentralization"]. Available at: <https://decentralization.ua/>
6. Gustota naselennja mista Lvova v rozrizi vikovyh ta statevyh grup [Population density of the city of Lviv by age and gender groups]. Available at: https://public.tableau.com/app/profile/orestmyshchyshyn/viz/Demograph_Syhiv_Lviv/Dashboard1
7. Geoportal vidkrytyh danyh Lvivskoi miskoi rady. Kadastrova karta. [Geospatial portal of open data of the Lviv City Council. Cadastral map]. Available at: <https://map.city-adm.lviv.ua/map/main#map=12/49.8372096/24.03509786&layer=12047211593411934-1,100>
8. Karta gustoty naselennja mista Lvova [Population density map of the city of Lviv]. Available at: https://public.tableau.com/app/profile/orestmyshchyshyn/viz/Density_Lviv/Sheet1
9. Bezljubchenko O., Gordijenko S., Zavalnyj O. (2021) Planuvannja mist i transport. [Urban Planning and Transportation]. Tutorial. p. 271. Available at: <https://eprints.kname.edu.ua/58505/1/2019%20посібник%20ПМиТР%20сборка.pdf>
10. Instrumenty vyznachennja kilkosti meshkanciv v okoli tochky [Tool for determining the number of inhabitants in the vicinity of a point]. Available at: https://public.tableau.com/app/profile/nazar.mazur7432/viz/lvi_tb/Dashboard1
11. Karta shkil Lvivshchyny [Map of Schools in Lviv Region]. Available at: https://public.tableau.com/app/profile/orestmyshchyshyn/viz/LODA_MAP_3/Dashboard3