

Міністерство освіти і науки України
Київський національний університет імені Тараса Шевченка
ННІ «Інститут геології»
Кафедра геоінформатики

ДИПЛОМНА РОБОТА
спеціальність 193 – Геодезія та землеустрій
освітня програма «Геоінформаційні системи та технології»

**ТЕМА: «Просторовий аналіз і моделювання освітньої інфраструктури в Україні
та за кордоном»**

Виконав



(підпис)

студент 4-го курсу
кафедри геоінформатики
Олійник Богдан Олександрович

Науковий керівник

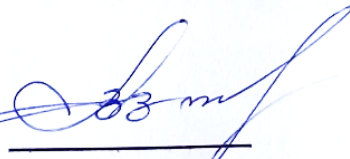


(підпис)

доцент, доктор геогр. наук
Ляшенко Д.О.

Робота рекомендується до захисту (протокол № 14 засідання кафедри
геоінформатики від 13.06.23р.)

Завідувач кафедри



(підпис)

професор, доктор технічних наук
Зацерковний В.І.

Київ – 2023

ЗМІСТ

ВСТУП	3
1. ТЕОРЕТИКО-МЕТОДИЧНІ ОСНОВИ ДОСЛІДЖЕННЯ ІНФРАСТРУКТУРНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ МІСТА	6
1.1. Теорії розміщення установ сфери послуг в містах	6
1.2. Аналіз світового досвіду використання ГІС для оптимізації мережі закладів освіти	14
1.3. Використання функціоналу ГІС-засобів для моделювання освітньої інфраструктури міста	22
2. ОРГАНІЗАЦІЙНІ ЗАСАДИ ГІС АНАЛІЗУ РОЗМІЩЕННЯ УСТАНОВ СФЕРИ ПОСЛУГ	30
2.1. Етапи аналізу і моделювання мережі закладів	30
2.2. Обґрунтування переліку джерел просторових даних	36
2.3. Вибір алгоритмів, їх програмної реалізації та пакетів програм	49
3. ПРОСТОРОВИЙ АНАЛІЗ І МОДЕЛЮВАННЯ МЕРЕЖ ОСВІТНІХ ЗАКЛАДІВ МІСТ В УКРАЇНІ ТА ЗА КОРДОНОМ	56
3.1. Просторовий аналіз освітнього інфраструктурного забезпечення міста Відень	56
3.2. Просторовий аналіз інфраструктурного забезпечення міста Київ	64
3.3. Просторовий аналіз інфраструктурного забезпечення міста Чернігів ...	72
3.4. Оцінка привабливості території з точки зору забезпечення об'єктами освітньої інфраструктури	80
ВИСНОВКИ	88
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ	92

ВСТУП

Актуальність теми. Нині, в епоху стрімкої урбанізації, що відбувається по всьому світу, зміни у сфері містобудування неминучі. Найбільша частка цих змін може бути відслідкована за допомогою геоінформаційних технологій та геоінформаційних систем (ГІС). Геоінформаційні системи, які охоплюють дані різних видів економічної діяльності підтримують прийняття рішень, зокрема й у забезпеченні освітніх потреб суспільства. Правильне й усебічно науково обґрунтоване планування розвитку сучасних європейських міст передбачає не лише забезпечення функціонування існуючих закладів освіти, але й дозволяє розвивати транспортну, культурну інфраструктуру, будівництво нового житла тощо. Реалізація таких заходів неможлива в наші дні без просторових моделей і геоінформаційних технологій.

Геоінформаційна система європейських міст, таких як Відень, Київ, Чернігів має забезпечувати підтримку максимально обґрунтованих управлінських рішень з питань розвитку території на основі оперативного надання всім суб'єктам, які здійснюють свою діяльність на території міста, повної об'єктивної інформації про доступні територіальні ресурси, об'єкти нерухомості, інженерної та транспортної інфраструктури, інформації про її розвиток і плановані зміни. В цьому аспекті одним з актуальних напрямів є просторовий аналіз і моделювання освітньої інфраструктури в Україні та за кордоном.

Така задача є надзвичайно актуальною, оскільки це допомагає містобудівникам і політикам зрозуміти розподіл освітніх закладів у місті та визначити райони з високим попитом на освітні послуги. Цю інформацію можна використовувати для прийняття рішень про те, де будувати нові школи, розподіляти ресурси та визначати пріоритетність інвестицій в освітню інфраструктуру.

Освітня інфраструктура є сукупністю об'єктів (навчальних закладів), які забезпечують загальні умови і нормальне функціонування освітньої галузі життєдіяльності суспільства, його відтворення і розвиток. В першу чергу, це відбувається через територіальний розподіл закладів середньої освіти. Тому саме просторова візуалізація та аналіз місцезнаходження загальноосвітніх середніх шкіл буде сприяти вирішенню завдань даної роботи.

Моделювання дає повне розуміння поточного стану освітньої інфраструктури, включаючи типи шкіл, їх місткість та доступність. Ця інформація може бути використана особами, які приймають рішення, для прийняття обґрунтованих рішень про те, як покращити освітню систему та ефективно розподілити ресурси.

Просторовий аналіз освітньої інфраструктури в Україні та за кордоном можна використовувати як інструмент для моніторингу та оцінки впливу освітньої політики на розвиток міста. Це допоможе оцінити ефективність зусиль міської влади щодо покращення освітніх результатів і приймати рішення на основі даних.

Отже, просторовий аналіз та моделювання освітньої інфраструктури в містах Європи та України має важливе значення для забезпечення справедливості та доступу до освіти, прийняття обґрунтованих рішень, ефективного планування та моніторингу, не лише освітньої системи, але й міста в цілому.

Метою роботи є здійснення геоінформаційного аналізу освітньої інфраструктури, дослідження забезпеченості населення освітніми послугами, створення моделі доступності закладів середньої освіти, визначення загальних закономірностей та особливостей їх територіального розміщення в залежності від демографічних, економічних показників та тенденцій розвитку досліджуваних районів міст.

Для досягнення поставленої мети потрібно розв'язати кілька **завдань**:

1) визначити особливості застосування теорії розміщення в процесі геоінформаційного моделювання;

2) випробувати методику просторового аналізу оптимальності розміщення закладів освіти;

3) здійснити просторовий аналіз освітньої інфраструктури в містах Відень, Київ та Чернігів, виявити відмінності в доступі до освіти в різних частинах міста;

4) розробити рекомендації для усунення диспропорцій і забезпечення доступу до якісної освіти усіх дітей, незалежно від місця їхнього проживання.

Об'єкт дослідження – це територія міст Київ, Чернігів та Відень.

Предмет дослідження – це методика просторового аналізу та моделювання освітньої інфраструктури в цих містах.

Очікуваним результатом аналізу просторової диференціації закладів буде побудова графових структур, створення різних геообразень та діаграм.

Новизна роботи полягає в дослідженні ефективності територіального розташування закладів середньої освіти у європейських містах (наприклад, Відень, Київ, Чернігів), а також здійснення просторового аналізу їх освітньої інфраструктури та розробка рекомендацій для забезпечення доступу до якісної освіти усіх дітей, незалежно від місця їхнього проживання.

1. ТЕОРЕТИКО-МЕТОДИЧНІ ОСНОВИ ДОСЛІДЖЕННЯ ІНФРАСТРУКТУРНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ МІСТА

1.1. Теорії розміщення установ сфери послуг в містах

Теорії розміщення установ сфери послуг в містах, враховуючи різноманітні фактори, такі як населення, соціально-економічний статус, транспортні мережі та конкуренція, допомагають здійснити аналіз та планування оптимального розміщення установ, що має сприяти ефективному обслуговуванню населення.

Виходячи з аналізу існуючих типологій та класифікацій, велике місто розглядається як багатофункціональний, економічно розвинений центр відповідного регіону або районоутворюючий центр, включений до системи суспільного поділу праці, що характеризується еволюційним розвитком внутрішніх та зовнішніх зв'язків, своєрідністю території, складністю та різноманітністю соціальної структури, частиною якої є доступ до освітніх послуг.

На першому етапі робіт зарубіжних вчених по розміщенню виробництва більша їх частина була присвячена окремим проблемам. Мета таких досліджень полягала в тому, щоб визначити найбільш вигідне місце розташування одного підприємства.

Менша частина вчених займалась розробкою загальної теорії розміщення господарської діяльності.

Французький економіст Леон Кантільйон вперше у праці "Ессе про політичну економію" у 1755 році сформулював теоретичний підхід до вивчення економіки, який розглядає регіони та просторові аспекти як важливі фактори для розуміння економічного розвитку. Цей підхід отримав свою назву на його честь - «Просторова економіка Кантільйона».

Річард Кантільйон також був засновником аналізу економічної діяльності у прив'язці до географічного простору. Просторовий аналіз виходить з відстані

(транспортні витрати та їх зв'язок з цінами, а також з місцезнаходженням економічної діяльності) та території (географічний розвиток і межі ринків). Кантільйон не лише розробив теорію розміщення, але й інтегрував її у свій загальний мікроекономічний аналіз. Зокрема, він побачив що ціни на продукцію в містах завжди будуть вищими, ніж у місцях її виробництва, на величину, необхідну для покриття витрат і ризиків, пов'язаних з транспортуванням. Як наслідок, великогабаритні та/або швидкопсувні товари було б надто дорого або неможливо транспортувати до міст, а отже, вони були б набагато дешевшими в місцях їх виробництва. Такі продукти, як правило, вирощують у прикордонних районах навколо міст, де транспортні витрати на перевезення до міських ринків не є надто високими. Крім того, у виробництві Кантільйон побачив, що у випадках, коли заводам доводиться використовувати великогабаритну сировину з низькою вартістю за одиницю ваги, вони, як правило, розташовуються поблизу місць видобутку такої сировини. Адже в такому випадку було б дешевше транспортувати менш громіздку, але більш цінну готову продукцію на міські ринки, ніж транспортувати сировину.

Щодо розташування територій міських ринків, Кантільйон зазначив, що покупцям і продавцям набагато дешевше збиратися в одному місці, ніж роз'їжджатися по периферії в пошуках один одного та з'ясовуючи різні ціни, які покупці готові платити, а продавці готові прийняти. Говорячи сучасною мовою, Кантільйон міг би сказати, що центральні ринки розвиваються природним чином, оскільки вони надзвичайно знижують транзакційні, транспортні, інформаційні та інші витрати на торгівлю (*Rothbard, 1995*).

Просторова економіка Кантільйона висуває гіпотезу, що економічні процеси і результати неоднорідні у просторі, і що географічні чинники можуть впливати на розвиток регіонів. Зокрема, цей підхід досліджує взаємодію між просторовою структурою, розміщенням виробництва, транспортною інфраструктурою,

розподілом робочої сили, ринками праці та іншими факторами, які впливають на економічну активність.

Надзвичайно передовими для свого часу були думки Йогана фон Тюнена щодо промислової агломерації. І хоча його книга «Ізольована держава у своєму відношенні до сільського господарства і національної економії» вийшла друком в 1826 році, багато в чому його ідеї залишаються актуальними навіть сьогодні.

Тюнєн «не лише створив маржиналізм і управлінську економіку, але й розробив одну з ... перших моделей загальної рівноваги в термінах реалістичної економетрії» (*Masahisa, 2011*)

Головним змістом цієї фундаментальної праці було виявлення закономірностей розміщення сільськогосподарського виробництва залежно від відстані місця виробництва до ринку збуту продукції (тобто транспортних витрат). Вчений довів, що оптимальна схема розміщення сільськогосподарського виробництва – це система концентричних кіл (кільця Тюнена) різного діаметра навколо центрального міста, які поділяють зони розміщення різних видів сільськогосподарської діяльності (рис. 1.1.). Це був перший і вельми показовий приклад використання абстрактних математичних моделей в теорії просторової економіки (*Дорош та ін., н.д.*)

Основне припущення моделі фон Тюнена полягає в тому, що сільськогосподарське землекористування формується у вигляді концентричних кіл навколо центрального ринку. Останній споживає всю надлишкову продукцію, яку необхідно транспортувати із сільської місцевості на ринок. Причому, чим вища врожайність (продуктивність), тим ближче до міста має розміщуватись відповідне виробництво.

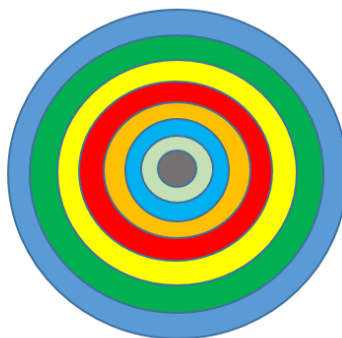


Рис.1.1. – Кільця Тюнена

Фон Тюнен створив абстрактну модель під назвою «ізолювана держава», тобто географічні умови. Його основні припущення полягали в наступному: ринок знаходиться в центрі; земля є однорідною (ізотропною), тобто рівнинною, без гір чи річок (річки дозволять транспортуватись); клімат і ґрунт однакові всюди; фермери не користуються мережею доріг, а їдуть до ринку по прямій лінії через ландшафт; фермери прагнуть найвищих прибутків і не обтяжені культурними чи політичними міркуваннями (*Von Thunen model, н.д.*)

Основну увагу в теорії Тюнена приділено трьом головним факторам та їх взаємозв'язкам: 1) відстані від господарства до міста (ринку збуту); 2) цін на різні види сільськогосподарської продукції; 3) земельну ренту.

Основною перевагою моделі фон Тюнена є ідея того, що простір можна моделювати за допомогою рівнянь, і вона була революційною для свого часу. Це призвело до багатьох варіантів моделі на основі різних типів припущень та умов як для сільської, так і для міської місцевості.

Серед теорій розміщення виробництва варто виокремити теорію центральних місць (теорія розміщення системи населених пунктів). Її автор — німецький географ В. Крісталлер у науковій праці "Центральні місця в Німеччині" (1913 р.) довів, що на однорідній поверхні з рівномірним розміщенням сировинних ресурсів і однаковою купівельною спроможністю населення виникають так звані фокуси (ядра) різних ієрархічних рівнів, навколо яких формуються поселення

нижчих рівнів. Ці фокуси вчений назвав «центральною місцями» (*Теорії та концепції розміщення продуктивних сил, н.д.*)

Найбільш раціональною є система центральних місць у вигляді правильних шестикутників, у кутах яких перебувають місця нижчого рангу (рис. 1.2.). При цьому кожне центральне місце нижчого рангу притягується до трьох центральних місць вищого рангу. У такий спосіб вся заселена територія повністю покривається шестикутниками, які ще називають "крісталлерівська сітка". Завдяки цьому скорочується середня відстань збуту продукції, поїздок за покупками і обслуговування тощо. Дана теорія обґрунтовує доцільність виробництва одних видів продукції в кожному населеному пункті (товари першої необхідності), інших — у середніх поселеннях (одяг, побутові послуги), третіх (предмети розкоші) — тільки у великих містах. Таким чином, кожен населений пункт виконує певні функції та має свій радіус впливу й тяжіння. Відповідно можливі різні методи територіальної організації міських закладів, в тому числі і закладів освіти (*Томашевська та ін., 2012*).

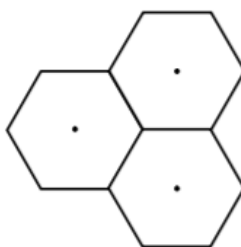


Рис 1.2 - Центральні місця за В. Крісталлером (*Томашевська та ін., 2012*)

У 1944 р. і пізніше з'явилися роботи німецького економіста А. Льюша. Він, намагаючись знайти місце для підприємства, що забезпечувало б підприємцю мінімальні витрати, за основу брав максимальний прибуток.

На відміну від своїх попередників він розглядав не окрему галузь чи підприємство, а всю економіку в цілому. Але разом з цим він вважав головним районоутворюючим фактором не спеціалізацію економічного району, а ринковий збут товарів.

«Держава може прискорити дорогий процес прагнення рівноваги в нерегульованій економіці, — писав Леш, — склавши собі уявлення про те, яким чином він буде розвиватися, а потім заохочуючи доцільний розвиток. Ми надаємо особливого значення вирішенню питання економічної придатності даного місця для господарську діяльність. Насамперед потрібно досліджувати найзначніші переваги території» (Шупер, 2006).

Спираючись на ті ж самі принципи, що і Крісталлер, Льош розробив свою систему центрів з більш ретельним економічним обґрунтуванням і кращим використанням різних геометричних побудов (схем розміщення) (Петрига, 2009).

Льош так визначив суть їм зробленого: «Колишні дослідження були присвячені відносинам між людьми та економікою, а ця книга присвячена взаємозалежності між територією та економікою». Льош створив теорію економічного ландшафту, логічно бездоганну, закінчену та цільну. Економічний ландшафт є переплетення ринкових зон різних товарів та послуг. У будь-якій точці цього ландшафту є попит на якісь товари та послуги: товари тривалого користування та повсякденного попиту, що допускають тривале зберігання та швидкопсувні, послуги часті та рідкісні. Обсяг попиту прийнято зображувати у формі конуса, кругова основа якого є елементарна ринкова зона. Чим далі від центру кола - місця виробництва, - тим вище ціна і нижчий попит. У певній точці ціни одного й того самого товару двох сусідніх виробників стають однаковими. Тут і проходить межа ринкових зон (рис. 1.3.).

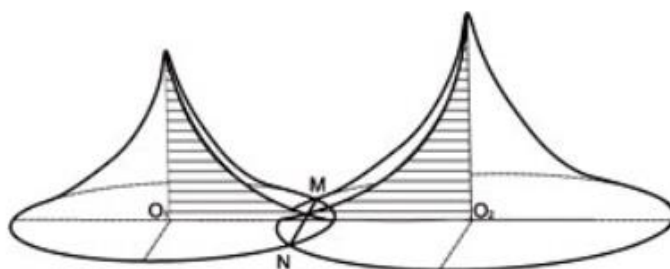


Рис.1.3 - Конуси попиту та межі риночних зон (Шупер, 2006)

Основні зауваження щодо моделі Льоша зводились до того, що він виключив ієрархічну рангову класифікацію центрів, яка присутня у Крісталлера, виходив з передумов рівномірного розподілу попиту в просторі, тоді як визначене ним кінцеве розміщення центрів і галузей не відповідає цій умові, що він ігнорував вплив транспортних витрат.

Вагомий внесок у розробку методологічних основ науки про розміщення продуктивних сил, і зокрема науки про регіон, зробив вчений В.Айзард.

Він вперше зміг впровадити досягнення теорії розміщення у розроблення регіональних програм розвитку. Проте значення досліджень В.Айзарда не обмежується тільки створенням регіональних економетричних моделей. Вчений вважав, що більшість наук має свій регіональний, або територіальний, аспект дослідження, тому регіоналістика є, відповідно, системою будь-яких знань регіонального характеру (Панкова, 2019).

Концептуальні розробки В.Айзарда ґрунтувалися на положеннях теорії ринкової економіки. В дослідженні «Методи регіонального аналізу. Вступ до регіонознавства» проводиться думка про взаємодію політичних, соціальних і економічних сил, яка повинна враховуватися у процесі аналізу розвитку регіонів. При цьому населення розглядається як головне регіоноутворююче ядро, яке зумовлює всі інші параметри економічного і соціального розвитку. Цей методологічний підхід дозволяв зосередити проблеми людського розвитку в центрі регіональної економічної системи.

Айзард розглядає регіони як відносно стійкі та внутрішньо узгоджені просторові одиниці, які можуть бути визначені на основі спільних рис, таких як фізична географія, економіка, культура, демографія, історія та інші фактори. Згідно з цим підходом, регіони є унікальними сутностями, які відрізняються від інших територій. Тому його вважають засновником регіоналістики.

Теорія просторової організації міста, також відома як модель галузевої концентрації, розвинена Джоном Гаррісом та Майклом Ульманом, є однією з ключових теорій у галузі географії та планування міст.

Згідно з цією теорією, місто організоване у вигляді центральної комерційної зони, що має концентрацію різних галузей діяльності. У центральній зоні розташовані офісні будівлі, банки, торговельні центри, а також ресторани та розважальні заклади. Ця зона зазвичай є найбільш забудованою і займає центральне положення у місті.

За моделлю Гарріса-Ульмана, різні галузі економіки розташовані у певних секторах або зонах міста, відповідно до їх функціональної спеціалізації. Наприклад, виробничі підприємства можуть бути сконцентровані у промислових районах, а торгівля та послуги - у комерційній центральній зоні (*Міські географії ..., н.д.*).

Ця модель передбачає просторову концентрацію галузей у місті залежно від попиту на їх продукти та послуги. Така організація сприяє зручності для мешканців та підприємств, зменшує витрати на транспортування і сприяє ефективному використанню простору.

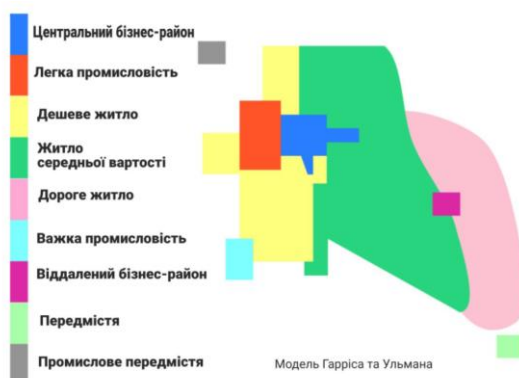


Рис. 1.4 - Модель просторової організації міста Гарріса та Ульмана (*Міські географії ..., н.д.*)

Вказані вище просторові теорії можуть знайти застосування в багатьох сферах, таких як регіональне планування, урбаністика, транспортна політика, розвиток регіонів та інвестиційні рішення. Вони допомагають розуміти, як

просторові чинники взаємодіють з економічними процесами і як вони можуть бути використані для сприяння сталому розвитку міст та регіонів.

Ці теорії лягли в основу теоретичних засад розміщення не лише центрів виробництва, а й використовувалися для визначення раціонального розміщення міських об'єктів, що повинні забезпечувати потреби міського населення, в тому числі освітні потреби.

1.2. Аналіз світового досвіду використання ГІС для оптимізації мережі закладів освіти

Однією з актуальних проблем на даному етапі розвитку міст в Україні, коли процеси реформування торкаються усіх сфер розвитку регіональної інфраструктури, є проблема оптимальної територіальної організації закладів загальної середньої освіти у місті. Мережа закладів загальної середньої освіти має формуватись відповідно до законодавства з урахуванням соціально-економічної та демографічної ситуації, а також відповідно до культурно-освітніх, економічних та інших потреб територіальної громади міста.

Людський ресурс в цьому випадку виступає як абсолютна продуктивна сила регіональної економіки. Перший етап формування людського ресурсу відбувається у віці від народження до 16 років. Саме на цьому етапі формуються особисті якості шляхом пізнання та освоєння всього, що оточує людину. Також відбувається формування світогляду, на це, перш за все, впливає родина та оточення. Та головним на цьому етапі розвитку людини є отримання базової освіти, яку надають такі організації, як заклади загальної середньої освіти. В Україні загальна середня освіта є обов'язковою та безкоштовною відповідно до Закону України "Про повну загальну середню освіту" (*Закон України, 2020*). Тому згідно з цим законом її отримує все населення держави. Саме в закладах загальної середньої освіти вивчають базові, загальні дисципліни, які всебічно розвивають людину, тим самим

закладаючи фундамент для подальшого процесу особистісного та професійного розвитку.

Тому, оптимізація існуючої мережі шкіл часто стає об'єктом досліджень ГІС-фахівців. Їх проекти дозволяють проводити аналіз ефективності та доступності існуючої мережі шкіл через оцінку географічного розташування шкіл, розрахунок шляхів до шкіл для учнів, визначення потреб у розширенні або перепрофілюванні закладів.

Одним із таких об'єднань фахівців ГІС стала, заснована у 2019 році, громадська організація «ЛУН місто». Вони дослідили де зараз найбільше дітей у класах молодшої школи та як картина зміниться за кілька років, у школах яких мікрорайонів м.Києва найбільший недобір чи перебір.

Для аналізу були використані дані з Open Street Map та інформаційного порталу «Освітня карта Києва», де зібрана інформація про всі школи міста. Школою неподалік дому вважалась та, що відповідає максимально допустимому радіусу обслуговування закладів початкової школи, визначеному ДБН — 800 метрів (де *найлегше влаштувати ... , н.д.*).

Результатом досліджень стало створення інтерактивних карт (рис.1.5.)

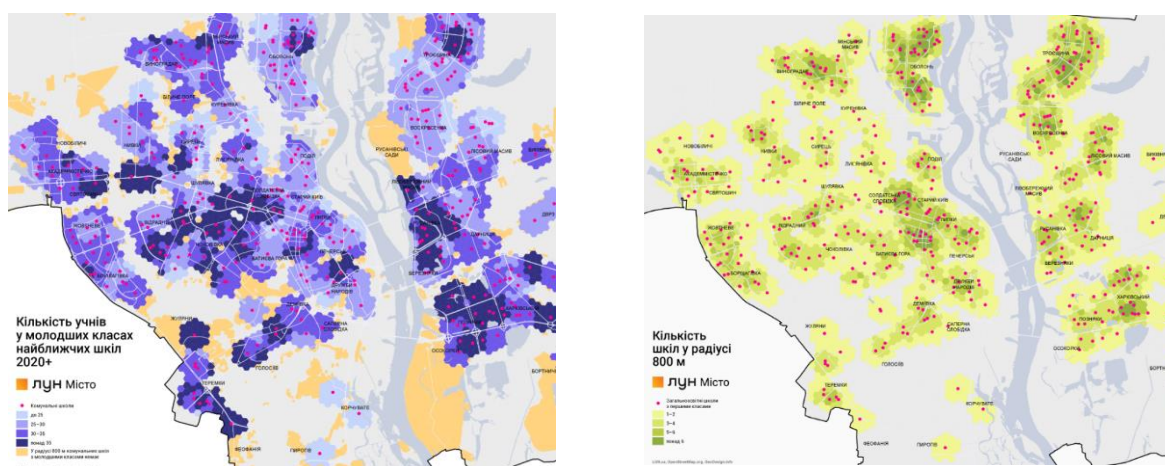


Рис.1.5. Карти, розроблені ГО «ЛУН місто» (<https://misto.lun.ua/shkola>, н.д.)

Використання ГІС для оптимізації мережі закладів освіти є поширеним та ефективним підходом, який застосовується в багатьох країнах.

В 2004 році в Сакраменто (штат Каліфорнія, США) урбаністами Д.Маккой, Д.Вінсент, К.Макаревич був реалізований проект «Інтеграція планування інфраструктури: Роль шкіл (Integrating Infrastructure Planning: The Role of Schools)». Він був присвячений територіям шкільних округів Каліфорнії, які ніколи не були відокремленими від рішень щодо міського розвитку. Натомість, вони і впливали на міський розвиток, і зазнавали його впливу. Географічні межі шкільних округів рідко збігались з межами інших суб'єктів місцевого планування. Наприклад, шкільний округ міг знаходитися в межах кількох міст або охоплювати як інкорпоровані, так і неінкорпоровані території. Карта регіону Сакраменто (рис.1.6.) показує тип роз'єднаних кордонів, які накладались один на одного, що ускладнювало їх координацію з планами міста чи округу. У районі Сакраменто показаному на карті, є п'ять округів, п'ятнадцять об'єднаних шкільних округів, дев'ять середніх та двадцять округів початкових шкіл, 29 міст/містечок та 446 шкіл (МсКоу, 2004).

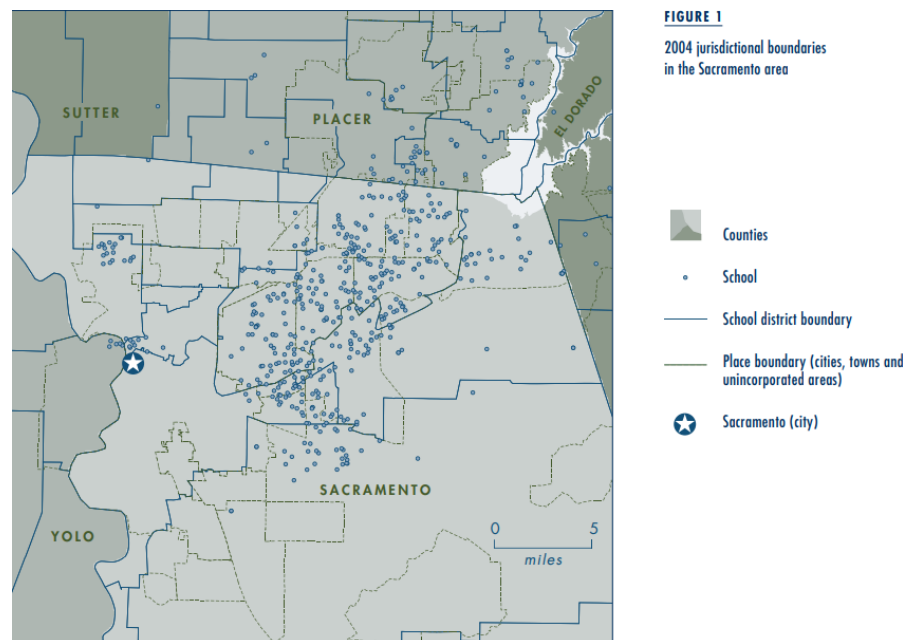


Рис.1.6. Юрисдикційні межі в районі Сакраменто (МсКоу, 2004).

Крім того, потреби шкільного фінансування часто призводили до того, що рішення про розташування шкіл не відповідали ані освітнім потребам, ані потребам міського розвитку, а натомість були зумовлені вартістю землі чи вимогами

забудовників. Проведене дослідження допомогло подолати інституційну інерцію, законодавчі вимоги штатів і федерального законодавства, страх перед судовими процесами та інші бар'єри, які робили спільну роботу між відомствами складним процесом. Дослідники проаналізували і визначили переваги від запровадження більш інтегрованих систем планування інфраструктури та функціонування шкіл, а територіальний аналіз нових шкіл, побудованих із застосуванням інноваційних стратегій розміщення, продемонстрував переваги та недоліки цих стратегій для шкіл і громад (McKoy, 2004).

Сьогодні Німецький інститут урбаністики в Берліні (Deutsches Institut für Urbanistik, DIU), в якості провідної дослідницької установи у галузі урбаністики та розвитку міст, зосереджується на розробці та впровадженні інноваційних підходів до розвитку міського середовища, включаючи і заклади освіти.

У своїх проектах DIU активно співпрацює з муніципалітетами, навчальними установами та іншими зацікавленими сторонами з метою створення оптимальних умов для освіти в містах. Ось кілька прикладів проектів, пов'язаних із закладами освіти.

В ході реалізації проекту «Планування місць для нових шкіл (Standortplanung für neue Schulen)» DIU досліджував потреби у нових школах у міських районах, що розширюються. Вивчались демографічні дані, тенденції населення та інші фактори, щоб забезпечити адекватним попитом шкільні заклади. У проекті «Мобільність учнів», що став частиною сумісного з Німецьким аерокосмічним центром (DLR) програми «Стійка міська мобільність у повсякденному житті (Nachhaltige urbane Mobilität im Alltag) була розроблена стратегія для поліпшення мобільності учнів, зокрема використанням громадського транспорту, велосипедів або пішохідних маршрутів. Досліджувалось, як зменшити транспортні затори навколо шкіл та забезпечити безпеку учнів у дорозі (*Nachhaltige urbane Mobilität im Alltag, н.д.*)

Окремо слід зазначити проект Німецького інституту урбаністики "ГІС-аналіз розміщення шкіл та доступу до освіти (GIS-Analyse von Schulstandorten und Zugang

zu Bildung)". У цьому проекті DIU використовуючи дані про населення, транспортну інфраструктуру, існуючі шкільні заклади та інші просторові дані, за допомогою ГІС-технологій аналізувалось розміщення шкіл у містах та визначались оптимальні місця, що забезпечать максимальний доступ до освіти для мешканців населеного пункту (*RNE..., н.д.*)

ГІС-аналіз дозволив DIU оптимізувати розміщення шкіл, забезпечуючи рівномірний доступ до освіти для всіх мешканців міста. Результати аналізу використовуються в міському плануванні та розробці стратегій подальшого розвитку освітньої інфраструктури.

Названі проекти є прикладом того, як ГІС-технології успішно використовуються для оптимізації розміщення шкіл у містах з метою забезпечення доступної та рівної освіти для всіх категорій населення. Вони демонструють, що проблема оптимальної територіальної організації закладів загальної середньої освіти у регіоні є завжди актуальною.

Важливу роль з точки зору планування території міста відіграють фактори розміщення. За Е. Алаєвим: «Фактори розміщення – це сукупність нерівнозначних ресурсів, при використанні яких проявляється відношення між даним об'єктом розміщення і територією, визначаючи в кінцевому рахунку оптимально (раціональну) з точки зору вибраних критеріїв і поставлених цілей локалізації об'єкту» (*Пак, 2017*). Між об'єктом і його місцем розміщення, тобто локалізацією, існує певний зв'язок. На вибір локалізації впливають з однієї сторони особливості самого об'єкту, з другої – особливості території де він розміщений або розміщується. Якщо змінюється склад факторів, повинно змінюватись і місце придатне для розміщення об'єкта.

Територіальна організація закладів загальної середньої освіти у регіоні — це мережа взаємопов'язаних між собою закладів загальної середньої освіти, які розташовані на визначеній території. Під оптимальною територіальною організацією закладів загальної середньої освіти у регіоні слід розуміти таке їх розташування, яке

дозволяє досягти максимального значення обраного цільового критерію при існуючих обмеженнях (Харченко, 2016).

Соціальна інфраструктура, до якої відносяться заклади загальної середньої освіти, забезпечує якість життя людей. Соціально-економічні фактори розміщення охоплюють: рівень розвитку соціальної інфраструктури, що задовольняє потреби населення в освіті, охороні здоров'я, сфері послуг та житлово-комунальному обслуговуванні; стан навколишнього середовища і природоохоронну діяльність; санітарно-гігієнічні умови праці (Дорогунцов, н.д.).

З розвитком продуктивних сил актуальність соціально-економічних факторів постійно зростає. В площині практичних дій це означає необхідність створення потужного інфраструктурного потенціалу всієї соціальної сфери та вирішення питань щодо задоволення відповідних соціальних потреб населення, в тому числі доступу до освіти.

Основоположники сучасної теорії планування міського простору на основі будівництва мікрорайонів Адамс Т. та Перрі К. зазначали, що заклади загальної середньої освіти є ядром мікрорайону незалежно від того, якою є місцевість сільською або міською. Цей концептуальний підхід до визначення місця закладу загальної середньої освіти у територіальній організації населеного пункту відобразився на тому, що у нормативах містобудування навіть існує радіус обслуговування закладом загальної середньої освіти прилеглої території, який варіюється від 300 до 600 м. Таким чином, виходячи з наявності закладу загальної середньої освіти на певній житловій території, забезпеченості рівними умовами доступу до нього кожного учня, можна судити про якість життя людей на цій території та умови для розвитку продуктивних сил внаслідок відповідного рівня розвитку регіональної економіки (Харченко, 2016).

Внаслідок того, що заклади загальної середньої освіти в Україні будувалися ще у середині минулого століття, то можна стверджувати, що їх нинішня територіальна конфігурація у регіоні впливає на конфігурацію транспортних мереж, а

також мереж тепло та водопостачання тощо, адже незалежно від місця розташування школи, необхідно забезпечити транспортування учнів, підвіз продуктів харчування, надання комунальних послуг.

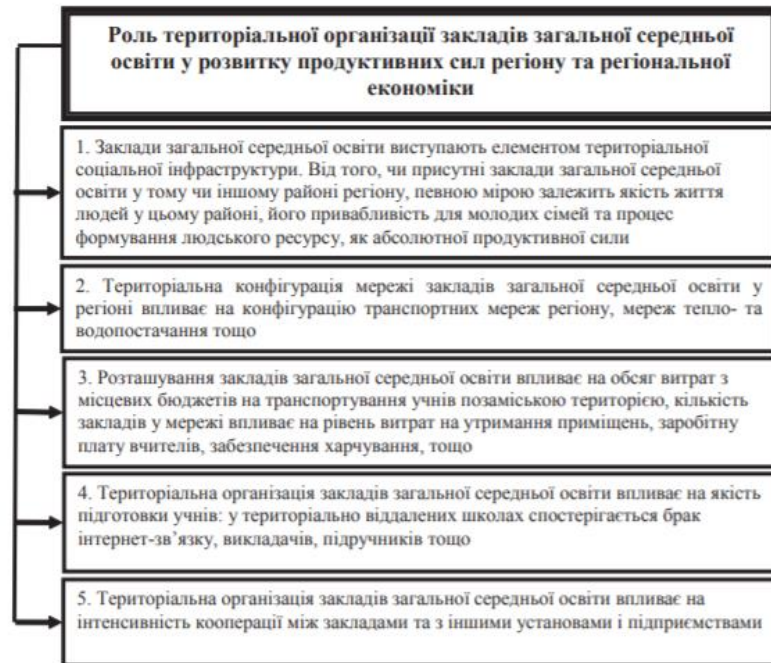


Рис. 1.7 - Роль територіальної організації закладів загальної середньої освіти у розвитку регіону та регіональної економіки (Харченко, 2016).

У свою чергу, закриття школи, а відтак, і уникнення необхідності у її транспортному та комунальному забезпеченні, призвело б до зміни транспортних та комунальних мереж. У разі будівництва нової школи, більш оптимально розташованої на певній місцевості, навіть незначні подовження транспортних сполучень та комунальних мереж також призведе до додаткових витрат та зміни загальної регіональної конфігурації цих мереж. В таких умовах необхідно врахувати дотримання загальної технічної політики експлуатації засобів зв'язку та транспорту, формування єдиної мережі з врахуванням територіального розміщення закладів середньої освіти (Гуль, н.д.).

Територіальна організація закладів загальної середньої освіти впливає і на якість підготовки. Наприклад, висококваліфіковані вчителі не завжди висловлюють бажання працювати у школах, розташованих у віддалених районах міста. Більш привабливими залишаються школи, які розташовані у центрі території. Відповідно,

віддаленим закладам загальної середньої освіти не вистачає кваліфікованих кадрів, і, як наслідок, рівень освіти знижується. Також у віддалених закладах середньої освіти постає проблема забезпечення їх новітніми технологіями, наприклад, інтернет-зв'язком, сучасними підручниками тощо. Отже, чим більш віддалені заклади загальної середньої освіти від центру міста, тим вони стають менш привабливі для учнів.

Від особливостей територіальної організації закладів загальної середньої освіти у регіоні залежить інтенсивність їх кооперації між собою та з іншими установами і підприємствами. Віддаленість між закладами загальної середньої освіти та закладами позашкільної освіти, як то музичні школи, спортивні секції тощо, ускладнює їх взаємодію. Зазвичай, батьки не мають можливості в робочий час відвозити дітей з одного закладу до іншого.

Наприклад, в Європі та Америці в кожному закладі загальної середньої освіти розташовані додаткові художні, музичні, спортивні секції тощо. Учень має можливість відвідувати всі ці секції без додаткового переїзду, що дозволяє оптимально взаємодіяти закладам загальної освіти з закладами позашкільної освіти (*Харченко, 2016*).

Розглянувши кілька аспектів світового досвіду використання ГІС для оптимізації мережі закладів освіти, слід зазначити, що при впровадженні ГІС в освітній сектор важливо враховувати контекст та специфіку кожного регіону або країни. Крім того, успішне використання ГІС потребує налагодження співпраці між освітніми організаціями, місцевими владами, громадськими організаціями та іншими зацікавленими сторонами.

Досвід використання ГІС в освіті свідчить про його значимість у плануванні, оптимізації та управлінні мережею закладів освіти. Впровадження ГІС дозволяє забезпечити більш ефективне використання ресурсів, розподілити їх з урахуванням потреб громад та учнів, забезпечити рівний доступ до якісної освіти та підвищити результативність системи освіти.

1.3. Використання функціоналу ГІС-засобів для моделювання освітньої інфраструктури міста

Функціонал ГІС дозволяє вирішувати завдання аналізу глобальних проблем: перенаселення, забруднення території, скорочення лісових угідь, та часткових завдань: пошук будинку, планування маршруту трубопроводу на місцевості. Геоінформаційні системи також можуть бути використані для моделювання різних аспектів освітньої інфраструктури міста. Наприклад, вони можуть бути використані для аналізу доступності освітніх закладів, розміщення нових шкіл, оптимізації маршрутів шкільних автобусів, оцінки потреб у побудові нових закладів освіти, та багатьох інших завдань.

Перед початком роботи з будь-яким інструментом ГІС, необхідно визначити завдання, яке необхідно вирішити, а також зібрати та підготувати дані, які можуть включати інформацію про розташування та типи освітніх закладів, демографічні дані міста та інші.

Після збору та підготовки даних, можна використовувати різні ГІС-інструменти та функції для аналізу та моделювання.

До методів просторового аналізу можна віднести переважну більшість процедур аналітичного блока сучасних ГІС. Проте у ГІС традиційно до «просторового аналізу» відносять досить вузьку сукупність методів, реалізованих практично у всіх ГІС-пакетах, а саме: аналіз близькості, побудову буферів, аналіз географічного збігу і включення, зонування території з використанням полігонів Тиссена.

Задачею такого виду географічного аналізу як аналіз близькості, є пошук об'єктів, що лежать на визначеній відстані від первісного об'єкта. Результати аналізу можуть бути використані для подальшої обробки. Концептуально ця

процедура подібна до побудови буфера «на льоту» і не вимагає розроблення нової карти – карти буферів (*Huisman O., de Vy R. 2009*).

Щоб виконати аналіз близькості для моделювання освітньої інфраструктури міста, необхідно:

1. Вказати, які цільові місця цікавлять нас (в даному випадку заклади середньої освіти), і визначити їх просторову протяжність.

2. Визначити межі близькості для кожного об'єкта. Існують різні способи вимірювання близькості, і деякі є кращими (або більш репрезентативними для реальних меж), ніж інші, залежно від мети аналізу.

3. Визначити, які характеристики потрібно обчислити для кожного мікрорайону. Тобто, що саме ми хочемо дізнатися про явища, які існують або відбуваються по сусідству. Це може бути просто його просторовий розмір, але це також може бути статистична інформація: загальна кількість населення мікрорайону чи міста, загальна кількість освітніх закладів, чисельність дітей шкільного віку, розподіл територій високого ризику, розташованих по сусідству.

Аналіз близькості передбачає, наприклад, пошук усіх будинків, що містять небезпечні матеріали, у межах 300 м від місця пожежі. Ця процедура може також бути використана, наприклад, для виявлення всіх людей похилого віку, а також інших людей із хронічними респіраторними захворюваннями, які потрапляють у зону задимлення і потребують евакуації при пожежі і т.ін. (*Просторовий аналіз, н.д.*)

У обчисленнях близькості використовується геометрична відстань для визначення сусідства одного або кількох цільових положень. Найбільш поширеним методом є створення буферної зони.

Ще одним поширеним методом перекласифікації даних є процес побудови буферів. Буфер (buffer) – це полігон, з кордоном на певному віддаленні від точки, лінії або межі області. Можна побудувати буфер навколо об'єктів різного геометричного типу.

Генерація буферів на растрах є досить простою функцією. Цільове розташування або місця завжди представлені вибором клітинок растру, а геометрична відстань визначається з використанням роздільної здатності клітинки як одиниці. Застосовуваною функцією відстані є відстань за Піфагором між центрами комірок. Відстань від нецільової клітини до цілі — це мінімальна відстань, яку можна знайти між цією нецільовою клітиною та будь-якою цільовою клітиною (Huisman O., de By R. 2009)



Буфер навколо полігонів

Буфер навколо точок

Буфер навколо лінійних об'єктів

Рис.1.8 - Буфери, збудовані навколо об'єктів різної геометрії

(ДеМерс та Майкл Н., 1999)

Оскільки буфер пов'язаний із положенням, формою та орієнтацією об'єкта, можемо віднести буферизацію до методів перекласифікації на основі положення. Буфер зазвичай створюється як окремий об'єкт і зберігається в окремому класі векторні об'єкти. ГІС виконує вимірювання відстаней у растрі та в вектори, тому створення буфера — лише розширення цієї процедури. Але оскільки ця процедура дуже корисна і часто застосовується, більшість ГІС мають спеціальні команди для побудови буферів. При аналізі даних може знадобитися побудувати другий буфер навколо першого, третій — навколо другого тощо, які разом називаються багат шаровим буфером (рис.1.9.). Процедура його побудови відносно проста, оскільки кожен новий шар буфера - лише новий буфер навколо попереднього шару.

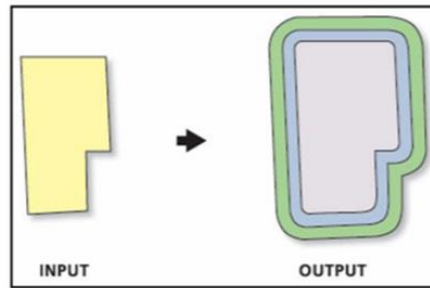


Рис 1.9 - Багатошаровий буфер (ДеМерс та Майкл Н., 1999)

Розміри буфера можуть також ґрунтуватися на будь-якій процедурі вимірювання або перекласифікації. Наприклад, ми могли б створити буфер, заснований на функціональній, а не евклідовій відстані від об'єкта. Це був би мотивований буфер (рис.1.10.), заснований на апріорному знанні площі буфера (ДеМерс та Майкл Н., 1999)



Рис. 1.10 - Мотивований буфер (ДеМерс та Майкл, 1999)

Розмір буфера може бути обраний за результатами зміни будь-якого явища, або наприклад, на заходах взаємної видимості. У цьому випадку ми отримаємо вимірний буфер. Існує ще четвертий вид буферів – нормативний, коли буферизація визначається нормативними актами. Наприклад, нам кажуть, наскільки близько пожежному гідранту ми можемо паркувати машину.

Незалежно від типу буфера (довільний, мотивований, вимірний або нормативний) завжди є ймовірність того, що буфер не матиме однакову ширину вздовж всього лінійного об'єкта чи з усіх боків полігону (Поверхности, н.д.)

Процедура аналізу географічного збігу і включення полягає у визначенні взаємного розміщення точкових, лінійних і просторових об'єктів. Варіантами є:

- визначення знаходження всіх точкових об'єктів (наприклад, закладів освіти), що знаходяться в межах територіального об'єкта (наприклад, міста або мікрорайону) (операції типу «point-in-polygon»);

- ідентифікація всіх лінійних об'єктів (наприклад, транспортної інфраструктури) у межах територіального об'єкта (наприклад, міста) (операції типу «line-in-polygon»);

- визначення територіальних об'єктів (наприклад, парків, спортивних майданчиків, зон відпочинку), що лежать у межах інших територіальних об'єктів (наприклад, території міста) (операції типу «polygon-in-polygon»).

Дана процедура часто використовується разом із процедурою побудови буферів для знаходження об'єктів, що потрапляють у межі буферної зони (*Просторовий аналіз, н.д.*)

Зонування території здійснюється також за допомогою полігонів Тиссена. Полігонами Тиссена називаються багатокутники, побудовані навколо мережі точкових об'єктів таким чином, що для будь-якої позиції в межах полігонів відстань до центрального точкового об'єкта завжди менша, ніж до будь-якого іншого об'єкта мережі, що розглядається.

Побудова багатокутників (полігонів) Тиссена на практиці є однією з основних операцій, що поділяють територію, що розглядається, на сукупність районів, які визначають просторові асоціації і взаємодії. Цей вид аналізу широко використовується для розподілу поверхні на основі визначених користувачем критеріїв і атрибутів.

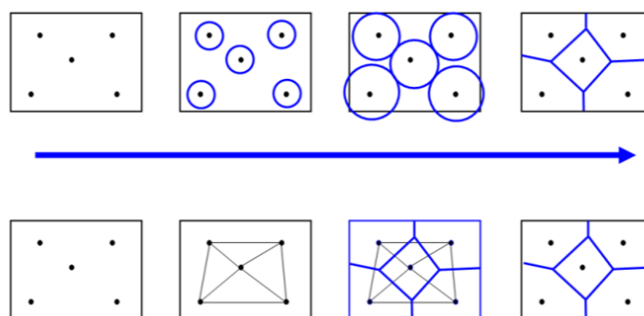


Рис.1.11 - Полігони Тиссена (Элементарный пространственный анализ, н.д.)

Як приклад можна навести задачу визначення ареалів поширення даних спостережень на мережі метеорологічних станцій, нерівномірно розміщених у межах розглянутої території.

Побудова полігонів Тиссена є також основою одного з локально-детермінованих методів просторової інтерполяції точкових даних. При цьому значення змінної в кожному вузлі мережі (наприклад, шар атмосферних опадів за даними спостережень метеорологічної станції) поширюються на всі комірки полігона, що оточує вузол.

Перевагою методу є його простота і доступність реалізації практично у всіх ГІС-пакетах з розвиненими аналітичними можливостями. Проте необхідно пам'ятати, що на побудованій з використанням цього методу карті просторового розподілу змінної, що вивчається, остання зазнає розриву безперервності на межах полігонів, що зазвичай суперечить дійсності. До того ж характер змодельованого просторового розподілу істотно залежить від просторового розміщення вузлів мережі. У зв'язку з цим метод рекомендується для інтерполяції точкових значень при: а) відносно невеликому діапазоні змін даної змінної, б) просторовій однорідності умов формування її поля (*Пространственные распределения, н.д.*).

Полігони Тиссена названі на честь кліматолога Тиссена, який намагався проінтерполювати сильно нерівномірні розподіли кліматичних даних. Інакше

кажучи, він намагався описувати та аналізувати точкові дані за допомогою майданних символів та аналітичних методів. Таким чином, якщо є кілька розкиданих точок, і потрібно охарактеризувати регіони, що базуються на цих точках, то слід використовувати полігони Тиссена.

Корисними для аналізу та моделювання освітньої інфраструктури міста є растрові моделі ArcGIS, оскільки вони дозволяють використовувати растрові дані (такі як знімки з висоти повітря) для визначення рельєфу, ландшафту та інших фізичних характеристик місцевості.

Одна з можливостей використання растрових моделей ArcGIS для освітньої інфраструктури міста полягає у визначенні найбільш оптимальних місць для розташування нових освітніх закладів. Для цього можна використовувати растрові дані для аналізу території, щоб визначити, які ділянки є найбільш сприятливими для їх будівництва. Наприклад, можна використовувати растрові дані для визначення висоти поверхні, нахилу схилу, наявності водойм або інших фізичних характеристик, які можуть вплинути на розташування будівель.

Також можна використовувати растрові моделі ArcGIS для визначення зон обслуговування шкіл (доступності, визначення місць для зупинок громадського транспорту біля шкіл, визначення оптимальних маршрутів доставки продуктів харчування тощо).

Модель, яка використовується для збереження растрових даних в ArcGIS – Grid, де кожен піксель відображається у вигляді клітинки з числовим значенням, яке відображає характеристики об'єкта, що зображується.

ESRI ArcInfo Grid (ESRI_grid), також відомий як ArcGrid, — це растровий формат файлу, розроблений ESRI для розміщення інформації про географічний простір у сітці. Сітка визначає географічний простір як масив квадратних точок сітки однакового розміру (також відомих як комірки), розташованих у рядки та стовпці. Сітки корисні для виконання просторового моделювання та аналізу потоків, трендів і поверхонь, які змінюються (*ESRI ArcInfo Grid, н.д.*).

Теорії Й.Тюнена, В.Кристаллера, А.Льоша, Л.Кантільона, В.Айзарда, Ч.Гарріса та Е.Ульмана лягли в основу теоретичних засад розміщення не лише центрів виробництва, а й використовувалися для визначення раціонального розміщення міських об'єктів, що повинні забезпечувати потреби міського населення, в тому числі освітні потреби територіального розміщення. Функціонал ГІС дозволяє вирішувати завдання раціонального розміщення.

Розглянувши кілька аспектів світового досвіду використання ГІС для оптимізації мережі закладів освіти, слід зазначити, що при цьому важливо враховувати контекст та специфіку кожного регіону або країни. Крім того, успішне використання ГІС потребує налагодження співпраці між освітніми організаціями, місцевими владами, громадськими організаціями та іншими зацікавленими сторонами.

Впровадження ГІС дозволяє забезпечити більш ефективне використання ресурсів, розподілити їх з урахуванням потреб громад та учнів та забезпечити рівний доступ до якісної освіти.

Використання ГІС-засобів для моделювання та аналізу освітньої інфраструктури міста дозволяє здійснювати аналіз просторових даних, таких як ареали розселення мешканців міста, мережа транспортної інфраструктури, територіальний розподіл та зони доступності закладів середньої освіти.

Застосування ГІС-засобів, таких як буферний, аналіз близькості, полігони Тіссена, растрові моделі ARC GIS допомагає у прийнятті рішень щодо освітньої інфраструктури міста та її доступності.

2. ОРГАНІЗАЦІЙНІ ЗАСАДИ ГІС АНАЛІЗУ РОЗМІЩЕННЯ УСТАНОВ СФЕРИ ПОСЛУГ

2.1. Етапи аналізу і моделювання мережі закладів

Аналіз та моделювання мережі закладів є важливим для багатьох сфер діяльності – міського планування, охорони здоров'я, освіти, транспортної інфраструктури та бізнесу.

Аналіз мережі, з одного боку допомагає визначити мінімальну кількість закладів, які можуть бути ефективно використані для забезпечення послугами мешканців певної території, з іншого – раціонально витратити кошти та ресурси, що є важливим для органів влади та приватних компаній. Також аналіз мережі дозволяє встановити потреби населення у послугах, а організаціям краще розуміти своїх клієнтів та забезпечувати їх потреби належним чином.

Моделювання мережі закладів допомагає обрати найбільш ефективні шляхи управління нею. Воно сприяє процесу визначення місцезнаходження та організаційної структури мережі закладів, й у підсумку - формуванню регіональної політики та плануванню розвитку територій.

Британський географ Роджер Томлінсон, який запровадив термін "географічні інформаційні системи", розробив методологію планування та представив її в книзі «Думаючи про ГІС. Планування географічних інформаційних систем: керівництво для менеджерів», що вийшла друком в 1990 році. Ця робота присвячена десятиступінчастій методиці підготовки до планування ГІС, оцінці вимог та формуванню уявлення про систему та її впровадженню.

На першому етапі аналізу і моделювання мережі закладів визначається стратегічна мета. «Почніть з обговорення стратегічної мети організації, для якої розроблятиметься система. Які її цілі, завдання та зобов'язання? На цьому етапі планування забезпечується реальна відповідність процесу планування і системи,

що створюється в контексті організації, стратегічним цілям даної організації. Цей етап також дозволяє оцінити, наскільки інформація, що генерується ГІС, вплине на стратегію бізнесу вашої організації», - зазначає Р.Томлінсон (Томлінсон, 2004).

В моделюванні стратегічна мета використовується для визначення основних цілей і напрямків діяльності організації або проекту. Стратегічна мета визначає, що потрібно досягти в майбутньому і яким чином використовувати ресурси для досягнення цих цілей. Вона допомагає встановити загальну спрямованість і рамки для подальшого планування та прийняття рішень. Наприклад, це може бути забезпечення доступності послуг для населення, оптимізація розподілу ресурсів, підвищення якості послуг, ефективне використання інфраструктури тощо.

Другий етап присвячений стратегії планування і він потребує матеріальних і людських ресурсів. «Обґрунтування необхідності системи означає розуміння того, що ми маємо зробити і що для цього буде потрібно. Кінцевим результатом цього етапу має стати проектна пропозиція, в якій обґрунтовується необхідність системи. Прихильність процесу планування необхідна для успішного впровадження ГІС, особливо на державних підприємствах і в інших "бюрократичних" організаціях» (Томлінсон, 2004).

Зважаючи, що стратегія планування системи закладів освіти належить до компетенції органів державної влади та місцевого самоврядування, цей етап є надзвичайно важливим, оскільки потребуватиме багато часу, дозволів, узгоджень та інших бюрократичних процедур.

На цьому етапі необхідно розробити дійовий план для реалізації обраної стратегії. Він повинен включати конкретні кроки, завдання, ресурси, терміни, відповідальних осіб, а також враховувати потрібні інвестиції, процеси прийняття рішень, комунікаційні засоби та інші необхідні елементи для успішної реалізації стратегії.

Наступний етап планування – визначення конкретних вимог до ГІС. На ньому доцільно провести технологічний семінар і з'ясувати, що потребують споживачі

послуг мережі закладів, тобто з тими, хто буде використовувати систему або її вихідні дані.

Цей етап «надає ідеальну можливість пояснити суть ГІС, її потенційні вигоди і сам процес планування. Залучаючи "акціонерів" у процес на початковому етапі, ви забезпечуєте їхню участь у подальшій роботі з планування, щоб усі учасники процесу могли оцінити охоплення процесу планування» (Томлінсон, 2004).

Слід зазначити, що в переважній більшості випадків база геоданих мережі закладів вже існуватиме. Потрібно чітко з'ясувати, яка інформація є в розпорядженні розробників, і що ще потрібно отримати або створити. «Створення нових даних, у свою чергу, може послужити причиною появи нових атрибутів у таблиці даних або навіть нових шарів карт. На цьому етапі може виникнути необхідність підготовки даних для просторових операцій, у тому числі, зміни даних, перетворення одиниць виміру і системи координат, додавання даних, конвертації даних з одного формату в інший» (Шипулін, 2010)

В ході реалізації цього етапу слід ретельно проаналізувати потреби та вимоги населення - користувачів мережі закладів. На основі вивчення демографічних, географічних, економічних та соціокультурних аспектів, слід зрозуміти, які послуги необхідні, в якому обсязі, яка географія покриття мережі закладів, що надають такі послуги.

Четвертий етап є надзвичайно важливим, оскільки передбачає опис інформаційних продуктів і є ключем їх успішного впровадження. Р.Томлінсон зазначає, що «цей етап має бути опрацьований дуже ретельно. Необхідно дізнатися від користувачів у чому полягає їхня робота і яка інформація їм потрібна для вирішення своїх завдань. В остаточному підсумку потрібно визначити, як слід створювати інформаційні продукти, наскільки часто, які дані потрібні для їх створення, яка їхня необхідна точність і які вигоди від нової інформації, одержаної за допомогою системи. На цьому етапі має бути розроблено документ, що містить опис усіх інформаційних продуктів, створення яких можна передбачити з достатнім

ступенем імовірності, а також точні параметри даних і функціоналу, необхідних для створення цих продуктів» (Томлінсон, 2004).

В ході опису інформаційних продуктів необхідно визначити логістичні прив'язки, тобто відношення між елементами даних і наборами даних. Існує три типи логічних прив'язок: 1) відношення між елементами (точки, лінії, полігони) і їхніми характеристиками (атрибутами) (наприклад, назвами об'єктів); 2) відношення між різними типами карт (або шарами даних), які потрібні (наприклад, чи можна зробити їхнє накладення, однаковий масштаб, картографічна проекція); 3) відношення між характеристиками і між елементами даних (наприклад, чи існує прив'язка між двома елементами) (Томлінсон, 2004).

Опис інформаційних продуктів повинен виходити зі стратегії планування, і має відображати основні напрямки розвитку мережі закладів. Наприклад, це може бути розширення мережі, оптимізація локацій закладів, покращення доступності, розвиток інфраструктури тощо. Важливо визначити, які аспекти мають найвищий пріоритет для досягнення стратегічної мети.

Наступний етап аналізу і моделювання мережі закладів передбачає визначення реальних даних, апаратних засобів, програмного забезпечення, а також розрахунок часу. «Потрібно визначити, які дані будуть необхідні, коли вони знадобляться, і які обсяги даних належить обробляти. Це завдання включає в себе визначення можливих термінів створення інформаційних продуктів. Може з'ясуватися, що потрібно буде використовувати одне джерело вихідних даних для створення більш ніж одного інформаційного продукту, і ця інформація може бути відразу включена у програму розробки. Кожне уточнення допомагає прояснити потреби і підвищує шанси на успіх» (Томлінсон, 2004).

При цьому моделювання системи закладів потребуватиме, передусім, реалізації базових функцій, необхідних для роботи з цифровими та паперовими картами (рис. 2.2.).

	Необхідні дані	Функції обробки даних
--	-----------------------	------------------------------

Набір даних 1	Цифрові зображення	Передача файлів даних Зміну формату Створення баз даних та управління ними
Набір даних 2	Паперові карти	Оцифрування Зміна формату Побудова топології Додавання атрибутів Створення баз даних та управління ними

Рис. 2.2 – Базові функції, необхідні для введення цифрового зображення і паперової карти (Томлінсон, 2004)

На наступному етапі створюється база даних мережі закладів. Вона має на меті зберігання та організацію важливої інформації про заклади, їх розташування, ресурси, персонал, послуги та інші відомості, що стосуються мережі. Крім того, необхідно визначити, яка система управління базами даних мережі закладів буде використовуватись для їх створення та управління ними. При виборі треба враховувати функціональність, масштабованість, роздільну здатність, картографічну проекцію та інші фактори, які відповідають потребам відповідної мережі.

Також важливо встановити, яка інформація є необхідною для ефективного управління мережею закладів. Це можуть бути дані про заклади, такі як: їх назви, адреси, контактна інформація, а також дані про послуги, ресурси, графіки роботи тощо. Окремо слід врахувати потреби в збереженні, оновленні та доступі до цієї інформації.

Бази даних можуть бути простими або складними, але вони повинні бути логічно взаємопов'язані для полегшення пошуку необхідних даних і ефективного вирішення аналітичних завдань. Структура бази даних відображає взаємозв'язки та залежності між різними сутностями (наприклад, закладами, послугами, персоналом тощо). На цьому етапі слід також враховувати точність даних, вимоги

до їх оновлення, допуск помилки і стандарти даних, оскільки все це впливає на структуру системи закладів.

Саме модель наявних даних визначає метод аналізу. Векторні дані є найбільш зручними, коли необхідно зберігати точне місце розташування вхідного об'єкта, працювати з дискретними об'єктами, кордонами або моделювати лінійну мережу. Растрові дані доцільно використовувати для аналізу безперервних явищ. У разі потреби перетворення можна конвертувати растрові дані у векторні і, навпаки (Шипулін, 2010) .

На етапі визначення системних вимог вивчаються функції системи і призначеного для користувача інтерфейсу поряд з вимогами до системного інтерфейсу, комунікацій, апаратного і програмного забезпечення. Слід також вивчити такі питання, як дизайн інтерфейсу, ефективні комунікації (особливо в розподілених системах) і відповідні конфігурації програмного та апаратного забезпечення (Томлінсон, 2004).

При моделюванні системи закладів, системні вимоги описують функціональні та нефункціональні характеристики, які система має виконувати для задоволення потреб і вимог користувачів та зацікавлених сторін. Функціональні вимоги описують які функції та операції система повинна виконувати. Наприклад, це можуть бути вимоги щодо додавання, редагування та видалення інформації про заклади, керування ресурсами, розкладу роботи, ведення звітності тощо. Нефункціональні вимоги стосуються характеристик системи які не відносяться безпосередньо до її функцій. Вони можуть включати такі аспекти, як швидкодія, надійність, безпека, масштабованість, зручне навігаційне меню, простота використання тощо.

На цьому етапі однією з системних вимог є можливість інтеграції системи з іншими системами або сервісами, які використовуються в контексті мережі закладів. Наприклад, це може бути інтеграція з системами управління персоналом, фінансовими системами, системами моніторингу тощо.

Останнім етапом аналізу та моделювання системи закладів є складання фінального звіту, який буде включати всю інформацію, необхідну для успішного впровадження ГІС.

Моделювання мережі закладів відбувається в декілька етапів, що передбачають визначення стратегічної мети та стратегії планування, напрацювання конкретних вимог до ГІС, вибір апаратних засобів та програмного забезпечення. Застосування цих етапів дозволяє забезпечити високу якість розробленої ГІС та її відповідність вимогам користувачів. Під час проведення аналізу вивчається поточний стан системи, її ефективність, потреби та вимоги, а також ефективність прийняття управлінських рішень. Цей процес має важливе значення для функціонування багатьох сфер суспільної діяльності, в тому числі й освітньої інфраструктури, що з одного боку дозволяє забезпечувати належну якість освітніх послуг та, з іншого, ефективно використання ресурсів.

2.2. Обґрунтування переліку джерел просторових даних

Освіта є визначальним чинником політичної, соціально-економічної, культурної та наукової життєдіяльності суспільства, вона розвиває і нарощує інтелектуальний, духовний та економічний потенціал держави. Важливе місце у системі освіти посідає територіальна організація закладів середньої освіти. Шляхи та напрями її розвитку є надзвичайно актуальним питанням, оскільки, територіальна організація системи освіти, шкільної зокрема, відіграє основну роль у формуванні та розвитку людського ресурсу міста, здійснюючи безпосередній вплив на розвиток регіональної економіки шляхом накопичення та використання людського потенціалу. Водночас, територіальна організація середньої освіти віддзеркалює стан функціонування регіональної економіки шляхом забезпечення якості життя людей у регіоні (через наявність елементів територіальної соціальної інфраструктури), його привабливість для життя людей та формування людського

ресурсу (особливо на початкових етапах його формування і розвитку); особливостями формування, утримання транспортних та комунальних мереж; функціонування економічної системи регіону (вартість утримання навчальних закладів, витрат на заробітну плату, транспортування) тощо.

Процес містобудівного проектування і управління територіями вкрай складний і неоднозначний. Для того, щоб ухвалювати правильні рішення, необхідно враховувати значну кількість чинників з різних галузей знань, причому не просто враховувати їх, але розглядати їх в причинно-наслідковому взаємозв'язку. Не випадково в урбаністиці працюють не тільки архітектори-планувальники, в розробці містобудівної документації беруть участь фахівці різних спеціальностей: архітектори, транспортники, інженери по інженерних системах, географи, геологи, економісти.

Одним з найважливіших компонентів ГІС є збір даних, який включає в себе процес збирання, запису та оновлення географічних даних, які можуть бути представлені у вигляді точок, ліній, полігонів або растрової інформації. Якісні та точні дані є необхідною основою для ефективного використання ГІС у процесі аналізу та моделювання освітньої інфраструктури.

Оскільки освітня інфраструктура таких великих міст як Київ та Відень містить занадто великий масив географічних та статистичних даних, для визначення загальних тенденцій доцільно здійснити просторовий аналіз чотирьох районів м.Києва (Печерський, Подільський, Солом'янський, Шевченківський) та семи районів (Gemeindebezirke) м.Відня: 1-й (Innere Stadt), 4-й (Wieden), 5-й (Margareten), 6-й (Mariahilf), 7-й (Neubau), 8-й (Josefstadt), 9-й (Alsergrund).

Натомість просторовий аналіз реалізується на всій території м.Чернігова, оскільки вона співставна із зазначеними частинами двох столиць і складається з двох районів (Новозаводського та Деснянського).

В цілому сучасний стан освітньої інфраструктури міст Київ, Відень, Чернігів характеризується сукупністю елементів – навчальних закладів шкільної освіти

різних ступенів, форми їх зосередження на території та зв'язки між ними, що об'єднуються соціальними, транспортними, управлінськими структурами.

Для збору даних про освітню інфраструктуру міста Київ доцільно використати офіційний веб-портал Київської міської державної адміністрації (<https://kyivcity.gov.ua/>) та сайти районних в місті Києві державних адміністрацій: Солом'янської (<https://www.solor.gov.ua/>), Печерської (<http://pechersk.kievcity.gov.ua/>), Подільської (<https://podil.kyivcity.gov.ua/>), Шевченківської (<http://shev.kievcity.gov.ua/>).

Значну базу даних про заклади освіти м.Києва містять веб-сайти управлінь освіти його районних державних адміністрацій: Печерського району (<https://sites.google.com/view/pechosvita>), Подільського району (<https://www.xn--80adf2ancduk9qe.xn--j1amh/>), Солом'янського району (<https://solor-osvita.gov.ua/>), Шевченківського району (<https://shevruo.gov.ua/index.php>), а також сайти загально освітніх шкіл м.Києва та інші. У процесі управління просторовими даними ГІС інтегрує просторові дані з іншими типами та джерелами даних.

Важливу роль для збору даних про освітню інфраструктуру міста Київ відіграв офіційний веб-портал Головного управління статистики у м.Києві (<http://kiev.ukrstat.gov.ua/>). Розміщений на ньому статистичний збірник "Розподіл постійного населення України за статтю та віком на 1 січня 2021 року" містить дані щодо розрахунків (оцінок) чисельності постійного населення за статтю та віком в Україні, регіонах та містах з чисельністю постійного населення понад 100 тисяч.

Основним показником функціонування освітнього простору міста є кількість його населення. Вона дозволяє з одного боку визначити загальну динаміку населення та передбачити її розвиток, а з іншого, обрахувавши щільність населення та застосувавши засоби ГІС, з'ясувати рівень задоволення освітніх потреб жителів району.

Загальна чисельність постійного населення в чотирьох районах міста Києва станом на 01.01.2022 становила 953,1 тис. чоловік.

Таблиця 2.1 - Чисельність населення та площа районів м.Києва (Офіційний сайт Києва, н.д.)

Назва району	Площа, км ²	Чисельність населення, тис.чол.
Печерський	27	160,6
Подільський	34	207,0
Солом'янський	40	384,4
Шевченківський	26,6	201,1
Всього:	127,6	953,1

Надійним джерелом даних про освітню інфраструктуру є офіційний веб-сайт міста Відень (<https://www.wien.gv.at>). Він містить відомості про школи, університети, коледжі та інші освітні заклади, їх розташування, контактні дані, програми навчання та інші деталі. Шкільній системі присвячений окремий розділ (<https://www.wien.gv.at/statistik/bildung/schulen/index.html>). Важливим джерелом статистичних даних про місто Відень, включаючи докладну та актуальну інформацію про освітню інфраструктуру, є веб-сайт Віденського державного статистичного управління (MA 23) (<https://www.wien.gv.at/statistik/publikationen/jahrbuch.html>). Він є джерелом даних про розташування шкіл, їх профілі, кількість учнів, витрати на освіту та інших показників, які допоможуть аналізувати стан освітньої системи міста. Крім того, там відображені всі компоненти демографічного розвитку м.Відня.

Таблиця 2.2 - Чисельність населення та площа районів м.Відня (Bezirke in Zahlen, н.д.)

Номер району	Назва району (Gemeindebezirke)	Площа, км ²	Чисельність населення, тис.
1	Innere Stadt	6,45	15,7
4	Wieden	3,99	33,0
5	Margareten	4,53	53,7

6	Mariahilf	3,27	30,9
7	Neubau	3,61	31,3
8	Josefstadt	2,45	24,2
9	Alsergrund	6,69	41,4
Всього:		30,99	230,2

Джерелом даних для просторового аналізу освітньої інфраструктури м. Чернігова є офіційні веб-портали Чернігівської міської ради (<https://chernigiv-rada.gov.ua>) та Головного управління статистики у Чернігівській області (<https://www.chernigivstat.gov.ua>), сайти загальноосвітніх шкіл м. Чернігова та інші. У процесі управління просторовими даними ГІС інтегрує просторові дані з іншими типами та джерелами даних.

Таблиця 2.3 - Чисельність населення та площа районів м. Чернігів

Назва району	Площа, км ²	Чисельність населення, тис.чол.
Деснянський	48,7	179,6
Новозаводський	30,3	105,6
Всього:	79	285,2

Для збору просторової інформації використовувалися, в першу чергу, електронні довідники 2ГІС та Google Earth. 2GIS (DoubleGIS) є онлайн-сервісом, який надає інформацію про розташування різних установ, в тому числі освітні заклади, на карті, включаючи їх контактні дані (телефони, email), адреси, часи роботи та інші деталі. Проте важливо відзначити, що доступність і повнота даних на 2GIS може залежати від конкретної локації та активності користувачів, які додають і оновлюють інформацію.

Ще одним джерелом просторових даних є проект OpenStreetMap, на якому відбувається постійне глобальне збільшення даних. Його основна мета – зробити

просторову інформацію у формі геоданих загальнодоступною. Тут особлива увага приділяється не лише картографічній формі даних у вигляді карт, а й можливості прямого посилання на необроблені дані у формі векторних даних з атрибутивною інформацією.

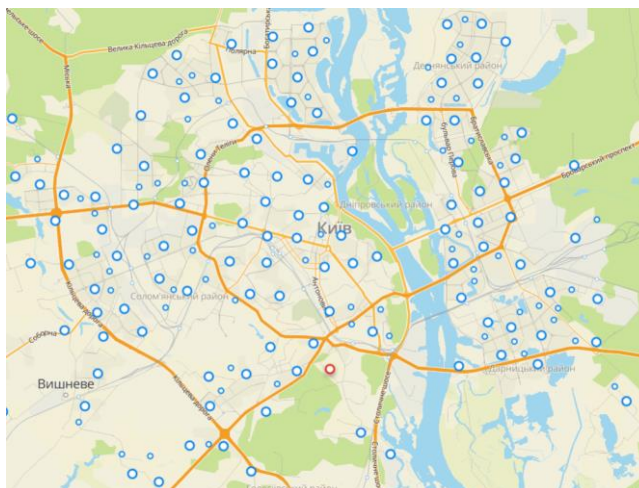


Рис.2.3 - Карта середніх закладів освіти м.Києва (Офіційний сайт електронного довідника 2ГІС, н.д.)

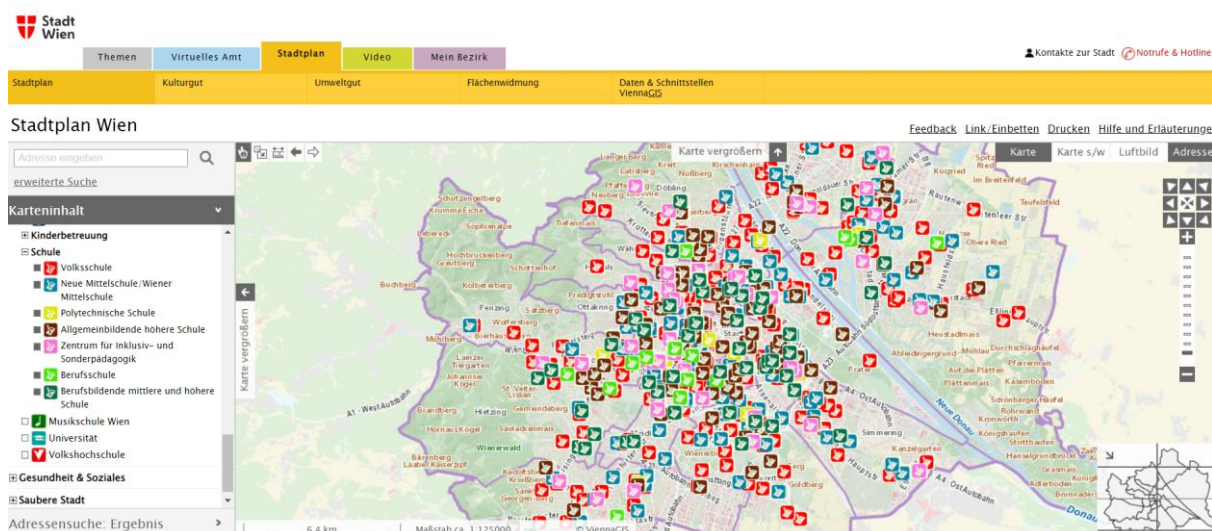


Рис.2.4 - Карта шкіл м.Відень (Stadtplan Wien (Schulen), н.д.)

Джерелом просторових даних є інтерактивна карта освітнього простору Чернігівської області. Чернігівський Центр розвитку місцевого самоврядування, створений за підтримки Програми «U-LEAD з Європою», управління освіти і науки

Чернігівської ОДА візуалізували мережу закладів освіти області, створивши інтерактивну карту.

На мапі області відображена не лише інформація про загальноосвітні навчальні заклади та їх місце знаходження, а й коротка довідка про них та навіть стан дороги, по якій здійснюватиметься підвіз дітей за необхідності.

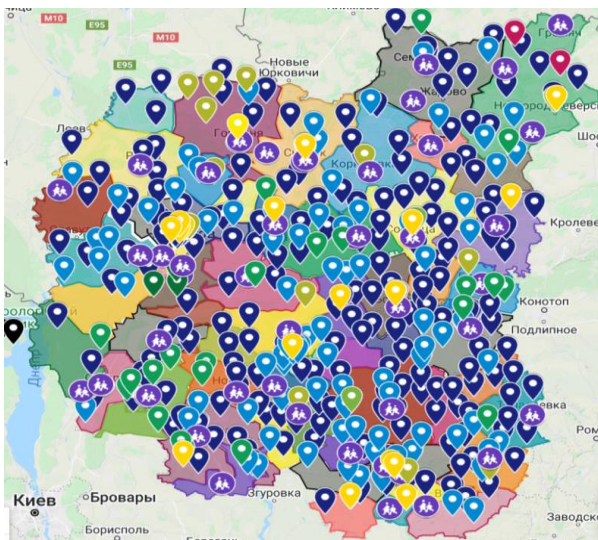


Рис.2.5 - Інтерактивна карта освітнього простору Чернігівської області (Карта освітнього простору Чернігівщини, н.д.)

Окремою частиною такої карти є інтерактивна карта освітнього простору Чернігова. Вона містить інформацію про місце розташування шкіл міста та інформацію про них.

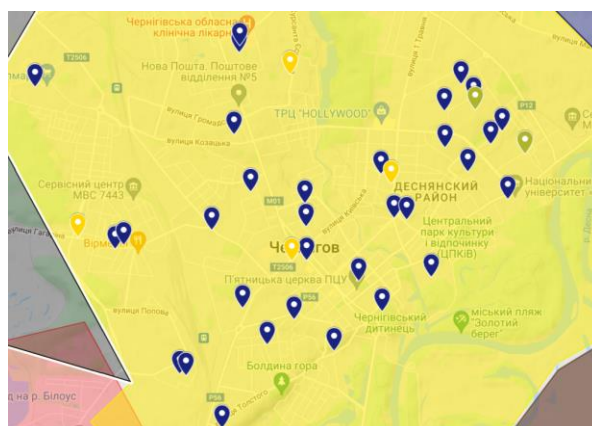


Рис.2.6 - Інтерактивна карта освітнього простору Чернігова (Карта освітнього простору Чернігівщини, н.д.)

Окремою базою даних стали демографічні показники досліджуваних територій, такі як динаміка чисельності населення, щільність та віковий розподіл населення. Саме останні показники мають особливо важливе значення для просторового аналізу освітньої інфраструктури, оскільки діти віком від 5 до 18 років є споживачами послуг середньої освіти.

Статистичний збірник "Розподіл постійного населення України за статтю та віком на 1 січня 2021 року" містить дані щодо розрахунків (оцінок) чисельності постійного населення за статтю та віком в Україні, регіонах та містах з чисельністю постійного населення понад 100 тисяч (*Розподіл постійного населення України..., н.д.*).

Велика статистична публікація «Статистичний щорічник міста Відня 2022» (*Statistisches Jahrbuch der Stadt Wien 2022*) містить інформацію з усіх галузей офіційної статистики, а також із зовнішніх джерел. Базуючись на ключових даних, він описує географічні, демографічні, соціальні та економічні умови у Відні та показує структури та тенденції розвитку (*Statistisches Jahrbuch ... , н.д.*)

Ще одним джерелом дослідження стали матеріали Федерального статистичного управління Австрії (*Bundesanstalt Statistik Österreich*). У "Демографічному щорічнику" (*Demographische Jahrbuch*) представлені поточні дані про чисельність населення, його структуру та розвиток з усіма демографічними факторами на регіональних рівнях. Ці дані дають можливість співставити кількість населення за віковими категоріями з кількістю шкіл та доцільність їх територіального розміщення.

Демографічні показники в містах, зокрема чисельність населення шкільного віку (5-17 років), демонструє таблиця 2.4. Ці дані дозволять обрахувати кількість школярів, які постійно проживають в досліджуваних районах, і, застосовуючи інструменти ГІС, визначити привабливість території для сімей з дітьми.

Таблиця 2.4 - Чисельність населення шкільного віку (5-17 років)

Місто	Чисельність населення шкільного віку (5-17 років), тис. чол.	Відсоток від загальної чисельності населення, %
Київ	411,4	13,9
Відень	243,8	12,2
Чернігів	16,7	5,9

Ще одним блоком даних, що допомагає визначити рівень привабливості території для проживання на сучасному рівні та передбачити його тенденції у майбутньому, є динаміка чисельності населення у визначених районах міст.

Таблиця 2.5 – Динаміка чисельності населення в містах

Місто, район	Чисельність населення у 2010р., тис. чол.	Чисельність населення у 2021р., тис. чол.	Різниця, %
м.Київ			
Печерський	135,1	160,6	+15,9%
Подільський	186,8	207,0	+9,8%
Солом'янський	340,4	384,4	+11,4%
Шевченківський	222,1	201,1	-9,5%
Всього:	884,4	953,1	+7,2%
м.Відень			
Innere Stadt	16,5	15,7	-4,8%
Wieden	30,3	33,0	+8,5%
Margareten	52,4	53,7	+2,4%
Mariahilf	29,3	30,9	+5,2%
Neubau	30,1	31,3	+3,8%
Josefstadt	23,4	24,2	+2,3%
Alsergrund	39,3	41,4	+5,1%
Всього:	221,3	230,2	+3,9%

м.Чернігів			
Деснянський	187,3	179,6	-4,1%
Новозаводський	109,5	105,6	-3,6%
Всього:	296,8	285,2	-3,9%

Як свідчать статистичні данні, за останні 10 років чисельність населення значно зросла в Печерському (+15,9%), Подільському (9,8%), Солом'янському (11,4%) районах Києва та районі Wieden (+8,5%) Відня. Такі показники мають впливати на загальну кількість закладів середньої освіти в цих районах та їх територіальну організацію. Натомість динаміка чисельності населення м.Чернігів має від'ємну тенденцію (-3,9%), хоча на загальну кількість шкіл у місті вона суттєво не впливає.

Ще одним аспектом забезпеченості населення міста доступом до освітніх послуг є система транспортного забезпечення. Тому базами даних для просторового аналізу стали картографічні та статистичні матеріали на офіційному порталі Києва (розділ «Міський транспорт») (https://kyivcity.gov.ua/dorohy_transport_ta_parkovky/miskyi_transport/), на веб-сайтах «Віденських ліній» (Wiener Linien Gesamtnetzplan) (https://www.wienerlinien.at/media/files/2016/gesamtnetzplan_wien_176236.pdf) та Управління транспорту, транспортної інфраструктури та зв'язку Чернігівської міської ради (<https://chernigiv-rada.gov.ua/sp-ut-transpinf>).

Важливим напрямом на шляху створення системи територіального планування та управління територією є системний аналіз існуючих законодавчих, нормативно-правових актів, що прямо чи опосередковано стосуються містобудівної діяльності та створення якісного освітнього середовища міста.

В цьому сенсі важливу інформацію містить офіційний сайт Міністерства освіти і науки України (mon.gov.ua). 18 березня 2020 року набрав чинності Закон України «Про повну загальну середню освіту», який визначає правові, організаційні та

економічні засади функціонування і розвитку системи повної загальної середньої освіти. Зі вступом в дію зазначеного Закону з'явилося законодавче підґрунтя для реформування системи загальної середньої освіти, що має сприяти підвищенню якості освіти та освітньої діяльності, істотному зростанню інтелектуального та культурного потенціалу суспільства та особистості. Цільові і ціннісні трансформації сучасної освіти вимагають запровадження адекватної структури української школи. У зв'язку з цим виникає необхідність приведення до вимог зазначеного Закону мережі закладів загальної середньої освіти. Передусім це стосується закладів, що забезпечують здобуття профільної середньої освіти (*Закон України «Про повну загальну середню освіту», 2020*).



Рис.2.7 - Рівні та строки здобуття повної загальної середньої освіти в Україні

Структуру та основи функціонування системи середньої освіти в Австрії визначає «Консолідований федеральний закон: Повне законодавство для Закону про шкільну організацію 1962 р.» (Bundesrecht konsolidiert: Gesamte Rechtsvorschrift für Schulorganisationsgesetz 1962), «Консолідований федеральний закон: повне законодавство щодо Закону про обов'язкову освіту 1985 р.» (Bundesrecht konsolidiert: Gesamte Rechtsvorschrift für Schulzeitgesetz 1985), «Консолідований федеральний закон: повна правова база для Закону про шкільний час 1985 р.» (Bundesrecht konsolidiert: Gesamte Rechtsvorschrift für Schulzeitgesetz 1985), «Консолідований федеральний закон: повне законодавство щодо Закону про

шкільну освіту 1986 р.» (Bundesrecht konsolidiert: Gesamte Rechtsvorschrift für Schulunterrichtsgesetz 1986).



Рис.2.8 - Рівні та строки здобуття повної загальної середньої освіти в Австрії (Pluspunkt Deutsch, 2022)

В Австрії обов'язкова шкільна освіта. Усі діти від 6 до 15, які живуть у цій країні, мають відвідувати школу. Державні школи безкоштовні і в них, насамперед, приймають дітей за місцем проживання. У початкову школу дитину прийняти зобов'язані згідно із законом про освіту, але в разі, якщо в даній школі вільних місць немає, вам можуть запропонувати місце в іншій, прилеглий школі. Ця особливість має істотне значення для оцінки територіальної доступності до шкільного закладу.

Всі школи в Австрії розділені відповідно до рівня освіти:

- 1) початкові школи (початкова школа до 4-го класу включно)
- 2) нова середня школа (Neue Mittelschule - NMS)
- 3) загальноосвітня повна середня школа (Allgemeinbildende höhere Schule - AHS). AHS бувають трьох видів: гімназія (Gymnasium) з поглибленим вивченням

іноземних мов, гуманістичних і гуманітарних наук; реальна гімназія (Realgymnasium) з поглибленим вивченням природничих і математичних наук; реальна гімназія з економічним ухилом з поглибленим вивченням економічних і біологічних наук (включно з практикою). Загальноосвітня повна середня школа (AHS) містить нижній ступінь, що складається з 4-х років навчання, і вищий ступінь, який складається також з 4-х класів, і завершується складанням іспиту на атестат зрілості (Matura). З атестатом зрілості дитині буде відкрито шлях до університету.

- 4) політехнічна школа,
- 5) професійно-технічні школи,
- 6) вищі школи.

Однак для здійснення просторового аналізу доцільно брати до уваги заклади середньої освіти без врахування їх специфіки і рівня освіти, оскільки просторовому аналізу із застосуванням засобів ГІС піддається вся освітня інфраструктура Києва, Відня та Чернігова в межах визначених районів.

Отже геоінформаційні системи і технології незамінні в процесі управління містом. Зміни освітньої інфраструктури важливі й значущі на рівні муніципалітету і конкретного жителя. Вони ґрунтуються на базі даних, які є основою для зберігання, організації та управління просторовими даними, пов'язаними з освітніми закладами, їх розташуванням, характеристиками та іншою відповідною інформацією. База даних допомагає організувати просторові дані про освітні заклади у логічну структуру, наприклад, за типом закладу, рівнем освіти чи географічним розташуванням. Це полегшує пошук, фільтрацію та аналіз цих даних.

База даних може бути використана для створення карт та графіків, які візуалізують просторові дані про освітню інфраструктуру. Візуалізація даних може включати картографічні відображення, графіки, діаграми та інші графічні засоби, що роблять інформацію більш доступною та зрозумілою.

Вона забезпечує зручний доступ до актуальних та структурованих даних, полегшує їх аналіз та інтерпретацію, а також сприяє прийняттю обґрунтованих рішень на рівні муніципалітетів щодо розвитку освітнього сектора.

2.3. Вибір алгоритмів, їх програмної реалізації та пакетів програм

ГІС стають все більш важливим інструментом, допомагаючи зрозуміти складну соціальну, економічну та природну динаміку, де просторові компоненти відіграють ключову роль. При виконанні просторового аналізу важливо вибрати відповідні алгоритми, програмну реалізацію та пакети програм для досягнення поставлених цілей.

Алгоритми в ГІС часто представлені різними способами з використанням різних структур даних. «Досліджуючи, як просторові дані вводяться в алгоритм і як алгоритм використовується для обробки даних для отримання результату, ми можемо отримати суттєве розуміння двох важливих компонентів ГІС: що таке насправді геопросторові дані та як ці дані фактично обробляються» - зазначає Н.Сяо (Xiao, 2016).

Алгоритми ГІС можна використовувати, щоб виконувати деякі фундаментальні функції: вимірювання важливих просторових властивостей, таких як відстань, об'єднання багатьох джерел даних за допомогою накладення та прискорення аналізу за допомогою різних методів індексування. Для здійснення просторового аналізу та завдань моделювання системи закладів використовуються алгоритми просторового аналізу, такі як інтерполяція, аналіз шаблонів і прийняття рішень за допомогою оптимізаційних моделей. Слід зазначити, що усі ці функції доступні в багатьох пакетах ГІС, відкритих або комерційних.

Для обчислення точок перетину заданого набору відрізків ефективний алгоритм Бентлі–Отмана, також відомий як алгоритм лінії розгортки. У багатьох ГІС-додатках часто потрібно обчислити перетини двох наборів відрізків ліній,

кожен із певної карти. Цей процес називається накладенням карти і, мабуть, є найбільш часто використовуваною операцією в процедурах ГІС (Xiao, 2016).

Так накладання двох карт (карта розподілу населення для району міста та карта зон обслуговування закладів освіти) допоможе зрозуміти такі питання, як рівень задоволення освітніх потреб в кожному районі.

При цьому під час накладання важливо зберігати інформацію обох карт, щоб отримана карта містила інформацію з вихідних даних. Три типи інформації, які повинні зберігатися в результаті накладання карти – негеометричні властивості, просторові ідентифікатори, такі як ключове значення кожного багатокутника, і геометричні описи об'єктів, такі як їхні розміри як точки, лінії або багатокутники (Frank, 1987).

Алгоритм просторової індексації застосовується, щоб дізнатися про точки поблизу будь-якого заданого місця. Наприклад, щоб інтерполювати вимірювання змінної в місці, де не проводились спостереження, потрібно запозичити спостережувані значення з кількох сусідніх місць. Так міграційні тенденції в різних районах міста будуть мати однаковий характер, що дозволить спрогнозувати потребу в закладах освіти також в районі, де міграційні процеси не досліджувались.

Алгоритм запиту ортогонального діапазону знаходить точки, що потрапляють у прямокутник, який досліджується. Основна ідея тут полягає в тому, щоб знайти всі можливі точки, які відповідають заданим вимогам (Xiao, 2016).

Запит кругового діапазону слідує логіці, подібній до ортогональної версії, однак його головне завдання – знайти точки, які потрапляють у коло з заданим радіусом навколо однієї цільової точки. На кожному вузлі алгоритм з одного боку перевіряє, чи потрібно йти далі, намагаючись уникнути вичерпного пошуку всього масиву, а з іншого – ігнорує вузли, які знаходяться за визначеними межами.

Метод найближчого сусіда (nearest neighbor) є алгоритмом класифікації даних, де класифікація нового об'єкта відбувається на основі його найближчого сусіда з навчальної вибірки. Для визначення найближчого сусіда використовується

певна метрика відстані між об'єктами. Однак, сам метод найближчого сусіда може мати обмежену точність, тому частіше використовується покращена версія - алгоритм k-найближчих сусідів (k-NN), де для класифікації нового об'єкта враховуються k найближчих сусідів. Це є найпростішим підходом, коли потрібно визначити невідому характеристику одного закладу з мережі. Потрібно знайти кілька схожих закладів і припустити, що показники функціонування будуть приблизно однаковими.

І хоча з одного боку алгоритм k-найближчих сусідів споживає багато обчислювальних ресурсів, з іншого - нові спостереження можна додавати без жодних часових витрат. До того ж результати легко піддаються інтерпретації, оскільки відомо, що прогнозування засноване на обчисленні середньозважених значень інших спостережень (*Segaran, 2007*).

У контексті аналізу мережі закладів, для групування закладів за їхніми спільними характеристиками може бути використаний алгоритм k-середніх (k-means), що є одним з найпоширеніших алгоритмів у задачах кластеризації даних. Пов'язані об'єкти, розташовані близько один від одного та утворюють кластери.

Для того, щоб визначити де знаходяться кластери, алгоритм обирає кількості кластерів k, до якої будуть групуватися заклади, потім розміщує k точок (центральні точки кластерів). Призначаючи кожен заклад до найближчого центроїда на основі обраної метрики відстані, алгоритм здійснює перерахунок центроїдів кластерів шляхом обчислення середнього значення характеристик закладів, що належать до кожного кластеру. Це повторюється до збіжності або досягнення заданої кількості ітерацій (*Xiao, 2016*).

Після завершення алгоритму кожен заклад буде призначений до одного з k кластерів в залежності від його характеристик та відстаней до центроїдів. Цей метод дозволяє виявити групи закладів зі схожими властивостями та позначити їх на мапі аналізу мережі.

Для будь-якої системи закладів актуальним є застосування функцій просторової оптимізації, що містять просторові компоненти, які необхідно враховувати при визначенні оптимального рішення. Аналіз та моделювання системи закладів часто передбачає визначення місць розташування, які вважаються найкращими в порівнянні з іншими рішеннями. Наприклад, визначаючи оптимальне місце для закладу освіти, необхідно його так розташувати, щоб він охоплював якомога більше споживачів освітніх послуг. З просторової точки зору місце розташування буде ефективним, якщо його зручно відвідувати більшості учнів. Зручність можна виміряти середнім часом, який школярам доводиться витратити на те, щоб дістатися до місця. Таким чином, серед усіх можливих місць є принаймні одне місце з найкоротшим середнім часом (або відстанню, що розглядається як еквівалент часу).

Отже, для просторового аналізу, в тому числі й освітньої інфраструктури, широко використовуються: алгоритми класифікації географічних даних; для групування географічних об'єктів на основі їх схожості застосовуються алгоритми кластеризації; для вирішення задач розподілення ресурсів або зон обслуговування, таких як пошук найкоротшого шляху або оптимального розміщення закладів освіти, використовуються алгоритми розподілення; для прогнозування розвитку освітньої інфраструктури – алгоритми просторового прогнозування.

Важливо вибирати пакети програм та модулі в залежності від конкретних вимог дослідження та наявного набору даних.

Для комп'ютерної обробки вихідних даних використовувались стандартні програми з пакету Microsoft Office 2013. Для здійснення просторового аналізу та моделювання освітньої інфраструктури в конкретному регіоні застосовується програмний комплекс ArcGIS, який включає необхідні для цього модулі та інструменти.

Модуль ArcMap є основним середовищем для створення, відображення та аналізу географічних даних. Його можна використовувати для створення карт,

визначення меж освітніх закладів, відображення їх розташування на карті та проведення базового аналізу, такого як визначення відстаней, радіусів доступності тощо.

ArcGIS Pro – найновіше середовище для геоаналізу та моделювання, яке дозволить створювати складні моделі аналізу, включаючи оптимізацію розміщення освітніх закладів, моделювання потоків школярів, визначення зон доступності тощо. Використовуючи ArcGIS Pro, можливо створити модель, яка відображає потоки школярів між різними освітніми закладами. Це допоможе зрозуміти, які школи приваблюють учнів з різних районів та як це впливає на навантаження освітньої інфраструктури. В цілому, ArcGIS Pro надає більш широкий набір інструментів та можливостей порівняно з ArcMap (ArcGIS, н.д.).

Модулі ArcMap та ArcGIS Pro можна використати для визначення оптимального розташування об'єкта в мережі закладів, наприклад, нової школи. Ці інструменти геоаналізу дозволяють враховувати параметри для визначення найбільш підходящих місць, такі як: населення, доступність до транспорту, наявність інших освітніх закладів та інші. За допомогою цих модулів також можна визначати зони обслуговування шкіл шляхом встановлення радіусів доступності до них у різних районах міста.

На аналізі мережевих даних, включаючи дорожні та транспортні мережі, спеціалізується розширення ArcGIS - Network Analyst. З його допомогою можна визначати оптимальність транспортного зв'язку між освітніми закладами та здобувачами освітніх послуг, розраховувати найкоротші маршрути, обраховувати час подорожі до найближчих освітніх закладів та оцінити доступність освіти для різних районів.

Інструменти для аналізу растрових та векторних даних надає Spatial Analyst. Його можна використати для проведення територіального аналізу, моделювання просторових взаємозв'язків, визначення густоти населення, аналізу ландшафту тощо (ArcGIS, н.д.). За допомогою Spatial Analyst можливо аналізувати демографічні

дані для визначення потреб у розширенні освітньої інфраструктури, наприклад, кількість населення району обслуговування закладу освіти, розподіл вікових груп тощо. Зміни таких показників суттєво впливають на попит на освітні послуги та територіальне розміщення нових закладів.

Крім того, інструменти ArcGIS надають можливості для створення карт, графіків та звітів на основі географічних даних освітньої інфраструктури. Це дозволяє ефективно візуалізувати результати аналізу та подати їх у зрозумілій формі.

Моделювання мережі закладів відбувається в декілька етапів, що передбачають визначення стратегічної мети та стратегії планування, напрацювання конкретних вимог до ГІС, вибір апаратних засобів та програмного забезпечення. Застосування цих етапів дозволяє забезпечити високу якість розробленої ГІС та її відповідність вимогам користувачів. Під час проведення аналізу вивчається поточний стан системи, її ефективність, потреби та вимоги, а також ефективність прийняття управлінських рішень. Цей процес має важливе значення для функціонування багатьох сфер суспільної діяльності, в тому числі й освітньої інфраструктури, що з одного боку дозволяє забезпечувати належну якість освітніх послуг та, з іншого, ефективно використання ресурсів.

Просторовий аналіз освітньої інфраструктури ґрунтується на базі даних, які є основою для зберігання, організації та управління просторовими даними, пов'язаними з освітніми закладами, їх розташуванням, характеристиками та іншою відповідною інформацією. База даних допомагає організувати просторові дані про освітні заклади у логічну структуру, наприклад, за типом закладу, рівнем освіти чи географічним розташуванням. Це полегшує пошук, фільтрацію та аналіз цих даних.

Використання програмного комплексу ArcGIS дозволяє з урахуванням географічних аспектів дослідити функціонування системи освітніх закладів, здійснити її просторовий аналіз та наочно представити дані і висновки. Візуалізація забезпечує зручний доступ до актуальних та структурованих даних, полегшує їх

аналіз та інтерпретацію, а також сприяє прийняттю обґрунтованих рішень на рівні муніципалітетів щодо розвитку освітнього сектора.

3. ПРОСТОРОВИЙ АНАЛІЗ І МОДЕЛЮВАННЯ МЕРЕЖ ОСВІТНІХ ЗАКЛАДІВ МІСТ В УКРАЇНІ ТА ЗА КОРДОНОМ

3.1. Просторовий аналіз освітнього інфраструктурного забезпечення міста Відень

Просторовий аналіз системи закладів середньої освіти передбачає використання ГІС-засобів для оцінки розміщення, доступності та ефективності шкільної інфраструктури в конкретному місцевому контексті.

Для проведення просторового аналізу обрано 7 центральних районів міста Відень (рис.3.1). Вони в цьому сенсі є показовими, оскільки структура центральної частини сформувалась переважно сторіччя тому, і сучасні вимоги до розміщення освітньої інфраструктури адаптувались до вже існуючої територіальної організації простору. Саме така особливість є характерною для більшості європейських столиць.

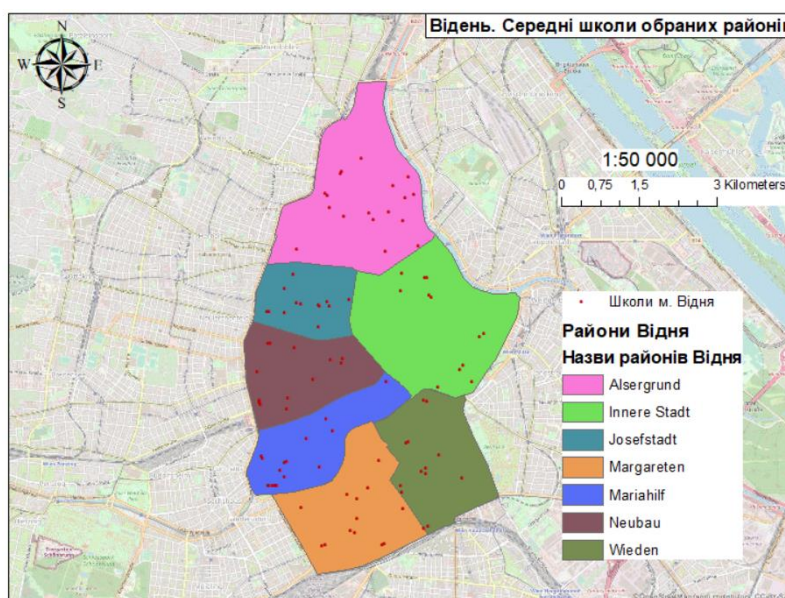


Рис.3.1 – Досліджувані райони м.Відня

Для просторового відображення та аналізу даних в даному регіоні використовувалась система координат WGS UTM 1984 з зоною 33N (Universal

Transverse Mercator), в якій знаходиться Відень. Використання системи координат WGS UTM 1984 з зоною 33N дозволяє однозначно визначити місцезнаходження об'єктів на земній поверхні в цьому регіоні, спрощує виконання геопросторового аналізу та обмін даними між різними системами та джерелами інформації (Руководство ..., 2002).

Принцип побудови моделі інфраструктурного забезпечення передбачає нанесення об'єктів на карту міста з подальшою побудовою буферних зон. В багатьох країнах та містах існують рекомендації, зазначені в планах розвитку міста або місцевих правилах землекористування, щодо розташування шкіл у межах певної відстані від житлових районів. Оскільки, не вдалось знайти інформацію щодо мінімальної відстані між житловими будинками і школами в м.Відень, за основу був взятий радіус буфера 750 м (для співставності показників з містами України).

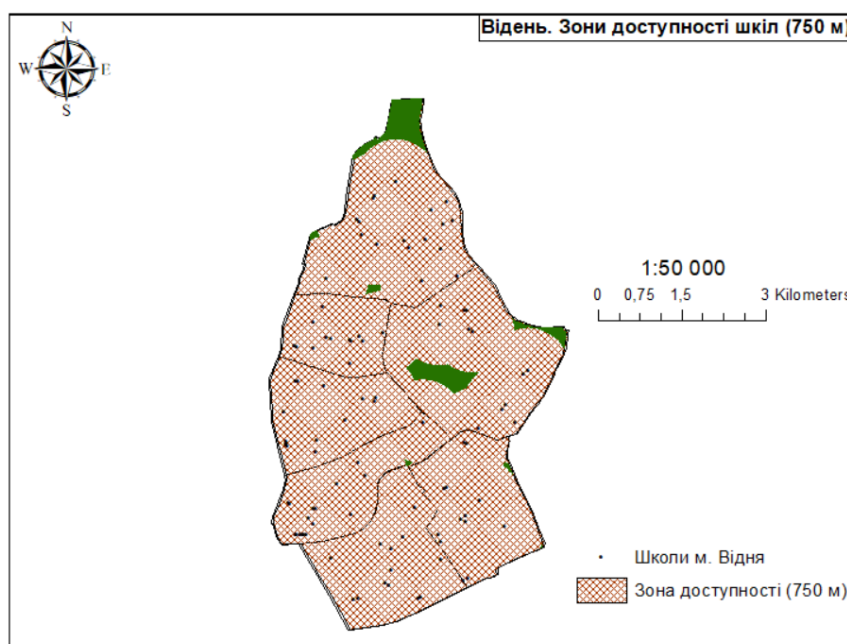


Рис.3.2 – Територіальний розподіл та зони доступності закладів середньої освіти м.Відень

Для закладів середньої освіти можемо констатувати, що їх загальна кількість складає 100, що відповідає приблизно 3,22 закладам на квадратний кілометр. В зоні доступності цих об'єктів знаходиться 96,5% території міста, що відповідає 29,88

квадратним кілометрам. Причому в першому районі (центр міста) через велику кількість історико-культурних споруд, 92,3% (5,95км²) перебуває в зоні доступності шкіл, що знижує загальний показник і впливає на його достовірність. За винятком першого району, в зоні доступності закладів середньої освіти знаходиться 98,8% території міста, що є дуже гарним показником.

Детальний аналіз дозволяє зробити висновок, що наявна певна просторова диференціація, яка проявляється найбільше в першому районі (Innere Stadt). З одного боку це пояснюється найменшою кількістю мешканців району та негативною динамікою населення, з іншого найбільшою щільністю історичних пам'яток та закладів культури (музеїв, театрів, галерей). Однак в цілому, загальне забезпечення міста закладами середньої освіти можна вважати добрим.

Використовуючи підхід, який базується на зонах впливу, можна розробити картосхему забезпеченості території м.Відень школами з урахуванням відстані до найближчого об'єкта. Методика побудови полягає в нанесенні точкових об'єктів досліджуваної категорії та побудови навколо них буферних зон заданого радіусу (рис.3.3).

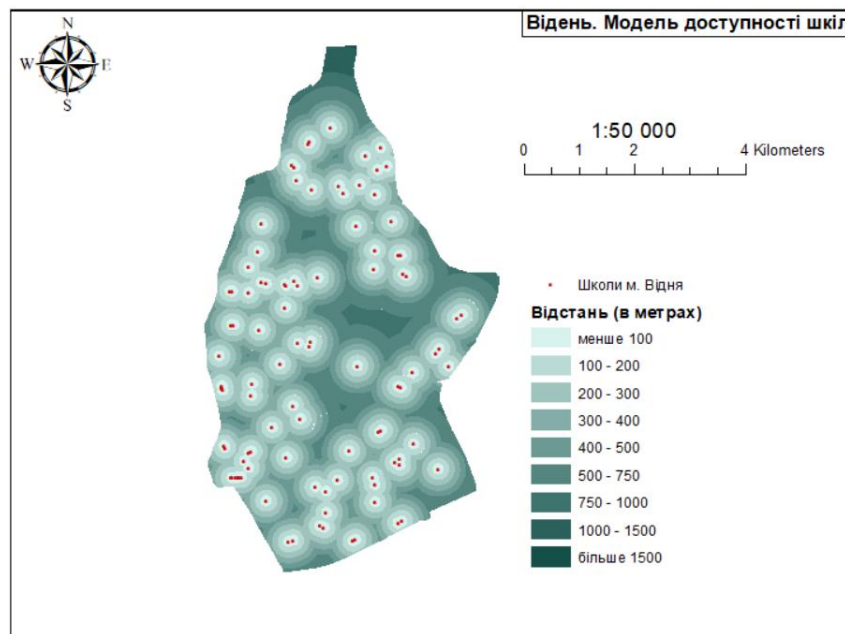


Рис.3.3 - Модель доступності закладів середньої освіти міста Відень

Переважає частина території центральних районів знаходиться в зоні пішої доступності до шкіл. В зоні 100м – 8,1% території (2,52 км²), до 200м – 27,6% (8,55 км²), до 300м – 50,8 % (15,73 км²), до 400м – 69,9% (21,56 км²), до 500м – 82,2% (25,48 км²), до 750м – 96,5% (29,88 км²), 750-1000м – 2,7% (0,84 км²) і лише 0,8% території (0,27 км²) знаходиться за межами 1000м. Ці показники відіграють особливе значення для початкових шкіл (Volkschule).

Окремим і важливим показником доступності закладів середньої освіти є забезпеченість території міста зупинками громадського транспорту: метро, трамваїв, автобусів. Для диференціації шкіл за цим показником розроблена шкала середньої відстані до найближчих зупинок всіх наявних видів транспорту. Проведена візуалізація дозволяє провести аналіз доступності шкіл для учнів, які мешкають далі зони пішої доступності до школи (рис.3.4).



Рис.3.4 – Близькість шкіл до зупинок громадського транспорту.
Доступність шкіл для учнів

Відповідно в зоні обслуговування громадського транспорту знаходяться всі заклади середньої освіти. Найвищою є забезпеченість зупинками трамваїв. Зважаючи на те, що аналізу піддавались центральні райони Відня, добре розвинутою є мережа метро. Отже, переважна більшість учнів має змогу

добиратись до школи на трамваях та метро, які також пов'язують досліджувані райони з іншими частинами міста.

Однак, наведений аналіз охоплення території міста закладами освітньої інфраструктури не відображає фактичне покриття населення освітніми послугами, тобто не вказує, скільки людей проживає в зоні обслуговування школи. Тому доцільно провести окремий просторовий аналіз ГІС щодо покриття населення освітніми послугами в межах окремих районів м.Відень. Цей аналіз дозволить отримати більш точну інформацію про рівень доступності таких послуг, їх розподілу та виявити можливі проблемні ділянки, де необхідні додаткові інфраструктурні заходи.

Станом на 1 січня 2023 року в семи районах Відня проживало 230,2 тис. чоловік (Bezirke in Zahlen, н.д.). Причому щільність населення в кожному з них суттєво різниться. Відповідно однакові об'єкти освітньої інфраструктури будуть надавати освітні послуги різній кількості людей (рис.3.5)

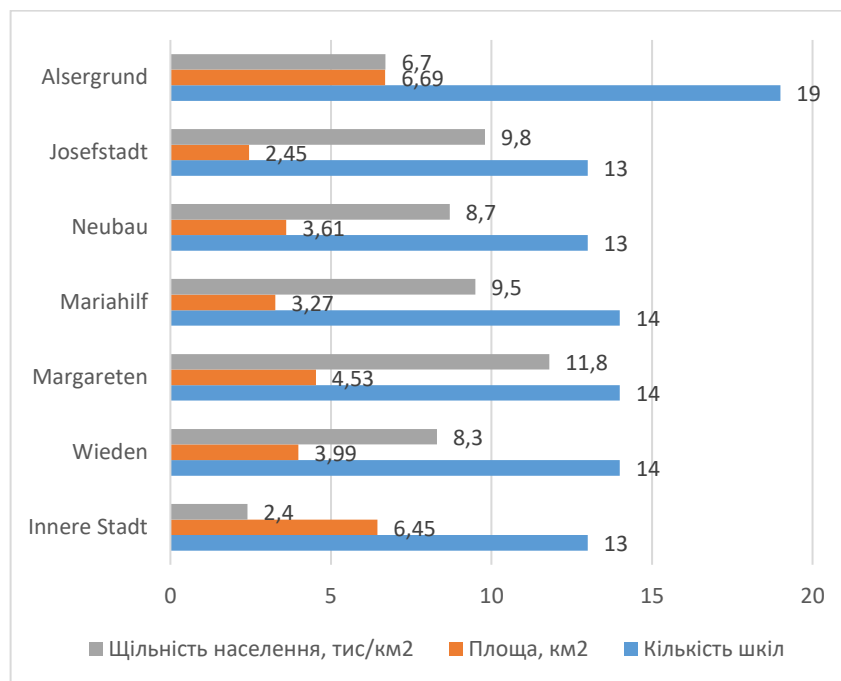


Рис. 3.5 - Охоплення населення закладами середньої освіти (м.Відень)

Для проведення просторового аналізу спочатку необхідно створити картографічну схему щільності населення міста Відень. Завдяки отриманому шару

з зонами доступності шкіл є можливість проаналізувати забезпеченість населення, що проживає в межах районів (рис. 3.6).

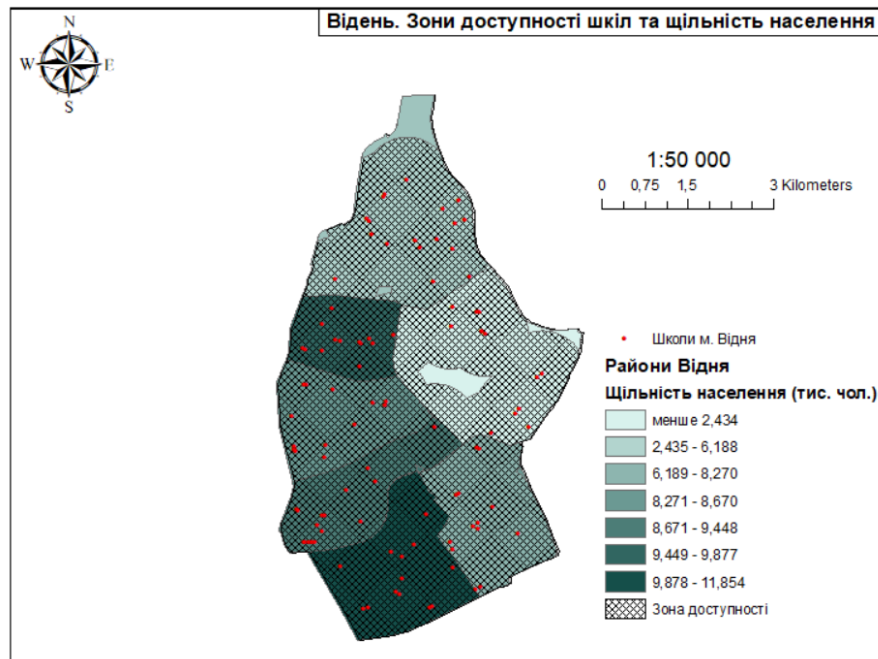


Рис. 3.6 – *Забезпечення населення м.Відень закладами середньої освіти*

Отже ареалами щільного проживання населення є райони Margareten, де щільність населення становить максимальні значення – відповідно 11,8 тис осіб/км². Більшість районів мають середні значення 8-9 тис осіб/км². Відповідно, найнижча щільність населення в Innere Stadt (2,4 осіб/км²).

Аналіз доводить, що райони м.Відня з найвищими показниками щільності проживання повністю покриваються зонами доступності шкіл, натомість зворотна тенденція спостерігається в районах з нижчими значеннями. Залежність кількісного та просторового показника функціонування закладу освіти від кількості населення, що мешкає в зоні його обслуговування, є закономірною.

Здійснюючи просторовий аналіз мережі шкіл м.Відня, для визначення територіального покриття кожної школи, доцільно використати метод побудови полігонів Тіссена. Вони розбивають простір на клітинки таким чином, щоб кожна клітина була найближчим сусідом до однієї з шкіл. Кожен полігон Тіссена навколо школи включає всі точки, для яких ця школа є найближчим закладом освіти. Ці

полігональні області можна розглядати як територіальне покриття кожної школи, де кожна точка всередині полігону є більш доступною до відповідної школи, ніж до будь-якої іншої школи.

Відповідно територія міста в межах визначених районів була розділена на 100 зон. Завдяки зонуванню можливо побудувати карту територіального покриття (полігони Тіссена) за показником інфраструктурного забезпечення (рис.3.7). Розроблена шкала, що відображає умовне районування міста відносно зони забезпечення школами в км². Зона забезпечення нижче середнього рівня – більше 0,6 км², середнього – 0,3-0,59км², вище середнього – 0,16-0,29км², високого – менше 0,15км².

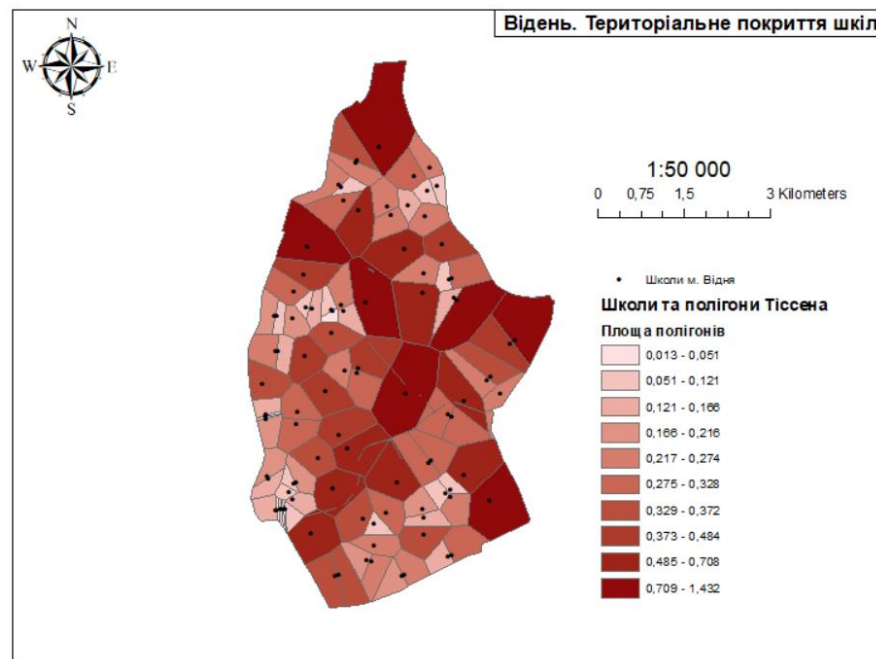


Рис.3.7 – Зони обслуговування закладів середньої освіти (полігони Тіссена)

Загалом в зоні забезпечення нижче середнього знаходяться 8 шкіл (8%), середнього - 34 школи (34%), вище середнього – 33 школи (33%), високого – 25 шкіл (25%). Отже 58% закладів середньої освіти знаходяться в зонах забезпечення вище середнього та високого і лише 8 шкіл – в зоні нижче середнього.

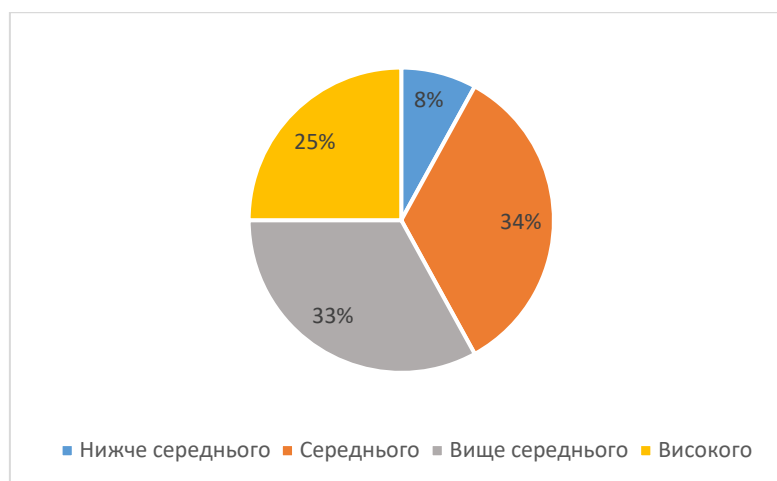


Рис. 3.8 – Розподіл зон забезпечення закладами середньої освіти

Це свідчить, що більша частина території районів Відня знаходиться в зоні забезпечення освітніми послугами вище середнього та високого рівня.

Якщо характеризувати забезпечення населення об'єктами освітньої інфраструктури загалом, можна дійти висновку, що найкраща доступність у закладів в районах Margareten (100% території), Neubau (100%) та Josefstadt (100%), натомість район Innere Stadt (92,3%) та Alsergrund (95,4%), з точки зору просторової ефективності менш досконалі. В цілому 96,5% території районів знаходиться в зоні доступності закладів середньої освіти, що доводить високий рівень оптимальності існуючої мережі шкіл.

Просторовий аналіз освітнього інфраструктурного забезпечення міста Відень, з використанням ГІС-засобів, надає цінну інформацію для оцінки доступності освітніх установ, їх просторового розташування та покриття різних районів міста. Так, буферний аналіз дозволив визначити зони впливу освітніх установ шляхом створення буферних зон навколо них, а полігони Тіссена визначили області, які мають найближчий доступ до конкретної освітньої установи. Це, з одного боку, допомогло виявити райони, які перебувають поблизу освітніх закладів та мають забезпечений доступ до них, а з іншого - виявити потенційні області зі збільшеною потребою в розширенні освітніх закладів або вдосконаленні існуючих.

3.2. Просторовий аналіз освітнього інфраструктурного забезпечення міста Київ

Просторовий аналіз освітнього інфраструктурного забезпечення міста Київ за допомогою ГІС-засобів дозволяє отримати детальну інформацію про розподіл та доступність освітніх установ для різних територій міста Київ, виявити проблемні області та буде корисним для забезпечення рівномірного доступу до освіти для всіх мешканців.

Для проведення просторового аналізу обрано 4 центральні райони міста Київ (рис.3.9). Вони мають найбільш розвинуту інфраструктуру, в тому числі й освітню, і тому є найбільш прийнятною територією для порівняння з європейськими столицями (в даному випадку з Віднем).

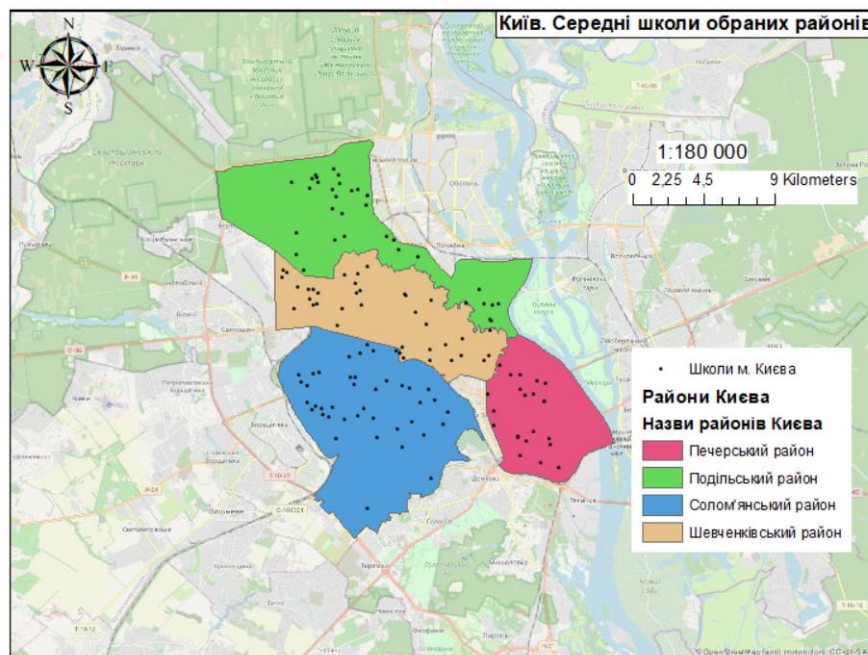


Рис.3.9 – Досліджувані райони м.Київ

Для просторового відображення та аналізу даних в даному регіоні використовувалась система координат WGS UTM 1984 з зоною 35N (Universal Transverse Mercator), в якій знаходиться м.Київ (Руководство ..., 2002). Використання системи координат WGS UTM 1984 з зоною 35N дозволить не лише

визначити місце розташування об'єктів на земній поверхні в цьому регіоні, але й спростить виконання геопросторового аналізу та дозволить візуалізувати його результати.

Модель інфраструктурного забезпечення передбачає використання інструменту побудови буферів для їх побудови навколо кожної точки школи з радіусом, визначеним ДБН, 750 метрів (Чуєв, 2018). Це допоможе визначити зони доступності кожного закладу середньої освіти та отримати візуальне представлення їх розподілу на території обраних районів Києва (рис.3.10).

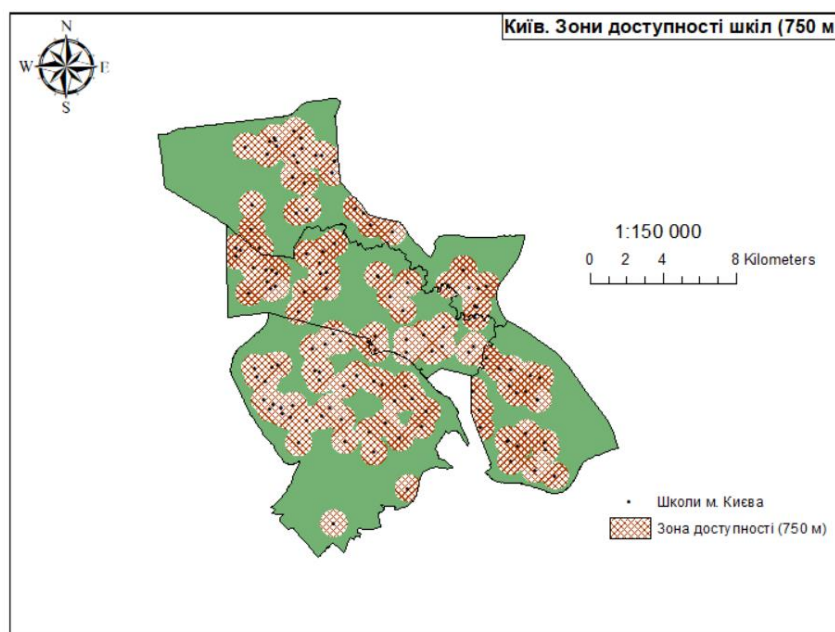


Рис.3.10 – Територіальний розподіл та зони доступності закладів середньої освіти м.Київ

В даному випадку можемо констатувати, що загальна кількість об'єктів освітньої інфраструктури складає 134, що відповідає приблизно 1,05 закладу на квадратний кілометр. В зоні доступності цих об'єктів знаходиться 47,2% території міста, що відповідає 60,20 квадратним кілометрам. Причому показники територіальної доступності закладів середньої освіти практично рівномірно розподілені по кожному з обраних районів. І хоча ці показники вдвічі менші ніж у центральних районах м.Відня, в зоні доступності об'єктів освітньої інфраструктури

знаходиться майже половина території центральних районів міста, що є задовільним показником.

Застосовуючи методику зон впливу, можна створити картографічну схему, яка відобразить розподіл шкіл у місті Київ, враховуючи їх відстань до найближчих об'єктів. Цей підхід передбачає розташування точкових об'єктів, які представляють школи, і побудову навколо них буферних зон заданого радіусу (рис.3.11).

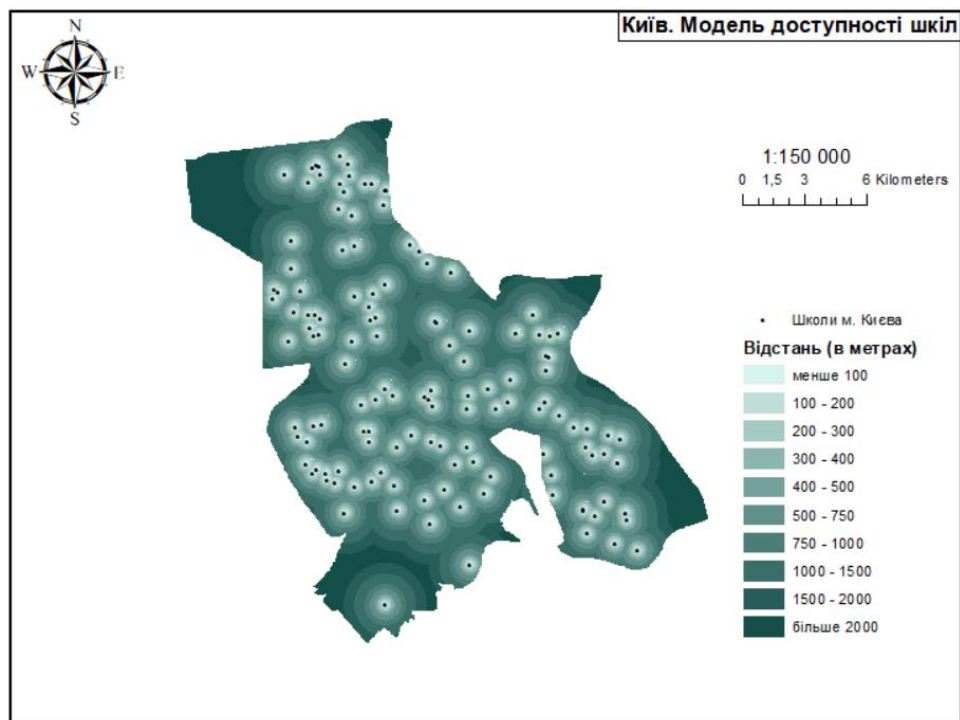


Рис.3.11 - Модель доступності закладів середньої освіти міста Київ

Переважна частина території центральних районів знаходиться в зоні пішої доступності до шкіл. В зоні 100м – 3,2% території (4,09 км²), до 200м – 9,3% (11,87 км²), до 300м – 14,28 % (18,09 км²), до 400м – 18,8% (24,05 км²), до 500м – 27,9% (35,67 км²), до 750м – 47,18% (60,20 км²), 750-1000м – 63,16% (80,59 км²) і 36,84% території (47,01 км²) знаходиться за межами 1000м. Тобто більше третини шкіл знаходиться поза зоною пішої доступності.

Тому великої актуальності набирає наступний показник – близькість зупинок громадського транспорту (автобуси, тролейбуси, маршрутні таксі, метро, трамваї)

до закладів середньої освіти. Ще одним аспектом важливості транспортної інфраструктури є розташування в цих районах престижних навчальних закладів, в яких навчаються діти, що мешкають в інших районах Києва. Здійснена візуалізація, за допомогою шкали середньої відстані до найближчих зупинок всіх наявних видів транспорту, дозволяє провести аналіз доступності шкіл для учнів, які мешкають далі зони пішої доступності до школи.

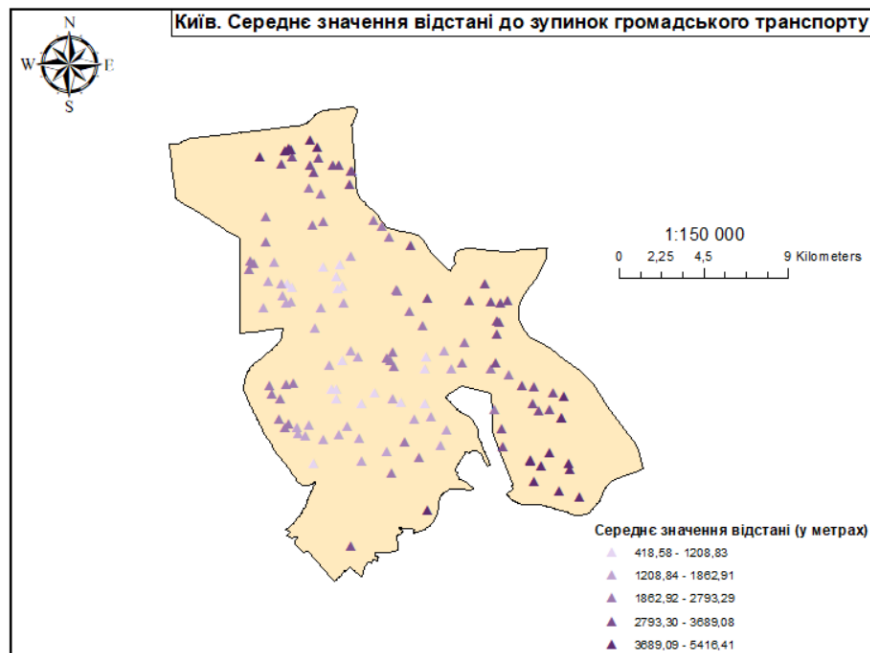


Рис.3.12 – Близькість шкіл до зупинок громадського транспорту.
Доступність шкіл для учнів

Відповідно в зоні обслуговування громадського транспорту знаходяться всі заклади середньої освіти. Найвищою є забезпеченість зупинками маршрутного таксі, тролейбусів та автобусів. Позитивним є те, що їх маршрути пов'язують найближчі до шкіл зупинки зі станціями метро. В центральних районах Києва мережа метро є добре розвинутою. Найменш розгалуженим є трамвайне сполучення. Отже, до школи мають змогу добиратись громадським транспортом не лише учні, що мешкають поза зоною пішої доступності, але й ті, що проживають в інших частинах міста.

Аналіз, який відображає лише розташування шкіл, не дозволяє визначити, скільки людей фактично забезпечені освітніми послугами та проживають у зоні

обслуговування кожної школи. Тому потрібно провести окремий просторовий аналіз з використанням ГІС для оцінки покриття населення освітніми послугами у різних районах Києва. Цей аналіз надасть більш точну інформацію про доступність освітніх послуг, їх розподіл та ідентифікує ділянки, що потребують додаткових заходів з удосконалення освітньої інфраструктури.

Станом на 1 січня 2022 року в чотирьох районах Києва проживало 953,1 тис. чоловік (*Розподіл постійного населення України..., 2022*). Оскільки щільність населення в кожному з них різниться, то відповідно загальноосвітні середні школи обслуговують різну кількість їх мешканців (рис.3.13)

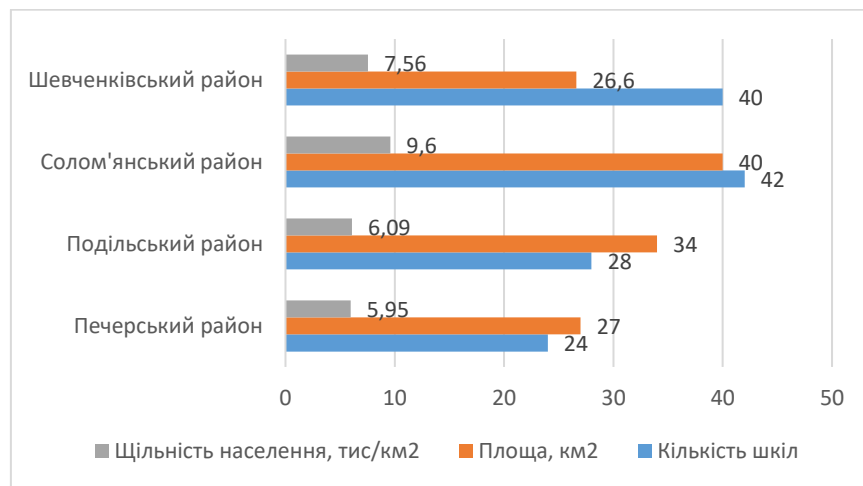


Рис. 3.13 - Охоплення населення закладами середньої освіти (м.Київ)

Для проведення просторового аналізу спочатку необхідно створити картографічну схему щільності населення міста Відень. Завдяки отриманому шару з зонами доступності шкіл є можливість проаналізувати забезпеченість населення, що проживає в межах районів (рис. 3.6).

Для проведення просторового аналізу, перш за все, потрібно створити картографічну схему, яка відобразить щільність населення в центральних районах міста Київ. Після цього, за допомогою створеного шару з зонами доступності шкіл, можна проаналізувати, яка частина населення, що проживає у різних районах, забезпечена освітніми послугами. Такий аналіз надасть детальну інформацію про рівень доступності освіти для населення досліджуваних районів.

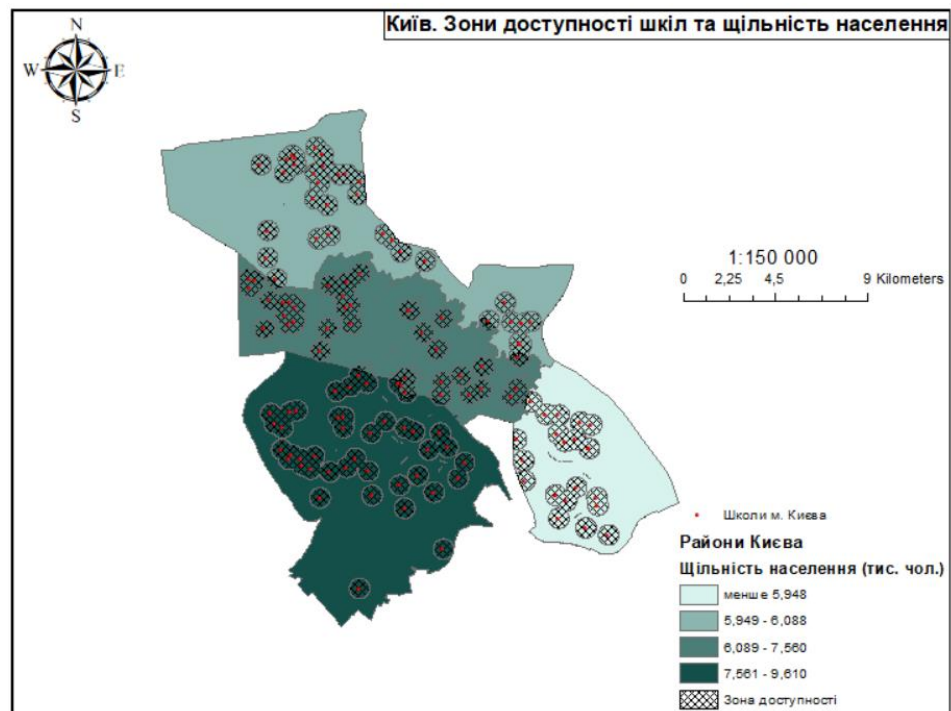


Рис. 3.14 – Забезпечення населення м.Київ закладами середньої освіти

Ареалом найбільш щільного проживання є Солом'янський район, де щільність населення становить 9,6 тис осіб/км². Решта районів мають середні значення – 6-7 тис осіб/км². Відповідно, найнижча щільність населення в Печерському районі (5,95 осіб/км²).

Дані показники, хоч і дещо нижчі від відповідних у Відні, але є цілком співставними. Якщо райони м.Відня з найвищими показниками щільності проживання повністю покриваються зонами доступності шкіл, а в районах з нижчими значеннями спостерігається зворотна тенденція, то у м.Києві кількісний та просторовий показник функціонування закладу освіти практично не диференціюється в залежності від кількості населення, що мешкає в зоні його обслуговування.

Для просторового аналізу мережі шкіл у місті Київ можна використовувати метод побудови полігонів Тіссена. Такі полігональні області оточують кожену школу і включають всі точки, для яких ця школа є найближчим закладом освіти. Побудова полігонів Тіссена дозволяє розглядати територію в околиці кожної школи як її територіальне покриття. Цей підхід дозволяє визначити границі території, яку

обслуговує кожна школа та оцінити доступність шкіл для населення у різних частинах міста.

Відповідно, територія міста в межах визначених районів була розділена на 134 зони. За показником інфраструктурного забезпечення, використовуючи інструменти зонування, можливо побудувати карту територіального покриття закладів середньої освіти (полігони Тіссена) (рис.3.15). Для умовного районування міста відносно зони забезпечення школами в км², доцільно розробити шкалу, що відображає рівень територіального покриття. Зона забезпечення нижче середнього рівня – більше 3,48 км², середнього – 1,43-3,48км², вище середнього – 0,51-1,43км², високого – менше 0,5км².

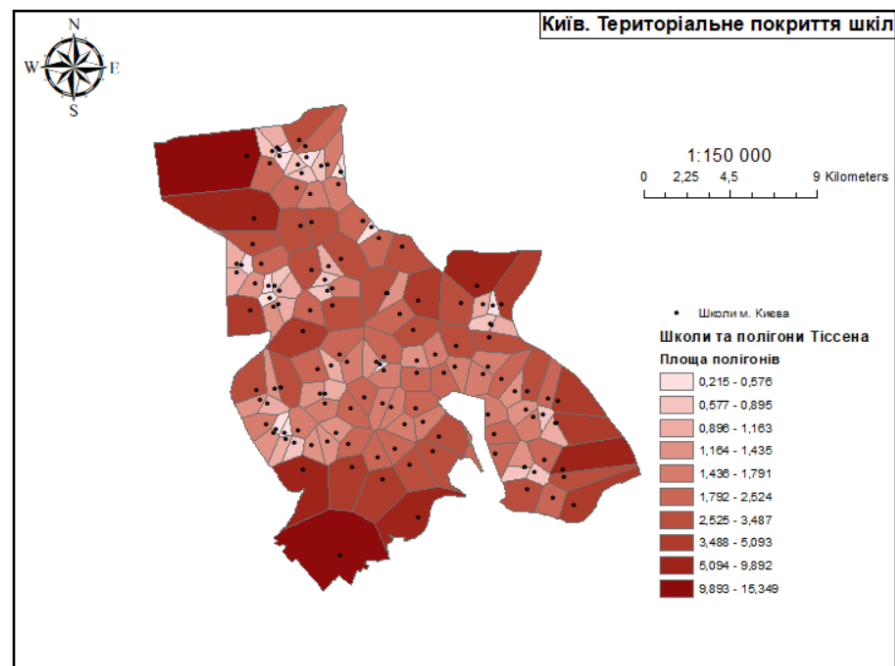


Рис.3.15 – Зони обслуговування закладів середньої освіти (полігони Тіссена)

Загалом, в зоні забезпечення нижче середнього знаходяться 17 шкіл (13%), середнього - 65 школи (48%), вище середнього – 46 школи (35%), високого – 6 шкіл (4%). Отже, 39% закладів середньої освіти знаходяться в зонах забезпечення вище середнього та високого, 17 шкіл – в зоні нижче середнього. Дані показники є майже вдвічі гіршими ніж відповідний рівень територіального покриття об'єктами освітньої інфраструктури міста Відень. А якщо взяти до уваги, що шкала умовного

районування міста відносно зони забезпечення, в Києві мала значно більшу градацію (наприклад зона забезпечення високого рівня у Відні – менше 0,15км²), то можна зробити висновок, що показники територіального покриття школами території м.Києва ще більше потребують удосконалення.

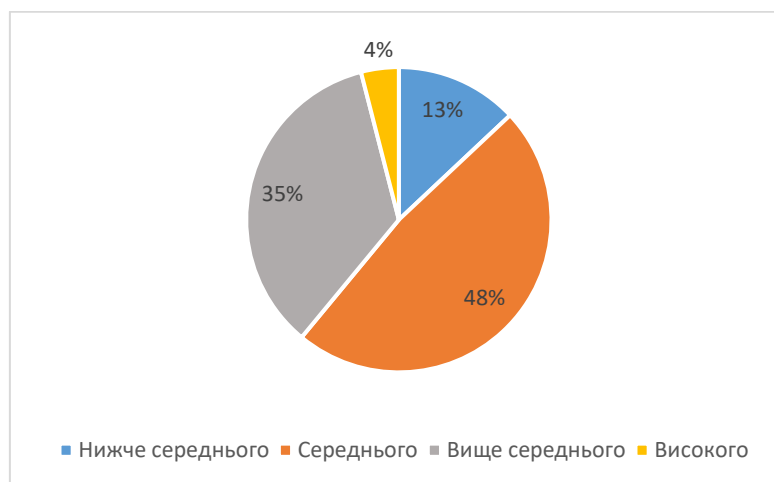


Рис. 3.16 – Розподіл зон забезпечення закладами середньої освіти

Це свідчить, що менше половини території центральних районів Києва знаходиться в зоні забезпечення освітніми послугами вище середнього та високого рівня.

Засоби ГІС дозволили здійснити аналіз мережі закладів середньої освіти міста Київ, в ході якого надана оцінка доступності освітніх закладів, їх просторового розташування та раціональність покриття територій.

Якщо райони м.Відня з найвищими показниками щільності проживання повністю покриваються зонами доступності шкіл, а в районах з нижчими значеннями спостерігається зворотна тенденція, то у м.Києві кількісний та просторовий показник функціонування закладу освіти практично не диференціюється в залежності від кількості населення, що мешкає в зоні його обслуговування.

Показники територіальної доступності закладів середньої освіти центральних районів м.Києва вдвічі менші ніж у центральних районах м.Відня, оскільки в зоні доступності об'єктів освітньої інфраструктури знаходиться менше половини

території обраних для дослідження районів м.Києва. Якщо взяти до уваги й те, що Київ також має вдвічі гірший рівень територіального покриття міста закладами середньої освіти, то можна зробити висновок, що його освітня інфраструктура потребує удосконалення.

3.3. Просторовий аналіз освітнього інфраструктурного забезпечення міста Чернігів

Здійснення просторового аналізу освітнього інфраструктурного забезпечення міста Чернігів, з використанням ГІС-засобів, дозволить оцінити ефективність територіального розміщення мережі шкіл міста, вплив на неї демографічної ситуації, рівень забезпеченості населення освітніми послугами.

Для проведення просторового аналізу обрано всю територію міста Чернігів, що складається з двох районів (рис.3.17). Особливістю аналізу в даному випадку є те, що на відміну від розвинутої інфраструктури центральних районів міст Київ та Відень, у Чернігові спостерігається чітка диференціація інфраструктурного забезпечення, в тому числі і освітнього, в залежності від наближеності чи віддаленості до центру міста.

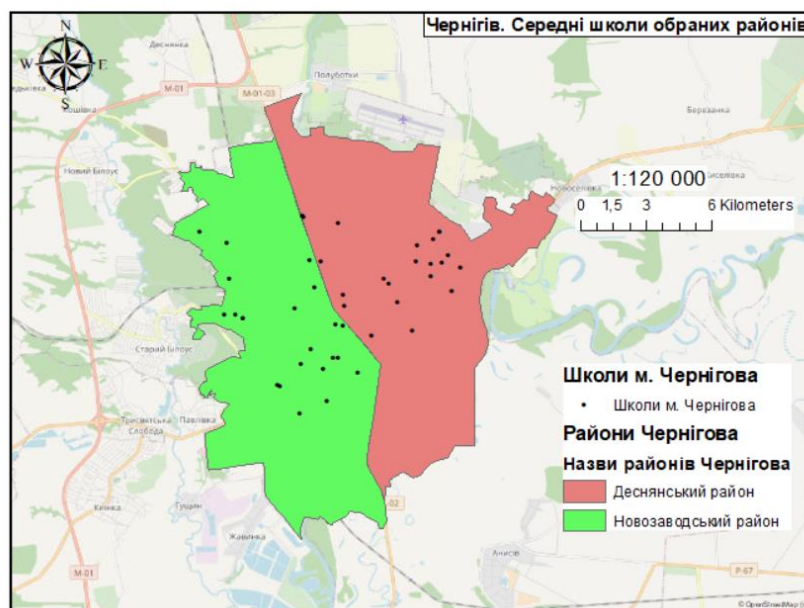


Рис.3.17 – Досліджувані райони м.Чернігів

Для просторового відображення та аналізу даних в даному регіоні використовувалась система координат WGS UTM 1984 з зоною 36N, в якій знаходиться м.Чернігів (Руководство ..., 2002). Використання системи координат WGS UTM 1984 з зоною 36N має переваги для визначення розташування об'єктів та виконання геопросторового аналізу в даному регіоні, оскільки вона дозволяє точно визначити географічні координати об'єктів на земній поверхні та спростити обчислення і розрахунки в ході обробки та аналізу геопросторових даних.

Для визначення територіального розподілу та зони доступності закладів середньої освіти м.Чернігів доцільно використати інструмент побудови буферів, що дозволяє створювати зони або області навколо географічних об'єктів на основі заданого радіусу. В даному випадку радіус 750 метрів визначається ДБН (Чуєв, 2018). Результатом буде новий шар даних, який представлятиме зони буферів навколо закладів середньої освіти (рис.3.18). Буферний аналіз допомагає визначити зони впливу і визначити, які об'єкти, такі як школи, найбільш доступні для населення в заданій відстані.

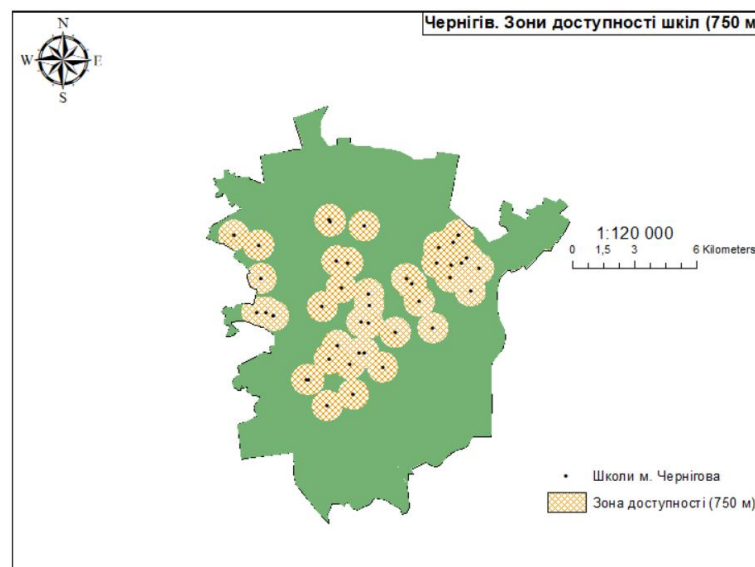


Рис.3.18 – Територіальний розподіл та зони доступності закладів середньої освіти м.Чернігів

В даному випадку загальна кількість об'єктів освітньої інфраструктури складає 44, що відповідає приблизно 1,88 закладам на квадратний кілометр. В зоні доступності цих об'єктів знаходиться 25,5% території міста, що відповідає 20,12 км². Беручи до уваги, що лише четверта частина міста знаходиться в зоні доступності закладів середньої освіти, можна зробити висновок про наявність значної просторової диференціації об'єктів освітньої інфраструктури в м.Чернігові.

Іншим аспектом геопросторового аналізу є визначення зон впливу кожної школи, тобто побудову навколо них буферних зон заданого радіусу. Враховуючи їх відстань до найближчих об'єктів на карті можна чітко побачити, які території міста покриваються зонами впливу школи і наскільки вони перекриваються між собою (рис.3.19).

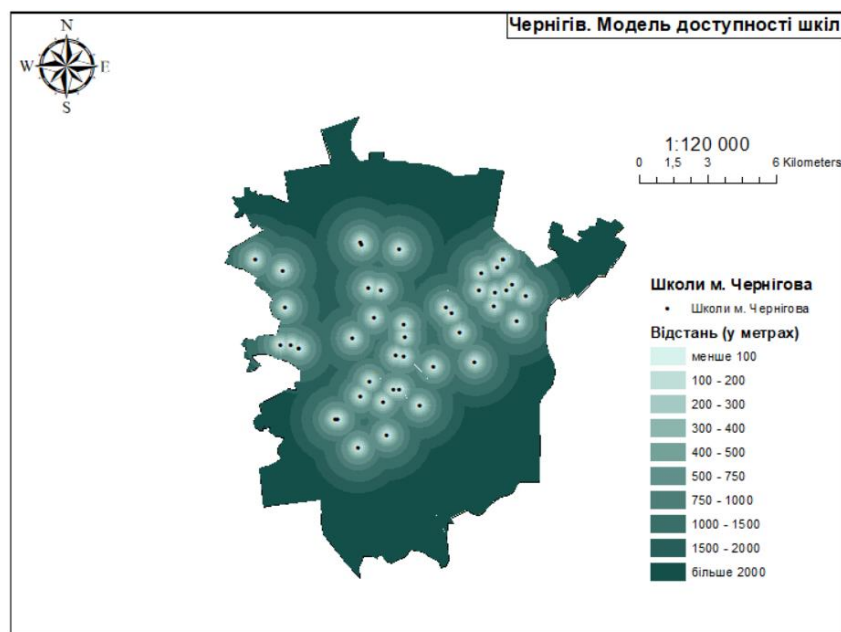


Рис.3.19 - Модель доступності закладів середньої освіти міста Чернігів

Лише четверта частина території центральних районів знаходиться в зоні пішої доступності до шкіл. В зоні 100м – 1,4% території (1,1 км²), до 200м – 3,3% (2,6 км²), до 300м – 6,2% (4,9 км²), до 400м – 10,5% (8,3 км²), до 500м – 17,1% (13,5 км²), до 750м – 25,5% (20,12 км²), 750-1000м – 37,22% (29,4 км²) і 62,78% території (49,6 км²) знаходиться за межами 1000м. Оскільки переважна більшість території

міста знаходиться поза межами пішої доступності до школи, такий показник повинен передбачати достатньо розвинену транспортну інфраструктуру міста.

Тому забезпечення території міста зупинками громадського транспорту є не лише важливим аспектом розвитку міської інфраструктури, але й має значний вплив на мобільність мешканців міста та доступність дітей до закладів середньої освіти. Зважаючи на значно більші відстані до шкіл для жителів віддалених від центру районів міста, можливість швидкого і зручного пересування та доступу до шкіл є важливою характеристикою просторового аналізу об'єктів освітньої інфраструктури Чернігова.

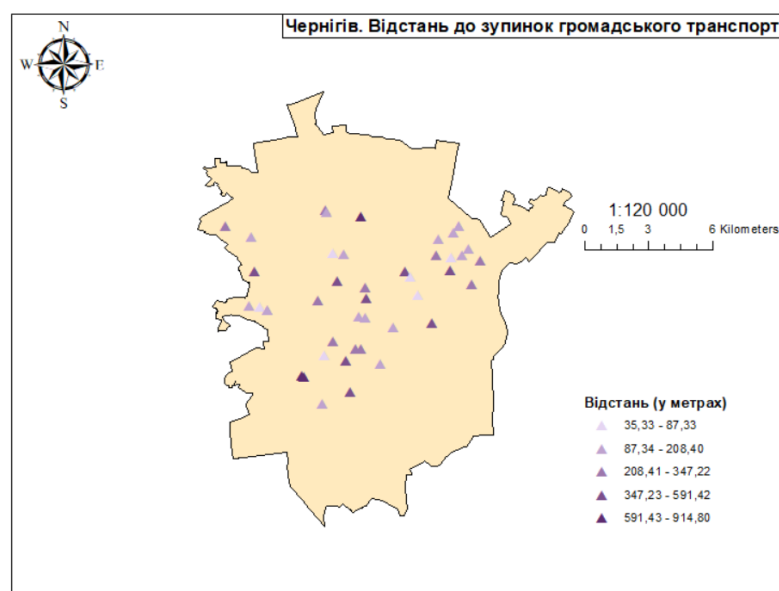


Рис.3.20 – Близькість шкіл до зупинок громадського транспорту.
Доступність шкіл для учнів

В зоні обслуговування громадського транспорту знаходяться всі заклади середньої освіти. Найвищою є забезпеченість зупинками маршрутного таксі. Менш розвинутою є мережа маршрутів тролейбусів. В цілому сучасний стан транспортного забезпечення освітньої інфраструктури м. Чернігів характеризується недостатньою зоною покриття. Аналіз продемонстрував, що в місті наявні проблеми із забезпеченням школярів доступом до шкіл. Так із загальної кількості 457 зупинок громадського транспорту, лише 14 (3%) розташовані у безпосередній близькості до школи (мають назву Школа №...). Якщо для жителів центральних

районів це не має суттєвого значення, то для мешканців таких районів як Масани, Бобровиця, Забарівка, Олександрівка близькість зупинок громадського транспорту до будівель школи є важливим показником доступу до освітніх послуг для їх дітей.

Окремий просторовий аналіз з використанням ГІС надасть більш точну інформацію про кількість людей, які фактично забезпечені освітніми послугами та проживають у зоні обслуговування кожної школи.

Упродовж останніх років здобуття профільної середньої освіти в місті Чернігові забезпечували 44 школи, що здійснювали освітню діяльність одночасно на всіх рівнях повної загальної середньої освіти для майже 29 тисяч учнів. Однак така кількість не прямопропорційна чисельності населення мікрорайонів, для яких школи є базовими. Суттєвою проблемою залишається навантаження, які відчувають окремі школи, переважно розташовані в мікрорайонах, що активно розбудовуються. Щільність населення в кожному з них суттєво різниться. Відповідно однакові об'єкти освітньої інфраструктури будуть надавати освітні послуги різній кількості людей (рис.3.21). Так у мікрорайоні вул.Рокосовського, де проживає біля 60 тис. мешканців функціонують 9 шкіл, а у мікрорайоні Масани (біля 30 тис. мешканців) функціонує лише 1 школа.

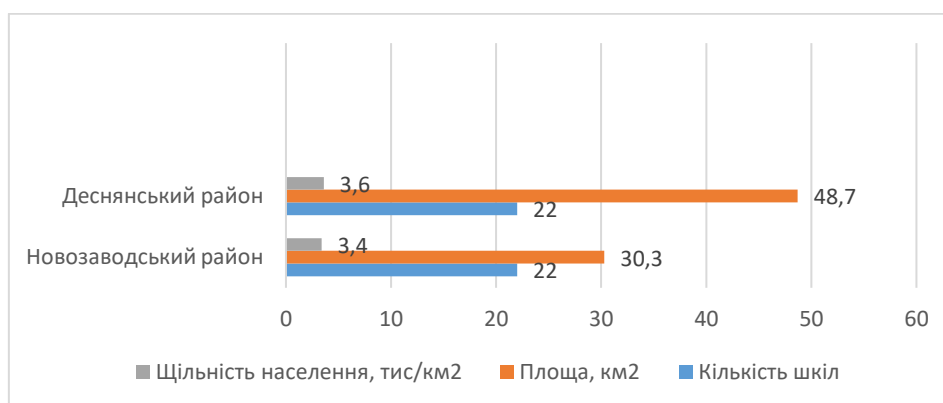


Рис. 3.21 - Охоплення населення закладами середньої освіти (м. Чернігів)

Для проведення просторового аналізу необхідно створити карту щільності населення в місті Чернігів. Це дозволить отримати графічну інформацію про розподіл населення по різних районах міста. Окрім цього, шар з зонами доступності

шкіл має надати можливість оцінити рівень доступності освітніх послуг для мешканців, що проживають у різних районах (рис. 3.22).

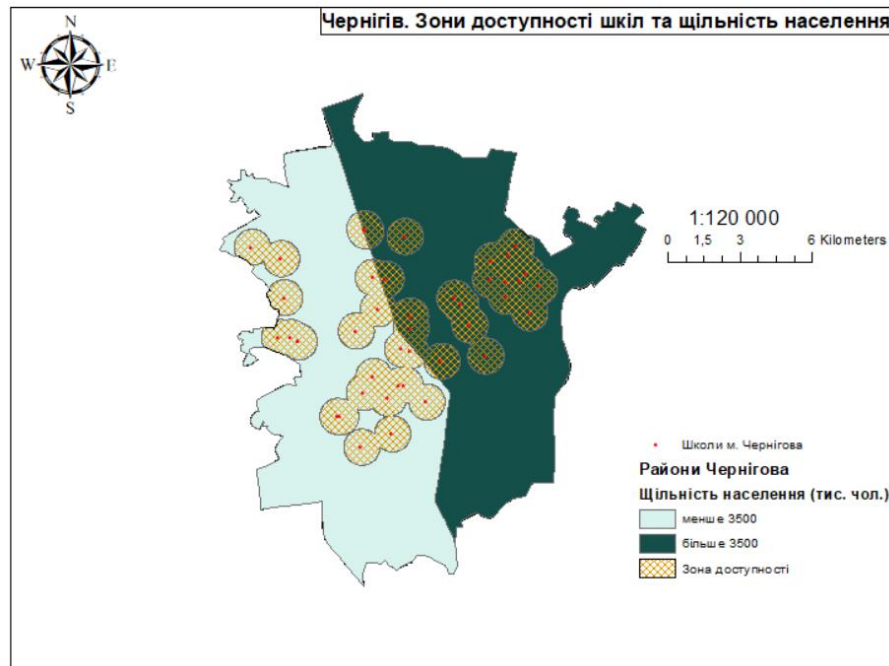


Рис. 3.22 – Забезпечення населення м.Чернігів закладами середньої освіти

Наявна інформація про ареали щільності проживання населення не дає змоги провести чітку диференціацію території Чернігова. Щільність населення в межах двох районів становить в межах 3,4-3,6 тис.осіб на км². Зона доступності закладів середньої освіти переважно знаходиться в центральній частині міста, що є логічним, оскільки там спостерігається найбільша територія багатоквартирної житлової забудови і, відповідно, найбільша чисельність населення.

Оцінити доступність шкіл для населення у різних районах міста та визначити границі територій, які обслуговує кожна школа, дозволяє метод полігонів Тіссена. Він передбачає створення полігональної області навколо кожної школи. Такий аналіз надає важливу інформацію про розподіл шкіл та їх доступність для населення в різних частинах міста Чернігів.

Відповідно територія міста в межах визначених районів була розділена на 44 зони. Завдяки зонуванню побудована карта територіального покриття (полігони Тіссена) за показником інфраструктурного забезпечення (рис.3.23). Розроблена

шкала, що відображає умовне районування міста відносно зони забезпечення школами в км². Зона забезпечення нижче середнього рівня – більше 5,04 км², середнього – 1,73-5,01 км², вище середнього – 0,58-1,73 км², високого – менше 0,58 км².

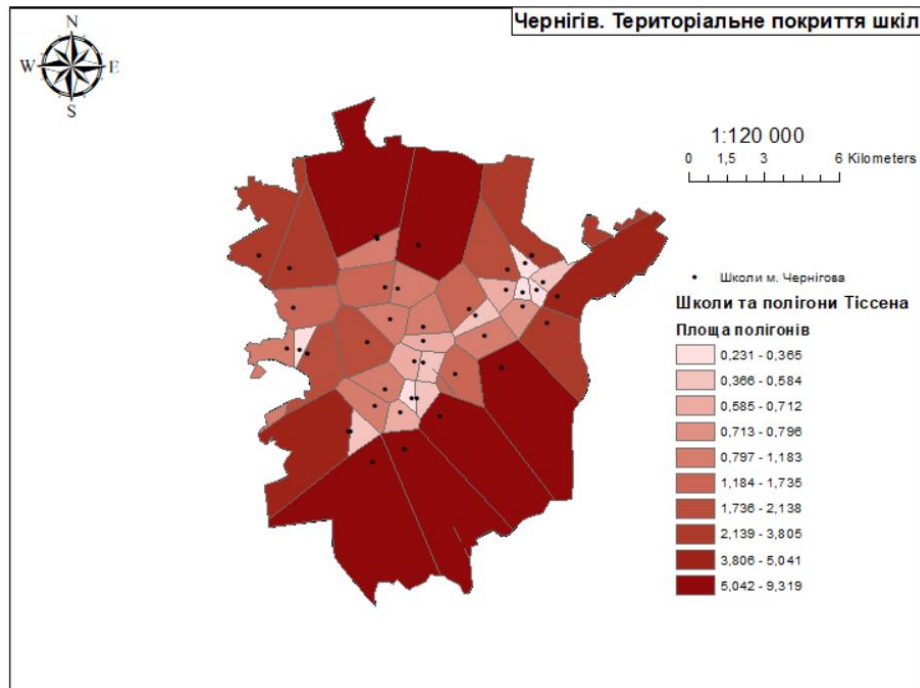


Рис.3.23 – Зони обслуговування закладів середньої освіти (полігони Тіссена)

Загалом, в зоні забезпечення нижче середнього знаходяться 6 шкіл (13%), середнього - 10 шкіл (23%), вище середнього – 18 шкіл (41%), високого – 10 шкіл (23%). Отже, 64% закладів середньої освіти знаходяться в зонах забезпечення вище середнього та високого і лише 6 шкіл – в зоні нижче середнього.

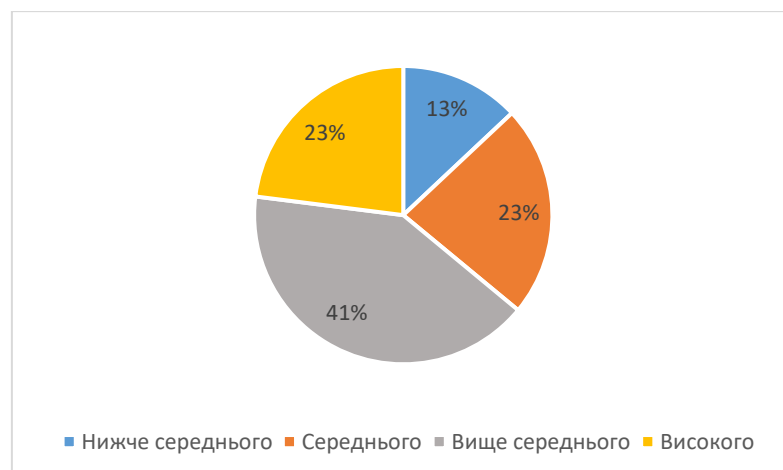


Рис. 3.24 – Розподіл зон забезпечення закладами середньої освіти

Результати даного аналізу та застосування інструментарію ГІС дозволять провести оцінку потенційних рішень, які можуть використовуватися для вдосконалення системи закладів м.Чернігова.

Наприклад, загальна схема процесу визначення доцільності будівництва нового закладу освіти на певній ділянці буде мати наступний вигляд.

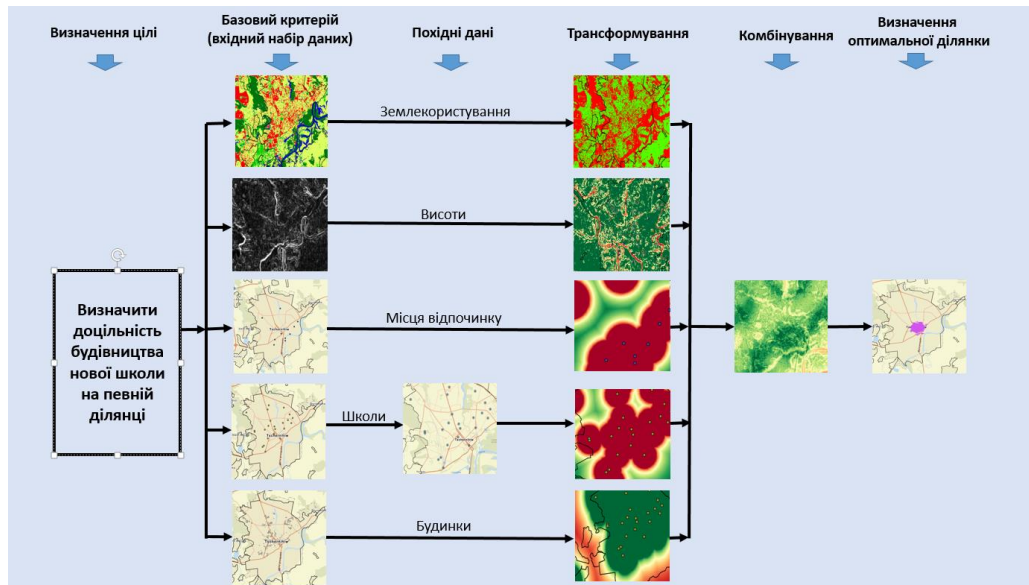


Рис 3.25 - Схема визначення доцільності будівництва нового закладу освіти на певній ділянці (на прикладі м.Чернігів)

Після створення необхідних для аналізу шарів (Ухил (Slope), Відстань до місць відпочинку (Distance to recreation sites), Відстань до шкіл (Distance to schools), Землекористування (Landuse), Будинки (Buildings)), виконується комбінувannya перекласифікованих вихідних даних (карт придатності), щоб отримати одну ранжовану карту майданчиків, які найбільше підходять для будівництва школи. Найкращі місця будівництва закладу освіти виділені темно-зеленим кольором, ті, що найменше підходять - червоним.

Завершальним кроком у процесі моделювання є вибір найкращого місця для нової школи. Підсумкова поверхня придатності є сумарним рейтингом атрибутів у кожній локації, і територіальне наближення чи віддалення визначеної ділянки до цієї поверхні визначає доцільність її будівництва.

За результатами просторового аналізу можна зробити висновок, що хоча більша частина території міста Чернігів знаходиться в зоні забезпечення освітніми послугами вище середнього рівня, мешканці, що проживають на території, що відноситься до зони забезпечення нижче середнього рівня, мають проблеми з доступом до об'єктів освітньої інфраструктури. Хоча переважна більшість учнів має змогу добиратись до школи на маршрутних таксі та тролейбусах, які пов'язують різні частини міста, суттєвою характеристикою доступності до школи в даному випадку виступає час, що витрачається на дорогу. Це свідчить про невисокий рівень оптимальності існуючої мережі шкіл у м.Чернігові та потребує удосконалення. Кінцевою метою має бути створення ефективної мережі закладів загальної середньої освіти, виходячи із територіальних особливостей, демографії та забезпечення якості освіти.

3.4. Оцінка привабливості території з точки зору забезпечення об'єктами освітньої інфраструктури

В ході просторового аналізу освітнього інфраструктурного забезпечення міст Київ, Відень, Чернігів, з використанням ГІС-засобів, була отримана інформація про територіальний розподіл та зони доступності закладів середньої освіти, забезпечення населення освітніми послугами, визначено територіальне покриття шкіл, побудована модель доступності закладів об'єктів освітньої інфраструктури.

Однак, доцільно здійснити просторовий ГІС-аналіз освітньої інфраструктури з точки зору привабливості території для мешканців міста.

В якості методики оцінки привабливості території з точки зору забезпечення об'єктами освітньої інфраструктури можливо використати методику аналізу привабливості території міста Харків для проживання з точки зору інфраструктурної забезпеченості, запропоновану в дисертаційному

дослідженні О.Чуєва «Просторовий ГІС-аналіз інфраструктурної складової урбогеосистеми (на прикладі міста Харків)» (Чуєв, 2018).

Дана методика будується на інструменті «калькулятор растру». Для об'єктів освітньої та транспортної інфраструктури використовуються моделі евклідової відстані для показника територіальної доступності до них. З метою визначення єдиного (інтегрального) показника проводиться їх перекласифікація. Алгоритм обрахунку інтегрального показника привабливості території з точки зору забезпечення об'єктами освітньої інфраструктури представлений на рис.3.26. Щоб надати кожній комірці поверхні відповідних значень, використовується бальна система, тобто найменша відстань до школи чи зупинки громадського транспорту отримує 10 балів, а найбільша - 1 бал. Ступінь віддаленості території відображається градацією кольору (Чуєв, 2018).

В основу методики пропонується покласти такі характеристики:

1) географічне розташування освітніх закладів відносно населених районів. Чим ближче і зручніше розташування освітнього закладу до мешканців, тим більш привабливою є територія. Для батьків важливо, щоб школа знаходилась в зоні пішої доступності. Для цього показника пропонується взяти найвищий коефіцієнт - «10»;

2) оцінка доступності, тобто близькість до транспортних вузлів та зупинок громадського транспорту. Оскільки сучасна система закладів середньої освіти є диференційованою за спеціалізацією шкіл та якістю освітніх послуг, що надаються ними, багато дітей обирають для навчання школу, яка знаходиться за межами пішої доступності. Для цього показника пропонується взяти коефіцієнт «6» для автобусних, тролейбусних та трамвайних ліній, зважаючи на їх залежність від міського трафіку, а для ліній метро - коефіцієнт «7».

Загальна формула обрахунку інтегрального показника привабливості території має вигляд:

$$ПТ = M_1 * П_1 * K_1 + M_2 * П_2 * K_2 + M_n * П_n * K_n$$

де ПТ – привабливість території; $M_{1,2,n}$ – моделі евклідової відстані (від 1-ої до n-ої); $P_{1,2,n}$ – значення за схемою перекласифікації (від 1-ої до n-ої); $K_{1,2,n}$ – коефіцієнт ваги фактору. За цією формулою буде обраховано значення кожної комірки результуючого растру (Чуєв, 2018).

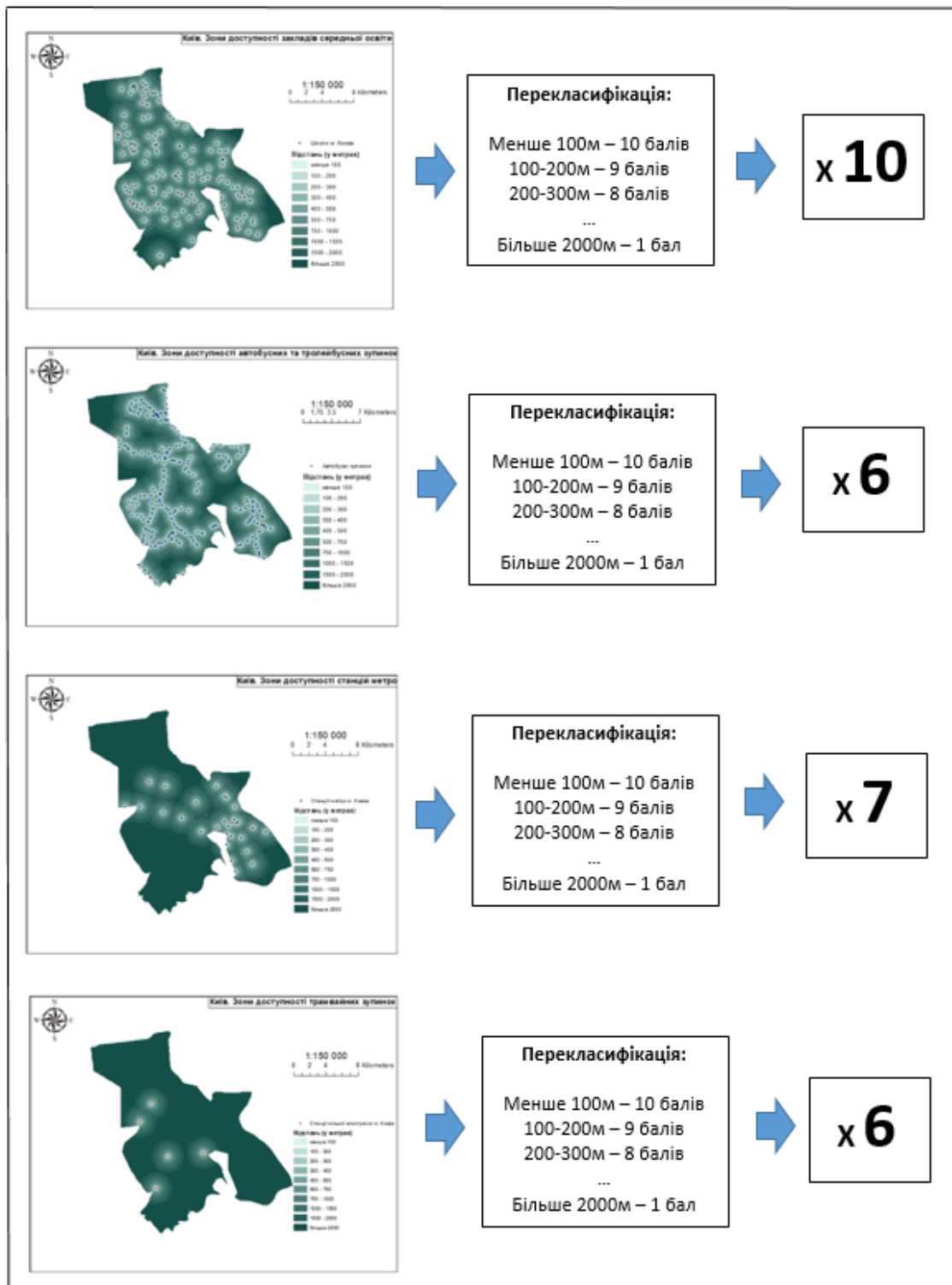


Рис. 3.26 - Алгоритм обрахунку інтегрального показника привабливості території з точки зору забезпечення об'єктами освітньої інфраструктури

Застосувавши зазначений алгоритм, отримаємо модель привабливості досліджуваної території м.Києва з точки зору забезпечення об'єктами освітньої інфраструктури (рис.3.27)

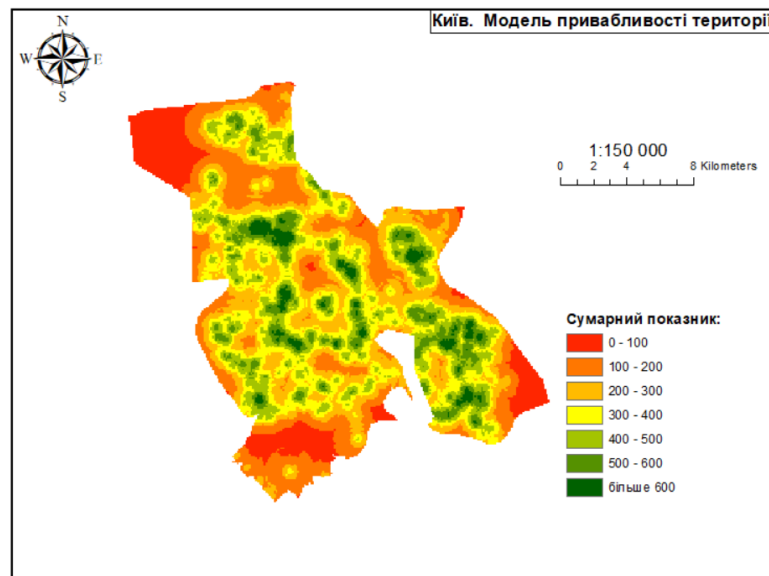


Рис. 3.27 – Модель привабливості території центральних районів м.Києва з точки зору забезпечення об'єктами освітньої інфраструктури

Можна зробити висновок, що більша частина території має недостатній рівень привабливості, що свідчить про необхідність удосконалення освітньої та транспортної інфраструктури Києва.

Що стосується загального розподілу території міста щодо обрахованого показника, то приблизно 10% мають низьку привабливість, 44% - нижче середньої, 21% - середню, 22% - вище середньої та 3% - високу (рис. 3.28).

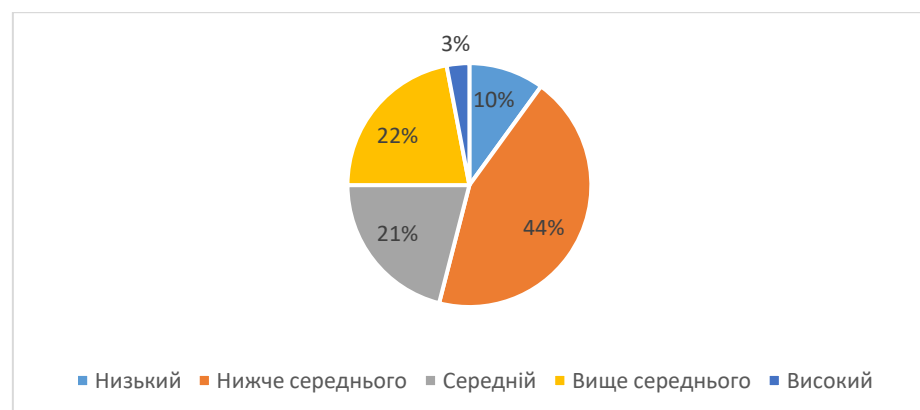


Рис. 3.28 – Частки досліджуваної території м.Києва за показником привабливості з точки зору забезпечення об'єктами освітньої інфраструктури

Після проведення аналогічних розрахунків, побудуємо модель привабливості досліджуваної території м.Відня з точки зору забезпечення закладами середньої освіти (рис.3.29)

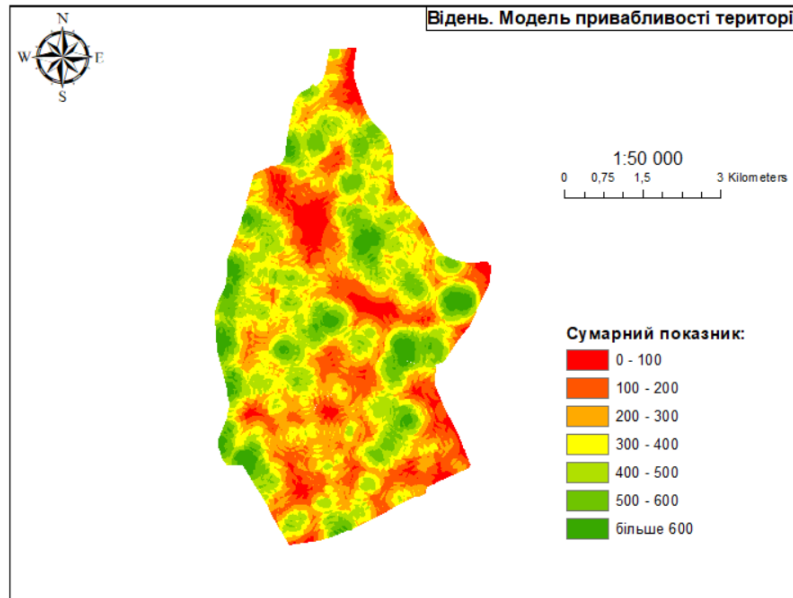


Рис. 3.29 – Модель привабливості території м.Відень з точки зору забезпечення об'єктами освітньої інфраструктури

На відміну від Києва, більше половини зон території досліджуваних районів Відня мають достатній рівень привабливості, що свідчить про позитивний стан розвитку освітньої інфраструктури в цілому.

Характеризуючи загальний розподіл території міста за цим показником, слід зазначити, що приблизно 5% мають низьку привабливість, 37% - нижче середньої, 23% - середню, 30% - вище середньої та 5% - високу (рис. 3.30).

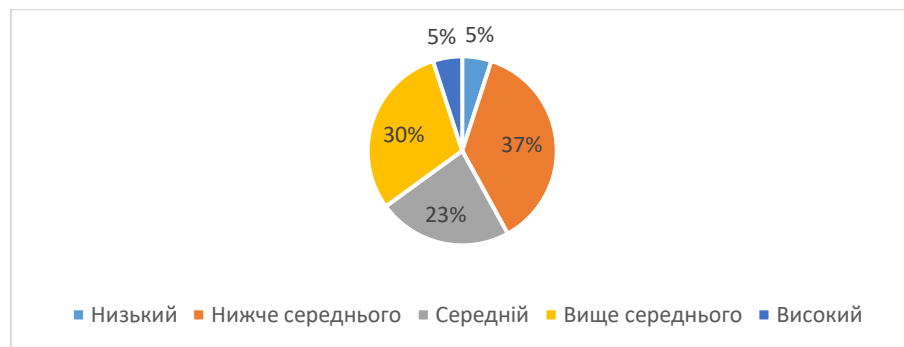


Рис. 3.30 – Частки досліджуваної території м.Відня за показником привабливості з точки зору забезпечення об'єктами освітньої інфраструктури

Обрахувавши інтегральний показник привабливості території м.Чернігова з точки зору забезпечення об'єктами освітньої інфраструктури, отримаємо відповідну модель (рис.3.31)

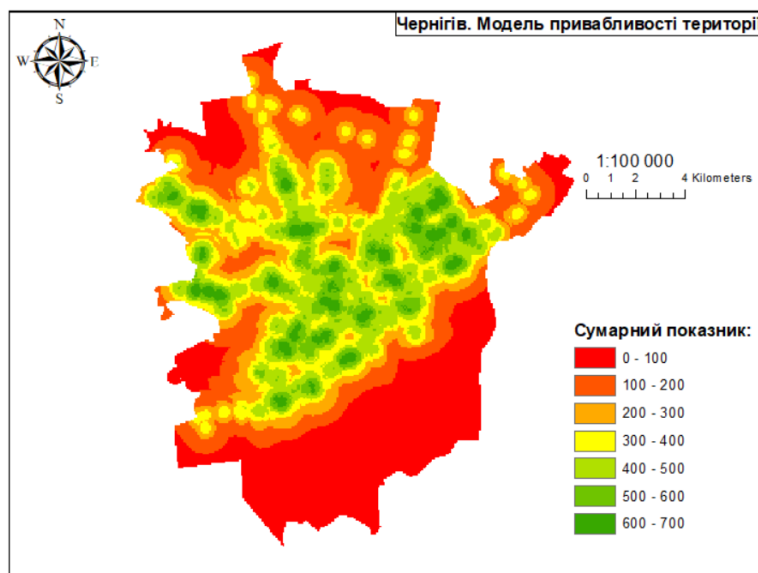


Рис. 3.31 – Модель привабливості території м. Чернігова з точки зору забезпечення об'єктами освітньої інфраструктури

Вона демонструє, що місто має найбільшу частку території у порівнянні з Києвом та Віднем, що має низьку та нижче середньої привабливість для мешканців, які мають дітей шкільного віку. З одного боку, в столичних містах просторовому аналізу піддавались лише центральні райони, натомість у Чернігові аналізувалась вся територія міста. З іншого – інфраструктура, в тому числі й освітня, обласного міста є менш розвинутою.

Що стосується загального розподілу території міста щодо обрахованого показника, то приблизно 27% мають низьку привабливість, 35% - нижче середньої, 12% - середню, 22% - вище середньої та 4% - високу (рис. 3.32).

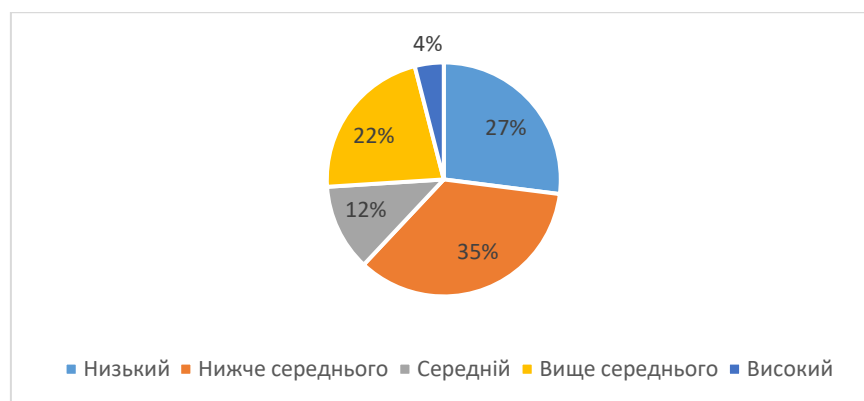


Рис. 3.32 – Частки досліджуваної території м.Чернігова за показником привабливості з точки зору забезпечення об'єктами освітньої інфраструктури

Отже, методика визначення оцінки привабливості території передбачає використання растрових моделей в ARC GIS, які дають можливість візуалізувати та аналізувати дані про освітнє інфраструктурне забезпечення міста у вигляді растрових шарів. Це дозволяє не лише здійснювати детальний аналіз просторових залежностей, але й виявляти можливі проблемні ділянки.

Здійснена оцінка привабливості території міст Київ, Відень та Чернігів з точки зору забезпечення об'єктами освітньої інфраструктури виявила доволі значну різницю значень цього показника. Побудовані моделі привабливості продемонстрували, що більше половини (54%) території центральних районів Києва мають недостатній рівень привабливості з точки зору забезпечення об'єктами освітньої інфраструктури. Це доводить необхідність удосконалення освітньої та транспортної інфраструктури Києва.

На відміну від Києва, переважна більшість (58%) території досліджуваних районів Відня мають достатній рівень привабливості, що свідчить про позитивний стан розвитку освітньої інфраструктури в цілому.

Місто Чернігів має найбільшу частку території у порівнянні з Києвом та Віднем, що має низьку та нижче середньої привабливість для мешканців, які мають дітей шкільного віку. Однак, з одного боку, в столичних містах просторовому аналізу піддавались лише центральні райони, натомість у Чернігові аналізувалась

вся територія міста. З іншого – інфраструктура, в тому числі й освітня, обласного міста є менш розвинутою.

Просторовий аналіз та оцінка привабливості території може допомогти муніципалітетам Києва та Чернігова у прийнятті рішень щодо покращення освітньої інфраструктури, наприклад, розміщення нових шкіл у зоні з високою потребою, забезпечення транспортного зв'язку до віддалених районів або розширення існуючих освітніх закладів для забезпечення більшої кількості учнів.

ВИСНОВКИ

1. Теорії Й.Тюнена, В.Кристаллера, А.Льоша, Л.Кантільона, В.Айзарда, Ч.Гарріса та Е.Ульмана покладені в основу теоретичних засад проектування раціонального розміщення об'єктів освітньої інфраструктури міст (забезпечувати доступності закладів освіти для міського населення). Сформульовано гіпотезу про ефективність використання функціоналу просторового аналізу для завдання раціонального розміщення закладів освіти.

Узагальнення світового досвіду використанні просторового аналізу і моделювання для оптимізації мережі закладів освіти вказує на важливість врахування специфіку міста, регіону або країни де здійснюється аналіз. Крім того, успішне використання функціоналу ГІС потребує налагодження співпраці між освітніми організаціями, місцевими органами владами, громадськими організаціями та іншими зацікавленими сторонами.

Використання функціоналу ГІС для моделювання освітньої інфраструктури міста дозволяє здійснювати аналіз просторових даних, таких як ареали розселення мешканців міста, мережа транспортної інфраструктури, територіальний розподіл та зони доступності закладів середньої освіти для населення. Буферний аналіз, аналіз близькості, побудова полігонів Тіссена, растровий аналіз засобами ARCGIS допомагають у прийнятті рішень щодо аналізу та оптимізації освітньої інфраструктури міста, і сприяють ефективному використанню фінансових ресурсів, розподілу їх з урахуванням потреб громад та учнів.

2. Методологія аналізу і моделювання мережі закладів відбувається в декілька етапів, запропонованих Р. Томлінсоном: визначення стратегічної мети та стратегії планування, напрацювання конкретних вимог до ГІС, вибір апаратних засобів та програмного забезпечення. Слідування цим етапам дозволяє забезпечити якість розроблених рішень та їх відповідність вимогам користувачів. Під час проведення просторового аналізу вивчається поточний стан

системи освіти (щільність закладів, забезпеченість мешканців), її ефективність, потреби та вимоги, а також ефективність прийняття управлінських рішень. Цей процес має важливе значення для функціонування багатьох сфер суспільної діяльності, в тому числі й освітньої інфраструктури, що з одного боку дозволяє забезпечувати належну якість освітніх послуг та, з іншого, ефективно використання ресурсів.

Просторовий аналіз освітньої інфраструктури ґрунтується на базі даних, яка є основою для зберігання, організації та управління просторовими даними, пов'язаними з освітніми закладами, їх розташуванням, характеристиками та іншою відповідною інформацією. База даних допомагає організувати просторові дані про освітні заклади у логічну структуру, наприклад, за типом закладу, рівнем освіти чи географічним розташуванням. Це полегшує пошук, фільтрацію та аналіз цих даних.

Використання програмного комплексу ArcGIS дозволяє з урахуванням географічних аспектів дослідити функціонування системи освітніх закладів, здійснити її просторовий аналіз та наочно представити дані і висновки. Візуалізація забезпечує зручний доступ до актуальних та структурованих даних, полегшує їх аналіз та інтерпретацію, а також сприяє прийняттю обґрунтованих рішень на рівні муніципалітетів щодо розвитку освітнього сектора.

3. Просторовий аналіз освітнього інфраструктурного забезпечення міста, з використанням ГІС-засобів, надає цінну інформацію для оцінки доступності освітніх установ, їх просторового розташування та покриття різних районів міста. Так, буферний аналіз дозволяє визначити зони впливу освітніх установ шляхом створення буферних зон навколо них, а полігони Тіссена продемонструвати області, які мають найближчий доступ до конкретної освітньої установи. Це, з одного боку, допомогло виявити райони, які перебувають поблизу освітніх закладів та мають забезпечений доступ до них, а з іншого - виявити потенційні області зі збільшеною потребою в розширенні освітніх закладів або вдосконаленні існуючих.

Методика визначення оцінки привабливості території передбачає використання растрових моделей в ARC GIS, які дають можливість візуалізувати та аналізувати дані про освітнє інфраструктурне забезпечення міста у вигляді растрових шарів. Це дозволяє не лише здійснювати детальний аналіз просторових залежностей, але й виявляти можливі проблемні ділянки.

Показники територіальної доступності закладів середньої освіти центральних районів м.Києва вдвічі менші ніж у центральних районах м.Відня, оскільки в зоні доступності об'єктів освітньої інфраструктури знаходиться менше половини території обраних для дослідження районів м.Києва. Якщо взяти до уваги й те, що Київ також має вдвічі гірший рівень територіального покриття міста об'єктами освітньої інфраструктури, то можна зробити висновок, що показники територіального покриття школами території м.Києва потребують удосконалення.

4. Здійснена оцінка привабливості території міст Київ, Відень та Чернігів з точки зору забезпечення об'єктами освітньої інфраструктури виявила доволі значну різницю значень цього показника. Побудовані моделі привабливості продемонстрували, що більше половини (54%) території центральних районів Києва мають недостатній рівень привабливості з точки зору забезпечення об'єктами освітньої інфраструктури. На відміну від Києва, переважна більшість (58%) території досліджуваних районів Відня мають достатній рівень привабливості, що свідчить про позитивний стан розвитку освітньої інфраструктури в цілому. Місто Чернігів має найбільшу частку території у порівнянні з Києвом та Віднем, що має низьку та нижче середньої привабливість для мешканців, які мають дітей шкільного віку.

На нашу думку запропонований просторовий аналіз та оцінка привабливості території з огляду доступу до закладів освіти, може допомогти муніципалітетам Києва та Чернігова у прийнятті рішень щодо покращення освітньої інфраструктури, наприклад, розміщення нових шкіл у зоні з високою потребою, забезпечення

транспортного зв'язку до віддалених районів або розширення існуючих освітніх закладів для забезпечення більшої кількості учнів.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

Гуль І.Г. (н.д.). Наукові засади формування регіональних соціально-економічних систем. - Режим доступу: https://repository.ldufk.edu.ua/bitstream/34606048/28469/1/Лекція_2%20%282%29.pdf.

ДеМерс, Майкл Н. (1999). Географические Информационные Системы. Основы. - Режим доступу: <https://www.geokniga.org/bookfiles/geokniga-demers-osnovy-gis-1999.pdf>.

Де найлегше влаштувати до школи першачка? (н.д.) [Електронний ресурс]. - Режим доступу: <https://misto.lun.ua/shkola>

Дорогунцов С.І. (н.д.). Основні фактори і критерії, що впливають на розміщення продуктивних сил. - Режим доступу: <https://studentbooks.com.ua/content/view/904/76/1/3/>.

Дорош В.Ю., Потьомкіна О.В., Забедюк М.С. (н.д.) Еволюція просторових аспектів поширення економічних явищ. – Режим доступу: <https://conf.ztu.edu.ua/wp-content/uploads/2017/01/453.pdf>

Зацерковний В. І., Бурачек В. Г., Железняк О. О., Терещенко А. О. (2014). Геоінформаційні системи і бази даних: монографія. Ніжин: НДУ ім. М. Гоголя.

Міські географії та географії міст. Як капіталізм впливає на просторові нерівності (н.д.). [Електронний ресурс]. - Режим доступу: https://mistosite.org.ua/articles/miski-heohrafii-ta-heohrafii-mist-yak-kapitalizm-vplyvaie-na-prostorovi-nerivnosti?l_ocale=ru.

Офіційний портал Києва. (н.д.). [Електронний ресурс]. - Режим доступу: https://kyivcity.gov.ua/kyiv_ta_miska_vlada/pro_kyiv/raiony_kyieva/

Офіційний сайт електронного довідника 2ГІС. (н.д.). [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://2gis.ua>.

Пак Н.Т. (н.д.) Конспект лекцій з навчальної дисципліни «Регіональна економіка». - Режим доступу: <https://financial.lnu.edu.ua/wp-content/uploads/2017/09/Конспект-лекцій.pdf>.

Панкова Л.І. (2019) Розвиток теорії регіональних кластерів у фундаментальних напрямках економічної думки. Причорноморські економічні студії. Випуск 48-1. – Режим доступу: http://bses.in.ua/journals/2019/48_1_2019/3.pdf

Петрига, О. М. (2009). Розміщення продуктивних сил і регіональна економіка. Навчально-методичний посібник. Київ: ДП «Вид. дім «Персонал». - Режим доступу: https://maup.com.ua/assets/files/lib/book/rozm_pr_sil.pdf.

Поверхности. (н.д.). [Електронний ресурс]. - Режим доступу: https://kpfu.ru/staff_files/F2134311690/KURS_LEKCIJ_GIT.pdf.

Просторовий аналіз. (н.д.). [Електронний ресурс]. - Режим доступу: <https://studfile.net/preview/5720771/page:9/>.

Пространственные распределения (н.д.). [Електронний ресурс]. - Режим доступу: <https://studfile.net/preview/7677606/page:2/>.

Розподіл постійного населення України за статтю та віком на 1 січня 2021 року. [Електронний ресурс]. - Режим доступу: https://ukrstat.gov.ua/druk/publicat/Arhiv_u/13/Arch_rpn_zb.htm

Руководство по Всемирной геодезической системе — 1984 (WGS-84). (2002). - Режим доступу: <https://ggspb.org/normativnayabaza/files/rukovodstvo-po-vsemirnoi-geodezicheskoi-sisteme-1984.pdf>

Сяо Нінчуань (2016). Алгоритми ГІС: теорія та застосування для геоінформатики та технологій. - Режим доступу: https://www.academia.edu/37886944/GIS_Algorithms_Ningchuan_Xiao_pdf

Теорії та концепції розміщення продуктивних сил і регіональної економіки. (н.д.) [Електронний ресурс]. - Режим доступу: <http://nkatkanna.at.ua/rps/rps1.6.html>.

Томашевська О. А., Романенко І.Н., Мірзоева Т. В. (2012). Теоретичні засади розміщення продуктивних сил і регіональної економіки. Агросвіт. Вип. 5. - Режим доступу: http://www.agrosvit.info/pdf/5_2012/6.pdf.

Харченко М.О. (2016). Формування оптимальної територіальної організації закладів загальної середньої освіти регіонів. Дис. (к.е.н.: розвиток продуктивних сил і регіональна економіка). Дніпропетровськ. - Режим доступу: <http://ir.nmu.org.ua/bitstream/handle/123456789/>

Чуєв О.С. Просторовий ГІС-аналіз інфраструктурної складової урбогеосистеми (на прикладі міста Харків). (2018). Дис. (к.г.н.: економічна та соціальна географія). Харків: Харківський національний університет ім.В.Н.Каразіна. Режим доступу: <http://dspace.univer.kharkov.ua/handle/123456789/14327>

Шипулін В. Д. (2010). Основні принципи геоінформаційних систем. Навчальний посібник. Харків: ХНАМГ. – Режим доступу: <https://core.ac.uk/download/pdf/11325366.pdf>

Шупер В.А. (2006). Экономический ландшафт Августа Лёша. - Режим доступу: <https://geo.1sept.ru/article.php?ID=200602111>.

Элементарный пространственный анализ. (н.д.). [Електронний ресурс]. - Режим доступу: https://kpfu.ru/staff_files/F2134311690/KURS_LEKCIJ_GIT.pdf.

ArcGIS Desktop. (н.д.). [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://www.esri.com/en-us/arcgis/about-arcgis/overview>

ArcGIS Image Analyst. (н.д.). [Електронний ресурс]. - Режим доступу: <https://www.esriuk.com/en-gb/arcgis/products/arcgis-image-analyst/overview>

ArcGIS Image Analyst для ArcGIS Pro. (н.д.). [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://www.esri.com/en-us/arcgis/products/arcgis-image/options/arcgis-image-analyst>

Bezirke in Zahlen – Statistiken. (н.д.). [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://www.wien.gv.at/statistik/bezirke/>

ESRI ArcInfo Grid. (н.д.). [Электронный ресурс]. - Режим доступа: <https://www.loc.gov/preservation/digital/formats/fdd/fdd000281.shtml>

Frank A. U. (1987). Overlay processing in spatial information systems. In Proceedings, Eighth International Symposium on Computer-Assisted Cartography (Auto-Carto 8). Baltimore, MD: ASPRS, ACSM. Retrieved from <https://cartogis.org/docs/proceedings/archive/auto-carto-8/pdf/overlay-processing-in-spatial-information-systems.pdf>

Fujita Masahisa. (2011). Thunen and the New Economic Geography. Retrieved from <https://repository.kulib.kyotou.ac.jp/dspace/bitstream/2433/129502/1/DP521.pdf>

Huisman O., de By R. (2009). Principles of Geographic Information System. Retrieved from https://webapps.itc.utwente.nl/librarywww/papers_2009/general/principlesgis.pdf

McKoy D., Vincent J., Makarewicz C. (2004). Integrating Infrastructure Planning: The Role of Schools. Retrieved from https://www.citiesandschools.berkeley.edu/reports/Integrating_Infrastructure_Planning.pdf

Nachhaltige urbane Mobilität im Alltag. Retrieved from <https://difu.de/projekte/nachhaltige-urbane-mobilitaet-im-alltag>

Pluspunkt Deutsch. (2022). Berlin: Cornelsen Verlag GmbH. RNE – Studie zu ausgewählten Themen der nachhaltigen Stadtentwicklung. Retrieved from <https://difu.de/projekte/rne-studie-zu-ausgewaehlten-themen-der-nachhaltigen-stadtentwicklung>

Rothbard M., Murray N. (1995). An Austrian Perspective on the History of Economic Thought, Volume I (Economic Thought Before Adam Smith). Retrieved from <https://web.archive.org/web/20140824052903/http://mises.org/books/histofthought1.pdf>

Segaran T. (2007). Programming Collective Intelligence. O'Reilly Media, Inc. Retrieved from <https://axon.cs.byu.edu/~martinez/classes/778/Papers/GP.pdf>

Stadtplan Wien (Schulen). (н.д.). [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.wien.gv.at/stadtplan/grafik.aspx?lang=de-AT&bookmark=y0nlRNbmpUXHotdGKmlBRu5RphlnHrlubarHkNmuZ7FcntRAxmhqKw-b-b>

Statistisches Jahrbuch der Stadt Wien 2022. [Электронный ресурс]. - Режим доступа: <https://www.wien.gv.at/statistik/publikationen/jahrbuch.html>

Tomlinson, R. F. (2011). Thinking about GIS: Geographic information system planning for managers (4th ed). Esri Press. Retrieved from <https://www.e-education.psu.edu/geog583/sites/www.e-education.psu.edu/geog583/files/Thinking%20About%20GIS-Tomlinson.pdf>

Von Thunen model. Retrieved from <https://www.studysmarter.co.uk/explanations/human-geography/agricultural-geography/von-thunen-model/>