

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ

НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
«ХАРКІВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ»

Т. В. Козуля

ЛАНДШАФТНА ЕКОЛОГІЯ

Навчально-методичний посібник
для студентів денної та заочної форм навчання
за спеціальністю Е2 «Екологія»,
G2 «Технології захисту навколишнього середовища»

Харків
2025

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
«ХАРКІВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ»

Т. В. Козуля

ЛАНДШАФТНА ЕКОЛОГІЯ

Навчально-методичний посібник
для студентів денної та заочної форм навчання
за спеціальністю Е2 «Екологія»,
G2 «Технології захисту навколишнього середовища»

Затверджено
редакційно-видавничою
радою університету,
протокол № 1 від 13.02.2025 р.

Харків
НТУ «ХПІ»
2025

УДК 004.432.2

К 59

Рецензенти:

В. А. Андронов, д-р. тех. наук, проф., проректор з наукової роботи,
Національний університет цивільного захисту України;
С. О. Вамболь, д-р. тех. наук., проф., зав. кафедри безпеки праці та
навколишнього середовища, НТУ «ХПІ»

Козуля Т. В.

К 59 Ландшафтна екологія : навчально-методичний посібник для студентів денної та заочної форм навчання за спеціальністю Е2 «Екологія», G2 «Технології захисту навколишнього середовища» / Т. В. Козуля. – Харків : НТУ «ХПІ», 2025. – 95 с.

ISBN 978-617-05-0552-1

Навчально-методичний посібник містить теоретичний аналіз методів оцінювання стану ландшафтів, розглянуто питання змінності та антропоїзації ландшафтів, методів надання оцінки антропоїзації ландшафтів територій відповідно до їх ландшафтно-територіальної структури.

Призначено для студентів, викладачів і спеціалістів з екологічних знань для практичного застосування при розв'язку задач ландшафтної екології, пов'язаних з ГІС-технологіями, аналізом інформації з картографічних джерел. Посібник буде корисний у різних галузях науково-практичних досліджень, що використовують математичний апарат числових методів та програмні математичні застосунки, зокрема Plot Digitizer.

Іл. 68. Табл. 8 . Бібліогр. 25 назв.

ISBN 978-617-05-0552-1

УДК 004.432.2

© Козуля Т. В., 2025

© НТУ «ХПІ», 2025

ЗМІСТ

Вступ	5
Розрахункове завдання «Оцінка ступеню антропогенної - перетворюваності ландшафтів регіону»	6
1. Теорія та практика визначення оцінки якості довкілля – техногенно-трансформованих територій	6
1.1. Загальні відомості з оцінювання екологічної оцінки змін стану природно-техногенних комплексів	14
1.2. Визначення рівня перетворюваності (трансформації) - природних систем навколишнього середовища.....	35
1.3. Використання програми Plot Digitizer для дослідження – фото матеріалів дослідних територій.....	41
1.3.1. Загальна характеристика програми Plot Digitizer.....	43
1.3.2. Інші можливості Plot Digitizer: визначення площі фігур графічної інтерпретації даних, територій.....	49
2. Завдання і вимоги до виконання роботи з визначення метрик оцінки ступеню антропогенної перетворюваності ландшафтів	53
2.1. Послідовність виконання роботи з оцифрування карт - дослідних територій в програмі Plot Digitizer	53
2.2. Розрахунок площ об'єктів для розрахунку ступеню - антропогенної перетворюваності ландшафтів	54
2.2.1. Приклад 1: Розрахунок площі Калуського району Івано- Франківської області.....	54
2.2.2. Приклад 2: Розрахунок площі Яворівського району Львівської області України.....	60
2.3 Обчислення площ об'єктів для оцінки змінності ландшафтів методами чисельного інтегрування.....	64
2.4. Загальні рекомендації до оформлення звіту з завдання.....	72
Список джерел інформації.....	75
Додаток А. Приклад формування шкали оцінювання елементів ландшафту за ландшафтно-територіальною структурою.....	77
Додаток Б. Методика та алгоритм роботи Plot Digitizer.....	80
Додаток В. Розрахунки площі об'єктів при оцінці антропізації	85
Додаток Г. Приклади розрахунку коефіцієнта антропізації - досліджених ландшафтів обраної території.....	89
Словник спеціальних термінів.....	91

ВСТУП

Основними факторами антропогенної трансформації ландшафтів є їх цілеспрямоване перетворення в результаті господарської діяльності – окультурення земель, зміна структури рослинного покриву, зміна ландшафтів при цивільному та промисловому будівництві тощо. Трансформаційні процеси територіально обумовлені супутніми втручаннями людини явищами, зазвичай негативними, іноді катастрофічними. Методи оцінки рівнів антропогенної трансформованості ландшафтів та виконання вимірювання оціночних характеристик змін в екологічному стані різних регіонів приділяється значна увага.

Метою цієї роботи є визначення масштабу змін у різних ландшафтах та основних рушійних сил, що стоять за ними. Для досягнення цієї мети за окремими ландшафтами пропонується визначати щільність населення, питому частку сільськогосподарських угідь, особливо кількість забруднюючих промислових об'єктів; переселення та масштабне будівництво, забруднення води та повітря, транспорт, неконтрольоване природокористування тощо як визначальні фактори змін ландшафту.

Виявлено ландшафти, де швидкість використання природних ресурсів значно вища, ніж природних ресурсів самовідновлення. Таким чином, є необхідність, по-перше, встановити ступінь змінності ландшафтів і, по-друге, для порівняння між собою природно-територіальних комплексів (ПТК), визначення переваг прийнятих рішень щодо екологічного розвитку регіонів зробити цю оцінку здатною до співставлення. Для цього пропонується провести оцінювання відповідно до змін на одиницю площі.

Таким чином, для розрахунку цільової функції виникає потреба працювати з картографічним матеріалом, для математичної частини роботи мати справу з визначенням площ. Обговорюються підходи до використання співвідношень площ поміж різними антропогенними територіальними комплексами для якісних оцінок стану довкілля. Для встановлення площини елементів дослідних територій пропонується застосувати програмний застосунок Plot Digitizer.

Розрахункове завдання дозволяє використати отримані знання з лекційного матеріалу, звернутися до самостійних тем курсу і опанувати додатково навички роботи з комп'ютерними додатками для вимірювальної частини ландшафтознавства і виконання моделювання та прогнозування ситуацій для екологічного регулювання стану ПТК.

РОЗРАХУНКОВЕ ЗАВДАННЯ «ОЦІНКА СТУПЕНЮ АНТРОПОГЕННОЇ ПЕРЕТВОРЮВАНOSTІ ЛАНДШАФТІВ РЕГІОНУ»

Мета розрахункового завдання – надання навичок розрахунку метрик оцінки стану ландшафтів, які мають у складі антропогенні елементи, що впливають суттєво на його зміни.

У завданні передбачено засвоєння матеріалу щодо типів ландшафтних територіальних структур (ЛТС), доцільність використання басейнового підходу при дослідженнях антропогенної трансформації довкілля. Акцентується увага на соціально-економічному аспекті при вивченні ландшафтів і їх складових елементів для оцінки поточного стану та прогнозування змін у майбутньому.

За змістом розрахункове становить три обов'язкові складові: визначення актуальності обраного об'єкта дослідження з постановкою задачі дослідження; характеристика і подання об'єкта з оцінки змінності ландшафту; використання програмного додатку для розв'язання задачі.

1 Теорія та практика визначення оцінки якості довкілля – техногенно-трансформованих територій

Ландшафтна екологія досліджує просторові моделі та екологічні процеси в ландшафтах, звертає увагу на взаємодії між діяльністю людини та природним середовищем. Ця галузь екології визнає, що екосистеми взаємопов'язані та динамічні, із моделями землекористування, фрагментацією середовищ існування та просторовим розміщенням, які впливають на поширення та чисельність видів. Макроекологія зосереджується на моделях і процесах у широкому масштабі – на регіональному та глобальному рівнях. У сферу діяльності макроекології входять широкомасштабні екологічні моделі, такі як розподіл видів, градієнти біорізноманіття та масштабування екологічних процесів.

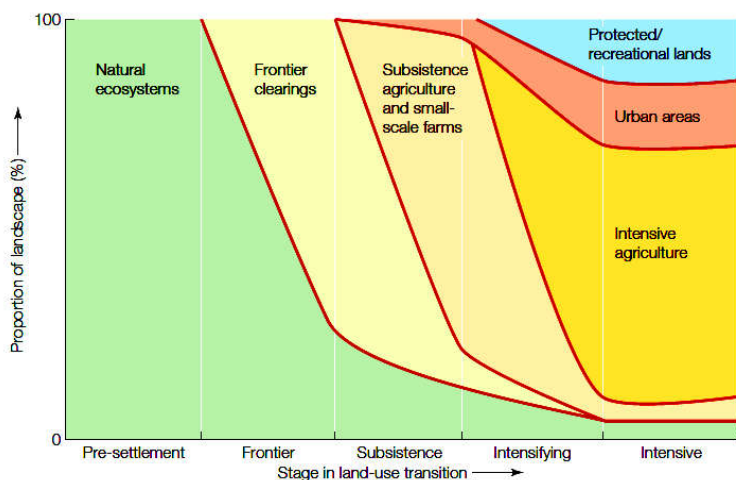
Ці два екологічних напрямів наукових досліджень мають працювати у комплексі, оскільки структура та розташування ландшафтів впливають на моделі, що спостерігаються у великих масштабах, і навпаки.

Усі глобальні впливи на ландшафтну структуру зрештою вкорінені в сільськогосподарських перетвореннях ландшафтів людиною, які почалися між 8500 р. і 11 000 років тому [1]. Трансформація ландшафту людьми має тенденцію прогресувати через серію передбачуваних етапів,

які можна охарактеризувати як (1) допоселення, (2) кордон, (3) підсобні, (4) інтенсифікаційні, (5) інтенсивні землі використання.

Допоселенські ландшафти характеризуються своїми типами природної рослинності або ґрунтового покриву, які перетворюються на інші види при землекористуванні, коли регіон прогресивно заселяють, переходячи з вирубок і садиб в межах прикордонного ландшафту до сільського господарства та дрібного господарства, до інтенсивного сільського господарства та урбанізації.

Деякі регіони можуть зберігатися певний етап протягом тривалих періодів часу, тоді як інші швидко рухаються щодо змін ландшафтів, переходячи від попереднього заселення до інтенсивного землекористування за декілька десятиліть (рис. 1.1).



Передпоселення → Межа → Побутовий → Інтенсифікуючий → Інтенсивний
Етап переходу до землекористування →

Рисунок 1.1 – Етапи трансформації ландшафту

Розширення сільського господарства та зменшення лісів поширює трансформацію ландшафту. Перетворення лісів у сільськогосподарські угіддя (орні землі та пасовища) виділяється як один із найбільш яскравих прикладів антропогенної зміни ландшафту. Орні землі та пасовища стають одними з найбільших наземних біомів на планеті, займаючи 40 % поверхні суші. Очікується, що глобальний попит на сільськогоспо-

дарську продукцію подвоїться, оскільки до середини століття до людської популяції додасться ще 2,4 мільярда людей (Tilman et al. 2011). Якщо тенденція землекористування збережеться, до 2050 року буде очищено додатковий 1 мільярд гектарів землі, що є площею приблизно як США.

Розчищення землі в такому масштабі для сільськогосподарського виробництва призведе до помітного збільшення викидів парникових газів і глобального використання азотних добрив, тим самим посилюючи вплив очищення землі на навколишнє середовище далеко за межі місцевого чи ландшафтного масштабу. Більшість нових сільськогосподарських угідь виникає за рахунок тропічних лісів, де зосереджена значна частина світового біорізноманіття [1].

Вирубка лісів для створення більшої кількості земель для сільського господарства є давньою практикою, яка веде свій початок до витоків самого сільського господарства. Саме вирубка лісів визначається як один із поширеніших факторів трансформації ландшафту по всій Європі. В інших частинах світу, таких як Америка та Австралія, широкомасштабне вирубування лісів зазвичай відбулося лише після заселення європейцями наприкінці 15-го та 18-го століть, відповідно. Незважаючи на те, що терміни значно відрізнялися в межах і між регіонами, процес вирубки лісів загалом відбувався за подібною схемою, причому більшість вирубок відбувалася спочатку для розвитку сільськогосподарського землекористування (див. рис 1.1) [1].

Припускають, що існує компроміс між інтенсифікацією сільського господарства (розробкою та впровадженням технологій підвищення врожайності) та розширенням сільського господарства (розчищенням землі), який можна оптимізувати, реальність набагато складніша. Наприклад, підвищення продуктивності в результаті розробки та передачі високопродуктивних технологій може підвищити прибутковість сільського господарства порівняно з іншими видами землекористування (наприклад, лісами), тим самим заохочуючи подальше розширення на кордоні.

Таким чином, інтенсифікація сільського господарства та екстенсифікація сільського господарства не повинні бути взаємовиключними.

Урбанізація. Більше половини (54 %) людського населення зараз проживає в міських районах, з яких зараз існує 28 «мега-міст». у всьому світі (міста з населенням понад 10 мільйонів; ООН 2014). У найближчі десятиліття подальші зміни будуть стосуватися розміру та просторового розподілу людської популяції, причому, за прогнозами, близько двох тре-

тин світового населення (66 %) до 2050 року житимуть у містах (Організація Об'єднаних Націй 2014) [1].

Урбанізація є основною рушійною силою глобальних змін навколишнього середовища. Розширення міст і пов'язані з ним зміни ґрунтового покриву спричиняють втрату середовища існування, загрожують біорізноманіттю, змінюють гідрологічні системи та біогеохімічні цикли, сприяють зміні клімату через збільшення викидів парникових газів і ефект міського теплового острова. Якщо тенденції щільності населення та розширення міст збережуться, то до 2030 року міський земельний покрив збільшиться на 1,2 мільйона км², що втричі перевищить площу міської території, наявну в 2000 році [1]. За прогнозами, більша частина цього зростання відбуватиметься в країнах, які розташовані в тропічних/субтропічних регіонах світу (наприклад, Індія, Нігерія), розширення міст призведе до втрати середовища існування у ключових гарячих точках біорізноманіття (наприклад, Західні Гати в Індії, Гвінейські ліси Західної Африки).

Міські ландшафти є складними за структурою. Урбанізація є континуумом, а не дихотомією. Кількість місцевих видів зменшується зі збільшенням урбанізації, головним чином через втрату та деградацію природних середовищ існування, посилення хижацтва чи конкуренції з немісцевими видами або збільшення занепокоєння від діяльності людини (наприклад, шумове забруднення). Представництво місцевих видів на 76,5 % нижче, а чисельність на 39,5 % нижча у міських районах, ніж у районах, на які діяльність людини мінімально впливає (наприклад, зрілі ліси; Newbold et al. 2015) [1].

Міське середовище надає перевагу невеликій підмножині толерантних до порушень або добре адаптованих видів, так що в міських районах у всьому світі домінує подібна група видів, багато з яких були інтродуковані і тому не є тубільці (так звані міські експлуататори; McKinney 2002). Голуб (*Columba livia*), який зустрічається в містах по всьому світу, є яскравим прикладом міського експлуататора. Багатство видів є вищим у районах із помірним рівнем людського розвитку (передмістях), ніж у сільській чи природній місцевості.

За гіпотезою проміжного порушення, помірний рівень порушення збільшує неоднорідність середовища проживання, а отже, видову різноманітність, особливо якщо ландшафт був однорідним (наприклад, переважно сільське господарство або ліс; рис. 1.2).

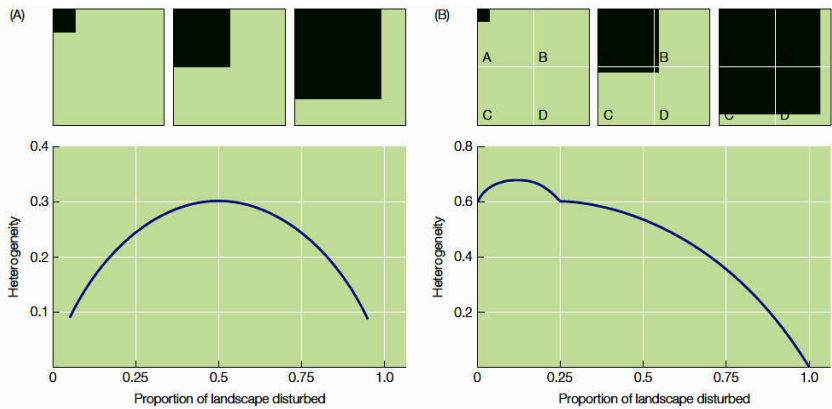


Рисунок 1.2 – Порушення взаємодіють із неоднорідністю ландшафту

Максимальна неоднорідність не завжди досягається на проміжному рівні порушення. За наданою інформацією на рисунку 1.2 відзначають такі залежності:

- (A) – неоднорідність (кількість типів ґрунтового покриття) максимізується в однорідному ландшафті, коли половина ландшафту була порушена, відповідно до гіпотези проміжних порушень;
- (B) – ландшафт спочатку неоднорідний, але проміжні рівні порушення до 50 % ландшафту призводять до меншої неоднорідності.

Чутливі до порушень види (наприклад, лісові види), як правило, уникають міст, вони будуть рідкісними або відсутніми в таких ландшафтах. Види, які, швидше за все, отримають вигоду від забудови передмістя, отже, є міськими адаптантами, які є ранніми сукцесійними видами або видами на межі середовища існування, які добре почуваються в помірно порушених або фрагментованих ландшафтах. Багато з цих видів використовують ресурси, надані людьми навмисно (наприклад, годівниці для птахів) чи ненавмисно (наприклад, щедрість городів та садків, декоративні кущі, корм для домашніх тварин або побутове сміття).

Міські ландшафти розглядають як неоднорідні мозаїки, що складаються з різних видів землекористування (промислових, комерційних, житлових) і відкритих просторів природних або напівприродних зон (наприклад, озер, парків). Міські території виявляють неоднорідність у різних масштабах, які є ієрархічно вкладеними, починаючи від мегаполісу чи міського регіону, в якому розташоване місто, до великої агломерації, що 10

оточує місто, до типів землекористування (наприклад, житлових), околиць, квартали та будівлі в самому місті.

Міські райони динамічні; вони ростуть і змінюються з часом у відповідь на взаємодію між окремими людьми та біофізичним, соціальним, економічним і політичним середовищем, у якому вони живуть і працюють. Сучасне зростання міст є набагато більш швидким і розповсюдженим, особливо коли зростання відбувається через «стрибки» або розкидані осередки розвитку за межами міста, тобто позаміськими районами.

Таким чином, **міські території відповідають усім критеріям, які використовуються для визначення ландшафтів**, з точки зору їх структури, функції та змін, і входять до сфери ландшафтної екології.

Міські території є унікальною «гібридною екосистемою», яка виникає в результаті складної взаємодії між людьми та екологічними процесами. Зараз більшість ландшафтів несуть на собі відбиток людського сліду, так що практично всі ландшафти певною мірою є антропогенними ландшафтами або антропами (Ellis & Ramankutty 2008; рис. 1.3) [1].

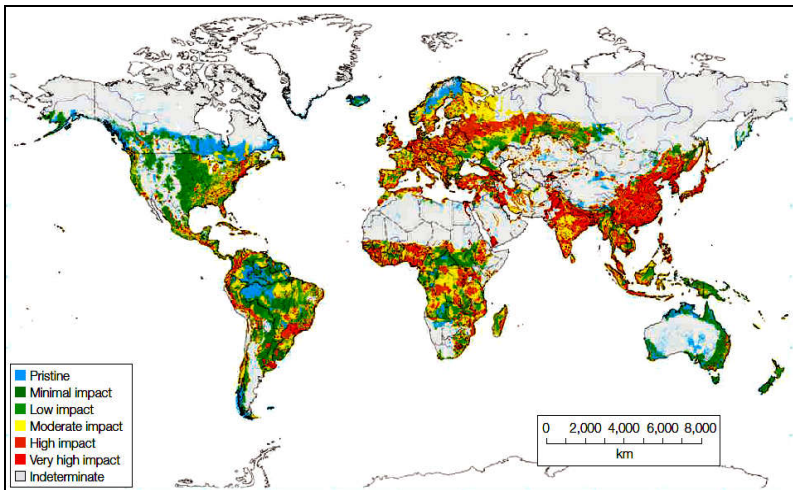


Рисунок 1.3 – Карта глобального антропоного ландшафту

Антропогенні ландшафти надають явлення про ступінь впливу людини на ландшафти. Карта розподілу зон антропогенної напруги (рис. 1.3) створена з накладення глобальної карти щільності населення з глобальною картою якості землі для оцінки впливу людини на ґрунтові ресурси.

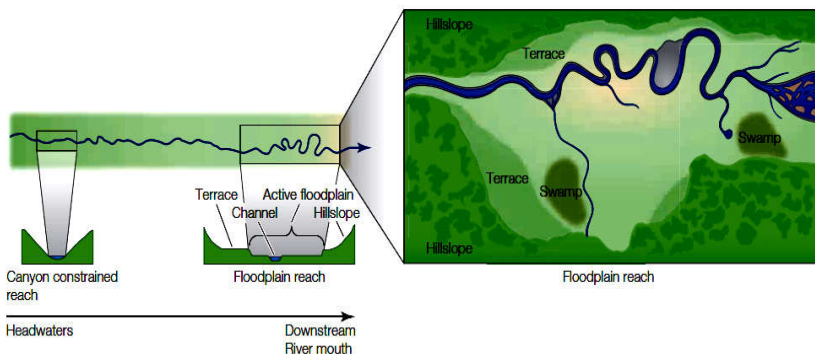
Ландшафтний дизайн допомагає розширити науку про ландшафтну екологію, застосовуючи на практиці її парадигму шаблону-процесу в міських районах для покращення екосистемних послуг і стійкості, що збігається з потребами та цінностями суспільства. Наприклад, інвестиції в зелену інфраструктуру – вуличні дерева, зелені дахи, дощові сади, зелені зони, парки та відновлення водно-болотних угідь, допомагають відновити екологічне функціонування в межах міського ландшафту, надати більшу стійкість міській соціально-екологічній системі до серйозних збурень, таких як посуха або затоплення.

Урбанізація та зростання міст пов'язані з розвитком інфраструктури, створенням **транспортних коридорів**. Будівництво транспортних коридорів у формі доріг, залізниць чи водних шляхів є складовою урбанізації. Транспортні коридори прорізають лінійні смуги через ландшафти, і таким чином, сприяють втраті та фрагментації середовища існування.

Вздовж головних доріг відбувалася вирубка лісу для заготівлі деревини, сільського господарства та пасовищ дрібними землевласниками (<100 га), потім це поширилося вздовж другорядних доріг, щоб створити унікальну «fishbone» (риб'яча кістка) схему вирубки лісу з часом. Дороги впливають на втрату середовища існування та фрагментацію, щільність доріг (км дороги/км² площі землі) іноді використовується як індекс фрагментації ландшафту при оцінці ступеня фрагментації лісу. У США, де загальна щільність доріг є нижчою серед розвинутих країн (68 км/км²), дороги впливають на частину загальної території: приблизно 83 % території знаходиться в межах кілометра від дороги, тоді як 20 % знаходяться в межах 100 м від дороги (Forman 2000; Riitters & Wickham 2003) [1].

Вплив транспортних коридорів на навколишнє середовище поширюється на багато сотень метрів за межі рейок, дороги чи берега. Збільшення стоку з доріг призводить до зростання швидкості та ступеню ерозії схилів, сприяючи зсувам. У межах водозбору зливовий стік з доріг збільшує швидкість стоку, змінюючи морфологію русла та викликаючи реструктуризацію прибережної території, що підвищує ризик затоплення прибережжя вниз за течією (рис. 1.4).

Вздовж доріг збільшується транспортування відкладень, токсичних хімікатів (наприклад, солі для боротьби з льодом) та інших забруднюючих речовин, що впливає негативно на екологічний стан прилеглих наземних середовищ існування. Небезпечні речовини потрапляють у водні системи через поверхневі та підповерхневі течії.



Річковий коридор – послідовність чергування обмежених каньйоном і заплавних ділянок (ліворуч); у межах заплави алювій діє як матриця, в яку вбудовані інші просторові елементи, що характеризують річкові ландшафти (праворуч)

Рисунок 1.4 – Річкові коридори як ландшафтна мозаїка

Такі порушення, як пожежі, вирубка лісів, хвороби та інвазивні види, викликані, занесені або поширені вздовж транспортних коридорів. Ці збурення можуть діяти разом, посилюючи загальний вплив транспортних коридорів на навколишнє середовище.

З екологічної точки зору, транспортні коридори приводять до фрагментації ландшафту та порушують зв'язок популяцій, що має негативний вплив на життєздатність та генетичну структуру популяції. Оскільки транспортні коридори пов'язані зі швидким рухом транспортних засобів, то вони створюють перешкоду для пересування тварин через ландшафти. Відзначається зменшення чисельності видів поблизу доріг або інших транспортних коридорів. Цей екологічний ефект пов'язують зі смертністю чи зміною поведінки з уникнення доріг, чи тим і іншим.

Поведінкове уникнення проїжджої частини, наприклад, було переконливо продемонстровано дослідженнями пересування тварин із використанням радіо- чи супутникових технологій стеження. Д 60 % видів птахів (13 із 22 видів за результатами експерименту та спостережень) виявили негативну реакцію на завантажену дорогу, відзначено зменшення приблизно на третину чисельності птахів порівняно з сусідньою контрольною територією, де відсутні дороги та шум від транспорту [1].

Екологія звукового ландшафту виникла як поле для розуміння внеску антропогенного шуму в природний звуковий ландшафт, екологічних наслідків цього шуму (Pijanowski et al. 2011). Так, наприклад, птахи,

які залишалися, незважаючи на шум, страждали від погіршення свого фізичного стану через те, що їх надто турбували, щоб добувати їжу.

Шум транспорту є «невидимим джерелом деградації середовища проживання» в місцях зупинки для перелітних співочих птахів. Навіть у захищених територіях смертність на дорогах становить майже 14 % від загальної кількості населення щорічно (Roger et al. 2012) [1]. Серед птахів і ссавців трав'яні та всеїдні види особливо вразливі до зіткнень з транспортними засобами, ймовірно, через пошук їжі вздовж доріг.

Екологія доріг прагне «кількісно визначити екологічні наслідки доріг з кінцевою метою уникнення, мінімізації та компенсації їх негативного впливу на окремих людей, населення, спільноти та екосистеми» (van der Ree et al. 2011) [1].

Таким чином, у межах наукового розвитку ландшафтно́ї екології актуальним є вивчення антропогенно-змінених ландшафтів. Для цього розглядається використання кількох методів оцінювання: *якісного*, зокрема експертного; *кількісного*, методів *класифікації*, *картографування* та ін. Одним із основних є *метод кількісного оцінювання антропогенної трансформованості ландшафтів*.

1.1 Загальні відомості з оцінювання екологічної оцінки змін стану природно-техногенних комплексів

Сфера сучасного впливу на навколишнє середовище настільки велика, що у наукових колах пропонується позначити поточний геологічний період як антропоцен нової технозойської ери.

Антропогенна діяльність призводить до процесів, які значно змінюють ландшафт і навіть перевершують за ефективністю природні екзогенні процеси [2]–[3]. Ця діяльність пов'язана з економічною доцільністю, як наприклад розробка кар'єрів, видобуток викопного палива, розвиток міст, пристосування ландшафту для сільського господарства, будівництво великих дамб, які забезпечують запаси води для промисловості та міст тощо. Наслідки таких технічних втручань призводять до деградації ландшафту та природоохоронних територій. У деяких випадках ландшафт стає повністю реконструйований і немає жодних доказів минулих форм рельєфу [3]–[4]. У результаті фіксують процеси, яких зазвичай не було б у певних місцях, наприклад, зсуви та просідання западин.

Розширення міст, зумовлене зростанням населення та економічним розвитком, вимагає стратегічної політики урбанізації, включаючи

зелену інфраструктуру та багатофункціональне зонування. Адаптивне управління водними ресурсами є обов'язковим для уникнення виснаження підземних вод і погіршення якості поверхневих вод. Для цього необхідно задіяти засоби покращення практики зрошення та технологічної інтеграції. Ініціативи зі збереження біорізноманіття, особливо в критичних середовищах існування, таких як прибережні зони та водно-болотні угіддя, є життєво важливими для протидії екологічній деградації.

Антропогенна форма рельєфу створюється діяльністю людини, зокрема будівництвом, земляними роботами, гідрологічним впливом і землеробством. Антропогенні форми рельєфу класифікують за характером їх впливу: *прямий* або *опосередкований*, *навмисний* або *ненавмисний* (первинні антропогенні форми рельєфу та вторинні антропогенні форми рельєфу). Більш придатною є класифікація форм рельєфу за типом походження для розв'язку задач ландшафтного менеджменту.

На урбанізованих територіях відзначається антропогенне перетворення рельєфу, тут велика кількість антропогенних форм рельєфу. Ці форми рельєфу розглядають як компонент «міської геоспадщини» та включають в поняття «геоморфологічна спадщина» або «геокультурна спадщина», використовуючи такі приклади, як Петра (Йорданія) або Каппадокія (Туреччина). Названі місця не є природними, але вони мають сильні зв'язки з геологічними та геоморфологічними аспектами. Отже, геоморфологічна спадщина визначається як сукупність форм рельєфу, які включають не лише геоморфологічні об'єкти *sensu stricto*, а й культурні (техногенні) компоненти, цінність яких визначається геоморфологічними умовами. У цьому контексті антропогенні форми рельєфу визначають як конкретні приклади геоморфозитів, тобто «геоморфологічні об'єкти» або ширші ландшафти [3].

За результатами техногенезу виникають антропогенні форми рельєфу – кар'єри, ями, вирізи комунікацій і підземні форми рельєфу, які виконують такі функції [3]:

- збільшення загальної ландшафтної різноманітності, що позитивно впливає на біорізноманіття, особливо не використовувані кар'єри та затоплені котловани;
- інформування про ландшафтні зміни та модифікації, зроблені в минулому, що є важливим ресурсом для розуміння культурного та технічного рівня суспільства;
- підтримка надання послуг екосистеми;

- оцінка зв'язку з абіотичною природою георізноманіття як елементу історичної екології;

- спостереження стратиграфічних, тектонічних, палеопедологічних та інших особливостей знань про Землю для застосування в природоохоронній діяльності;

- використання ресурсів георізноманіття для розвитку сталих форм туризму або геотуризму на основі технічних аспектів як гірничий і промисловий туризм;

- застосування змінених форм рельєфу як можливість розвитку біологічних видів, чутливих до фрагментації ландшафту;

- інтерпретація специфічних антропогенних форм рельєфу як рівень міського розвитку та міських ландшафтів.

Змінність ландшафтів (антропогенізація) внаслідок впливу людини оцінюється ступенем деградації (перетворення) природних ландшафтів, яка залежить від величини порушення їх окремих компонентів (В.Б.Сочава, 1978 та ін.). У кількісних показниках оцінка стану сучасних ландшафтів території всієї України надається як розрахований відсоток площі природних елементів – лісів, боліт, лугів, заплав, плавнів та ін. у загальній площі ландшафтів кожного виду [2].

Дослідження антропогенної трансформованості ландшафтів та оцінки рівня їх змін визначається як *«діагноз для прогнозу»*.

На практиці мають значення роботи з оцінювання існуючого та потенційного впливу техногенних об'єктів на стан ландшафтів. Ці дослідження проводилися О.В. Дончовою (1978, 1996), К.М. Дияконовим (1978), Т.В. Дзвінковим (1987), Л.І.Мухіною (1973) і мають розвиток.

Ландшафти, що знаходяться у зонах впливу техногенних об'єктів, розглядаються з позицій прогнозного просторово-часового оцінювання їхньої антропогенної трансформованості [2]. У цьому напрямку досліджень впливу техногенних об'єктів на навколишнє природне середовище розвивається тематика оцінювання екологічних ризиків.

У ландшафтознавстві при визначенні економічних збитків внаслідок техногенних навантажень на ландшафти використовують інтегральні показники, які враховують комплекс факторів впливу і дають можливість отримати результуючі негативні наслідки для ландшафту в загальному уявленні (Б.І. Кочуров, 1987; П.Г. Шищенко, 1999; В.В. Воробйов, Л.М. Коритний, 1986). Прикладом використання такого підходу з прикладних геоекологічних, еколого-економічних оцінок негативних наслідків госпо-

дарської діяльності у ландшафтах є розробка інтегральних показників гео-екологічної оцінки територій у зонах впливу атомних електростанцій, алгоритмів, критеріїв оцінки екологічного стану агроландшафтів [2].

Аналіз *антропогенної трансформованості ландшафтів* є необхідним для встановлення їх *стійкості* (М.Д.Гродзинский, 1995 та ін.), *екологічної ємності* (Н.Ф. Реймерс, 1991; В.В. Снакін, 2001 та ін.), ряду інших комплексних характеристик, що визначають *якість сучасних ландшафтів як середовища життя (проживання) людини*.

Спрямованість таких досліджень – **«прогноз для планування»**, формулювання стратегії та тактики природокористування [2].

Існує багато різних методів оцінки впливу на навколишнє середовище, але немає єдиного обґрунтованого загальнонаукового підходу.

На початку оцінювання формується вихідна інформація щодо становлення екологічного стану деградованих ландшафтів, що спирається на працездатний методичний підхід збору даних. За літературними джерелами необхідно врахувати комплексно всі особливості ландшафтної мозаїки на дослідній території для отримання об'єктивної оцінки [4].

Основні місця дослідження повинні відзначати поперечний переріз міських, приміських і сільських територій, забезпечуючи комплексний аналіз антропогенного впливу на ландшафти. Збір даних рекомендовано проводити за допомогою багатогранного підходу. До уваги беруться супутникові зображення за кілька десятиліть, отримані з датчиків Landsat для проведення часового аналізу змін земного покриття. Для підтвердження та доповнення даних дистанційного зондування використовують результати польових досліджень. Місця відбору проб визначаються системно, охоплюючи різні типи землекористування, такі як сільськогосподарські поля, міські території та природні екосистеми [4].

З метою відділення та вивчення складного зв'язку між антропогенною діяльністю та соціально-економічними факторами аналізується наявна інформація про методи ведення сільського господарства, моделі використання води та соціально-економічні чинники, що впливають на зміни землекористування. Ці якісні дані додають важливий вимір кількісному аналізу щодо встановлення впливу людського фактору на трансформації ландшафту [4]–[9]. Супутникові зображення, що охоплюють різні часові роздільності, піддаються ретельному аналізу за допомогою інструментів Географічної інформаційної системи (ГІС). На основі отриманих результатів проводиться класифікація земельного покриття, що важливо

для оцінки зміни рослинності, урбанізації і водних систем у часі. Виявлення гарячих точок антропогенного впливу та кількісної оцінки змін ґрунтового покриву проводиться завдяки просторовому аналізу [10].

Для проведення оцінювання екологічного стану об'єкта оперують кількісними показниками фізичних величин або характеристиками умовних одиниць оцінювання – бали, ранги тощо. Бальні шкали та оцінки засновані на розумінні бала як результату проведеного ранжування явищ, кількісної класифікації, поділу ряду явищ, що безперервно посилюються або послаблюються, на кілька груп.

Прикладом використання оцінювання екологічного стану техногенно-навантажених територій є **шкала оцінки рівня антропогенної перетворюваності території** за наявністю таких антропогенних факторів впливу на природні ландшафти, як *сміттєзвалища та несанкціоновані звалища різного розміру, рекреаційний тиск, ґрунтові та асфальтовані дороги, садові громади, житлові масиви (житлова забудова), штучні форми рельєфу, промислові об'єкти, парки, сільськогосподарські угіддя тощо*. Запропонована шкала дозволяє ранжувати ступінь антропогенного тиску за 5-ма рівнями (табл. 1.1) [7].

Таблиця 1.1 – Шкала ступеня антропогенного впливу на територію

Рівень	Критерії	Бал
Слабкий	Майже повна відсутність слідів діяльності людини – дещо змінені ландшафти; відсутність сміттєзвалищ, асфальтового або бетонного покриття, будівель. Віддаленість від основних місць проживання людей і промислових підприємств.	1
Помірний	Можлива незначна кількість сміття, ґрунтових доріг, невелика територія для використання в рекреаційних цілях і для випасу худоби.	2
Середній	Наявність невеликих незаконних сміттєзвалищ, розташованих біля трас обласного значення, садових громад. Наявні території випасу худоби.	3
Сильний	Наявність великих звалищ, житлових масивів, федеральних трас, розташованих в центрі міст, що призводить до загазованості території.	4
Дуже міцний	Розташування території в безпосередній близькості від об'єктів промислової діяльності людини. Міські смітники.	5

При використанні цієї методики кількісного оцінювання змінності ландшафтів дослідних територій необхідно дотримуватися наступних правил визначення балів для ландшафтних територіальних структур (ЛТС). **Слабкий рівень антропогенної трансформації** (1 бал) характеризується майже повною відсутністю слідів діяльності людини. Ландшафти трохи змінені, немає сміття та звалищ, а також асфальтового чи бетонного покриття, а також будь-яких будівель. Це важкодоступні місця в передмістях або на околицях міст, що робить їх непридатними для господарсько-рекреаційних цілей – *схили великих стародавніх річкових терас, заболочені й часто затоплювані ділянки річкових заплав, острови, ліси чи віддалені від міста луки* (стеги) та *занедбані сільськогосподарські поля*.

Помірний рівень антропогенної трансформації (2 бали) характеризується наявністю незначної кількості сміття та ґрунтових доріг. Територія може бути використана в рекреаційних цілях і для випасу худоби. Це відносно доступні для людини місця у приміській зоні чи на околицях міста – *береги річок, ділянки лісів і лук, мало уражені діяльністю людини*.

Середній рівень антропогенної трансформації (3 бали) свідчить про наявність сміття та невеликих незаконних звалищ. Такі території розташовані поблизу автомобільних доріг обласного значення, садових громад (часто самі сади мають середній рівень антропогенної трансформації) та житлових масивів малоповерхової забудови. Наявність випасу худоби. Територіально це приміські зони, на околицях міста (малоповерхова забудова, пустирі), території в межах міста, що не використовуються для господарської діяльності.

Сильний рівень антропогенної трансформації (4 бали) передбачає наявність великої кількості сміття та незаконних звалищ, федеральних трас і місцевих доріг, житлових районів з багатоповерховою забудовою, піщано-глинистих кар'єрів тощо. До цього рівня відносяться парки на території центральної частини міста, де вихлопні гази двигунів внутрішнього згоряння призводять до сильного забруднення атмосфери та поверхневого шару ґрунту. Значним є і шумове забруднення.

Дуже сильний рівень антропогенної трансформації (5 балів) характеризується значними антропогенними трансформаціями природних ландшафтів. Це місця, де ведеться відкритий (смуговий) видобуток корисних копалин або видобуток корисних копалин з надходженням отруйних речовин у навколишнє середовище, міські відвали, відвали гірничодобувної промисловості (відвали), промислові зони міст. Надзвичайно небез-

печними є міські звалища – спеціально відведені полігони для захоронення побутових і будівельних відходів, куди сміття завозиться з усіх кутків міста і не переробляється, отруюючи все навколо. На таких територіях відзначаються випадки загоряння сміття (забруднення повітря) і проникнення токсичних речовин у ґрунт і підземні води (забруднення гідросфери та літосфери), особливо в період опадів. Сильний рівень антропогенного впливу відмічається в центрі великих міст, так як тут ландшафти значно змінені в порівнянні з природними, а рух транспорту та потоків людей високо інтенсивний призводить до забруднення, що дорівнює за обсягами та характеристиками впливу з промисловими викидами [7].

Для оцінки стану змінності антропогенних форм рельєфу використовується **експертний підхід** [3]. Для дослідження таких систем застосовується набір критеріїв, заснованих на методах, представлених Pereira та Pereira і Reynard et al. [11]. Оцінка призначається для антропогенних форм рельєфу та має незначні зміни – додаються такі доповнення [3]:

- критерій «розмаїття культурних цінностей»: антропогенні форми рельєфу мають відношення до культурних аспектів як створені діяльністю людини та стосуються використання природних ресурсів;

- критерій «освітня цінність»: освіта та навчання є важливим інструментом природоохоронної діяльності, маючи значення для сталих форм туризму, особливо геотуризму.

У випадку антропогенних форм рельєфу важко надати оцінку змінності через різноманітність типів походження форм рельєфу. Критерій «видимість» частково замінює «естетичну цінність». Розрізняють наукові «цінності» та «характеристики управління», освітній та туристичний «потенціал». При визначенні геоморфозиту¹ використовується термін соціальні/економічні цінності, до яких включають такі аспекти, як туризм, управління, освіта, збереження.

Загальна оцінка змінності ландшафту у результаті антропогенних факторів визначається сумою всіх значень взятих до уваги критеріїв. Кожному критерію у ході аналізу вхідної вербальної інформації присвоюється числове значення завдяки бальному оцінюванню. Характеристики оцінювання зі змістовним поясненням надані в таблиці 1.2 [3].

¹ **Геоморфозит**, або *об'єкт геоморфологічної спадщини*, – це форма рельєфу або сукупність форм рельєфу, які мають наукову, освітню, історико-культурну, естетичну чи соціально-економічну цінність. <https://en.wikipedia.org/wiki/Geomorphosite>

Таблиця 1.2 – Методика оцінки антропогенних форм рельєфу

Цінності	Критерії/Питання	Пропозиція чисельного оцінювання
Наукова цінність	Цілісність або поточний статус об'єкта: пов'язаний зі станом збереження основних елементів.	1 – збережений; 0,5 – збережений частково; 0 – пошкоджено.
	Різноманітність особливостей науки про Землю: низка різних елементів, що мають науковий інтерес	1 – 4 і більше різних ознак; 0,5 – 2–3 особливості; 0 – 1 функція.
	Рідкість: кількість подібних місць у досліджуваній області	1 – ділянка є унікальною в межах дослідної території; 0,5 – є 2–3 схожі місця; 0 – більше 3 схожих місць.
	Наукова обізнаність місця: наявність опублікованих наукових досліджень цих територій	1 – всесвітньо відоме місце; 0,5 – регіонально/національно відоме місце, декілька наукових праць; 0 – дослідження місця незначні
Виховне значення	Зразковість і репрезентативність: здатність сайту ілюструвати елементи або процеси науки про Землю, можливість для людей без геологічного досвіду зрозуміти елементи та процеси	1 – хороша зразковість і репрезентативність ознак; 0,5 – функції зрозумілі, але потрібне коротке пояснення; 0 – об'єкти нерозбірливі для непрофесіоналів; потрібне професійне пояснення.
	Наявність освітніх засобів: навчальних стежок або інформаційних щитів	1 – є навчальні стежки або інформаційні панелі з актуальною інформацією; 0,5 – навчальні заходи з обмеженою інформацією; 0 – освітні засоби відсутні.
Туристична цінність	Доступність	1 – доступ без проблем; 0,5 – обмежений доступ (наприклад, тільки з дозволу або зі спеціальним обладнанням); 0 – сайт недоступний для всіх (або доступ можливий на власний ризик).
	Безпека: умови високого або низького ризику для відвідувачів	1 – явна безпека; 0,5 – обмеження (наприклад, ризик зсувів); 0 – місця небезпечні.

Продовження таблиці 1.2

Цінності	Критерії/Питання	Пропозиція чисельного оцінювання
Туристична цінність	Туристична інфраструктура: умови для прийому туристів (проживання, харчування, туалети)	1 – туристична інфраструктура в пішій доступності; 0,5 – доступність обмеженої туристичної інфраструктури; 0 – немає туристичної інфраструктури.
	Точки огляду та видимість: умови для спостереження за всіма елементами на майданчику	1 – більше 3 різних точок зору; 0,5 – від 1 до 3 точок зору; 0 – немає точки огляду, видимість обмежена.
Додана цінність	Екологічний аспект: відповідність з екологічної або біологічної точки зору (наприклад, види/екосистеми, які існують тут завдяки наявності рельєфу/антропогенної діяльності)	1 – є екологічні особливості; 0 – без особливостей екології.
	Культурні аспекти: наприклад, історичний аспект – свідчення соціальних/економічних/промислових змін і розвитку; художній аспект – привертає увагу художників; архітектурний аспект – використання матеріалу з видобутку корисних копалин із гірничих форм рельєфу; наявність релігійних елементів на ділянці; геоміфологічний аспект – міфи про місце; технічні аспекти тощо	2 – від 5 і більше різних культурних аспектів; 1,5 – 4 різні культурні аспекти; 1 – є 3 різні культурні аспекти; 0,5 – 2 різні культурні аспекти; 0 – лише 1 культурний аспект.
Консерваційна цінність	Законодавча охорона: ділянка, оголошена пам'яткою природи чи заповідником, частиною великої ландшафтної території, що охороняється, місце охороняється як значний елемент ландшафту, культурна охорона тощо	1 – існує законодавча консервація; 0,5 – пропонується охорона або облік як важливого елементу ландшафту; 0 – немає правового захисту, пропозицій щодо збереження.

Кінець таблиці 1.2

Цінності	Критерії/Питання	Пропозиція чисельного оцінювання
Консерваційна цінність	Поточні загрози, які можуть призвести до руйнування об'єкта або його деградації або зникнення певних особливостей природних, наприклад, ріст рослинності, інвазивні види, зсуви, та антропогенних, наприклад, засипання звалищ, вандалізм, «оживлення», що може спричинити зникнення певних знань про Землю та пов'язаних з ними функцій	2 – немає загроз, ризиків чи небезпек; 1,5 – є загрози, але ризик низький або вже ним керують; 1 – є загрози із середнім або високим ризиком, але є певна концепція як ними керувати або як пом'якшити вплив; 0,5 – є загрози з високим ризиком, якими не керують і не усувають їх; 0 – місце знаходиться в небезпеці, є деякі процеси, які можуть призвести до спустошення.

На основі результатів встановлення оцінки антропогенної змінності ландшафтів визначають завдання для ландшафтного менеджменту:

- антропогенні форми рельєфу можуть досягти високої наукової цінності, включені до природної та культурної спадщини і, таким чином, бути збережені;
- встановлення правової охорони проблемних об'єктів, прийняття їх до стратегічного планування та розвитку міст;
- прийняття антропогенних форм рельєфу в межах міських територій як ресурс для навчання, визначення їх освітньої цінності;
- використання антропогенних форм рельєфу для туризму – альтернатива традиційним туристичним дестинаціям², туристичний ресурс;
- сприяння зв'язку антропогенних форм рельєфу з наявними природними і культурними особливостями, поглиблення значимості зв'язку між науковими та культурними цінностями з метою прийняття заходів щодо їх збереження.

² **Дестинація** (лат. *destino* – "призначення", "місцезнаходження") – це географічна територія, яка є привабливою для туристів завдяки наявності унікальних або специфічних туристсько-рекреаційних ресурсів та відповідної інфраструктури, доведених до споживачів у вигляді готового туристичного продукту з метою задоволення їх різноманітних потреб. <https://uk.wikipedia.org/wiki/%D0%94%D0%B5%D1%81%D1%82%D0%B8%D0%BD%D0%B0%D1%86%D1%96%D1%8F>

Результати антропогенної оцінки рельєфу є основою для цільового ландшафтного планування та аргументації збереження конкретних місць, що відносяться до нових важливих елементів ландшафту, нових охоронних пам'яток тощо. За визначеною оцінкою антропогенної змінності ландшафтів обґрунтовується включення природоохоронної, туристичної, освітньої діяльності в місцеву/регіональну ЛТС, планування землекористування та стратегії розвитку.

Антропогенна оцінка рельєфу дозволяє уникнути потенційних майбутніх конфліктів інтересів і навіть втрати цінних об'єктів [3].

Для збереження форм рельєфу, які мають наукову, освітню, історико-культурну, естетичну чи соціально-економічну цінність важливим і необхідним є інвентаризація та оцінка геоморфозитів на основі інтегрованого підходу, орієнтованого на територіальне управління та геоconservaцію.

Геоconservaції в контексті управління навколишнім середовищем і збереження геологічної спадщини визнається важливим питанням охорони природи. Геоморфозити є геомісцями з певною геоморфологічною природою. Для територіального управління, зосередженого на потенціалі використання об'єктів, важливо виділення ландшафтів, що мають наукові, освітні та геотуристичні види використання, умови просування та ризики деградації [12].

Існують десятки запропонованих методів для створення інвентаризації та виконання якісної і кількісної оцінки об'єктів. Тривають дискусії щодо того, як вибрати та надати оцінку об'єктам та надати керівні принципи управління.

Більшість методологічних пропозицій щодо створення кадастрів включають кількісний етап, що пропонується реалізувати як розробка шкали балів для *оцінки цінностей геомісць*.

Кількісна оцінка спрямована на зменшення суб'єктивності та допомагає менеджерам приймати рішення, особливо коли йдеться про десятки чи навіть сотні геотериторій. Кількісна оцінка здійснюється шляхом вибору критеріїв і присвоєння кожному з них балів [12].

Відомо, що геоморфозити мають три особливості по відношенню до інших категорій ландшафтів: поєднання просторових і часових масштабів, динамічний вимір і естетичний вимір. Ці особливості впливають на оцінку геоморфозитів, їх слід враховувати, щоб запобігти помилок і не-правильних оцінок результату.

Створення кадастрів за якісною та кількісною оцінкою геоморфозитів пов'язано з вирішенням методологічних питань. По-перше, для якісної оцінки методи повинні бути систематичними, багато з них не є прозорими щодо процедур і критеріїв, які використовуються для вибору та опису геоморфозитів – 70 % матеріалів таких досліджень не вказують критерії, які використовують для вибору геоморфозитів, а 44 % пов'язані з не стандартизованими методами, що ускладнює їх відтворення.

По-друге, кількісна оцінка не є чіткою, існує невизначеність щодо того, як і які критерії слід використовувати.

Одне із питань стосовно виміру антропогенності території полягає в виборі методу інвентаризації та оцінки геоморфозитів. Особлива увага приділяється комплексному оцінюванню різних цінностей та особливостей геоморфозитів у процедурах оцінки. Репрезентативні потенціали використання об'єктів оцінюють наукові, освітні та геотуристичні цінності та ризики погіршення. Для підтримки управління навколишнім середовищем, орієнтованого на геоконсервацію та стале використання геоморфозитів запропонована методологія, що починається з етапу попереднього відбору, який називається попереднім оцінюванням. Він базується на основних питаннях оцінювання і складається з таких кроків [12].

1. Визначення геоморфологічного контексту території. Для цього використовують геоморфологічні карти як основні інструменти для вибору геоморфозитів. Якщо вони відсутні на території, то перший крок засновується на інших матеріалах – продуктах дистанційного зондування, тематичних картах, бібліографічних і польових дослідженнях тощо.

2. Вибір ділянок у кожному контексті з урахуванням репрезентативності форм рельєфу. Повинно враховуватися просторові та часові критерії, щоб інвентаризація могла охоплювати як геоморфологічне різноманіття, так і морфогенетичні фази. Об'єкти обирають з огляду на їхню наукову значимість, на освітній і туристичний потенціал. Результатом цього кроку є створення попереднього списку місць.

3. Оцінка місць відповідно до параметрів і балів, наведених у таблиці 1.3. Щоб уникнути включення нерелевантних місць у наступні процедури (характеристика та кількісна оцінка), які забирають багато часу та вимагають багато зусиль, вибираються лише території з рекордами.

Оцінювач визначає мінімальний бал, враховуючи конкретні питання своєї роботи. Рекомендовано вибирати місця з високою рідкістю; території з низькими оцінками за додатковими параметрами та парамет-

рами використання й управління, але з високими значеннями за центральними параметрами, не слід виключати; і має бути принаймні одне місце, що надає кожен геоморфологічний контекст. Результатом цього етапу робіт є остаточний список місць, які включають до інвентаризації.

Таблиця 1.3 – Критерії та бали для попередньої оцінки місць

Критерії	Оцінки
Центральні параметри	
Репрезентативність	1 – низька
Цілісність	2 – середня
Рідкість	3 – висока
Наукові знання	4 – дуже високий
Додаткові параметри	0 – немає
Екологічна релевантність	1 – низька
Культурна відповідність	2 – середня
Естетична релевантність	3 – високий
Параметри використання та управління	
Доступність	
Безпека	1 – низька
Інфраструктура	2 – середня
Видимість	3 – висока

Використання описових карток для характеристики є ефективним способом стандартизації інформації. Пропонується описова картка, яка враховує питання загальної тенденції цього метода (табл. 1.4) [12].

Таблиця 1.4 – Характеристика геоморфозитів за оцінюванням

Ідентифікація	Ім'я. Розташування. Власність. Можливі обмеження використання
Геоморфологія	Тематична класифікація (прибережні, еолові, льодовикові, тектонічна та ін.) Просторова класифікація (рис. 5) Розмір/площа Висота Форми рельєфу: активні та неактивні (за наявності) Процеси: активний, неактивний або пасивний геоморфозит, що розвивається Морфогенез (морфогенетична історія)
Асоційовані інтереси	Пояснення кожного пов'язаного інтересу (велике георізнюманіття, інші галузі наук про Землю, екологія, культура тощо)

Кінець таблиці 1.4

Використання та управління	Доступ (з найближчого міста/села): громадський/ приватний транспорт; стежки; доступ до інвалідних візків (надає можливість існування різних специфічних точок зору) Безпека. Враховує тип відвідувачів, розмір груп і властивості сайту ризику Умови спостереження Інтерпретаційний потенціал і наявність інтерпретаційного матеріалу Інфраструктура на ділянці Регіональна туристична інфраструктура Цілісність і статус захисту Крихкість Природна та антропогенна вразливість
Кількісна оцінка	Графічне представлення результатів кількісної оцінки
Фотографії	
Список літератури	

Просторова класифікація пов'язана з просторовою складністю геоморфозиту відповідно до процесів і форм рельєфу, є важливою для створення векторної бази даних у ГІС, що не є обов'язковим, але рекомендується. Точки огляду не визначають як геоморфозити, а вважають місцем для візуалізації геоморфозитів або ландшафтів. **Геоморфозити** – це *геоморфологічні особливості*, що мають певні цінності, яких не мають точки огляду, оскільки вони повністю створені людиною (рис. 1.5).

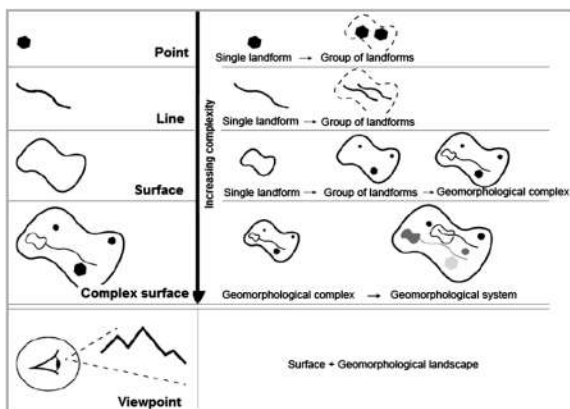


Рисунок 1.5 – Просторова класифікація геоморфозитів

Основними параметрами оцінювання обраних об'єктів (місць) є: репрезентативність, цілісність, рідкісність, георізноманіття, інтерпретаційний потенціал, наукові знання та умови спостереження. Палео-географічне значення вважаються частиною репрезентативності, оскільки форми рельєфу з палеогеографічною цінністю фактично є частиною історії Землі, і тому їх не потрібно оцінювати окремо [12].

Екологічні, культурні та естетичні цінності використовуються для оцінки наукової, освітньої та геотуристичної цінності, повинні бути надані як додаткові в кінцевих результатах.

Оскільки однакові параметри використовуються для оцінки різних цінностей геомісць, то є потреба ввести вагову схему для оцінки наукових, освітніх і геотуристичних цінностей, як показано в таблиці 1.5.

Вагові коефіцієнти застосовують, щоб підкреслити, що деякі параметри мають більшу важливість, ніж інші.

Таблиця 1.5 – Параметри оцінки наукової, освітньої та геотуристичної цінності територій з оцінкою зважування [12]

Характеристики	Наукове значення	Освітнє значення	Геотуристичне значення
Репрезентативність	30 %	20 %	10 %
Цілісність	20 %	10 %	15 %
Рідкість	15 %	10 %	10 %
Георізноманіття	5 %	5 %	5 %
Інтерпретаційний потенціал	0 %	15 %	15 %
Наукові знання	10 %	10 %	0 %
Умови спостереження	10 %	15 %	15 %
Екологічна/культурна цінність	10 %	10 %	10 %
Естетична цінність	0 %	5 %	20 %

Індикатори для оцінки основних параметрів геомісць відображені в таблиці 1.6, а додаткові показники в таблиці 1.7 [12].

Таблиця 1.6 – Критерії для оцінки основних параметрів геомісць

Характеристики	Кількісне зважене оцінювання
Репрезентативність	0,25 – місце являє собою форму або процес регіонального геоморфологічного контексту; 0,5 – ділянка є прикладом геоморфологічної одиниці процесу регіонального геоморфологічного контексту;

Кінець таблиці 1.6

Характеристики	Кількісне зважене оцінювання
	0,25 – форми та/або процеси значно змінені; 0,5 – форми та/або процеси суттєво змінені, але їх все ще можна чітко розпізнати та проаналізувати; 0,75 – місце відображає чіткий зв'язок між формами та процесами або місце має палеогеографічну релевантність; 1,0 – місце відображає чіткий зв'язок між формами та процесами, і місце має палеогеографічне значення.
Цілісність	0,75 – форми та/або процеси не пошкоджені, але істотно не змінені; 1,0 – форми та/або процеси не змінені.
Рідкість	0,25 – місце є поширеною формою/процесом у регіоні; 0,5 – ділянка є найкращим прикладом загальної форми/процесу в регіоні; 0,75 – є кілька прикладів форми/процесу, які надані місцем; 1,0 – ділянка є єдиним випадком такого типу на території дослідження.
Георізнаніття	0,25 – ділянка являє собою геоморфологічний комплекс. 0,5 – ділянка представляє геоморфологічну систему. 0,75 – місце має важливі елементи за межами геоморфології (інші аспекти георізнаніття); 1,0 – місце надає три або більше відповідних елементів за межами геоморфології (інших аспектів георізнаніття).
Наукові знання	0,25 – є науковий матеріал (монографії, реферати, нескладні доповіді тощо); 0,5 – територія використовувалася для розробки магістерських дисертацій або зараз використовується для розробки ще не опублікованих досліджень; 0,75 – є роботи про геоморфологічні особливості території, опубліковані в національних журналах або книгах національного значення, або місце використовувався для розробки докторських дисертацій; 1,0 – є роботи про геоморфологічні особливості ділянки, опубліковані в міжнародних журналах або книгах міжнародного значення.
Умови спостереження	,25 – спостереження за елементами дуже складне, залежно від конкретних умов; 0,5 – спостереження за елементами складне, але не залежить від конкретних умов; 0,75 – труднощі для спостереження за елементами мало; 1,0 – немає перешкод для спостереження за елементами.
Інтерпретаційний потенціал	0,25 – підходить лише для студентів геологічних наук; 0,5 – деякі базові геонаукові знання необхідні для інтерпретації місця (науковий рівень); 0,75 – підходить для молоді та дорослих; 1,0 – підходить для будь-якої групи, включаючи дітей.

Репрезентативність, цілісність і рідкість є трьома критеріями, які частіше використовуються для оцінки наукової цінності геомісць, тому їм надають 65 % від загальної важливості для наукової цінності. Ці критерії мають дещо нижчу релевантність для освітніх і геотуристичних цінностей, оскільки потенціал інтерпретації та умови спостереження вважаються більш важливими. Естетична цінність вважається важливою для геотуристичної цінності через привабливість естетичного виміру для громадськості в цілому. Наукові знання позначають поточне наукове використання місця, і вага показника становить 10 %. Георізноманіття розглядається як цікавою характеристикою, не є «обов'язковою», тому вага, яка надається цьому параметру, є низькою.

Таблиця 1.7 – Показники додаткових значень для оцінки - параметрів геомісць

Характеристики	Кількісне зважене оцінювання
Екологічна цінність	0,25: геоморфологічна одиниця, представлена геоморфозитом, має прямий зв'язок з деякими біотичними аспектами; 0,5: геоморфологічна одиниця, представлена геоморфозитом, має прямий зв'язок з деякими особливими біотичними аспектами (рідкісними, ендемічними, перебуває під загрозою зникнення тощо); 0,75: геомісце демонструє чітку залежність геоморфології від деяких біотичних аспектів; 1.0: ділянка представляє окремий випадок взаємозв'язку між геоморфологією та біорізноманіттям.
Культурна цінність	0,25: є елементи культурного значення, але не мають прямого відношення до геоморфологічної обстановки; 0,5: є елементи культурного значення, безпосередньо пов'язані з геоморфологічним середовищем, або місце має економічне значення; 0,75: ділянка зайнята/була зайнята або дуже актуальна для певної традиційної спільноти, або ділянка використовувалася для розробки геоморфологічної моделі; 1.0: основна геоморфологічна характеристика є антропоною, або представляє символ народу/регіону, або має велике значення для історії геоморфології.
Естетична цінність 1: умови візуалізації (AV1)	0,25: існують значні труднощі візуалізації сайту, неможливо побачити його в цілому; 0,5: є значні труднощі для візуалізації сайту, але його

Кінець таблиці 1.7

Характеристики	Кількісне зважене оцінювання
Естетична цінність 1: умови візуалізації (AV1)	можна побачити в повному обсязі; 0,75: місце можна оглянути без труднощів, але тільки з певних точок зору; 1.0: місце можна побачити без труднощів без необхідності переходу на певні точки зору.
Естетична цінність 2: збереження (AV2)	0,25: місце сильно змінене/деградоване; 0,5: ділянка частково змінена/деградувала; 0,75: місце зі змінами, але з невеликим впливом на його естетику; 1.0: ділянка у дуже хорошому стані збереження.
Естетична цінність 3: естетичний вимір (AV3)	0,25: низький – естетичний вимір не сприяє залученню відвідувачів; 0,5: середній – естетичний вимір може бути привабливим для конкретної аудиторії; 0,75: високий – естетичний вимір може значно сприяти залученню відвідувачів; 1.0: винятковий – геомісце уже широко визнане своїм естетичним виміром.
Естетична цінність	$(AV1 + AV2 + AV3)/3$

Для встановлення якості гідросистем на території пропонується скористатися *мелодикою встановлення якості ґрунтових вод*. Вода є основою для досягнення всіх 17 цілей сталого розвитку (ЦСР). Поточні дослідження виконуються для оцінки та моделювання вразливості регіональних водоносних горизонтів до антропогенних збурень. Окрім солоності як основного показника якості води, забруднення ґрунтових вод забруднювачами викликає серйозне занепокоєння, оскільки надходження забруднюючих речовин через питну воду може призвести до хронічних і гострих ризиків для здоров'я.

Серед більш ніж п'ятдесяти доступних методів для визначення вразливості підземних вод стають все **більш популярними методи, засновані на індексах**, такі як DRASTIC (Aller та ін., 1987; Dawood та ін., 2022), SINTACS, EPIK та індекс вразливості водоносного горизонту (*aquifer vulnerability index* (AVI)). Вони можуть застосовуватися в різних сценаріях і потребують порівняно менше даних [13].

Індекс вразливості водоносного горизонту AVI, заснований на двох факторах: товщині шару осадів і гідравлічній провідності для кожного шару, є перспективним підходом. Використовуючи гідрогеологічні

та/або ґрунтові дані, за цим методом *призначаються рейтинги вразливості забруднення ґрунтових вод від низького до високого для різних частин суші*. При визначенні зон збереження підземних вод або виборі потенційних місць для землекористування підхід AVI є дуже корисним.

Для оцінки якості ґрунтових вод на території району дослідження приймається відповідна програма відбору проб ґрунтових вод. У поточному дослідженні необхідно враховувати особливості розташування свердловин, розкиданих по досліджуваному регіону, які закладаються для отримання даних щодо змін у стані підземних вод.

Комплексне відображення стану підземних вод надають за результатами хімічного аналізу/або інформації про моніторинг їх в наукових публікаціях, звітах тощо на базі аналітичних висновків відповідно до побудови діаграм Пайпера та Дурова з використанням пакету WQChartPy на Python (Yang et al., 2022), описової статистики та просторового розподілу змінних за допомогою пакета R gstat (Pebesma, 2004) у статистичному програмному забезпеченні R (версія 3.6.3).

Доступна інформація для області дослідження дозволяє використання AVI, який враховує два параметри. Перший – це товщина кожного осадового шару (D) над самим верхнім водоносним горизонтом, а другий – гідралічна провідність кожного шару (K). Таким чином, гідралічний опір (C) для шарів від 1 до i можна розрахувати за допомогою:

$$C = \sum_{i=1}^i \frac{D_i}{K_i}, \quad (1.1)$$

де C – гідралічний опір; D – товщина шару; K – гідралічна провідність шару [13].

За цією методикою оцінка стану гідроресурсів на основі отриманих інструментальних визначень хімічного складу відображає регіональний розподіл загального вмісту розчинених твердих речовин (total dissolved solids (TDS)) у тенденціях збільшення та зменшення TDS (рис. 1.6).

З метою виявлення закономірностей забруднення ґрунтових вод певними інгредієнтами досліджують кореляції між основними іонами та досліджуваними фізико-хімічними параметрами показано (рис. 1.7).

Для геохімічного групування підземних вод і для передбачення природи та походження типів води пропонується використати Python і WQChartPy (Yang et al., 2022) для створення діаграм Пайпера і Дурова.

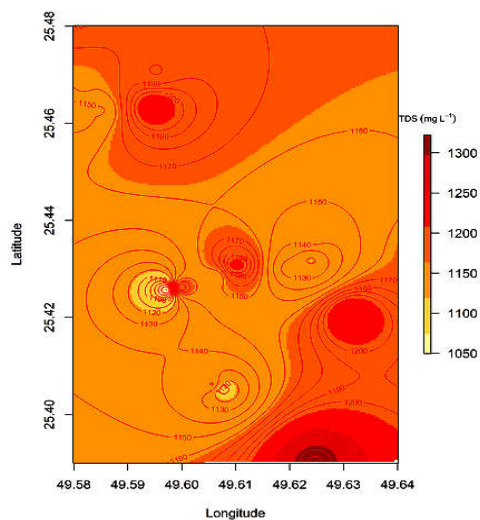


Рисунок 1.6 – Контурна карта TDS просторових змін ґрунтових вод

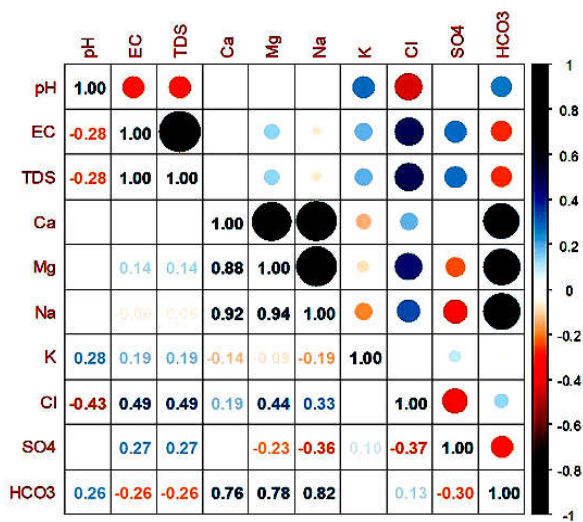


Рисунок 1.7 – Кореляційна матриця фізико-хімічних параметрів

За допомогою діаграм Пайпера (рис. 1.8) відображають іонний склад кількох проб води та різницю між дослідними зразками [13].

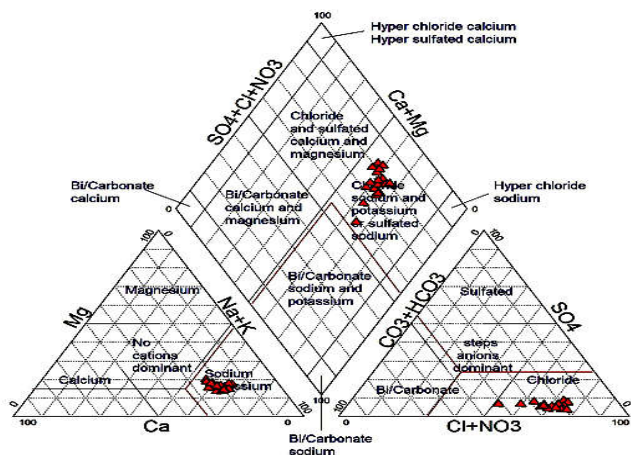


Рисунок 1.8 – Діаграма Пайпера для зразків підземних вод досліджуваної території

У катіонному трикутнику проби води розташовані в зоні домінування натрію, тоді як в аніонному трикутнику чітко видно переважання хлоридів. За діаграмою Дурова встановлюється рівень мінералізації води, співвідношення складових іонів. Так у прикладі мають перевагу води зі складом $\text{Na}^+ - \text{Ca}^{2+} - \text{Mg}^{2+} - \text{Cl}^-$ (78,94 % зразків), $\text{Na}^+ - \text{Mg}^{2+} - \text{Ca}^{2+} - \text{Cl}^-$ (10,5 %) і $\text{Na}^+ - \text{Ca}^{2+} - \text{Mg}^{2+} - \text{HCO}_3^-$, $\text{Na}^+ - \text{Ca}^{2+} - \text{Cl}^-$ (5,25 %) (рис. 1.9).

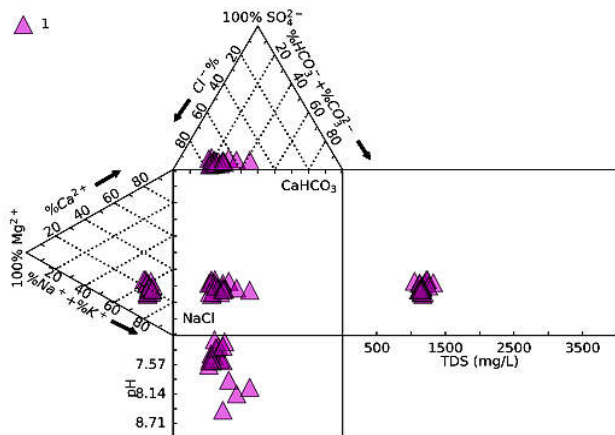


Рисунок 1.9 – Діаграма Дурова для проб підземних вод досліджуваної території

Таким чином, стратегії землекористування на місцевому рівні виконуються на рівні конкретних проектів, реалізація яких пов'язана з виникненням чи зміною просторових, структурно-функціональних характеристик природно-техногенних територій. Описані методи є засобом дослідження антропогенної трансформації навколишнього середовища, що дозволяють виявити просторову організацію, відносні показники екологічних трансформацій за різними видами землекористування в межах моніторингових територій. Водночас необхідно окремо звертати увагу на площу вододілу та набір гідрологічних показників, басейнові системи є більш чутливими до зовнішніх впливів.

1.2 Визначення рівня перетворюваності (трансформації) - природних систем навколишнього середовища

Популярною при дослідженні антропогенної трансформації навколишнього середовища є пропозиція визначати коефіцієнт антропоізації (K_a), за допомогою якого кожному типу землекористування на конкретній території присвоюється коефіцієнт деструктивного впливу [2]–[6].

Найменше значення «ваги» надається землі природно-заповідного фонду, а найбільший ваговий чинник присвоюють промисловим гірничодобувним комплексам, де перетворення суттєво впливають на геологічні та геоморфологічні компоненти середовища.

Коефіцієнт антропоізації визначається за формулою:

$$K_a = \frac{\sum r_i p_i q_i}{100}, \quad (1.2)$$

де K_a – коефіцієнт антропоізації; $\sum r_i p_i q_i$ – сума продуктивності співвідношення площ (у відсотках) конкретного типу землекористування, його вагової норми та діапазону в діапазоні послідовності економічних впливів (від 0 для природних заповідників до 10 для промислових земель) відповідно: r_i – ранг антропогенної перетворюваності ландшафтів i -м видом використання; p_i – площа рангу (%); q_i – індекс глибини перетворюваності ландшафту; за необхідністю врахувати n – кількість наділів в межах контуру ландшафтного регіону [6]:

$$K_a = \frac{\sum (r_i p_i q_i) \cdot n}{100}. \quad (1.3)$$

Територіальною одиницею для визначення K_a вважають природний комплекс певного ареалу. Пропонується наступний діапазон коефіцієнтів для визначення ступеня перетворення середовища: <3,80 – слаботрансформований; 3,81–5,30 – трансформований; 5,31–6,50 – помірно трансформований; 6,51–7,40 – сильно трансформований; > 7,41 – сильно трансформований.

Цей метод не є повністю оціночним, але є необхідною умовою оціночних досліджень трансформацій середовища та дозволяє надати візуалізацію просторового розташування антропоізації [6].

Врахування земель, суміжних і розташованих на певній відстані від регіону дослідження, є таким же важливим, як і їх розподіл у конкретній зоні визначення K_a . Конкретні території можуть залишатися відносно неосвоєними, але з огляду на природні надходження речовин, вони можуть підпадати під значний антропогенний вплив через господарську діяльність поза їх межами. Доповнивши співвідношення площ позиційними властивостями земель і типом їх «візерунку», надається детальне пояснення територіальної організації землекористування та відповідність її вимогам екологічної рівноваги.

Для прикладу розрахунку змінності ландшафтів території землекористування розглянуті дослідження Куп'янського району Харківської області (рис. 1.10) [6]. В межах зазначеного району відзначаються різноманітні сукупності природних і економічних складових геоситуації.

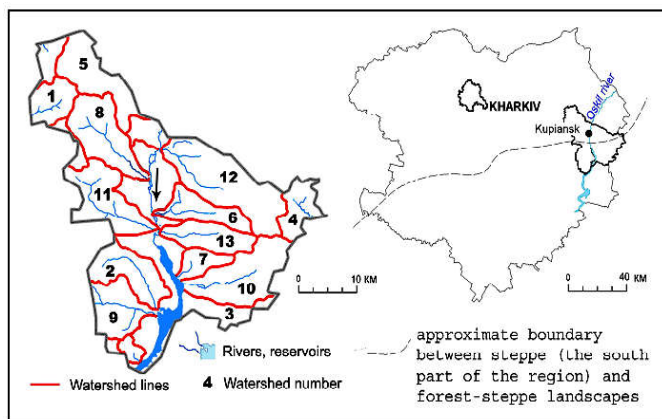


Рисунок 1.10 – Карта розташування та структури басейну Куп'янського району

Куп'янський район за фізико-географічним районуванням займає проміжне топологічне положення між Лівобережним лісостепом і степом, що пов'язаний з природними комплексами в долині р. Оскіл. Різноманіття природних ресурсів сприяло розширеній системі землекористування: розораності, спеціалізації сільського господарства, організації поселень, що потребує врахування цих особливих аспектів у системи оптимізації природокористування. Стан геолого-орografічних компонентів середовища визначається розташуванням району в долині р. Оскіл, розвитком яропо-дібних і зсувних процесів, ерозії покриву.

Для зазначених факторів сприяє виникненню природних комплексів низької продуктивності та природоємності, підвищує ерозійно-зсувну небезпеку, що є причиною небезпечного стану багатьох будівель та інженерних споруд, викликає соціальну напругу на місцевому рівні [6].

Для встановлення рівня змінності ландшафтів наданої території дослідження необхідно використати детальну карту антропогенних територіальних комплексів. У визначеному прикладі в рамках дослідження Оскольського екологічного коридору розглядається спрощена карта структури землекористування району (рис. 1.11) [6].

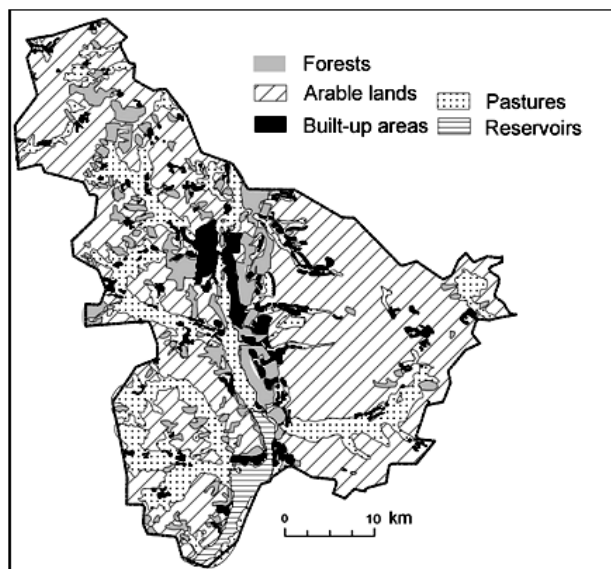


Рисунок 1.11 – Просторова конфігурація типів землекористування району

Особливістю цього району є зарегульований стік: значні території затоплюються водами озер-накопичувачів. Озеро-накопичувач суттєво змінює вихідний природний комплекс і йому в ході досліджень присвоюється високий коефіцієнт етапу трансформації середовища. У той же час цей об'єкт певною мірою сприяє зростанню середовище-утворюючих функцій території.

Антропогенну трансформацію навколишнього середовища відзначають за такою ознакою: *чим більше сучасний антропогенний територіальний комплекс відрізняється від початкового природного, тим масштабнішою є трансформація.*

До значно видозмінених відносять природні комплекси, компоненти яких зазнали кардинальних перетворень у частині більш інертних складових: ґрунтів, літогенної основи. Це стосується промислових зон і забудованих міських територій, де ландшафт суттєво змінений, а значні площі ґрунту замінені непроникними поверхнями [6].

Значно трансформованими позначають ділянки, на яких повністю змінюється ландшафт: наприклад, у разі затоплення території водами накопичувального озера суходіл перетворюється на водний ландшафт, або на лісові землі перетворюються у сільськогосподарські поля.

Антропогенна трансформація пов'язується і з освоєнням навколишнього середовища, а саме враховується складність використання природних ресурсів території. *Чим більше природних ресурсів залучається в господарство як спільно, так і окремо (у разі несумісних типів землекористування), тим більш освоєною вважається територія.*

Таким чином, під значенням «**антропізація**» розуміють *залежності антропогенних об'єктів від природи відповідно до ступеня кореляції між природним потоком речовини (енергії) і подібними потоками, змінними діяльністю людини, в антропогенно-трансформованій геосистемі.*

У багатьох дослідженнях при розгляді питань змінності природних ландшафтів відзначають культурний ландшафт таким чином:

- культурний ландшафт = антропогенний ландшафт;
- культурний ландшафт є типом антропогенного ландшафту.

Антропогенна трансформація навколишнього середовища є безперервно розподіленою характеристикою, тому її адекватно подають у формі поля (тобто сітки в ГІС), на відміну від розривного узагальненого надання в межах ландшафтних територіальних одиниць. При розрахунку співвідношення площ різних видів природокористування для деякого рай-

ону усереднення необхідно враховувати не тільки розподіл у ньому антропогенних угідь, а й розподіл природного фону, який було змінено.

У межах району усереднення можуть бути принаймні два варіанти поєднання природних і перетворених комплексів:

- 1) кілька природних територіальних комплексів з використанням одного виду землекористування;
- 2) один природний комплекс, поєднаний різними видами землекористування.

І в першому, і в другому варіантах формується певний результуючий полігон, що є наслідком просторової відмінності природних територіальних комплексів від антропогенних. Вагові коефіцієнти у формулі при необхідності коригують. У результаті вони будуть різними навіть для одного типу землекористування.

Таке коригування враховує підвищену чутливість або її відсутність окремого природного комплексу до певного виду землекористування. При малій різноманітності природних комплексів і типів землекористування на території району цей підхід ігнорують.

Для розрахунку коефіцієнтів на основі геообробки інформації про об'єкт дослідження виділяють всі полігони антропогенного територіального комплексу, що узгоджуються із заданими просторовими межами природних комплексів, з метою визначення коефіцієнтів конверсійного впливу типу землекористування в конкретному природному фоні.

Задані просторові межі природних комплексів використовують для розрахунку площ антропогенних територіальних комплексів. Згодом площі та коефіцієнти застосовують для створення безперервної моделі антропоізації дослідних територій.

При дослідженні трансформацій середовища доцільним є використання басейнового підходу, а не ландшафтних одиниць.

Поділ території за басейнвою структурою пов'язано з об'єктивним позначенням меж вододілів та функціонально-просторовою узгодженістю кожного з вододілів як частково відокремленої водовідвідної одиниці, об'єкта землекористування та переносу забруднень.

Зазвичай вододіли малих річок є цілісними, що дозволяє розглядати їх як оперативні територіальні одиниці дослідження екологічних трансформацій. Згідно з цією властивістю вододільних територій рекомендовано проводити розрахунок коефіцієнта антропоізації для однотипних

водозборів³ першого та другого рангу. Такі розрахунки проводяться за допомогою засобів регіональної статистики на основі даних поля значень K_a . Для прокладу надані результати дослідження для водозборів малих річок Куп'янського району (табл. 1.8).

Таблиця 1.8 – Коефіцієнт антропоізації для вододілів Куп'янського району

Номер вододілу	Коефіцієнт антропоізації			
	Max	Min	Median	Standard deviation
1.	4,420	7,516	6,815	0,530
2.	4,218	7,394	5,945	0,634
3.	6,863	8,425	7,383	0,232
4.	5,144	7,727	6,931	0,675
5.	4,960	7,545	6,893	0,730
6.	4,892	9,070	7,213	0,695
7.	4,817	8,005	7,434	0,443
8.	3,307	10,270	5,676	1,162
9.	3,775	8,468	5,848	0,561
10.	4,559	8,062	6,499	0,716
11.	3,691	7,845	5,711	0,601
12.	3,153	7,647	7,252	0,890
13.	4,286	8,820	7,321	0,626

У наданому для приклада Куп'янського району рівень модифікації вододілів є дуже диференційованим і відзначається більш значною анізотропією ближче до правобережної долини р. Оскол. Максимальні значення K_a більш характерні для лівобережних вододілів, що характеризуються промисловим розвитком території і значною часткою сільськогос-

³ **Водозбір** – ділянка суходолу та товща грунту й гірських порід, звідки природні води стікають у річкову систему, озеро та інші водні об'єкти. Розрізняють водозбори *поверхневі* та *підземні*. Поверхневі водозбори розмежовуються лініями вододілів. Основними елементами водозбору є: вододіл, водозбірна площа, схили, базис ерозії, елементи гідрографічної мережі тощо <https://uk.wikipedia.org/wiki/%D0%92%D0%BE%D0%B4%D0%BE%D0%B7%D0%B1%D1%96%D1%80>

За пропозицією Стралера найменший (елементарний) водотік, що *не має приток, називається водотоком I-го порядку*. Річка утворена злиттям *двох водотоків I-го рангу вважається річкою II-го порядку*. Остання може приймати безліч елементарних водотоків і змінює свій порядок на III-й лише у випадку її злиття з іншою річкою II-го порядку. Водотік III-го порядку відповідно може приймати необмежено число приток I-го і II-го порядків і підвищує свій ранг на одиницю лише після злиття з іншою річкою III-го порядку.

подарських угідь. Правобережні вододіли, які за сукупністю природних умов є менш зручними для господарського освоєння, характеризуються мінімальними значеннями K_a .

Отже, для оцінки перетворюваності ландшафтів України використовується методика П.Г. Шищенко (див. вираз (1.2)) як основний методичний прийом [14]. Відповідно до цієї методики, кожному з врахованих у всіх ландшафтних регіонах виду природокористування надається ранг антропогенного перетворення (r) – від 1 до 10.

Відповідно до збільшення ступеня перетворення ландшафтів, залучених у той чи інший вид природокористування, їм присвоюють такі ранги: ліси – 2, болота – 3, луки – 4, ріллі – 6, водні об'єкти (природні, а також водосховища, канали) – 7, забудова (міська та сільська) – 8.

Для обліку глибини антропогенного перетворення ландшафту та визначення «ваги» кожного з видів природокористування у сумарному перетворенні оцінюваних регіонів використовують *індекс глибини перетворення* (q), який встановлюється експертним шляхом. Величину p_i – площі рангу (%) пропонується визначати **завдяки програмі Plot Digitizer**.

Поділ на 100 використано для приведення отриманих значень цього коефіцієнта в розмірність від 1 до 10.

Отримані результати змінюються в межах $0 < K_{an} < 10$, де K_{an} – коефіцієнт антропогенного перетворення (див. табл. 1.8). Таким чином відзначають таку закономірність: *чим більша площа виду природокористування і вище індекс глибини перетворення ландшафтів, тим більшою мірою ландшафтний регіон перетворено на господарську діяльність* [2].

1.3 Використання програми Plot Digitizer для дослідження – фото матеріалів дослідних територій

Plot Digitizer – це проста у використанні програма Java, яка дозволяє оцифровувати точки даних зі сканованих графіків, масштабованих креслень або орфографічних фотографій. Програма включає функцію автоматичного оцифрування, яка автоматично оцифровує багато типів функціональних даних [15]. Програмний застосунок використовується в науковій і дослідній роботі, в освіті для практики (рис. 1.12).

Plot Digitizer – програмне забезпечення, розроблене Джозефом А. Хувальдом. Основною метою програми є отримання інформації з двовимірних графіків або графіків. Часто можна знайти інформацію у формі

графіка або графіка, що показує зв'язок між двома змінними. Однак ця інформація не буде корисною, доки дані не будуть перетворені на стандартні значення x-y (формат таблиці) [16].

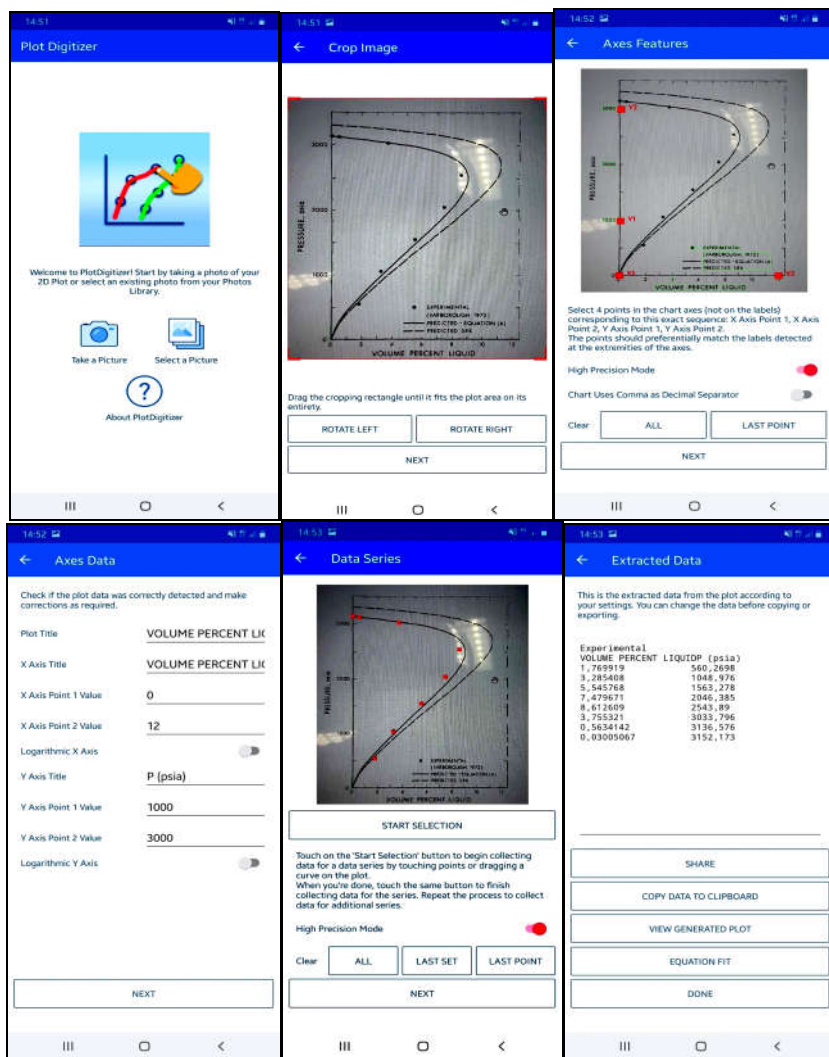


Рисунок 1.12 – Практичне застосування програми Plot Digitizer

Отримані в межах програми перетворення дозволяють використувати інформацію для *апроксимації функції, обчислення констант, підгонки моделі, статистичного та математичного аналізу, інтегрування та диференціювання, прогнозування, параметризації* тощо.

Інформацію можна використовувати для порівняння з власними даними та відображенні на новому, іншому та персоналізованому сюжеті.

Ця програма є чудовим інструментом для техніків і професіоналів, таких як науковці, інженери, архітектори, економісти, фінансові радники, дизайнери та багато інших.

Plot Digitizer дуже простий у використанні, користувачеві потрібно лише відкалібрувати програму, вибравши точки на графіку та вказавши їх координати. Після цього користувач може вибрати точки на графіку, і програма автоматично розрахує їх координати. Перетворені дані можна експортувати в різні формати. У програмі є інструменти для автоматизації вибору кривих, вставлення проміжних точок, незалежного повторного калібрування осі y , що полегшує перетворення графіків у дані.

PlotDigitizer пропонує *безкоштовну онлайн-програму*, яка має обмежені функції. Однак *безкоштовна онлайн-версія є достатньою для базових завдань і дуже проста у використанні*.

Спочатку завантажують зображення графіка в PlotDigitizer і вибирають тип графіка (2D точкові, стовпчасті, кругові, полярні та потрійні графіки доступні у безкоштовній версії). Відкалібровують вісь/осі (лінійну, логарифмічну, дату/час, доступні у безкоштовній версії), вибравши їхні кінцеві точки (зверніть увагу на $X1$, $X2$, $Y1$ і $Y2$) і ввівши їхні значення (0, 10, 0 і 20 відповідно). Позначають точки даних, клацаючи точки даних на графіку, що автоматично генерує їхні значення. Корисною функцією є вікно масштабування у верхньому правому куті. Копіюють в буфер обміну або екпортують ці дані в інші формати (csv, xls та інші).

Plot Digitizer було розроблено під Java і випущено під ліцензією GPL з відкритим кодом. Таким чином, програма мультиплатформна, безперебійно працює під Windows, MacOS і Linux [16].

1.3.1 Загальна характеристика програми Plot Digitizer

Програма для оцифровки Digitizer замінює планшет з оцифровою. Іноді необхідно отримати значення даних з графіків, наприклад у більшості наукових публікацій надаються лише графіки, але не публікуються значення даних. Digitizer дозволяє легко фактично отримати цифри з такої ділянки. Це триетапний процес:

- імпортувати або скопіювати графік із файлу в буфер обміну;
- визначити систему осей;
- оцифрувати його автоматично або вручну.

Значення даних можна зберегти у форматі CSV або скопіювати та вставити безпосередньо в будь-яку іншу програму, наприклад MS Excel або OriginLab Origin.

Основні функціональні можливості програми:

- 1) автоматичне оцифрування лінійних і точкових діаграм;
- 2) ручний режим оцифровки клацанням миші;
- 3) імпортування всіх поширених форматів файлів зображень, у т.ч. gif, png, tiff, jpeg, bmp;
- 4) вставка графіків через буфер обміну;
- 5) отримання скріншотів;
- 6) експортування даних як файл CSV або Excel або через буфер обміну, готовий до імпорту в багато інших програм (наприклад, Originlab Origin, Microsoft Excel);
- 7) обробка нахилених або спотворених графіків, осі не повинні бути ортогональними;
- 8) надані осі лінійна, логарифмічна, зворотна та осі дати, осі часу;
- 9) масштабування графіків, віддзеркалювання та обертання;
- 10) визначення кількох різних наборів даних;
- 11) сортування значень даних;
- 12) надання вичерпної онлайн-довідки [17].

Вилучення даних є важливим завданням у проведенні досліджень, особливо в систематичному огляді та мета-аналізі. Зазвичай дослідники надають свої дані у своїх публікаціях або у відповідних додатках. Деякі статті відображають графіки без жодних пов'язаних даних.

Багато статей, опублікованих давно, не мають електронної копії, а є у сканованому варіанті. У цих випадках вилучення даних із графіків є проблемною задачею.

При вимірюванні довжини стовпчиків на графіку деякі люди використовують ручний підхід і співвідношення для оцінки фактичних даних. Цей метод займає багато часу, особливо коли при обробці великого обсягу даних. Доцільним у такому випадку застосування програми Plot Digitizer для вилучення даних із графіків [18]. Завантажити Plot Digitizer можна на <http://plotdigitizer.sourceforge.net/>.

Це програмне забезпечення вимагає встановлення віртуальної машини Java, що завантажується з <https://java.com/en/download/>.

1. Відкрити зображення, як показано на рисунку 1.13 [18]:

Зображення має бути у форматі .jpeg або .bitmap. Відзначають на зображенні певні значення та масштаб. Ці величини використовують для оцінки точності програмного забезпечення (рис. 1.14).



Рисунок 1.13 – Відкриття програми Plot Digitizer

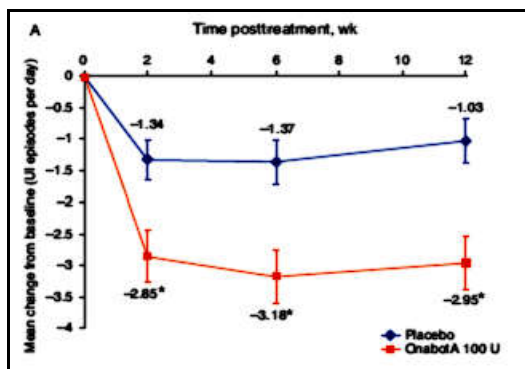


Рисунок 1.14 – Зображення рисунку для вилучення даних

2. Обрати тип графіка відповідно до того, чи розташовані осі x , y або обидві в логарифмічному масштабі чи ні (рис. 1.15) [18].

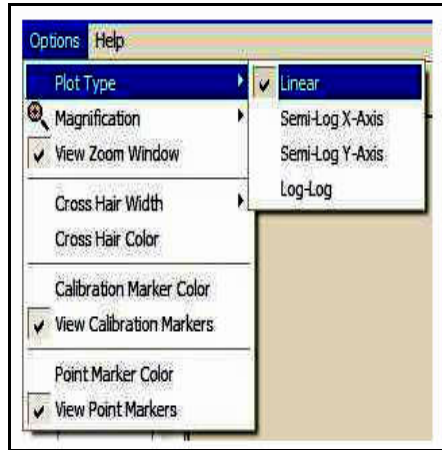


Рисунок 1.15 – Вибір типу графіка

3. Позначити три точки калібрування, значення x і y яких встановлені. Ці точки не повинні знаходитися на одній прямій. Для цієї операції відкрити вікно калібрування, як показано на рисунку 1.16.

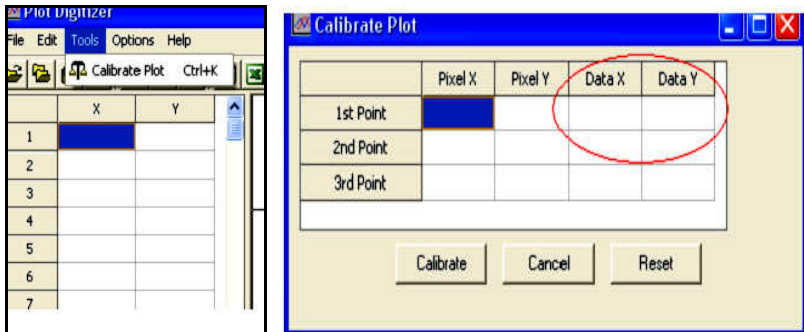


Рисунок 1.16 – Відкриття вікна калібрування

Вибрати першу точку для позначення. Є лупа, яка допомагає точно позначити точку. Клацнути лівою кнопкою миші на потрібну точку. Вибрати дві інші точки. Ці три точки калібрування позначено як C1, C2 і C3 на рисунку 1.17.

Для встановлених трьох точок вводяться їхні значення x і y , як показано на рисунку 1.18 [18].

Після проведених процедур натискають «відкалібрувати».

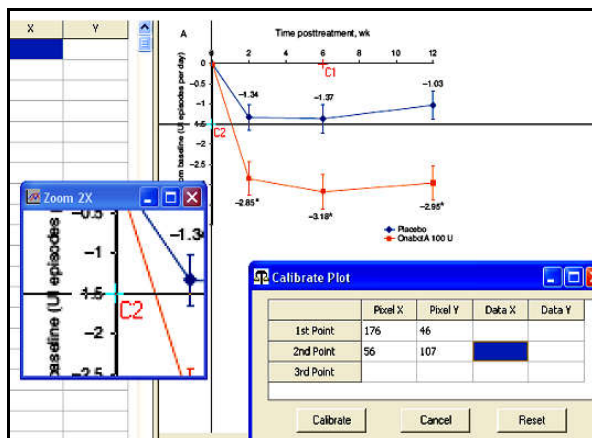


Рисунок 1.17 – Позначення точок калібрування

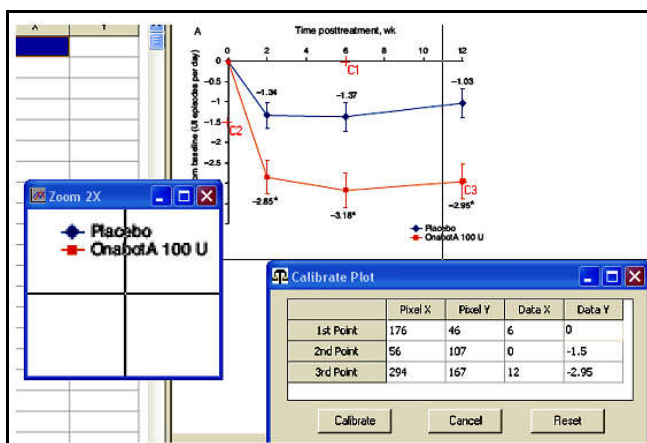


Рисунок 1.18 – Встановлення значень x і y для обраних точок

4. Позначити точки, значення яких треба знати. Для цього не обходно клацнути на них лівою кнопкою миші. Значення x і y цієї точки з'являться в лівій частині екрана. Якщо треба значення видалити, то клацають його правою кнопкою миші (рис. 1.19) [18].

У наведеному прикладі значення на графіку дорівнює $-1,37$, тоді як значення, яке отримано від Plot Digitizer, дорівнює $-1,36919$, що близько та становить величину відносного відхилення $0,059\%$ (рис. 1.20).

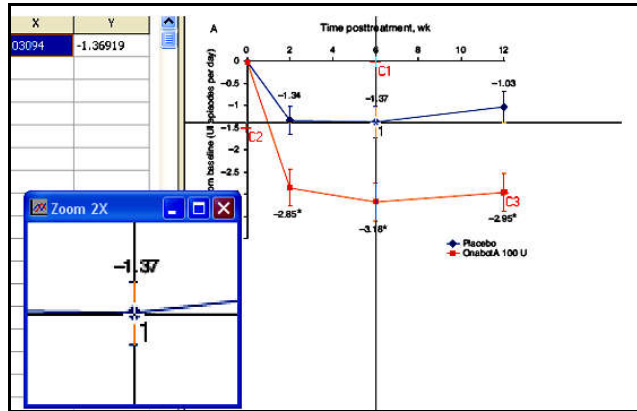


Рисунок 1.20 – Приклад встановлення значень точок

5. Для зручності проведення процедури розпізнавання значень можна змінити назви стовпців x і y на аркуші, натиснувши на кнопку, обведену червоним кольором, як показано на рисунку 1.21.

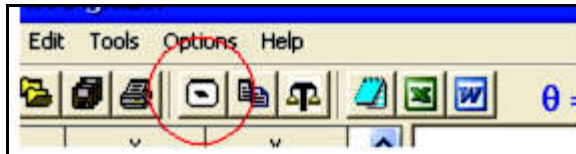


Рисунок 1.21 – Заміна назв для стовпців координат графіку калібрування

У вікні «Стовпці міток» вводять потрібні назви для осей x і y для аналізованої фігури (рис. 1.22). У наданому прикладі позначається X як «час після лікування», а Y як «епізоди інтерфейсу за день».

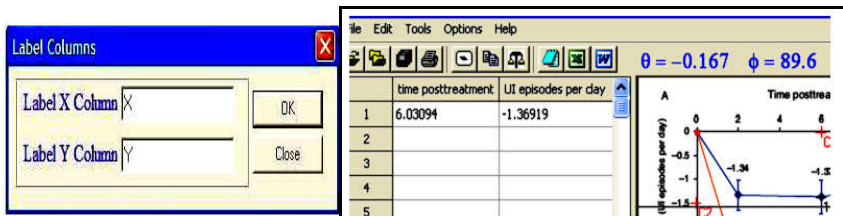


Рисунок 1.22 – Приклад реалізації заміни назв стовпчиків координат

6. Отримані результати роботи експортують у файл Microsoft Word, Excel або текстовий файл, як показано на рисунку 1.23 [18].

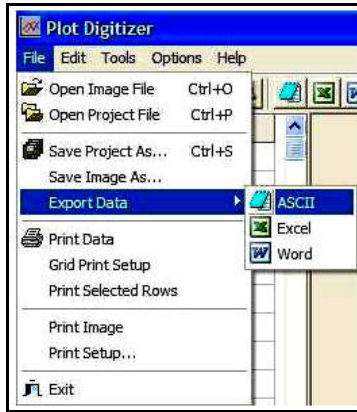


Рисунок 1.23 – Експорт отриманих даних в текстові документи

У ході роботи над оцифруванням графічних даних зберігають лише зображення чи загалом прогрес у будь-який час, вибравши «Зберегти проект як» [18].

Plot Digitizer надає такі корисні функції для користувачів, як зміна кольору точок калібрування та маркерів точок, підбір кольору та ширини перехрестя, вибір зміни розміру збільшення [19].

1.3.2 Інші можливості Plot Digitizer: визначення площі фігур графічної інтерпретації даних, територій

PlotDigitizer підтримує такі графіки: XY (XY , гістограма, розмір кроку), горизонтальна смуга, вертикальна смуга/стовпець, *пиріг/пончик*, *полярний*, *трикутний*, *карта з масштабом*, *відстань*, *кут і площа* [20].

Пиріг/пончик сильно відрізняється від інших. Дані візуалізації в циклічному форматі надається як шматок пирога. Кожен зріз відображає відсоток елемента. Для ручного отримання даних з кругової/пончикової діаграми, потрібні принаймні три маркери: O, P1 і P2.

«O» – початок; потрібно перетягнути букву «O» до початку діаграми «пиріг/пончик». Потім помістити «P1» на один кінець пирога, а «P2» на інший кінець того самого пирога. Після цього на панелі набору даних з'явиться відсоток сектору «P1P2».

При необхідності відображати значення даних у дробах, а не у відсотках, звертаються до панелі масштабу.

Продовжують позначати кінці інших секторів, їхні відповідні значення даних генеруватимуться на панелі набору даних.

За потребою переміщують будь-який маркер, відповідні значення оновлюються автоматично. Надається можливість згрупувати кілька маркерів і перемістити їх перетягуванням або видалити, клацнувши правою кнопкою миші.

Для кільцевих діаграм початок координат не вказано, тому спочатку потрібно вгадати маркер «О». Потім відрегулювати «О» після позначення всіх фрагментів, як показано на рисунку 1.24 [20].

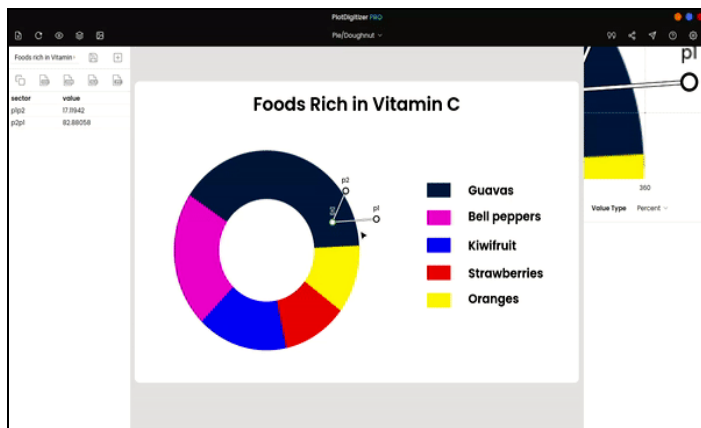


Рисунок 1.24 – Робота з цикл-графіками: вилучення даних з діаграми пончик

Полярна діаграма/ділянка використовує полярну систему координат замість декартової системи координат для відображення даних. При калібруванні полярного графа застосовують три маркери: O, R, і Θ .

“O” – початок координат, “R” – відомий радіус, а “ Θ ” – відомий кут. Маркер “O” перетягують до початку полярної діаграми, “R” на положення відомого радіуса та “ Θ ” на положення відомого кута.

Після перестановки маркерів вводяться значення R і Θ у поля вводу на панелі шкали.

Залежно від графіка вибирають кутовий напрямок: проти годинникової або годинникової стрілки.

Після калібрування діаграми вилучають дані, прискорюючи процедуру завдяки використанню алгоритмів автотрейсингу (рис. 1.25).

Потрійні діаграми зазвичай використовуються для надання композиції трьох різних елементів у двовимірному просторі. Рівносторонній трикутник частіше застосовують при необхідності відображення потрій-

ної системи, за допомогою Plot Digitizer отримують дані з будь-якого типу трикутника, включаючи рівносторонній.

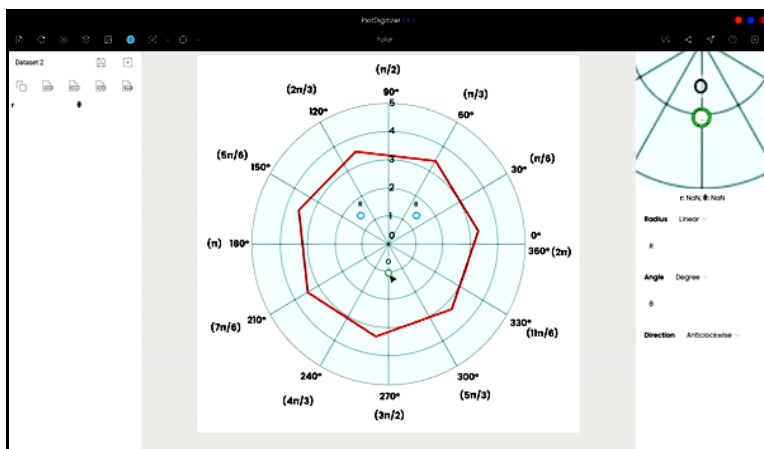


Рисунок 1.25 – Вилучення даних з полярного графа

Для калібрування трійкової діаграми, розміщують маркери (А, В і С) на трьох вершинах трикутника. Після цього приступають до вилучення даних з діаграми. Відсотковий склад А, В і С відображається на панелі набору даних (рис. 1.26) [20].

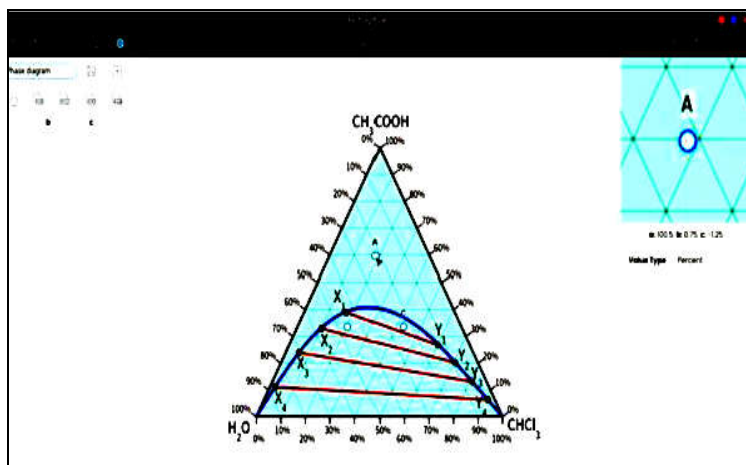


Рисунок 1.26 – Робота з потрійними діаграмами

За замовчуванням композиції у відсотках, при необхідності змінюють на дробі. Можна використовувати алгоритми автотрейсингу, щоб витягти точки та/або криві з діаграми.

Карта зі масштабом і відстанню: відстань між будь-якими двома точками обчислюють як при їх належності одній прямій, так і при наявності кількох прямих на їх шляху.

По-перше, обирають опорну відстань. Для цієї процедури використовують маркери “P1” і “P2” для позначення початкової та кінцевої позиції опорної лінії. Потім вводять значення “P1” і “P2” на панелі шкали. Наприклад, якщо контрольна відстань становить 40 одиниць, визначають “P1” як 0 і “P2” як 40.

По-друге, відзначають шлях. Відстань шляху відображається під панеллю масштабування. При роботі в будь-який час вибирають, переміщують або видаляють будь-які маркери [15]–[20].

Для кута є три маркери: O, P1 і P2. “O” є джерелом, тоді як “P1” і “P2” є кінцевими точками двох рукавів. Панель набору даних відображає два кути: P1P2 і його додатковий P2P1. При необхідності можна перемкнути одиницю вимірювання з градуса на радіан.

Площу обчислюють будь-якої області на зображенні, якщо відома контрольна відстань. Для розрахунку площі потрібно не менше трьох маркерів. Не потрібно закривати регіон; передбачається, що кінцевий маркер закінчується початковим маркером, охоплюючи форму.

Обчислена площа відображається під панеллю масштабування.

При роботі передбачено вибрати та перемістити або видалити будь-які маркери в будь-який час [15]–[20].

2 Завдання і вимоги до виконання роботи з визначення метрик оцінки ступеню антропогенної перетворюваності ландшафтів

2.1 Послідовність виконання роботи оцифрування карт - дослідних територій в програмі Plot Digitizer

Ця програма для Windows під назвою Plot Digitizer, останню версію якого можна завантажити як PlotDigitizer_2.6.9_Windows.zip. Програму можна запустити онлайн безкоштовно на хостинг-провайдері OnWorks для робочих станцій [15]–[20].

Завантажити та запустити онлайн програму під назвою Plot Digitizer з OnWorks безкоштовно. Дотримуватися таких інструктивних положень, щоб запустити цю програму:

1. Завантажте програму Plot Digitizer на свій комп'ютер.
2. Введіть у файлового менеджера <https://www.onworks.net/myfiles.php?username=XXXXX> з бажаним ім'ям користувача.
3. Завантажте цю програму в файловий менеджер.
4. Запустіть будь-який онлайн-емулятор OS OnWorks з цього сайту, але краще онлайн-емулятор Windows.
5. Перейдіть до файлового менеджера <https://www.onworks.net/myfiles.php?username=XXXXX> з бажаним ім'ям користувача у запущеній ОС Windows OnWorks.
6. Встановіть завантажену програму.
7. Завантажте *Wine* із репозиторіїв програмного забезпечення дистрибутива Linux. Після встановлення двічі треба клацнути програму, щоб запустити його за допомогою *Wine*. При необхідності можна спробувати PlayOnLinux, незвичайний інтерфейс поверх *Wine*, який допоможе встановити популярні програми для Windows.

Wine – це спосіб запустити програмне забезпечення Windows у Linux, але без Windows. *Wine* – це рівень сумісності з Windows із відкритим вихідним кодом, який може запускати програми Windows безпосередньо на будь-якому робочому столі Linux. *Wine* заново реалізує Windows з нуля, щоб можна було запускати всі Windows-програми, фактично не потребуючи Windows [15].

Процес оцифрування складається з дев'яти етапів:

1. Відкрити картинку або сфотографувати ділянку.
2. Обрізати картинку, щоб виділити сюжет.
3. Вирівняти ділянку, якщо потрібно.

4. Виконати тонке обрізання, якщо потрібно;
5. Встановити опорні точки осей X і Y за допомогою пальця або Apple Pencil
6. Налаштувати заголовки осей і опорні точки.
7. Оцифрувати ряд даних за допомогою пальця або Apple Pencil.
8. Позначити ряд даних.
9. Переглянути та експортувати оцифровані дані та визначену площу або визначитися з підігнаними рівняннями.

Наприкінці процесу скопіювати дані в буфер обміну, якщо потрібно поділитися з іншою програмою, переглянути цифровий графік або підігнати рівняння з оцифрованих даних.

2.2 Розрахунок площ об'єктів для розрахунку ступеню - антропогенної перетворюваності ландшафтів

Для прикладу застосування програмного застосунку Plot Digitizer при оцінці змінності за коефіцієнтом антропізації при визначенні площ складових ЛТС надані обчислення площ територій двох районів з різних областей України, що відрізняються складністю конфігурації границь – Калуський район Івано-Франківської області, Яворівський район Львівської області. У роботі використані дані Атласу адміністративно-територіального устрою України [21]

2.2.1 Приклад 1: Розрахунок площі Калуського району Івано-Франківської області

Вихідні дані до проєкту – знімок екрана з контуром Калуського району Івано-Франківської області, наданий атласом адміністративно-територіального устрою України, із зазначенням масштабу 20 кілометрів (рис. 2.1) [21].

Для підготовки даних щодо обчислення площі наданого району використано Plot Digitizer. Ця програма дозволяє зробити скановане зображення у форматі GIF, JPEG або PNG і швидко оцифрувати значення, натиснувши мишею точки досліджуваних даних.

Отримані результати X-Y зберігають в текстовий файл і використовують за потребою. Plot Digitizer працює як з лінійним, так і з логарифмічним масштабом осі. Цей програмний пакет обраний для оцифрування по границі району геоінформаційних даних. Для надання знімку карти зазначеного району використані дані Атласу адміністративно-територіального устрою України за 2021 рік (рис. 2.1) [21].

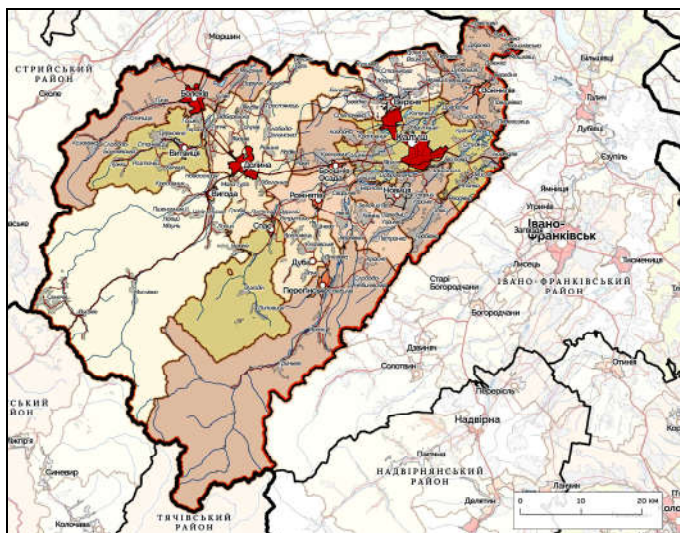


Рисунок 2.1 –Знімок програми «Знімок екрана» з контуром Калуського району Івано-Франківської області

Відповідно до обласного устрою вирізають територію дослідного району і відкривають в програмі Plot Digitizer (рис. 2.2).

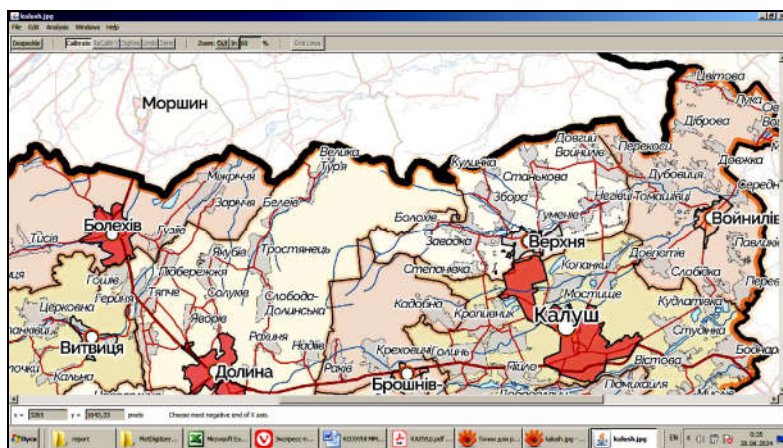


Рисунок 1.2 – Знімок з контуром Калуського району Івано-Франківської області у сервісі Plot Digitizer

Для оцифрування програма дозволяє відкалібрувати осі X та Y відповідно до масштабу. Для дослідної території району за картографічною інформацією масштабування складає 20 км (рис. 2.3).

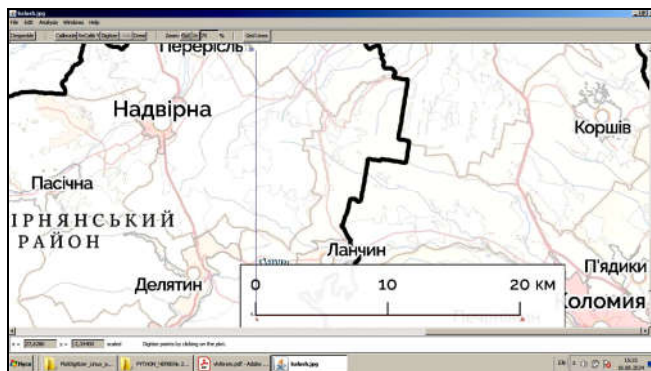


Рисунок 2.3 – Підготовка координатної сітки для оцифрування

У координатній системі враховують масштаб графічного об'єкта: командою Enter Number вводиться масштабна сітка для осі X і Y, як показано на рисунку 2.4.

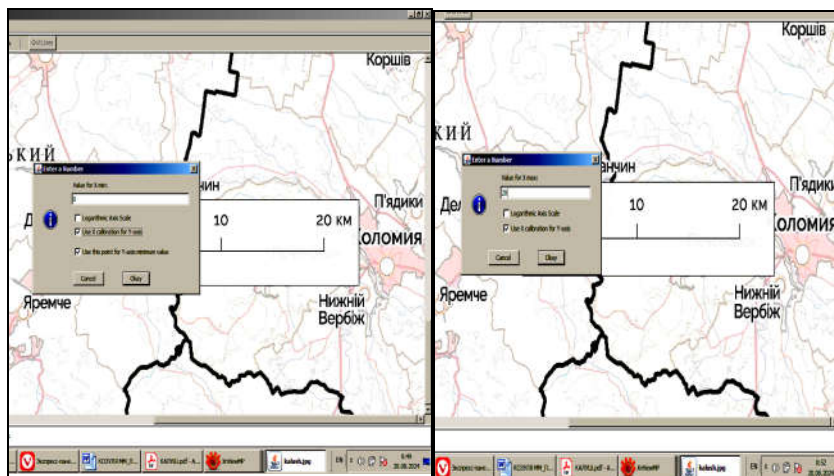
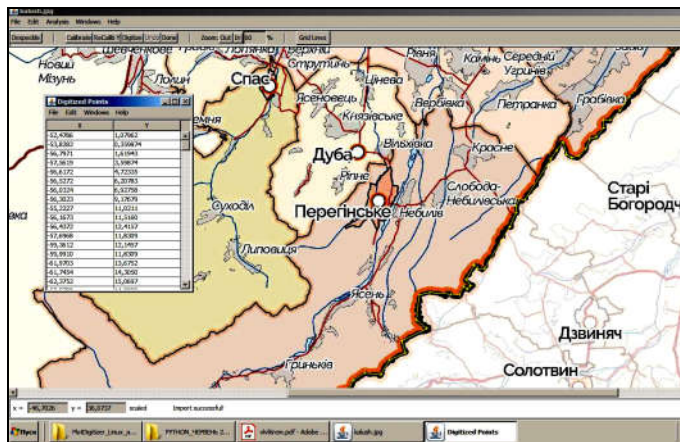


Рисунок 2.4 – Вибір системи координат відповідно до масштабу подання Калуського району Plot Digitizer

У результаті проходження по контуру району отримують таблицю вхідних даних для пошуку площі Калуського району (рис. 2.6).



57

У програмі Plot Digitizer є можливості зберегти отримані дані координат по контуру об'єкта у вигляді ексел файлу. При обході границі Калуського району отримано 227 точок (рис. 2.7).

	A	B	C	D
1	Y(X), created by Plot Digitizer, 2.6.8			
2	Date: 18.08.24, 14:59:08			
3				
4				
5	227			
6	X,Y			
7	-52.4786,1.07962,			
8	-53.8282,0.359874,			
9	-56.7971,1.61943,			
10	-57.5619,3.59874,			
11	-56.6172,4.72335,			
12	-56.5272,6.20783,			
13	-56.0324,6.92758,			
14	-56.3023,9.17679,			
15	-55.2227,11.0211,			
16	-56.1673,11.5160,			
17	-56.4372,12.4157,			
18	-57.6968,11.8309,			
19	-59.3612,12.1457,			
20	-59.9910,11.8309,			
21	-61.9703,13.6752,			
22	-61.7454,14.3050,			
23	-62.3752,15.0697,			
24	-62.8700,14.8898,			
25	-64.7143,16.8691,			
26	-64.3995,17.6338,			
27	-64.8043,18.3986,			
28	-64.7143,19.2083,			
29	-64.1745,19.3432,			
30	-63.8147,21.1426,			
31	-64.0846,22.1772,			
32	-67.4584,23.1219,			
33	-68.2681,22.3572,			

Рисунок 2.7 – Дані оцифрування площі Калуського району при обходженні границі території (див. рис. 2.6) в Plot Digitizer

Таким чином, завдяки програмі Plot Digitizer отримані початкові дані для використання інтервальних методів обчислення площини заданого графічного об'єкта, оброки картографічної інформації.

При виконанні роботи можна використано можливості програми Plot Digitizer для обчислення площі фігур різної складності методом інтегрування. Так для Калуського району Івано-Франківської області за отриманими даними оцифрування контуру безпосередньо у програмі розрахована площа його території, що відображено на рисунку 2.8.

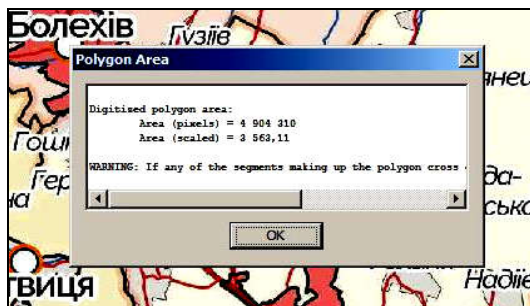


Рисунок 2.8 – Результати обчислення площі Калуського району в Plot Digitizer

Обчислена площа відрізняється від фактичного значення обсягу території Калуського району на **0,00341**, тобто на **0,341 %**.

Помилку можна зменшити за рахунок зменшення кроку обходження границі при оцифруванні картографічного знімку району або за рахунок більш вдалого обходження контуру границі району (рис. 2.9).

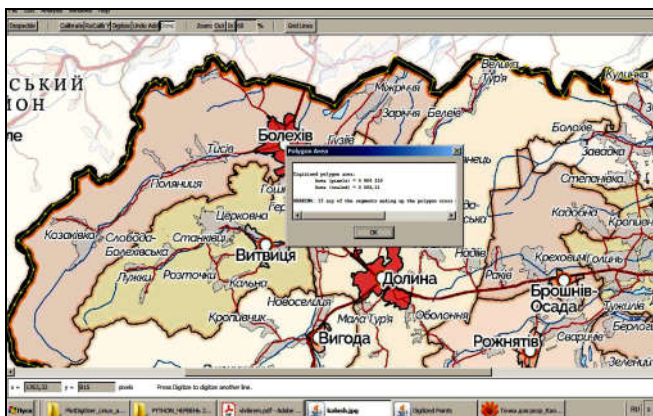


Рисунок 2.9 – Обходження контуру границі району і визначення площі території Калуського району Івано-Франківської області

2.2.2 Приклад 2: Розрахунок площі Яворівського району Львівської області України

Вихідні дані до проекту – знімок екрана з контуром Яворівського району Львівської області, зроблений з атласу адміністративно-територіального устрою України [21]. На відміну від контуру границь Калуського району межі території Яворівського району мають більшу кількість вигинів на півдні і здебільше визначені криволінійністю ділянок. Територія району відображена в масштабі 10 кілометрів (рис. 2.10).

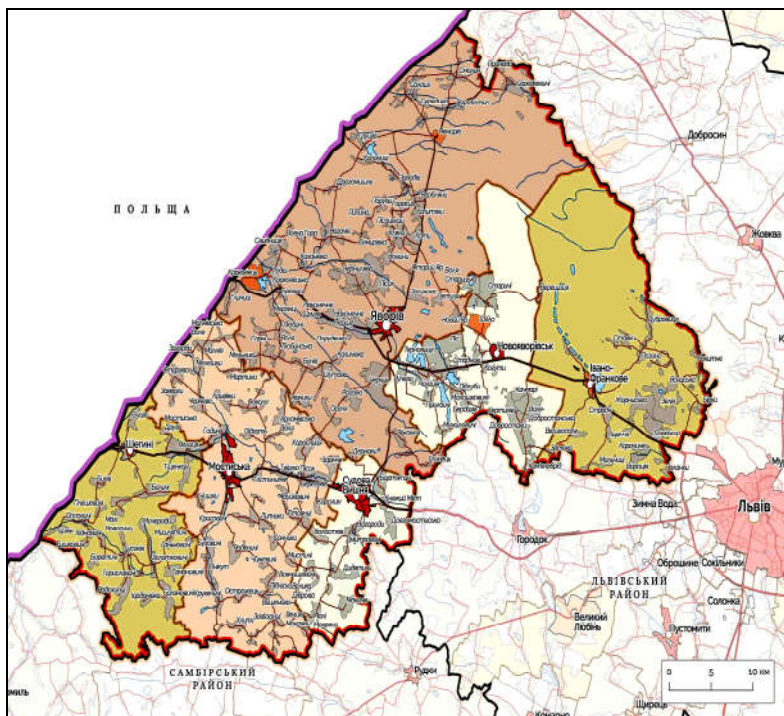


Рисунок 2.10 – Знімок карти Львівської області з контуром Яворівського району

Для підготовки даних щодо обчислення площі наданого району використано Plot Digitizer (рис. 2.11) [15]–[20].

Оцифрування контуру по границі району проводиться відповідно до калібрування осі X та Y за масштабом 10 км, наданим безпосередньо на карті, як показано на рисунку 2.12.

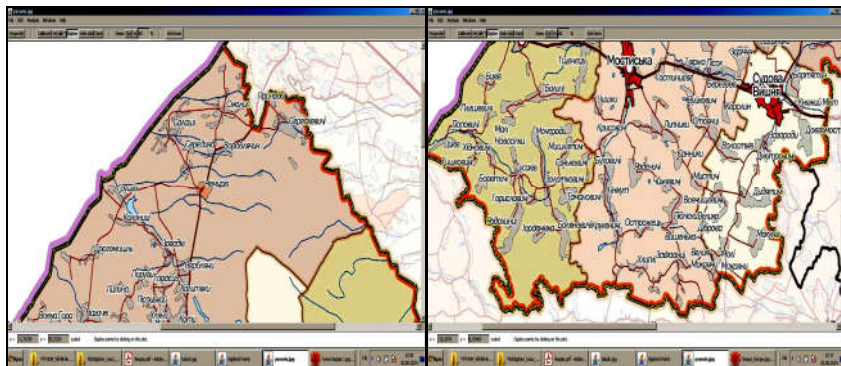


Рисунок 2.11 – Знімок з контуром Яворівського району у сервісі Plot Digitizer

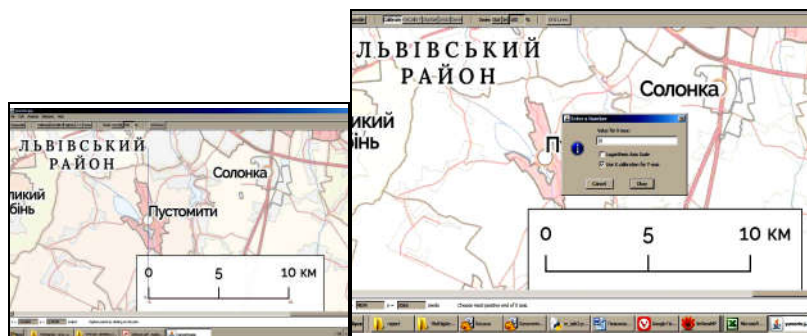


Рисунок 2.12 – Вибір системи координат відповідно до масштабу карти Яворівського району Plot Digitizer

Перевагою програми для виконання роботи є те, що можна вставити точки між двома вже оцифрованими точками, клацнувши правою кнопкою миші на необхідне місце, та вибрати у спливаючому меню «Вставити». Аналогічно є можливість видалити точки, клацнувши правою кнопкою миші по точках, і використати функцію «Видалити». Така функціональність зручна для корегування вибору проміжку на контурі обходу границі при оцифруванні, щоб всі граничні точки знаходилися на прямій пересування по контуру. Таким чином досягається висока точність обчислення площі методом інтегрування.

У результаті проходження по контуру району отримують таблицю вхідних даних для пошуку площі Яворівського району (рис. 2.13).

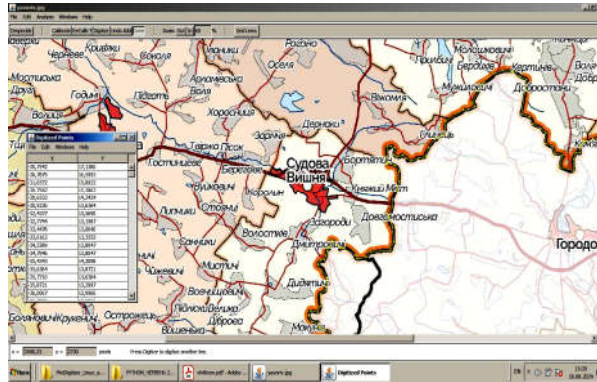


Рисунок 2. 13 – Визначення координат X та Y по контуру району в Plot Digitizer

При оцифруванні контуру границі території Яворівського району отримані координати для 340 точок. Програма Plot Digitizer дозволяє результати визначень зберегти у вигляді excel файлу (рис. 2.14).

Microsoft Excel - yavoriv_p.csv

Y(X), created by Plot Digitizer, 2.6.8
Date: 18.08.24, 15:19:54

	A	B	C	D
1	Y(X), created by Plot Digitizer, 2.6.8			
2	Date: 18.08.24, 15:19:54			
3				
4				
5		340		
6	X,Y			
7	-30.7542,17.1380,			
8	-30.7879,16.5993,			
9	-31.0572,15.8923,			
10	-30.7542,15.2862,			
11	-30.6532,14.2424,			
12	-30.9226,13.6364,			
13	-32.4377,13.5690,			
14	-32.7744,13.1987,			
15	-33.4478,13.0640,			
16	-33.6162,13.3333,			
17	-34.5589,13.8047,			
18	-34.7946,13.8047,			
19	-35.4343,14.3098,			
20	-35.6364,13.8721,			
21	-35.7710,13.6364,			
22	-35.8721,13.2997,			
23	-36.0067,12.9966,			
24	-36.3098,12.9966,			
25	-36.5118,12.6936,			
26	-35.8384,11.8182,			
27	-35.8721,10.9764,			
28	-36.3098,10.7071,			
29	-36.3098,9.89899,			
30	-36.5118,9.49495,			
31	-37.0505,9.59596,			
32	-37.2189,9.25926,			
33	-36.9878,8.82155,			

Готово

Рисунок 2.14 – Координати границі території Яворівського району (див. рис. 2.13)

Отже, перевагою використання програми Plot Digitizer для вирішення задачі оцінки змінності ландшафтів певних територій є можливість напівавтоматичного оцифрування ліній ділянки. Ця функція автоматичного оцифрування залежить від програми векторизації зображення під назвою "autotrace". Щоб скористатися функцією автоматичного оцифрування, необхідно встановити "autotrace". Більше інформації про "autotrace" можна знайти тут: <http://sourceforge.net/projects/autotrace/>.

У межах програми Plot Digitizer безпосередньо дозволяє розрахувати площу заданої території Яворівського району, скориставшись функцією Polygon Area (рис. 2.15).

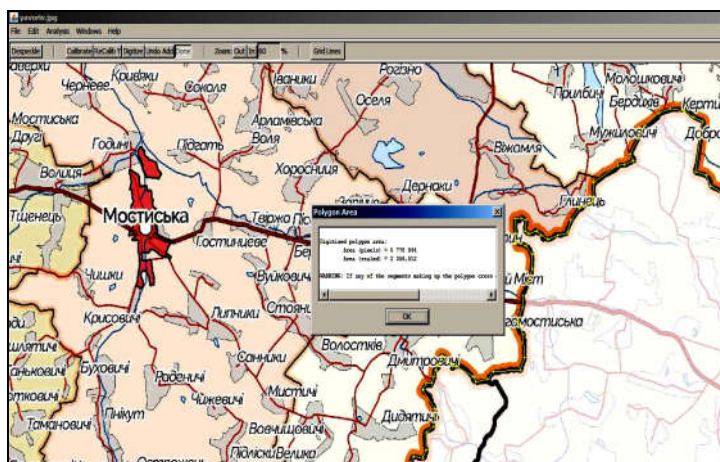
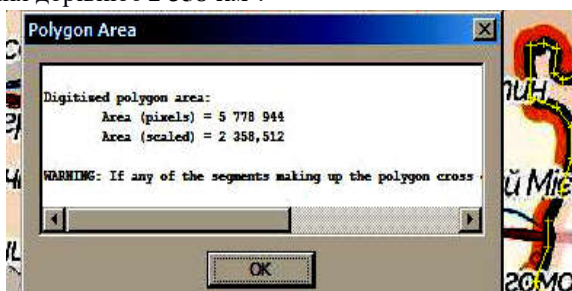
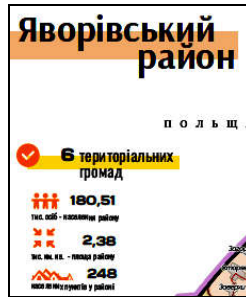


Рисунок 2.15 – Результати обчислення площі Яворівського району в Plot Digitizer

За висновками оцінювання площі Яворівського району Львівської області її значення дорівнює **2 358 км²**.



Площа Яворівського району за обчисленням становить **2 358 км²**, а за геодами **2 380 км²**



Таким чином, відносна помилка складає **0,00924**, або **0,924 %**.

2.3 Обчислення площ об'єктів оцінки змінності ландшафтів методами чисельного інтегрування

При наявності навиків програмування можна виконати роботу на більш високому рівні. При цьому для визначення площі об'єкта застосовують математичні методи, засновані на інтегруванні – методи чисельного інтегрування: Сімпсона, трапецій, Буля.

1 Метод Сімпсона⁴: основна ідея методу Сімпсона полягає в тому, що апроксимують функцію параболою замість прямокутників чи трапецій, як робиться в однойменних методах. Метод Сімпсона відомий як метод парабол або криволінійних трапецій, що передбачає побудову парабол, яка найкращим чином підходить під ділянку кривої між двома сусідніми точками (рис. 2.16).

У цьому методі інтегрування проводиться шляхом поділу відрізка $[a, b]$ на N пар відрізків. З метою збільшення точності наближеного інтегрування на кожному такому відрізку $[x_i, x_{i+2}]$, підінтегральна функція $f(x)$ замінюється квадратичною параболою $\varphi(x)$ (рис. 2.16а, б). Обчислення інтеграла як площі під наданою функцією зводиться до обчислення суми площин N криволінійних трапецій S_i :

$$I = \int_a^b f(x) dx \approx \sum_{i=1}^N S_i \quad (2.1)$$

⁴ <https://www.mathros.net.ua/obchyslennja-vyznachenih-integraliv-metodom-simpsona.html>;
https://web.posibnyky.vntu.edu.ua/fksa/14moskvina_komp_metod_dosl_analiz_danykh/lek7.htm

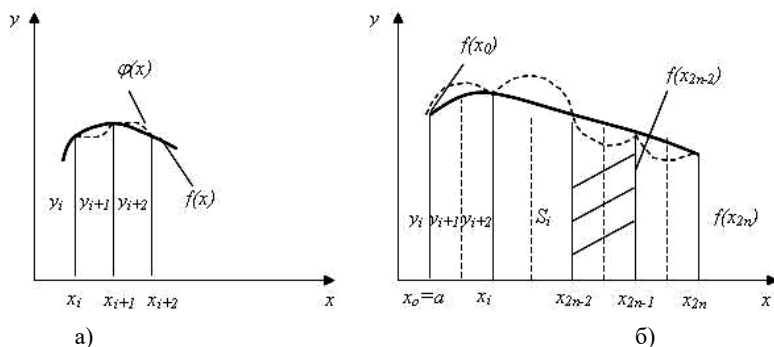


Рисунок 2.16 – Апроксимація функції параболами за методом Сімпсона

Площа кожної такої криволінійної трапеції визначається за формулою Сімпсона:

$$S_i = \frac{h}{3} [f(x_i) + 4f(x_{i+1}) + f(x_{i+2})] \quad (2.2)$$

Площина N криволінійних трапецій S_i дорівнює загалом

$$S_N = \int_{x_{2N-2}}^{x_{2N}} f(x) dx \approx S_N = \frac{h}{3} (y_{2N-2} + 4y_{2N-1} + y_{2N}) \quad (2.3)$$

Отже, для кожної трійки сусідніх точок використовують формулу параболу та обчислюють площу під нею. Потім обчислюють суму визначених площ, щоб отримати наближене значення інтегралу (рис. 2.17).

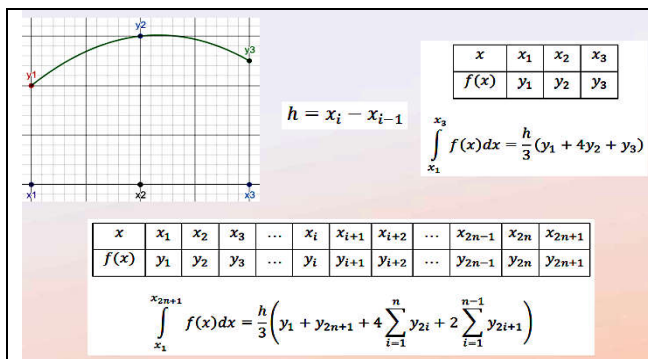


Рисунок 2.17 – Загальна реалізація методу Сімпсона

Метод Сімпсона використовує параболи для апроксимації криволінійних сегментів функції, що може бути більш точним, особливо на відрізках з великими змінами функції.

Хоча метод Сімпсона є досить точним, але є витратним з обчислювальної точки зору. Він вимагає обчислення значень функцій та їх похідних у багатьох точках, що може бути ресурсовиратним процесом. Додатково недоліком є те, що чим більше точок використовується, тим складніше обчислення.

Схема алгоритму обчислення інтегралу методом Сімпсона, запропонована Делем В.Д. (рис. 2.18).

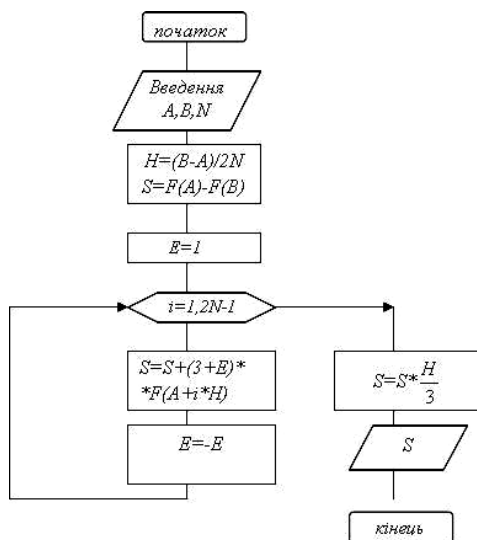


Рисунок 2.18 – Схема алгоритму метода Сімпсона

2 Метод трапецій⁴: є удосконаленою версією метода прямокутників. Основна ідея полягає в тому, що розбивають площу під кривою на трапеції, а не прямокутники. Кожен відрізок між двома сусідніми точками використовують для розбиття інтервалу і будують трапецію за допомогою цих точок та значень функції в них.

Трапеції більш точно відображають форму кривої функції, особливо якщо функція змінюється швидко між сусідніми точками. Відрізок інтегрування $[a, b]$ поділяється на N рівних відрізків, всередині яких підін-

тегральна крива $f(x)$ замінюється кусково-лінійною функцією $\varphi(x)$, отриманою стягуванням ординат N відрізків $[x_{i-1}, x_i]$ хордами. Інтеграл знаходиться як сума площ S_i прямокутних трапецій (рис. 2.19а, б).

Таким чином, отримують більш точні результати, використовуючи менше областей під кривою.

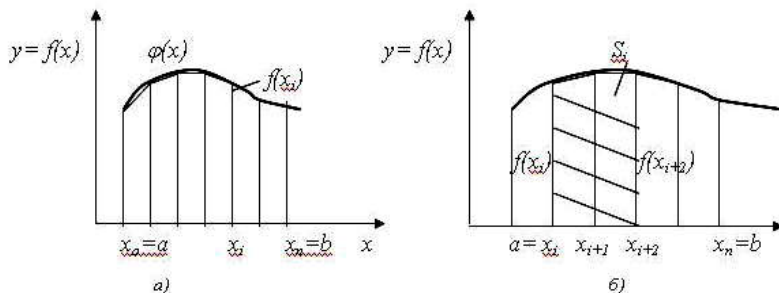


Рисунок 2.19 – Побудова трапецій на контурі функції: інтерпретація метода

Площа кожної отриманої трапеції визначається як

$$S_i = h \cdot \frac{f(x_i) + f(x_{i+1})}{2} \quad (2.4).$$

Площа складної фігури визначається як сума площин всіх позначених трапецій на всьому відрізку інтегрування $[a, b]$ за формулою

$$\int_a^b f(x) dx \approx \sum_{i=1}^{N-1} S_i = \frac{b-a}{N} \sum_{i=0}^{N-1} \frac{f(x_i) + f(x_{i+1})}{2} = \frac{b-a}{N} \sum_{i=0}^{N-1} \frac{y_i + y_{i+1}}{2}, \quad (2.5)$$

або з урахуванням наявності під знаком суми y_i двічі формула має вигляд

$$\int_a^b f(x) dx \approx \sum_{i=1}^{N-1} S_i = \frac{b-a}{N} \left(\frac{y_0}{2} + y_1 + y_2 + \dots + y_{N-1} + \frac{y_N}{2} \right) = \frac{b-a}{N} \sum_{i=0}^{N-1} y_i + \frac{y_0 + y_N}{2}.$$

Таким чином, метод трапецій – це більш удосконалена версія методу прямокутників, яка дозволяє наближено обчислювати інтеграли за допомогою трапецій замість прямокутників (рис. 2.20).

Похибка обчислення інтеграла за формулою трапеції становить

$$R = -\frac{h^2}{12} (b-a) f'(\xi). \quad (2.6)$$

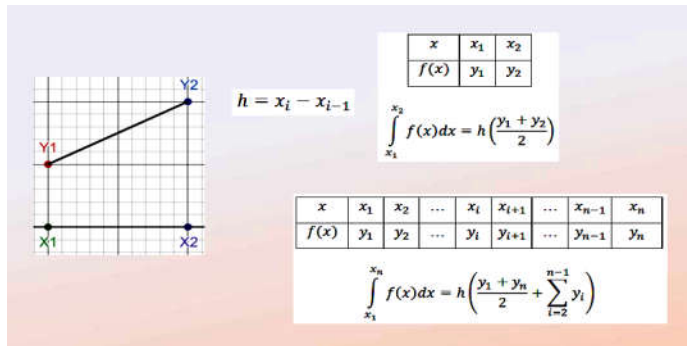


Рисунок 2.20 – Основні формули для реалізації методу трапецій

Переваги методу трапецій полягають у його простоті та легкій реалізації. Завдяки використанню трапецій, які краще відображають форму кривої, цей метод може бути ефективнішим, ніж метод прямокутників.

Метод може бути менш точним порівняно з іншими більш складними чисельними методами, такими як метод Сімпсона. Для досягнення високої точності потрібна велика кількість трапецій, що призводить до збільшення обчислювального часу.

Отже, метод трапецій відзначається простотою та ефективністю, що визначається схемою алгоритму його реалізації (рис. 2.21).

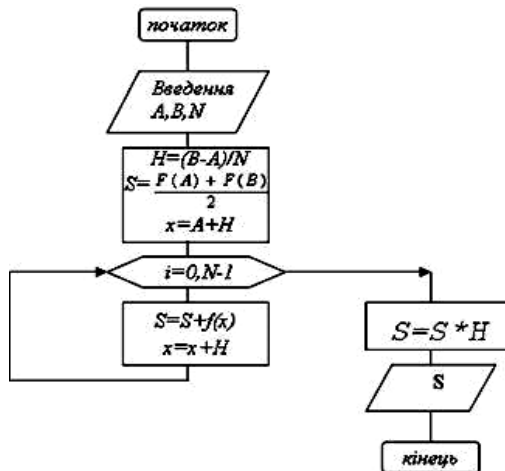


Рисунок 2.21 – Схема алгоритму методу трапецій

3 Метод Буля⁵

Наближено обчислюють значення визначеного інтеграла від функції $f(x)$ на інтервалі $[a, b]$. Якщо важко знайти значення інтегралу або виразити результат встановлення площі довільної фігури, тоді підінтегральну функцію $f(x)$ заміщують деякою апроксимуючою функцією $\varphi(x, a)$, що $f(x) \approx \varphi(x)$. За функцію $\varphi(x)$ найчастіше беруть інтерполяційний многочлен функцію заміщують деяким лінійним виразом, коефіцієнтами якого є значення функції $f(x)$ у вузлах інтерполяції $\{x_i\}_{i=0}^n$:

$$f(x) = \sum_{i=0}^n f(x_i) \varphi_i(x) + E(f). \quad (2.7)$$

Якщо $a = x_0 < x_1 < \dots < x_n = b$, то для інтегрування в інтервалі $[a, b]$ мають відповідність виду

$$\int_a^b f(x) dx = Q(f) + E(f), \quad (2.8)$$

для якої визначеною є формула

$$Q(x) = \sum_{i=0}^n c_i f(x_i) = c_0 f(x_0) + c_1 f(x_1) + \dots + c_n f(x_n).$$

Властивість виразу (2.8) називається формулою чисельного інтегрування або формулою квадратури (підінтегральна функція заміщується сумою). Доданок $E(f)$ – залишковий член, який становить похибку усікання для чисельного інтегрування. Множина точок $\{x_i\}$ називається вузлами квадратури, а $\{c_i\}$ – вагою квадратури. Вузли квадратури можна вибирати різним чином: вони повинні бути з постійним кроком для формул прямокутників, трапецій, Сімпсона, або вибиратись за спеціальними правилами.

Правило Буля апроксимує інтеграл на кожному підінтервалі шляхом інтегрування кватичної функції, яка інтерполуює п'ять однаково віддалених точок у цьому підінтервалі. За замовчуванням інтервал розділений на підінтервали однакового розміру.

⁵ <https://margarita.crimea.ua/ukraincyam/shho-take-pravilo-kvadraturi-bulya.html>;
https://org2.knuba.edu.ua/pluginfile.php/34507/mod_resource/content/1/%D0%BA%D0%BE%D0%BD%D1%81%D0%BF%D0%B5%D0%BA%D1%82_2010.pdf

Для функції однієї незалежної змінної основна ідея квадратурного правила полягає в тому замінити визначений інтеграл сумою підінтегрального виразу, обчисленого в певних точках (званих квадратурними точками), помножених на число (званих квадратурними вагами).

Сума площ усіх підінтервалів є інтегралом від інтервалу $[a, b]$. Це відоме як *складне правило Буля*. Числове інтегрування завжди є корисним у біостатистиці для оцінки функції розподілу та інших величин.

Квадратурна формула відноситься до методу наближення інтегралів шляхом вибору конкретної формули (рис. 2.22).

The diagram illustrates the Simpson's rule formula for numerical integration. It consists of several parts:

- Interval Definition:** $h = x_i - x_{i-1}$
- Grid of Points:** A table showing points x and function values $f(x)$ for x_1, x_2, x_3, x_4, x_5 .

x	x_1	x_2	x_3	x_4	x_5
$f(x)$	y_1	y_2	y_3	y_4	y_5
- Integral Formula for a Single Interval:**

$$\int_{x_1}^{x_5} f(x) dx = \frac{2h}{45} (7y_1 + 32y_2 + 12y_3 + 32y_4 + 7y_5)$$
- General Grid:** A table showing points x and function values $f(x)$ for a sequence of points $x_1, x_2, x_3, x_4, x_5, \dots, x_i, x_{i+1}, x_{i+2}, x_{i+3}, x_{i+4}, \dots, x_{4n-3}, x_{4n-2}, x_{4n-1}, x_{4n}, x_{4n+1}$.

x	x_1	x_2	x_3	x_4	x_5	$\dots$	x_i	x_{i+1}	x_{i+2}	x_{i+3}	x_{i+4}	$\dots$	x_{4n-3}	x_{4n-2}	x_{4n-1}	x_{4n}	x_{4n+1}
$f(x)$	y_1	y_2	y_3	y_4	y_5	$\dots$	y_i	y_{i+1}	y_{i+2}	y_{i+3}	y_{i+4}	$\dots$	y_{4n-3}	y_{4n-2}	y_{4n-1}	y_{4n}	y_{4n+1}
- General Integral Formula:**

$$\int_{x_1}^{x_{4n+1}} f(x) dx = \frac{2h}{45} \left(7(y_1 + y_{4n+1}) + 32 \sum_{i=1}^{2n} y_{2i} + 12 \sum_{i=1}^n y_{4i-1} + 14 \sum_{i=1}^{n-1} y_{4i+1} \right)$$

Рисунок 2.22 – Формула Буля

Для обробки даних щодо встановлення площ реальних об'єктів ландшафтних досліджень із застосуванням названих вище методів використовують середовище IDLE [22]. Імпортують бібліотеку Pandas – одну з більш популярних для аналізу даних в Python [23].

Для проведення відповідних визначень використовується відповідне програмне забезпечення Python (рис. 2.23).

Вихідною інформацією для обчислень в програмі є дані, що отримані у результаті обходження контурів територій чи об'єктів дослідження у вигляді координат відповідних вузлових точок. Ці дані розміщуються як і для Plot Digitizer у вигляді таблиць excel файла. Наприклад, надані дані обходження контуру території межі Тернопільської області для обчислення її площі методом трапеції – `ternopil_trapezoid.xlsx` (рис. 2.24).

Для візуалізації даних використовується бібліотека Matplotlib, що дозволяє визначити вигляд фігури, для якої методами інтегрування обчислюється площа як площа обраної території дослідження (рис. 2.25).

Функція $f(x) = \cos(x) \sin(x) (x^2 + x + 1)$ на відрізку $[-4; 4]$ з кроком 0,01.

```
# Завантажуємо необхідні бібліотеки
import pandas as pd
import numpy as np
import math

# Визначаємо кінці відрізка та крок
a = -4
b = 4
h = 0.01

# Розбиваємо відрізок відповідно до кроку
X = np.arange(a,b+h,h)

# Визначаємо задану функцію
def F(x):
    y = math.cos(x)*math.sin(x)*(x**2+x+1)
    return y

# Здійснюємо табулювання функції
Y = []
for i in range(len(X)):
    Y.append(F(X[i]))

# Формуємо таблицю точок і значень функції
data = pd.DataFrame({'X': X, 'Y': Y})

# Відображаємо таблицю значень функції
print(data)
```

```
# Метод трапецій
def Trapezoidal_rule(data,h):
    T = (data['Y'][0]+data['Y'][(len(X)-1)/2]
    for i in range(1,len(X)-1):
        T = T + data['Y'][i]
    return h*T

# Метод Сімпсона
def Simpson_rule(data,h):
    S = data['Y'][0]+data['Y'][(len(X)-1)
    for i in range(1,int((len(X)-1)/2)+1):
        S = S + 4*data['Y'][(2*i-1)
    for i in range(1,int((len(X)-1)/2)):
        S = S + 2*data['Y'][(2*i-1)
    return h*S/3

# Метод Буля
def Boole_rule(data,h):
    B = 7*(data['Y'][0]+data['Y'][(len(X)-1)
    for i in range(1,int((len(X)-1)/2)+1):
        B = B + 32*data['Y'][(2*i-1)
    for i in range(1,int((len(X)-1)/4)+1):
        B = B + 12*data['Y'][(4*i-2)
    for i in range(1,int((len(X)-1)/4)):
        B = B + 14*data['Y'][(4*i-1)
    return 2*h*B/45

# Відображаємо результати обчислень
print()
print("Trapezoidal rule: ", Trapezoidal_rule(data,h))
print("Simpson's rule: ", Simpson_rule(data,h))
print("Boole's rule: ", Boole_rule(data,h))
```

Результат роботи програми
(методи трапецій, Сімпсона, Буля)

```
      X      Y
0  -4.00  -6.430829
1  -3.99  -6.413783
2  -3.98  -6.394096
3  -3.97  -6.371804
4  -3.96  -6.346944
...
796  3.96  10.298317
797  3.97  10.327126
798  3.98  10.351750
799  3.99  10.372143
800  4.00  10.388262

[801 rows x 2 columns]

Trapezoidal rule:  0.5383381740213394
Simpson's rule:  0.5383396288703665
Boole's rule:  0.5383396292714396
```

Рисунок 2.23 – Код програми Python методів трапецій, Сімпсона, Буля, реалізація

```
# Завантажуємо бібліотеку pandas
import pandas as pd

# Завантажуємо дані з файлу ternopil_trapezoid.xlsx
data = pd.read_excel('ternopil_trapezoid.xlsx')

# Відображаємо дані
print(data)
```

	X	Y
0	0.0	5.90
1	0.2	6.00
2	0.4	6.17
3	0.6	6.25
4	0.8	6.33
5	1.0	6.36
6	1.2	6.35
7	1.4	5.85
8	1.6	5.50
9	1.8	5.40
10	2.0	5.35
11	2.2	5.00
12	2.4	5.08

13	2.6	5.08
14	2.8	4.15
15	3.0	4.03
16	3.2	4.00
17	3.4	3.96
18	3.6	4.16
19	3.8	4.00
20	4.0	3.80
21	4.2	3.82
22	4.4	3.77
23	4.6	2.38
24	4.8	2.26
25	5.0	1.13

Рисунок 2.24 – Завантаження даних з файлу ternopil_trapezoid.xlsx

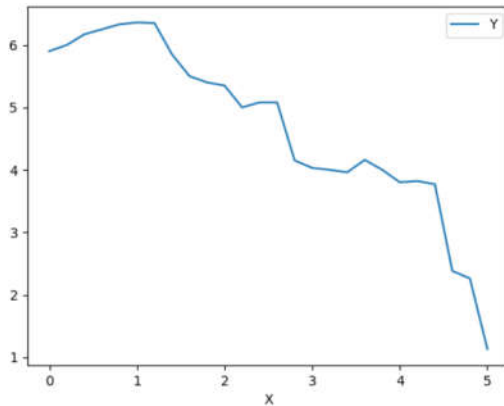


Рисунок 2.25 – Візуалізація даних з файлу ternopil_trapezoid.xlsx

Використовують відповідну формулу для певного метода інтегрування і отримують відповідь (рис. 2.26).

```
# Метод трапецій
def Trapezoidal_rule(data):
    h = data['X'][1]-data['X'][0]
    T = (data['Y'][0]+data['Y'][len(data['X'])-1])/2
    for i in range(1,len(data['X'])-1):
        T = T + data['Y'][i]*h
    return h*T
print()
print('Trapezoidal rule: ', Trapezoidal_rule(data))
Trapezoidal rule: 23.712999999999997
```

Рисунок 2.26 – Обчислення інтегралу за формулою трапецій

Таким же чином проводяться обчислення площ територій і об'єктів за методом Сімпсона та Буля.

Застосування чисельних методів інтегрування для прикладів 1 і 2, наданих в п 2.2, подано в Додатку В.

2.4 Загальні рекомендації до оформлення звіту завдання

1. Вивчення теоретичного матеріалу, вибір об'єкта дослідження – будь-яка, що має різноманітні ландшафтні елементи (див. тему 2 лекційного курсу), а саме території урбанізованої місцевості, природно-територіальні комплекси, сільськогосподарські засвоєні території тощо, тобто ландшафти, наближені до антропогенної діяльності.

2. Визначення екологічної стратегії розвитку об'єкта дослідження, побудова ландшафтно-територіальної структури певного виду, модель об'єкта екологічного оцінювання відповідно до теоретичного матеріалу, поданого в темі 2 лекційного курсу.

Постановка задачі дослідження.

1. Побудувати алгоритм дослідження: відповідно до мети відродження природної якості обраного об'єкта дослідження чи забезпечення стійкого розвитку екосистеми підприємства згідно встановити елементи ландшафтної структури, які увійдуть як головні дослідні для оцінки рівня змінності/антропоізації.

2. Розробити шкалу оцінювання елементів ЛТС обраного об'єкта для розрахунку K_a – коефіцієнта антропоізації. Для виконання завдання використати як приклад матеріали, що надані в таблицях 1.1–1.3 та таблиці 1.6 і таблиці 1.7.

Приклади побудови шкал також надано у Додатку А.

3. Для визначення p_i – площі рангу встановити програму Plot Digitizer, як описано в пп 1.3 і провести розрахунки площ елементів ЛТС об'єкта згідно з прикладами пп 2.2 і наданим прикладом виконання роботи у додатках (див. Додаток Б).

4. Провести остаточний розрахунок коефіцієнта антропоізації K_a . За отриманим значенням K_a встановити рівень змінності обраного дослідного ландшафту.

Вказати основні вагомні фактори, що сприяли порушенню його природної первинної цілісності (приклад у Додатку Г).

Основні змістовні складові Звіту розрахункової роботи:

- 1) титульний лист;
- 2) мета і постановка задачі щодо оцінки антропоізації ландшафту;
- 3) *основні розділи виконання роботи:*
 - ґрунтовний тезисний опис обраного об'єкта дослідження;
 - алгоритм та програма проведення досліджень за постановкою задачі завдяки програмному додатку Plot Digitizer чи розробленій програмі (див Додаток Б);
 - розрахунок K_a – коефіцієнта антропоізації за отриманими в ході роботи даними вихідними даними (бажано всі розрахункові дії і аналіз визначень провести в EXCEL;
 - оцінка отриманих результатів дослідження – рівень змінності ландшафту заданого дослідного об'єкта;

4) загальні висновки відповідно до поставлених задач.

Оформлення звіту щодо подання таблиць, рисунків, формул в тексті повинно відповідати вимогам ДСТУ 3008:2015 «Інформація та документація. Звіти у сфері науки і техніки. Структура та правила оформлювання».

Список, використаних у роботі джерел інформації, оформити відповідно до ДСТУ 8302:2015 «Інформація та документація. Бібліографічне посилання. Загальні вимоги та правила складання».

СПИСОК ДЖЕРЕЛ ІНФОРМАЦІЇ

1. Kimberly A. Essentials of Landscape Ecology. Oxford University Press in the UK. 2019. 654 p.
2. Sorokina. L. Assessment of anthropogenic landscapes transformation of trans-border polessky region Ukr. geogr. 2013. № 3. P. 25–33. DOI: <https://doi.org/10.15407/ugz2013.03.025>
3. Kubalikova L., Kirchner K., Kuda F., Machar I. The Role of Anthropogenic Landforms in Sustainable Landscape Management. *Sustainability*. 2019. № 11(16), 4331. 16 p. URL: <https://doi.org/10.3390-sul1164331>
4. Khaitbaev A., Yarashev Кю, Karimov Y., Nazarov Мю Anthropogenic transformation of oasis landscapes in Khorezm Province, Uzbekistan: a geoecological analysis. *E3S Web of Conferences. Civil Engineering*. Vol. 497. ICECAE 2024. 8 p. URL: <https://doi.org/10.1051/e3sconf/202449702043>
5. Palmer M. Landscape and Spatial Ecology. Socio-environmental synthesis center (SESYNC). 2022. URL: <https://www.sesync.org/resources/-landscape-and-spatial-ecology>
6. Бережний В. Методи визначення антропогенної трансформації довкілля. *Часопис соціально-економічної географії*. 2014. Випуск 17(2). С. 175–180. URL : <https://periodicals.karazin.ua/article> › article ›
7. Eremeev E. A. Simple scale for assessing anthropogenic pressure on the environment. *IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science*. 2021. Vol. 839. 6 p. URL : [doi:10.1088/1755-1315/839/2/022075](https://doi.org/10.1088/1755-1315/839/2/022075)
8. Кіпчач Ф.Я. Екологічний стан агроландшафтів Подільського Побужжя та шляхи його оптимізації: Автореф. дис. канд. геогр. наук: 11.00.11. Львів. нац. ун-т ім. І.Франка. Львів, 2001. 19 с.
9. Гайдай С.В. Економічна оцінка збитків від забруднення навколишнього природного середовища. *Географічні дослідження в Україні на межі тисячоліть*. К.: ВЦ "Київський університет", 2000. С. 107–108. URL : <https://mydisser.com/dfiles> › dfiles
10. Зацерковний, В.І. Оберемок Н.В., Кун Ю.В. Застосування геоінформаційних систем та геоінформаційних технологій у дослідженні ландшафтів. *Управління розвитком складних систем*. 2018. Вип. 34. С. 92–103. URL : http://nbuv.gov.ua/UJRN/Urss_2018_34_15.
11. Reynard, E.; Perret, A.; Bussard, J.; Grangier, L.; Martin, S. Integrated Approach for the Inventory and Management of Geomorphological

Heritage at the Regional Scale. *Geoheritage*. 2015. Vol. 8(1). P. 43–60. URL : DOI: 10.1007/s12371-015-0153-0

12. Santos D., Mansur K. L. , Sicoli Seoane J. C. , Mucivuna V. C., Reynard E. Methodological Proposal for the Inventory and Assessment of Geomorphosites: An Integrated Approach focused on Territorial Management and Geoconservation. *Environmental Management*. 2020. Vol. 66(4). P. 476–497. URL : DOI: 10.1007/s00267-020-01324-2

13. Ghafoor A., Almutairi H., Almoslem M. et al Assessment and Modeling of the Vulnerability of Regional Aquifers to Anthropogenic Perturbations *Journal of Ecological Engineering*. 2024. 25(7). P. 398–409. URL : <https://doi.org/10.12911/22998993/189233>

14. Шищенко П.Г. Принципи та методи ландшафтного аналізу у регіональному проектуванні: монографія. К.: Фітосоціоцентр, 1999. 284 с.

15. Digitizer для Windows. URL : <https://www.onworks.net/ru-software/windows/app-plot-digitizer>

16. Informer Technologies. URL : <https://plot-digitizer.software.-informer.com>

17. Digitizer software. URL : <https://www.digitizeit.xyz>

18. Zein H, Tran Vu Le-Huy, Mohammed A. T., Ghazy A. A. A. How to Extract Data from Graphs using Plot Digitizer or Getdata Graph Digitizer. How to Extract Data from Graphs using Plot Digitizer or Getdata Graph Digitizer. 2015. 14 p. DOI: 10.13140/RG.2.2.17070.72002

19. Jelcic Kadic et al. Extracting data from figures with software was faster, with higher interrater reliability than manual extraction. *Journal of Clinical Epidemiology*. 2016.74:119-23. DOI: 10.1016/j.jclinepi.2016.01.002.

20. Documentation PlotDigitizer. <https://plotdigitizer.com/docs>

21. Атлас адміністративно-територіального устрою України / [За заг. ред. Остапенка П.] / Проєкт «Підтримка належного врядування в місцевих громадах як складової реформи децентралізації» Координатора проєктів ОБСЄ в Україні. Київ. 2021. 280 с. (С. 128) (С. 204).

22. IDLE – Python documentation // <https://docs.python.org/3/-library/idle.html>, 23.08.2024.

23. Pandas – Python Data Analysis Library // <https://pandas.pydata.org/>, 23.08.2024.

24. Сайт «Географія» [Електронний ресурс]. URL : https://geoknigi.com/view_map.php?id=28

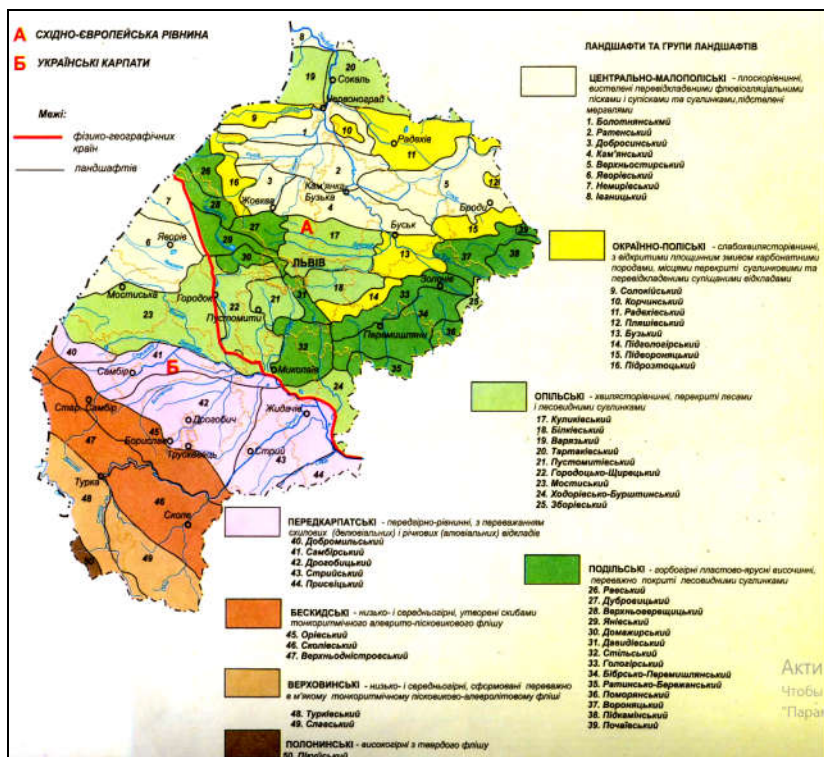
25. Природа Львівської області / За ред. К.І. Геренчука. Львів: Вид-во Львів. ун-ту, 1972. 151 с.

Додаток А

Приклад формування шкали оцінювання елементів ландшафту за ландшафтно-територіальною структурою

Приклад 1: Вплив природокористування на природний ландшафт Львівської області. на основі індексного методу

Львівська область знаходиться у західній частині України, відрізняється різноманітністю природного районування – виділено 7 ландшафтних районів (рис. А.1), а на них 14 місцевостей (рис. А.2).



А (Східно-Європейська рівнина): 1 – Центрально-малополіський ландшафт; 2 – Поліський ландшафт; 3 – Опільський ландшафт; 4 – Подільський ландшафт;
В (Українські Карпати): 5 – Предкарпатський ландшафт; 6 – Бескидський ландшафт; 7 – Верховинський ландшафт

r (ранг антропогенної перетворюваності)	1	Відсутній вплив: Елементи не змінені людською діяльністю.
	2	Мінімальний вплив: Незначні зміни, в основному природні ландшафти.
	3	Незначний вплив: Деякі зміни, але основні природні риси залишаються.
	4	Помірний вплив: Зміни більш помітні, але природні риси ще досить виражені.
	5	Відчутний вплив: Значні зміни, природні риси починають поступатися місцем антропогенним.
	6	Сильний вплив: Природні риси значною мірою замінені антропогенними.
	7	Високий вплив: Природні риси майже повністю зникли, антропогенне середовище домінує.
	8	Дуже високий вплив: Природні риси практично відсутні, антропогенне середовище повністю домінує.
	9	Надзвичайно високий вплив: Природні риси не зберігаються, антропогенне середовище повністю змінює ландшафт.

Рисунок А.3 – Приклад формування шкали оцінювання ландшафтних комплексів за рангом антропогенної змінності

g (індекс глибини перетворюваності ландшафту)	1	Відсутній вплив. Елементи залишаються повністю природними, без змін від людської діяльності.
	1,05	Мінімальний вплив. Незначні зміни, природні умови в основному зберігаються.
	1,1	Незначний вплив. Помірні зміни, природні риси все ще виражені, але вже є деякий вплив людської діяльності.
	1,15	Помірний вплив. Природні умови частково змінені, але значна частина природних характеристик зберігається.
	1,2	Відчутний вплив. Елементи значно змінені для потреб людини, природні риси поступаються місцем антропогенним.
	1,25	Сильний вплив. Природні умови значною мірою замінені антропогенними елементами, природні риси суттєво змінені.
	1,3	Високий вплив. Природні риси майже повністю зникли, елементи переважно складаються з антропогенних елементів.
	1,35	Дуже високий вплив. Природні умови практично відсутні, людська діяльність домінує.
	1,4	Надзвичайно високий вплив. Природні риси не зберігаються, елементи повністю перетворені на штучне середовище.

Рисунок А.4 – Приклад формування шкали оцінювання ландшафтних комплексів за індексом глибини перетворюваності ландшафту

Додаток Б

Методика та алгоритм роботи Plot Digitizer⁶

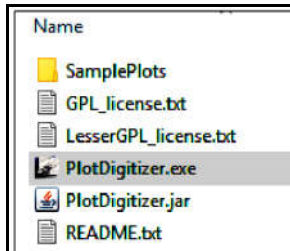
Як встановити програму?

• Дотримуйтесь інструкцій на веб-сайті <http://plotdigitizer.sourceforge.net/>

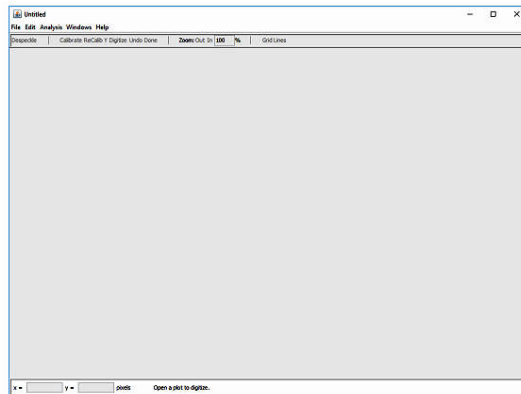
- Натисніть на завантажити.
- Виберіть папку для збереження.
- Зір-файл буде збережено на вашому комп'ютері.
- Розпакуйте зір-файл.

Вміст папки

- Для використання програми натисніть на PlotDigitizer.exe.



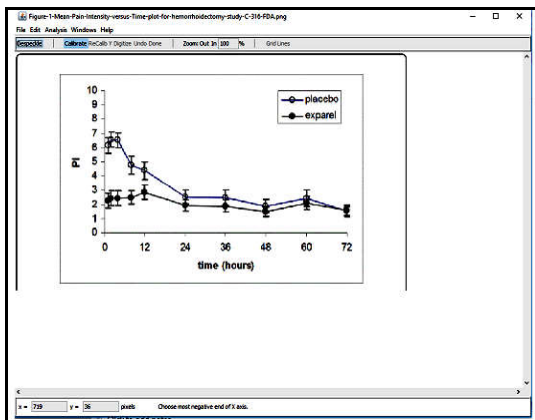
З'явиться такий екран



⁶ За матеріалами Extracting data from figures using software. https://training.cochrane.org/sites/-training.cochrane.org/files/public/uploads/resources/downloadable_resources/2016_11_webinar_Puljak-extracting-data-from-figures.pdf

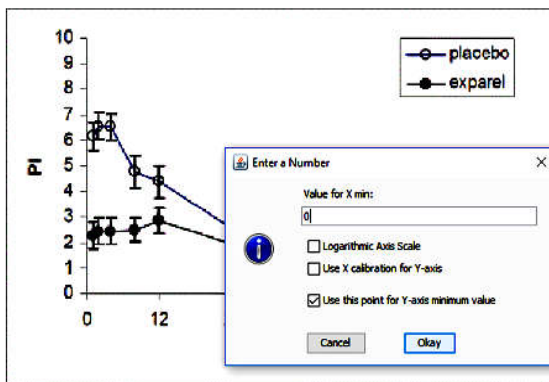
Імпорт фігури

- Натисніть «Файл».
 - У спадному меню натисніть «Відкрити».
 - Виберіть фігуру з комп'ютера.
- Після імпортування фігури екран виглядає так:

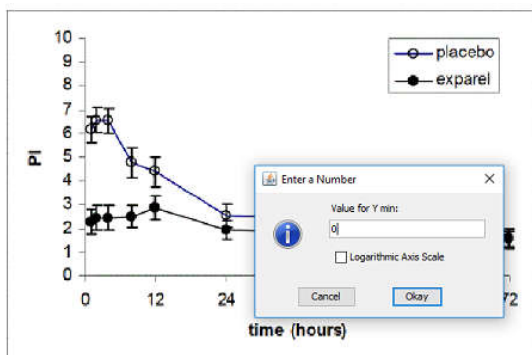


Калібрування осей X і Y

- Клацніть по самому великому негативному кінцю на осі X.
- Відкриється нове вікно.
- Введіть значення, у даному випадку 0.
- Натисніть «Добре».

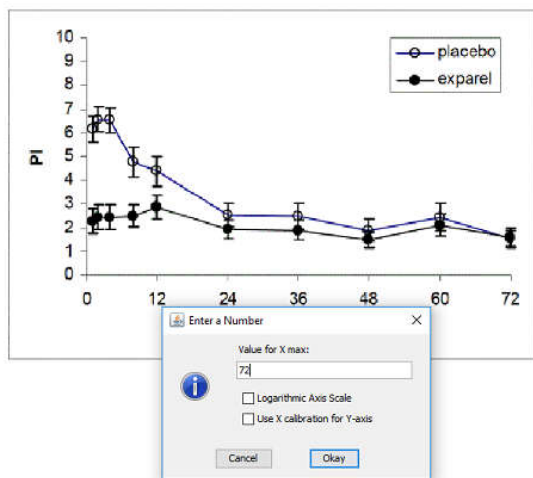


Введіть значення для Y min



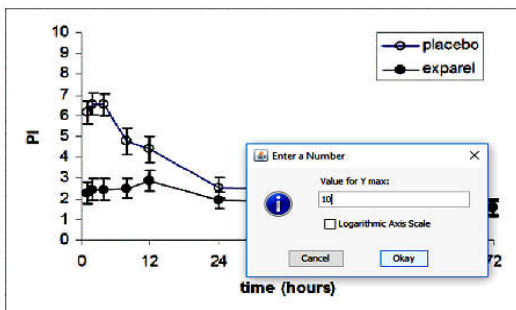
Виберіть найбільш позитивний кінець осі X:

- Натисніть на останнє значення лінії осі X (тут: 72).
- Відкриється нове вікно.
- Введіть значення, у даному випадку 72.
- Натисніть «Добре».



Виберіть найбільш позитивний кінець осі Y

- Натисніть на останнє значення лінії осі Y (тут: 10)
- Відкриється нове вікно
- Введіть значення, у даному випадку 10
- Натисніть «Добре»



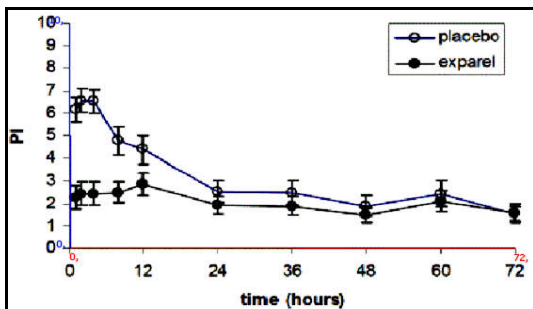
Замітка: незважаючи на те, що для роботи потрібні значення з осі Y , потрібно відкалібрувати значення осі X , бо цього вимагає програма

Введення назви та значення осей

- Після введення значення для найбільш позитивного кінця осі Y з'явиться нове спливаюче вікно.

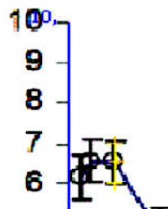
- Потрібно ввести назву осі X : виберіть назву або просто залиште X (написано за умовчанням). Такі дії треба провести для осі Y .

Тепер досліджена ділянка оцифрована: для прикладу мають червону лінію та числові значення (вісь X) і синю лінію з числовими значеннями (вісь Y):

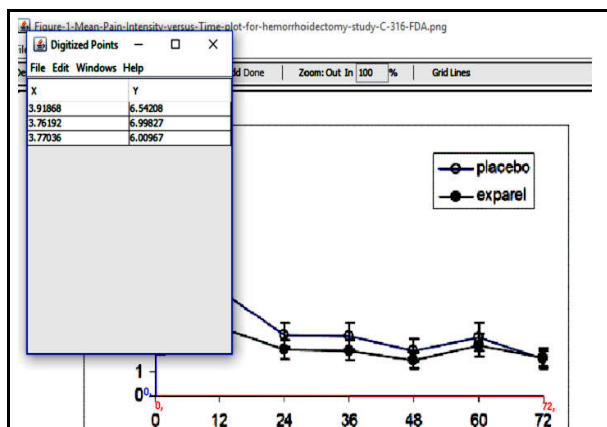


Для отримання значення балів потрібно:

- натиснути усі точки, для яких потрібні значення; можна вибрати кілька точок;
- після закінчення вибору, натисніть Готово і необхідні значення з'являться в новому спливаючому вікні, наприклад три точки, показані жовтими лініями:



З'являються оцифровані точки – тут потрібна вісь Y ; вісь X за завданням не має значення:



Розрахунок значення похибок:

Програма дає значення для певної точки даних на дослідному графіку, потрібне значення доведеться обчислити для панелі похибок, яка становить такі дані:

- 6,54 основний ефект;
- 6,99 – перший рядок з відхиленням;
- 6.00 – другий рядок з відхиленням.

Абсолютна похибка складає різницю між цими значеннями:

Digitized Points	
File Edit Windows Help	
X	Y
3.91868	6.54208
3.76192	6.99827
3.77036	6.00967

Оцифровані значення зберігають таким чином:

- Перейти до вікна з цифрами (оцифровані точки).
- Перейдіть до Файлу.
- Виберіть «Зберегти як»
- Зберегти в потрібному місці.

Розрахунки площі об'єктів при оцінці антропізації

Вхідні дані оцифрування в Plot Digitizer (див. рис. 2.6–2.7) з довільних переведені в рівномірні лінійним перетворенням (рис. B.1).

[illegible]

Рисунок В.1 – Отримання вхідних даних для методів інтегрування
Сімпсона, трапецій, Буля

Результат нових обчислень для розрахунку площі Калуського району зберігають в блокноті, вони вже мають рівномірний крок стосовно ΔX . Вхідні дані надані у вигляді масиву послідовного обходу границі території району X-Y. Саме ці результати подані для обчислень за трьома методами (рис. В.2).

Табл_Калуж.tvsv - Блокнот				
Язык	Проекта	Формат	Вид	Справка
80.	2588		54, 6365	
79.	705791924264573		36, 349444291895544	
79.	15278384931506		37, 38912047546116	
78.	5997757739726		38, 234832176391336	
78.	04676769863013		38, 98595292866543	
74.	49373962788766		45, 850024328952158	
76.	9407515479452		46, 806209789864576	
76.	38774347260274		48, 933628044802035	
74.	3473539739726		48, 9339943262661	
75.	281273219178		49, 75200591410895	
74.	7287192465734		49, 89006054172549	

54.	820428534246574		73, 88949834628882	
54.	26742045890411		74, 05451532119847	
53.	714412383561644		73, 70422727511942	
53.	161404308219376		73, 70243012904037	
52.	60839623287674		73, 339837332962533	
52.	055388157534246		73, 35924493688228	

Pyrex

report

PhotoDigitizer...

Nomenclature...

Рисунок В.2 – Вхідні дані для реалізації методів обчислення площі району

У програмі використано бібліотеку CSV Python (рис. В.3). Для обробки даних використане середовище IDLE [22].

```
with open(f_old, newline='') as csv_old, open(f_new, 'w', newline='') as csv_new:
    reader_old, writer_new = csv.reader(csv_old, delimiter=','), csv.writer(csv_new, delimiter='\t')
    floats_old=[]
    for line_num, line_old in enumerate(reader_old):
        if (line_num==amount_int):
            amount_old=int(line_old[0])
        if (line_num>=header_int):
            if (len(line_old)>=col_int):
                floats_old.append((float(line_old[0]), float(line_old[1])))
```

Рисунок В.3 – Завантаження даних з файлу pt_new=[" Табл_Калуш.tsv "]

Отримані результати обчислень виводяться в послідовності використаних методів інтегрального обчислення площини (рис. В.4).

```
4\report\KozuliaMariia2.py
Виміряна кількість 292
Зчитано рядків з файлу 292
Крок 0.5530080753424657
Порахована кількість 147
Крайні точки по довготі -80.2588 0.480379
Індекси крайніх точок 220 39
Трапецій 3558.3571321979466
Сімпсона 3559.148328288729
Буля 3559.3970691186646
>>>
```

Рисунок В.4 – Результати підрахунку площі Калуського району Івано-Франківської області (км²)

У результаті роботи програми на PYTHON територія Калуського району Івано-Франківської області має такі розрахункові площі:



1) за методом трапеції 3558,367 км², що відхиляється від фактичного значення 3550 км² на 0,00236, або 0,236 %;

2) за методом Сімпсона 3559,148 км² – 0,00258, або 0,258 %;

3) за методом Буля 3559,397 км² – 0,00265, або 0,265 %.

Порівняльний аналіз методів показав, що найменше відхилення визначена величина площі від фактичної має обчислення за методом трапеції.

2. Відповідно до завдання прикладу 2 в пп 2.2.2 необхідно встановити площу Яворівського району за трьома чисельними методами. Для цього отримують вхідні дані за запитами цих методів, а саме координати границі району з однаковим ΔX .

Вхідні дані оцифрування в Plot Digitizer (див. рис. 2.13–2.14) з довільних переведені в рівномірні лінійним перетворенням (рис. В.5).

```

x_pos%>% min_pos

for (i_pos in range(hammet_pos-1)) {
  while (Estate_sld[x_pos,hammet_sld][i_pos]<Estate_pos_ypf_pos[i_pos]) {
    x_pos%>% pos-1
    print(x_pos,Estate_sld[x_pos,hammet_sld][i_pos],Estate_pos_ypf_pos[i_pos])
  }
}

Estate_pos_ypf_pos[i_pos]=Estate_sld[x_pos-1,hammet_sld][i_pos]+Estate_pos_ypf_pos[i_pos]-Estate_sld[x_pos-1,hammet_sld][i_pos]*Estate_sld[x_pos,hammet_sld][i_pos]
Estate_sld[x_pos-1,hammet_sld][i_pos]=Estate_sld[x_pos,i_pos,hammet_sld][i_pos]

except {bestfitconfidenc:
  Estate_pos_ypf_pos[i_pos]=Estate_sld[x_pos-1,hammet_sld][i_pos]
}

fit_toposolid_rule(Estate_pos_pos,x_delta_pos)
fit_toposolid_rule(Estate_pos_pos,x_delta_pos)
fit_toposolid_rule(Estate_pos_pos,x_delta_pos)
fit_toposolid_rule(Estate_pos_pos,x_delta_pos)

x_pos%>% min_pos,hammet_sld

for (i_pos in range(hammet_pos-1)) {
  while (Estate_sld[x_pos,hammet_sld][i_pos]<Estate_pos_ypf_pos[i_pos]) {
    x_pos%>% pos-1
  }
}

Estate_pos_downf_pos[i_pos]=Estate_sld[x_pos-1,hammet_sld][i_pos]+Estate_pos_downf_pos[i_pos]-Estate_sld[x_pos-1,hammet_sld][i_pos]*Estate_sld[x_pos,hammet_sld][i_pos]
Estate_sld[x_pos-1,hammet_sld][i_pos]=Estate_sld[x_pos,i_pos,hammet_sld][i_pos]

except {bestfitconfidenc:
  Estate_pos_downf_pos[i_pos]=Estate_sld[x_pos-1,hammet_sld][i_pos]
}

```

Рисунок В.5 – Отримання вхідних даних для методів інтегрування
Сімпсона, трапецій, Буля

Результат нових обчислень для розрахунку площі району зберігають в блокноті, вони вже мають рівномірний крок стосовно ΔX . Вхідні дані надані у вигляді масиву послідовного обходу границі території району X-Y і є основою обчислень площі за трьома методами (рис. В.6).

yavovir_p.tsv - Блокнот				
Файл	Правка	Формат	Вид	Справка
-75.0303		14.0404		
-74.5535552941176		15.127396114499374		
-74.08080505882359		15.681282848578824		
-73.60605758823529		16.235169585658294		
-73.1313011764706		16.759528350105825		
-72.63656264705882		17.01635288644487		
-71.18181576470588		17.273177422183913		
-71.70760750588235		17.530001595822295		
-71.23232023529411		17.788626494261994		
-70.75757276470588		19.40545794183764		

.....

50.50506016873529	34.5579081300893
50.565653705882355	34.54579081300893
50.09090623529411	34.577049422176434
54.61615876470588	35.369806275270626
54.14141294117646	35.86477491592815
53.66666323529404	36.3594743556585684
53.19191635294118	36.8547121972432
52.71716888235294	36.967073514702
52.2424214117647	38.521363528238666
51.76767394117647	38.74179098985645
50.29292647058823	39.11308519802972
50.818179	39.56983684995437

.....

Рисунок В.6 – Вхідні дані для реалізації методів підрахунку площі району

У програмі застосовано бібліотеку CSV Python (рис. В.7). Для обробки даних використовують середовище IDLE [22].

```
with open(f_old, newline='') as csv_old, open(f_new, 'w', newline='') as csv_new:
    reader_old, writer_new = csv.reader(csv_old, delimiter=','), csv.writer(csv_new, delimiter=';')
    floats_old=[]
    for line_num, line_old in enumerate(reader_old):
        if (line_num==amount_int):
            amount_old=int(line_old[0])
        if (line_num>=header_int):
            if (len(line_old)>=col_int):
                floats_old.append((float(line_old[0]),float(line_old[1])))
```

Рисунок В.7 – Завантаження даних з файлу pt_new=["yavoriv_p.tsv"]

Отримані результати обчислень виводяться в послідовності використаних методів інтегрального обчислення площини (рис. В.8).

```
report\KozuliaTV2.py
Виміряна кількість 340
Зчитано рядків з файлу 340
Крок 0.4747474705882353
Порахована кількість 171
Крайні точки по довготі -75.0303 5.67677
Індекси крайніх точок 136 244
Трапецій 2361.332409542205
Сімпсона 2362.1013881167096
Буля 2361.7641299347583
>>> |
```

Рисунок В.8 – Результати підрахунку площі Яворівського району (км²)

Проведено порівняльний аналіз методів щодо точності розрахунку площі території Яворівського району Львівської області (рис. В.9).

	A	B	C	D	E	F	G
1	Оцінка помилки розрахунку площі Яворівського району Львівської області						
2							
3	Метод розрахунку		Розрахована площа , км2	Номинальна площа,	Похибка	Відсоток відхилення, %	
4	Розрахунок в Plot Digitizer		2358,00	2 380,0	0,00924	0,924	
5							
6	Метод трапеції		2361,33	2 380,0	0,00784	0,784	
7							
8	МЕТОД СІМПСОНА		2362,10	2 380,0	0,00752	0,752	
9							
10	МЕТОД БУЛЯ		2361,76	2 380,0	0,00766	0,766	
11							

Рисунок В.9 – Результати розрахунку відхилень обчисленого значення площі Яворівського району від номінальної величини

За отриманими результатами найбільш наближеним є результат обчислень за методом Сімпсона – відхилення **0,00752**.

Додаток Г **Приклади розрахунку коефіцієнта антропоїзації досліджених ландшафтів обраної території**

Приклад 1: оцінка природного потенціалу ландшафтних комплексів з урахуванням заміненості ландшафтів за властивостями природних елементів Львівської області (вираз (1.3)). Відповідно до розробленої шкали оцінки складових ландшафтів (див. Додаток А) в EXCEL проводиться загальний розрахунок коефіцієнта змінності (рис. Г.1 та рис. Г.2).

№	Назва мисисре	Складові ландшафти	г	а	в	п	Ш	Ш	Кое	Розрахунок	Результат
1	Поліський	навітряні лісові масиви	3	20%	1,1	6	3,5	0,180			
		лісові масиви	6	40%	1,2	6	3,5	0,180			
		лісові масиви	6	30%	1,2	6	3,5	0,180			
		лісові масиви	6	20%	1,2	6	3,5	0,180			
		лісові масиви	6	10%	1,2	6	3,5	0,180			
		лісові масиви	6	5%	1,2	6	3,5	0,180			
		лісові масиви	6	2%	1,2	6	3,5	0,180			
		лісові масиви	6	1%	1,2	6	3,5	0,180			
		лісові масиви	6	0,5%	1,2	6	3,5	0,180			
		лісові масиви	6	0,2%	1,2	6	3,5	0,180			
2	Олівський	навітряні лісові масиви	3	20%	1,1	6	3,5	0,180			
		лісові масиви	6	40%	1,2	6	3,5	0,180			
		лісові масиви	6	30%	1,2	6	3,5	0,180			
		лісові масиви	6	20%	1,2	6	3,5	0,180			
		лісові масиви	6	10%	1,2	6	3,5	0,180			
		лісові масиви	6	5%	1,2	6	3,5	0,180			
		лісові масиви	6	2%	1,2	6	3,5	0,180			
		лісові масиви	6	1%	1,2	6	3,5	0,180			
		лісові масиви	6	0,5%	1,2	6	3,5	0,180			
		лісові масиви	6	0,2%	1,2	6	3,5	0,180			
3	Підкарпатський	навітряні лісові масиви	3	20%	1,1	6	3,5	0,180			
		лісові масиви	6	40%	1,2	6	3,5	0,180			
		лісові масиви	6	30%	1,2	6	3,5	0,180			
		лісові масиви	6	20%	1,2	6	3,5	0,180			
		лісові масиви	6	10%	1,2	6	3,5	0,180			
		лісові масиви	6	5%	1,2	6	3,5	0,180			
		лісові масиви	6	2%	1,2	6	3,5	0,180			
		лісові масиви	6	1%	1,2	6	3,5	0,180			
		лісові масиви	6	0,5%	1,2	6	3,5	0,180			
		лісові масиви	6	0,2%	1,2	6	3,5	0,180			
4	Центральний	навітряні лісові масиви	3	20%	1,1	6	3,5	0,180			
		лісові масиви	6	40%	1,2	6	3,5	0,180			
		лісові масиви	6	30%	1,2	6	3,5	0,180			
		лісові масиви	6	20%	1,2	6	3,5	0,180			
		лісові масиви	6	10%	1,2	6	3,5	0,180			
		лісові масиви	6	5%	1,2	6	3,5	0,180			
		лісові масиви	6	2%	1,2	6	3,5	0,180			
		лісові масиви	6	1%	1,2	6	3,5	0,180			
		лісові масиви	6	0,5%	1,2	6	3,5	0,180			
		лісові масиви	6	0,2%	1,2	6	3,5	0,180			
5	Південний	навітряні лісові масиви	3	20%	1,1	6	3,5	0,180			
		лісові масиви	6	40%	1,2	6	3,5	0,180			
		лісові масиви	6	30%	1,2	6	3,5	0,180			
		лісові масиви	6	20%	1,2	6	3,5	0,180			
		лісові масиви	6	10%	1,2	6	3,5	0,180			
		лісові масиви	6	5%	1,2	6	3,5	0,180			
		лісові масиви	6	2%	1,2	6	3,5	0,180			
		лісові масиви	6	1%	1,2	6	3,5	0,180			
		лісові масиви	6	0,5%	1,2	6	3,5	0,180			
		лісові масиви	6	0,2%	1,2	6	3,5	0,180			
6	Бессарабський	навітряні лісові масиви	3	20%	1,1	6	3,5	0,180			
		лісові масиви	6	40%	1,2	6	3,5	0,180			
		лісові масиви	6	30%	1,2	6	3,5	0,180			
		лісові масиви	6	20%	1,2	6	3,5	0,180			
		лісові масиви	6	10%	1,2	6	3,5	0,180			
		лісові масиви	6	5%	1,2	6	3,5	0,180			
		лісові масиви	6	2%	1,2	6	3,5	0,180			
		лісові масиви	6	1%	1,2	6	3,5	0,180			
		лісові масиви	6	0,5%	1,2	6	3,5	0,180			
		лісові масиви	6	0,2%	1,2	6	3,5	0,180			
7	Вороніський	навітряні лісові масиви	3	20%	1,1	6	3,5	0,180			
		лісові масиви	6	40%	1,2	6	3,5	0,180			
		лісові масиви	6	30%	1,2	6	3,5	0,180			
		лісові масиви	6	20%	1,2	6	3,5	0,180			
		лісові масиви	6	10%	1,2	6	3,5	0,180			
		лісові масиви	6	5%	1,2	6	3,5	0,180			
		лісові масиви	6	2%	1,2	6	3,5	0,180			
		лісові масиви	6	1%	1,2	6	3,5	0,180			
		лісові масиви	6	0,5%	1,2	6	3,5	0,180			
		лісові масиви	6	0,2%	1,2	6	3,5	0,180			

Рисунок Г.1 – Розрахунок коефіцієнта змінності ландшафтів Львівської області

	Назва мезокори	Складові ландшафту	f	p	g	n	Шан	Кап
5	Передгірський	осадові відкладення	3	70%	1,1	7	3,3	0,1617
		дерново-підзолисті поверхнево-опієсні ґрунти	4	15%	1,15	5	4,6	0,0343
		сірі опідзолені ґрунти	4	15%	1,15	3	4,6	0,0207
		буково-дубові ліси	2	20%	1,05	4	2,1	0,0168
		буково-дубово-соснові ліси	2	10%	1,05	3	2,1	0,0063
		стислого-господарські угіддя	7	30%	1,3	5	9,1	0,1366
		заболочені ділянки	3	5%	1,1	2	3,3	0,0033
		річки	1	4%	1	6	1	0,0032
		відстоковища	9	2%	1,4	2	12,6	0,0094
		мінеральні джерела	5	0,10%	1,2	4	6	0,0004
		карстово-карбонатні доміни	1	6%	1	4	1	0,0004
		горбисто-рівнинний рельєф	1	34%	1	6	1	0,0204
		Разом					56,7	0,41108

Рисунок Г.2 – Фрагмент оцінки змінності ландшафтів району Львівської області

Приклад 2: оцінка природного потенціалу природно територіального комплексу Волинської області відповідно до наявних ландшафтів і господарської діяльності (рис. Г.3).

1	Волинський ландшафтний район	Місцевість населеного підзону пріс	флювіогляціальні терраси	5	20%	1,2	2	6	0,0081	
			дерново-підзолисті ґрунти	3	60%	1,1	5	3,3	0,099	
			торфянища	4	40%	1,15	3	4,6	0,0552	
			мішані та березові ліси	2	20%	1,05	2	2,1	0,0084	
			болота	3	10%	1,1	3	3,3	0,0099	
			природоохоронні території	1	10%	1	1	1	0,001	
			разом	6	60%	1,25	1	6	0,045	
	Волинський ландшафтний район	Місцевість агроландшафту населеного пріс	разом					26,3	0,3025	
			алеутський відкриття	4	60%	1,15	3	4,6	0,00624	
			субабсолютні суглинні ґрунти	7	30%	1,3	2	9,1	0,0546	
			дерново-субабсолютні світлі ґрунти	5	70%	1,2	4	6	0,168	
			болота	3	15%	1,1	3	3,3	0,00495	
			разом	6	10%	1,25	1	6	0,007	
			ліси	2	10%	1,05	3	2,1	0,0178	
2	Львівсько-Волинський ландшафтний район	Місцевість помірно-дуже вологого рівнинно-заходнього мезоклімату	флювіогляціальні терраси	5	60%	1,2	3	6	0,108	
			дерново-підзолисті світлі ґрунти	4	60%	1,15	2	4,6	0,0552	
			болота та торфяно-болотні ґрунти	3	40%	1,1	2	3,3	0,0164	
			ліси дубово-соснові	2	20%	1,05	4	2,1	0,0168	
			разом	6	15%	1,25	5	7,5	0,0242	
			ліси	4	40%	1,15	1	4,6	0,007	
			болота	3	15%	1,1	3	3,3	0,00495	
	Львівсько-Волинський ландшафтний район	Місцевість помірно-вологого субгір'я пріс	разом					33,6	0,2863	
			флювіогляціальні терраси	1	80%	1,1	1	3,3	0,0044	
			субабсолютні відкриття	5	40%	1,2	4	6	0,108	
			суглинні	7	50%	1,3	3	9,1	0,15015	
			ліси дубово-соснові	2	30%	1,05	5	2,1	0,0315	
			ліси	8	10%	1,1	1	4,6	0,004	
			разом	6	20%	1,25	1	7,5	0,005	
3	Горішківський ландшафтний район	Місцевість мішаного лісового мезоклімату	алеутський відкриття	3	75%	1,1	2	3,3	0,0495	
			сірі сілі ґрунти	8	80%	1,15	4	10,8	0,1456	
			опідзолені ґрунти	5	20%	1,2	6	6	0,012	
			ліси	6	60%	1,25	1	7,5	0,045	
			болота	2	30%	1,05	2	2,1	0,0126	
			разом	3	20%	1,1	2	3,3	0,0132	
	Горішківський ландшафтний район	Місцевість другої карстової лесної зони	разом					33	0,5339	
			алеутський відкриття	6	90%	1,25	3	7,5	0,2025	
			чорноземні	7	60%	1,3	5	9,1	0,273	
			опідзолені ґрунти	3	40%	1,2	6	3,6	0,0864	
			ліси	6	30%	1,25	1	7,5	0,0225	
			ліси	2	10%	1,05	1	2,1	0,0021	
			болота	3	60%	1,1	1	3,3	1,98	
4	Шатківський ландшафтний район	Місцевість помірно-дуже вологого рівнинно-заходнього мезоклімату	разом					33,6	0,2863	
			флювіогляціальні терраси	4	80%	1,15	2	9,2	0,0736	
			дерново-субабсолютні світлі ґрунти	4	60%	1,15	4	4,6	0,1196	
			торфяно-болотні ґрунти	3	10%	1,1	4	3,3	0,0462	
			природоохоронні території	1	75%	1	1	1	0,0075	
			ліси	4	15%	1,15	3	4,6	0,007	
			разом	6	10%	1,25	3	7,5	0,0125	
	Шатківський ландшафтний район	Місцевість домінуючої карстової лесної зони	разом					25,42	0,2163	
			арфидові терраси	3	60%	1,1	2	3,3	0,0396	
			підзолисті суглинні	5	30%	1,2	5	6	0,408	
			дерново-субабсолютні	4	45%	1,15	4	4,6	0,048	
			ліси	4	40%	1,15	1	4,6	0,0310	
			сосновий ліс	2	60%	1,05	1	2,1	0,0120	
			разом					20,64	0,2452	

Рисунок Г.3 – Приклад надання оцінки змінності ландшафтів Волинської області

СЛОВНИК СПЕЦІАЛЬНИХ ТЕРМІНІВ

Агробіоценоз (від грец. *αγρος* – поле, *βίος* – життя, *κοίηος* – загальний) – штучно створене угруповання живих організмів з метою отримання продовольчої, технічної чи іншої продукції, необхідної для задоволення життєвих потреб суспільства⁷.

Агроландшафти – антропогенні ландшафти з переважанням біотичної частини угруповань живих організмів, штучно сформованих людиною, що замінили природні фіто і зооценози на переважаючій території. Ландшафти, на яких природна рослинність замінена посівами та посадками сільськогосподарських рослин; пейзаж сільської місцевості.

Адаптація (лат. *adaptatio* – пристосування, біологія, екологія) – сукупність морфологічних, популяційних та ін. особливостей біологічного виду, що забезпечує специфічний спосіб життя особин у певних умовах зовнішнього середовища; процес формування пристосувань у організмів, які забезпечують їх існування в умовах змін середовища.

Антроми або *антропогенні біоми* відомі як біоми людини (Anthropogenic biome).

Антропізація (др. греч. *anthropos*– людина) – вплив людини на природу. Створення *антропогенних і урбанізованих ландшафтів*.

Апріорна модель – абстрагування від реальності на основі поглядів дослідника, формування зображення (уявлення) об'єкта і предмета дослідження, виділення основних понять і зв'язків між ними.

Апріорний аналіз безпеки – аналіз стану, ситуації до виникнення несприятливих подій, який проводиться в умовах невизначеності.

Апостеріорна модель – інтерпретація результатів застосування методу, підведення підсумків, визначення результатів.

Апостеріорний аналіз – аналіз стану, ситуації після реалізації небажаної події, який має за мету розробку рекомендацій щодо підвищення рівня безпеки, зниження ризиків. Даний вид аналізу пов'язаний з дослідженням одного з запропонованих сценаріїв, який був реалізований.

Арифметичне середнє – частка від ділення суми кількох чисел ($a_1, a_2, \dots, a_n$) на їхню кількість: $a = (a_1 + a_2 + \dots + a_n)/n$.

⁷ Роговський С.В. Термінологічний словник-довідник фахівця з садово-паркового будівництва і ландшафтної архітектури. Київ : КНТ, 2017. 140 с. URL : https://rep.btsau.edu.ua/bitstream/BNAU/5639/3/terminologichnyj_slovyk.pdf

База даних – сукупність систематизованих та упорядкованих даних, збережених у пам'яті комп'ютера, що виступають як вихідні для розв'язання проблемних задач засобами комп'ютерних програм. Існують реляційні, ієрархічні, об'єктно-орієнтовані та інші види баз даних.

Безпека екологічна – 1) сукупність дій, станів і процесів, що не приводять до життєво важливих збитків, загроз і небезпек, які завдаються природному середовищу, окремим людям і людству; 2) комплекс станів, явищ і дій, який забезпечує екологічний баланс на Землі і для будь-яких систем відповідно до наявних соціально-економічних, технологічних можливостей, що розглядається на глобальному, регіональному, локальному рівні екологічної безпеки.

Біогеоценоз (грец. *bios* – життя + *gē* – земля + *koinos* – загальний, спільний) – еволюційне сформований комплекс взаємопов'язаних адаптацією і залежністю живих організмів та абіотичного середовища в більш-менш гомогенному екотопі, ранг екосистеми. Історично сформований взаємозумовлений комплекс живих і неживих компонентів певної ділянки земної поверхні, пов'язаних між собою обміном речовин та енергії.

Біотоп (від біо... і грец. *τόπος* – місце) – ділянка земної поверхні (суходолу або дна водойми) з однотипними умовами рельєфу, кліматичними особливостями та іншими абіотичними чинниками (світло, тиск, рН-середовища, механічні та фізико-хімічні властивості субстрату, мінеральні й органічні речовини тощо), яку займає певне біотичне угруповання (біоценоз). Між біоценозом і біотопом, які разом складають екосистему (біогеоценоз), існує постійний обмін речовиною, енергією та інформацією. У загальному розумінні **біотоп** – це неорганічний компонент екосистеми (біогеоценозу) зі специфічним комплексом умов, що визначає видовий склад організмів, особливості їх існування.

Вертикальна структура ландшафту – це ярусна побудова, упорядковане розміщення компонентів – від твердого фундаменту до повітряного шару при максимальній концентрації живої речовини на контакті твердого, рідинного та газоподібного середовища.

Географічна інформаційна система (геоінформаційна система, ГИС) – це інформаційна система, що забезпечує збирання, зберігання, оброблення, доступ, відображення та поширення просторово-орієнтованих даних (просторових даних); це сукупність електронних карт з умовними позначками об'єктів на них, баз даних з інформацією про об'єкти та програмного забезпечення для роботи з картами і базами як єдиним цілим.

Це інтерактивні системи, здатні реалізувати збір, систематизацію, зберігання, обробку, оцінку, відображення і розповсюдження даних і як засіб отримання на їхній основі нової інформації і знань про просторово-часові явища.

Горизонтальна структура ландшафту – морфологічна структура – взаємне розміщення підлеглих локальних геосистем і засобів їх поєднання, або в їх зв'язаності, яка забезпечується не тільки стоком, а і схиловим переміщенням матеріалу місцевої циркуляції повітря (наприклад, стіканням холодного повітря в пониження рельєфу), вітровим переносом солей і пилу, міграцією організмів.

Динаміка ландшафтів – кількісні зміни, які відбуваються в ПТК під дією природних і антропогенних факторів і не приводять до якісної перебудови його структури.

Дисипація (лат. *dissipatio* – розсіювання) – перехід частини енергії упорядкованих процесів в енергії неупорядкованих процесів, в кінцевому результаті – у теплоту.

Екологічне прогнозування – це передбачення можливої поведінки природних систем, що визначається природними процесами і дією на них людства.

Екологічне управління – діяльність державних органів і економічних суб'єктів, головним чином спрямована на дотримання встановлених вимог природоохоронного законодавства, на розробку і реалізацію відповідних проектів і програм.

Енергообмін – це кругообіг і трансформація сонячної енергії. Вона здатна перетворитись в інші види енергії – теплову, хімічну, механічну. Завдяки сонячній енергії відбуваються вологообмін і біогенний кругообіг, що визначає інтенсивність функціонування ландшафтів.

Ландшафтна архітектура – об'ємно-просторова організація території, об'єднання природних, будівельних і архітектурних компонентів у цілісну композицію, що несе певний художній образ.

Ландшафтний баланс – це комплекс взаємозв'язків між структурою місця існування, генезисом ґрунту, водним балансом, кліматом, біотичним розвитком природи та її техногенними змінами. Основою ландшафтного балансу є водний баланс (баланс річкового водозбору, екотопу).

Ландшафтно-екологічні дослідження – комплекс робіт, спрямованих на визначення екологічного стану ландшафтів, чинників і процесів його динамічних змін.

Навколишнє середовище (довкілля) – оточуючий людину природний і створений нею інформаційно-матеріальний світ. *Навколишнє природне середовище* (НПС) – природна складова частина довкілля.

Нерелевантні місця (території) – відібрані у результаті інформаційного пошуку, але стан (зміст) яких не відповідає запиту користувача.

Промислові ландшафти – вид антропогенних ландшафтів, що формуються навколо великих промислових підприємств або в межах промислових районів, характеризуються швидким накопиченням *техномаси*; наявністю двох'ярусної (наземної і підземної) структури; повною антропогенізацією всіх геокомпонентів та ландшафтних комплексів.

Ризик екологічний – імовірність небезпечних ефектів для природних систем, людини та оточення в наслідку антропогенних впливів.

Синергетичні системи – складні відкриті нерівноважні самоорганізовані системи, здатні на зовнішні впливи відповідати самоорганізацією структур при зменшенні системної інформації за рахунок її згортання.

Систем-системний об'єкт – інформаційно-структурне утворення визначене як складна систем за рахунок інформаційної ув'язки цілісності з урахуванням гомеостазу внутрішньо системного і система-середовище.

Сталий розвиток (англ. *sustainable development*) – еколого-економічно збалансований, тривалий, безперервний розвиток людства, що задовольняє потребам не за рахунок прийдешніх поколінь.

Техногенні ландшафти – одна із генетичних груп антропогенних, як підсічні, орні, пірогенні та інші. До техногенних ландшафтів відносити лише ті антропогенні ландшафтні комплекси, що утворилися в результаті взаємодії техніки або геотехнічної системи з природним середовищем, у яких докорінно змінена літогенна основа, а відповідно й створена заново ландшафтна структура: кар'єрно-відвальні ландшафти, що формуються у місцях видобутку корисних копалин; сади, лісові насадження, сільськогосподарські та інші угіддя, створені на терасованому схилі балки, долини річки, гори або на наливній, насипній поверхні тощо.

Техномаса (техногенна речовина) – позначення сукупності різноманітних матеріальних речовин, створених працею людей, – специфічний компонент неприродного походження, що насичує усі горизонти ландшафтної сфери і вступає в процеси гіпергенного метаболізму: значна кількість техномаси поступає в ландшафтну сферу у процесі видобутку і переробки мінерально-сировинних ресурсів, різноманітних руд металів.

Навчальне видання

КОЗУЛЯ Тетяна Володимирівна

ЛАНДШАФТНА ЕКОЛОГІЯ

Навчально-методичний посібник
для студентів денної та заочної форм навчання
за спеціальністю Е2 «Екологія»,
G2 «Технології захисту навколишнього середовища»

Відповідальний за випуск доц. Шестопалов О.В.
Роботу до видання рекомендувала проф. Самойленко Н. М.

В авторській редакції

План 2025 р., поз. 24

Гарнітура Times New Roman.

Ум. друк. арк. 5,0

Видавничий центр НТУ «ХП».
Свідоцтво про державну реєстрацію ДК № 5478 від 21.08.2017 р.
61002, Харків, вул. Кирпичова, 2

Електронне видання