

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
Київський національний університет будівництва і архітектури

ГЕОПРОСТОРОВИЙ АНАЛІЗ

Методичні вказівки та завдання
до виконання лабораторних робіт
для здобувачів другого (магістерського) рівня
спеціальності 193 «Геодезія та землеустрій»
спеціалізації «Геоінформаційні системи і технології»
денної та заочної форм навчання

Київ 2025

УДК 528.92

Г35

Укладачі: Ю.В. Горковчук, канд. техн. наук, доцент,
Д.О. Кінь, PhD, доцент,
Ю.С. Максимова, канд. техн. наук, доцент

Рецензент Є.С. Середінін, генеральний директор компанії
«ESRI Ukraine».

Відповідальний за випуск Ю. О. Карпінський, д-р техн. наук,
професор

*Затверджено на засіданні кафедри геоінформатики та
фотограмметрії, протокол № 2 від 28 серпня 2024 року.*

В авторській редакції.

Геопросторовий аналіз [Електронний ресурс] : методичн
Г35 і вказівки та завдання до виконання лабораторних робіт /уклад.:
Ю.В. Горковчук, Д.О. Кінь, Ю.С. Максимова. – Київ: КНУБА,
2025. – 56 с.

Розглянуто та описано порядок застосування методів
геопросторового аналізу для різних прикладних завдань: аналіз
транспортних мереж, інтерполяція та статистичний аналіз,
картометричні операції, аналіз оптимального розташування об'єктів,
моделювання за допомогою нечітких множин.

Призначено для здобувачів другого (магістерського) рівня
вищої освіти спеціальності 193 «Геодезія та землеустрій» спеціалізації
«Геоінформаційні системи і технології» денної та заочної форм
навчання.

© Ю.В. Горковчук,
Д.О. Кінь,
Ю.С. Максимова, 2025
© КНУБА, 2025

ЗМІСТ

ЗАГАЛЬНІ ПОЛОЖЕННЯ	4
ЛАБОРАТОРНА РОБОТА №1 «Введення в просторовий аналіз».....	5
ЛАБОРАТОРНА РОБОТА №2 «НАБОРИ ТОЧОК ТА СТАТИСТИКА ВІДСТАНІ»	16
ЛАБОРАТОРНА РОБОТА №3 «МЕТОДИ ІНТЕРПОЛЯЦІЇ В ARCGIS».....	22
ЛАБОРАТОРНА РОБОТА №4 «МЕРЕЖЕВИЙ АНАЛІЗ В ARCGIS. ЗНАЙТИ НАЙКОРОТШИЙ ШЛЯХ МІЖ ВЕРШИНАМИ ГРАФА ЗА АЛГОРИТМОМ ДЕЙКСТРА (ЗА ВАРІАНТОМ)»	29
ЛАБОРАТОРНА РОБОТА №5 «АНАЛІЗ МІСЦЕРОЗТАШУВАННЯ В ARCGIS».....	40
ЛАБОРАТОРНА РОБОТА №6 «МОДЕЛЮВАННЯ НА ОСНОВІ ТЕОРІЇ НЕЧІТКИХ МНОЖИН»	44
СПИСОК РЕКОМЕНДОВАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ	56

ЗАГАЛЬНІ ПОЛОЖЕННЯ

Мета методичних вказівок – є забезпечення здобувачів компетентностями та вміннями застосовувати сучасні методи і технології геоінформаційних систем (ГІС), які застосовуються для вирішення задач геодезії, землеустрою, управління територіями та прогнозування просторових процесів. У здобувача сформуються основні навички аналізу, опрацювання та візуалізації геопросторових даних. Ці методичні вказівки охоплюють основи роботи з ГІС на прикладі ArcGIS та QGIS, методи моделювання територій, обробку великих обсягів даних та створення картографічних продуктів.

Під час вивчення дисципліни студенти отримують практичні навички, що дозволяють застосовувати геоінформаційні технології у професійній діяльності. Використовуючи сучасне програмне забезпечення, вони опановують методи інтеграції даних, геопросторового аналізу, виявлення закономірностей у розподілі ресурсів і планування територій. Таким чином, це сприяє підготовці фахівців, здатних ефективно працювати з геопросторовою інформацією у різних галузях та сферах діяльності.

Лабораторні роботи виконуються індивідуально кожним студентом з оформленням звіту та захистом.

Лабораторні роботи включають:

- тему та мету роботи;
- короткі теоретичні положення;
- порядок виконання роботи.

ЛАБОРАТОРНА РОБОТА №1

«ВВЕДЕННЯ В ПРОСТОРОВИЙ АНАЛІЗ»

Мета: вивчення основних функцій візуалізації інформації в середовищі ArcGIS, засвоєння інструментів картографічної алгебри.

Завдання: Візуалізація даних в ArcMap. Розрахунок довжини та площі. Створення звіту.

Вихідні дані: .../_Lab1_intodArcGIS/

regions_region.shp,

railway_line.shp,

highway_line.shp,

water_line.shp,

water_poligon.shp

(Resource: <http://www.openstreetmap.org/>)

Короткі теоретичні положення

Будь яка геоінформаційна система виконує три загальні функції оброблення географічних даних: управління даними на основі баз геопросторових даних (або баз геоданих), аналіз даних з застосуванням інструментів геооброблення та візуалізація даних за допомогою картографічних правил і символів.

В контексті геоінформаційної системи ArcGIS прийнято такі визначення:

База геоданих (Geodatabase): - просторова база даних, що містить набори даних, які подають географічну інформацію в контексті загальної моделі даних ГІС (векторні об'єкти, растри, топологія, мережі і тому подібне).

Геовізуалізація (Geovisualization): - набір карт та інших видів візуалізації даних, що відображають просторові об'єкти на земній поверхні.

Геооброблення (Geoprocessing): - набір інструментів для здобуття нових наборів географічних даних з існуючих. Функції геооброблення просторових даних отримують інформацію з існуючих наборів даних на основі аналітичних функцій для створення похідних наборів даних.

ArcGIS – інтегрований набір програмних ГІС-продуктів, що надає масштабоване середовище для роботи окремих користувачів ГІС на

серверах, через WEB та в польових умовах. До його складу входить ряд структурних компонентів: настільні ГІС-продукти (ArcGIS Desktop): ArcView, ArcEditor, ArcInfo, ArcReader; вбудовані ГІС-продукти: ArcGIS Engine; серверні ГІС-продукти: ArcGIS Server, ArcIMS, ArcSDE; мобільні ГІС-продукти: ArcGIS Mobile та ArcPAD.

ArcGIS базується на загальній модульній бібліотеці роздільних програмних ГІС-компонентів, що має назву ArcObjects. До складу ArcObjects входить широкий набір програмних компонентів, що дозволяють описати як прості об'єкти (окремі геометричні об'єкти), так і складні (об'єкт карти для взаємодії з існуючими документами ArcMap). Архітектура кожного продукту ArcGIS побудована на основі ArcObjects та являє собою різні варіанти контейнерів прикладних розробок у складі настільних, вбудованих та серверних ГІС. Настільні ГІС - основні робочі місця ГІС-професіоналів для використання географічної інформації та накопиченого знання.

ArcGIS Desktop є комплексною, інтегрованою, масштабованою системою, призначеною для задоволення потреб широкого кола користувачів ГІС. Продукти ArcGIS Desktop вміщують інтегрований набір розвинутих ГІС-продуктів. Розширити можливості настільних продуктів ArcGIS Desktop дозволяє набір додаткових модулів (ArcGIS Spatial Analyst та ArcPress для ArcGIS). Розробити свої власні розширення користувачі можуть з використанням ArcObjects. Нові розширення та інструменти можна створювати з допомогою стандартних програмних Windows - інтерфейсів: Visual Basic, .NET, Java та Visual C++.

ArcGIS доступний у вигляді трьох програмних продуктів, кожний з яких забезпечує більш високий рівень функціональності та може бути налаштованим і розширеним з використанням пакета розробника ArcGIS Development Kit. ArcView забезпечує інструментами комплексного картографування та аналізу від простого редагування до геообробки. ArcEditor включає всі функції ArcView та розширені можливості створення та редагування шейп-файлів і баз геоданих. ArcInfo - найпотужніший з настільних продуктів ArcGIS, призначений для професіоналів. Він розширює функціональність обох продуктів, включаючи в себе розширені можливості геооброблення, а також включає

в себе програми для ArcInfo Workstation (Arc, ARCPLOT™, ArcEdit™, тощо).

Всі продукти ArcGIS мають спільну архітектуру та користувачі, які працюють з будь-якою з цих програм, можуть одночасно використовувати будь-який з цих продуктів та поширювати роботи для інших.

Карти, дані, символіка, шари, призначені для користувача інструменти та інтерфейси, звіти, метадані тощо, можуть бути доступні як взаємозамінні у всіх трьох продуктах.

Карти, дані та метадані, створені з допомогою ArcGIS Desktop, можна поширювати усім користувачам, у яких встановлена програма ArcReader, додатки ArcGIS Engine, або через сучасні ГІС Web-сервіси, що надаються засобом ArcIMS та ArcGIS Server. Більш повну інформацію про всю лінійку продуктів ESRI можна знайти на веб-сторінці розробника в мережі Інтернет - <http://www.esri.com>.

До складу додатків ArcGIS Desktop входить ряд настільних Windows- продуктів (ArcMap, ArcCatalog, ArcScene та ArcGlobe, а також ArcToolbox, ГеоПроцесор та графічний інтерфейс побудови моделей ModelBuilder) з компонентами інтерфейсу користувача. ArcMap є основним додатком ArcGIS для відображення, редагування, створення та аналізу даних. ArcCatalog являє собою інструмент для доступу до даних та управління ними. ArcCatalog призначений для організації структури зберігання просторових даних, для створення баз даних, запису, перегляду та управління метаданими.

Додаток ArcMap передбачає два режими роботи: Вид даних та Вид компоновки. В режимі Вид даних доступні можливості відображення даних, редагування, досліджування та аналізу, а також виконання запитів. Коли необхідно створити тверду копію карти, необхідно перейти до режиму Виду компоновки. Цей вид потрібний, щоб додати всі інші елементи карти, такі як стрілка півночі, умовні позначення, масштаб, назва та інша текстова інформація (наприклад, автор, дата створення карти, тип проекції) [1].

QGIS - є ГІС з відкритим вихідним кодом. QGIS випускається на

умовах ліцензії General Public License (GPL), що означає, що ви можете переглянути та змінити початковий код, і гарантує, що ви завжди будете мати доступ до програмного забезпечення ГІС, яке є безкоштовним та може вільно адаптуватися.

Інтерфейс QGIS поділяється на п'ять областей: головне меню, панель інструментів, легенда, область карти, рядок стану (рис. 1.1)

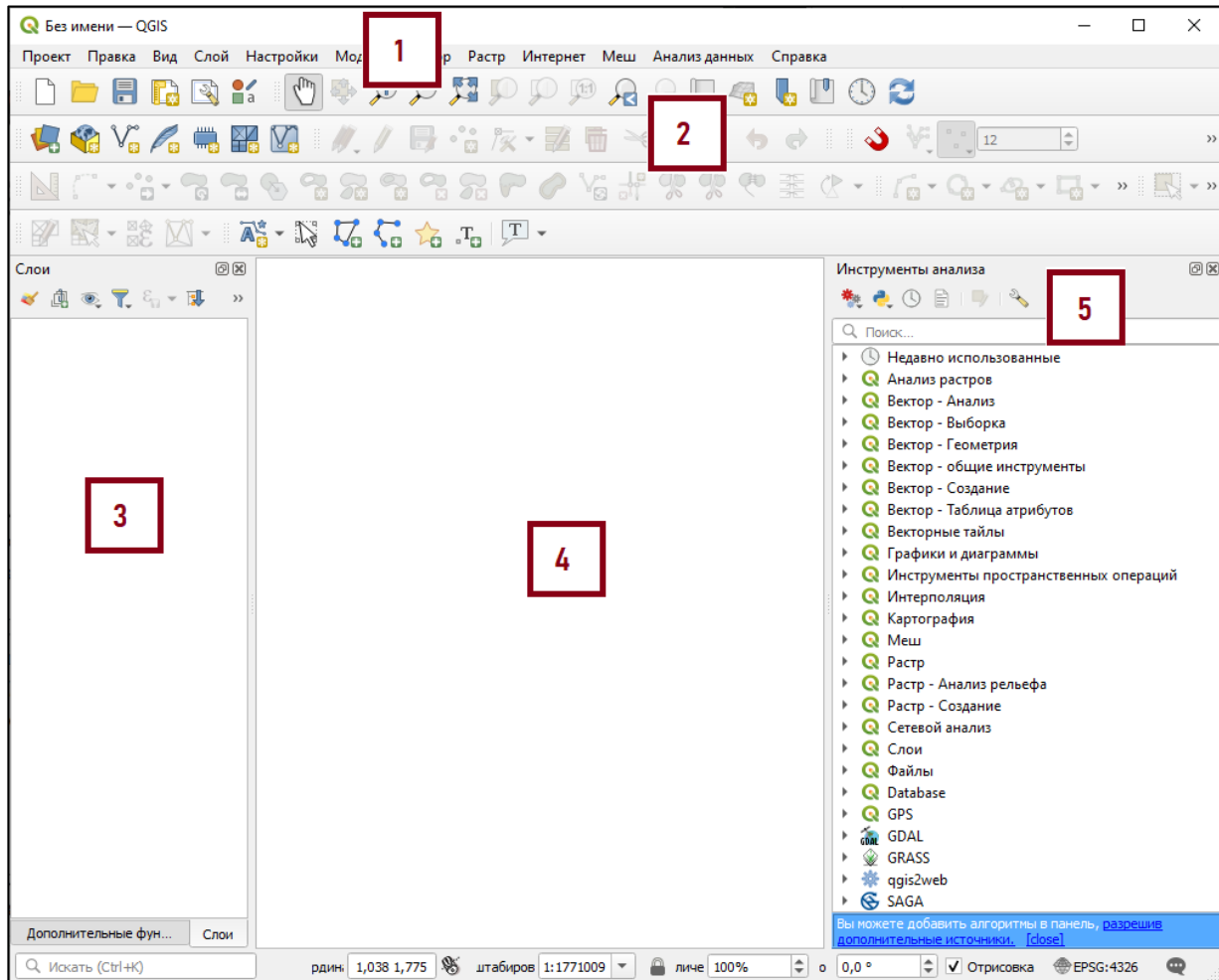


Рис. 1.1. Интерфейс QGIS:

1 – головне меню, 2 – панель інструментів,
3 – легенда, 4 – область карти, 5 – рядок стану

QGIS дає змогу використовувати велику кількість поширених ГІС функцій, що забезпечені вбудованими інструментами та модулями.

Щільність – це показник, що подає число дискретних об'єктів n на одиницю площі s :

$$d=n/s. \quad (1.1)$$

Порядок виконання роботи в середовищі ArcGIS

1. Створити базу геоданих в ArcGIS та завантажити векторні дані. Використовуйте ArcCatalog для створення нової бази геоданих для проекту (тип бази даних File або Personal). Створить набір даних Feature Dataset в базі даних з ім'ям *Name_Lab1_20__* (вказати рік групи). Задайте проекцію Map Projection UTM Zone 36N with respect to WGS84 в якості картографічної проекції для набору даних. Імпортуйте вхідні shape-файли в набір даних. Створить базу геоданих за допомогою інструменту Create Personal GDB меню інструментів Workspace: ArcToolbox / Workspace / Create Personal GDB.

Для додання даних до БГД застосуйте набір інструментів To Geodatabase з набору утіліт Conversion Tools: ArcToolbox / Conversion Tools / To Geodatabase (рис. 1.2).

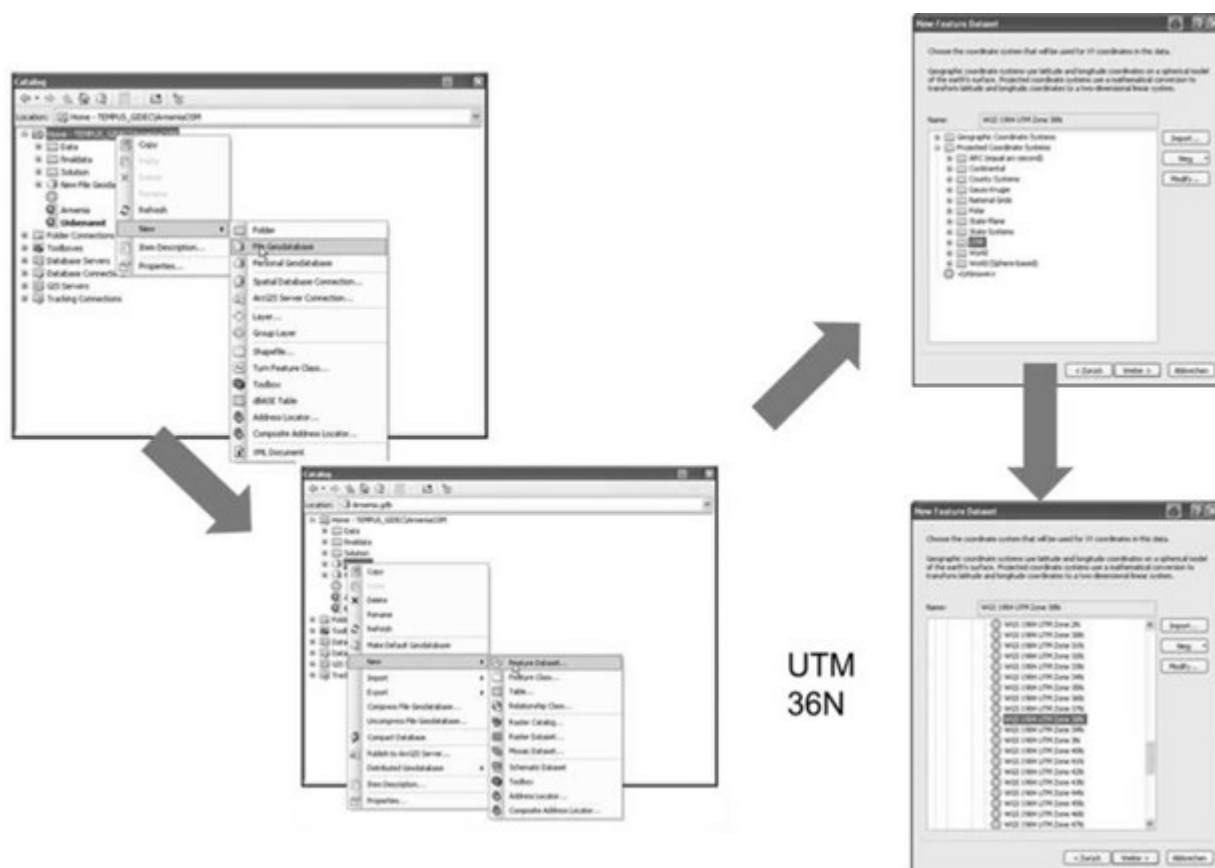


Рис. 1.2. Створення бази геопросторових даних в ArcCatalog

2. Візуалізація даних в ArcMap. До вікна карти додати вхідні шари даних. Змінити умовні позначення для кожного шару даних відповідно до змісту. Додати надписи об'єктів (назва об'єктів гідрографії, назва регіонів України).

Питання 1. Додайте до звіту скріншот вікна ArcMap після завершення редагування (1 бал).

3. Додати до карти сітку координат у вигляді шейп-файлу за допомогою інструменту Create Fishnet: ArcToolbox / Data management Tools / Feature Class / Create Fishnet з використанням Екстенту шару регіонів України та різною кількістю строк та стовпців.

4. Вибрати в окремий шар об'єкти залізниці відповідної області (регіон України відповідно до варіанту) (табл. 1.1).

Таблиця 1.1

Регіони України

Варіант	Регіон	Варіант	Регіон
1	м. Київ		
2	Донецька область	15	Миколаївська область
3	Дніпропетровська область	16	Хмельницька область
4	Харківська область	17	Сумська область
5	Київська область	18	Житомирська область
6	Одеська область	19	Чернігівська область
7	Львівська область	20	Кіровоградська область
8	Луганська область	21	Рівненська область
9	Полтавська область	22	Закарпатська область
10	Запорізька область	23	Волинська область
11	АР Крим	24	Херсонська область
12	Вінницька область	25	Тернопільська область
13	Івано-Франківська область	26	Чернівецька область
14	Черкаська область	27	м. Севастополь

За допомогою інструменту Вибірка за розташуванням Selection by location з меню Select виділити елементи шару залізниці, що розташовані в межах відповідної області (в опціях вибірки необхідно вказати застосування виділеного об'єкту з цільового шару). Для збереження вибірки в окремий шар застосуйте інструмент Створити новий шар Create a new layer з контекстного меню шару Залізниці. Задайте ім'я шару *NameRegion_2020*.

Питання 2. Яка кількість лінійних об'єктів складає новий шар? (2 бали)

5. Розрахувати довжину кожного елементу та визначити загальну довжину залізниці в області дослідження. Додати до атрибутивної таблиці поле Length (меню Опції Option атрибутивної таблиці / Додати поле Add field / тип Double), застосувати опцію Розрахунок геометрії Calculate geometry для автоматичного розрахунку довжини сегментів. В діалоговому

вікні Статистика поля Statistics знайти відомості про загальну довжину залізниці, а також розмір найменшого та найбільшого сегменту.

Питання 3. Додайте до звіту скріншот вікна з результатами роботи інструменту Статистика поля (1 бал).

6. Визначити площу регіону дослідження із застосуванням інструменту Розрахунок Геометрії Calculate geometry контекстного меню атрибутивної таблиці даних. На основі отриманих даних визначити щільність покриття регіону залізницями. Вивести показник на карту.

Питання 4. Додайте до звіту скріншот вікна ArcMap з візуалізацією показника щільності покриття регіону залізницями (1 бал).

7. Виконати подібні розрахунки для визначення щільності покриття регіону автомобільними дорогами та об'єктами гідрографії. При обчисленні щільності гідрографічної мережі врахувати також об'єкти гідрографії полігонального шару.

Питання 5. Додайте до звіту два скріншот вікна ArcMap з візуалізацією показників щільності покриття регіону автомобільними дорогами та об'єктами гідрографії (2 бали).

8. В режимі перегляду Вид компоновки View layout (меню View) створити звіт з такими елементами карти: назва, умовні позначення, сітка координат, рамка, масштабна лінійка, стрілка на північ, автор, дата створення. Зберегти результат роботи в форматі JPEG (меню File /Export map).

Питання 6. Додайте до звіту зображення, що отримали за результатами експорту карти (3 бали).

Порядок виконання роботи в середовищі QGIS

1. Візуалізація даних в QGIS.

Для завантаження вхідних даних в форматі . shp застосувати команду *Додати векторний шар* в контекстному меню *Шар*. В області *Легенди* встановити умовні позначення для кожного шару даних відповідно до змісту. Додати надписи об'єктів (назва об'єктів гідрографії, назва регіонів України).

2. Додати до карти сітку координат: вкладка Вид / Оформлення / сітка Grid. Яким налаштуванням в діалоговому вікні сітки відповідає вид карти на рисунку 1.3?

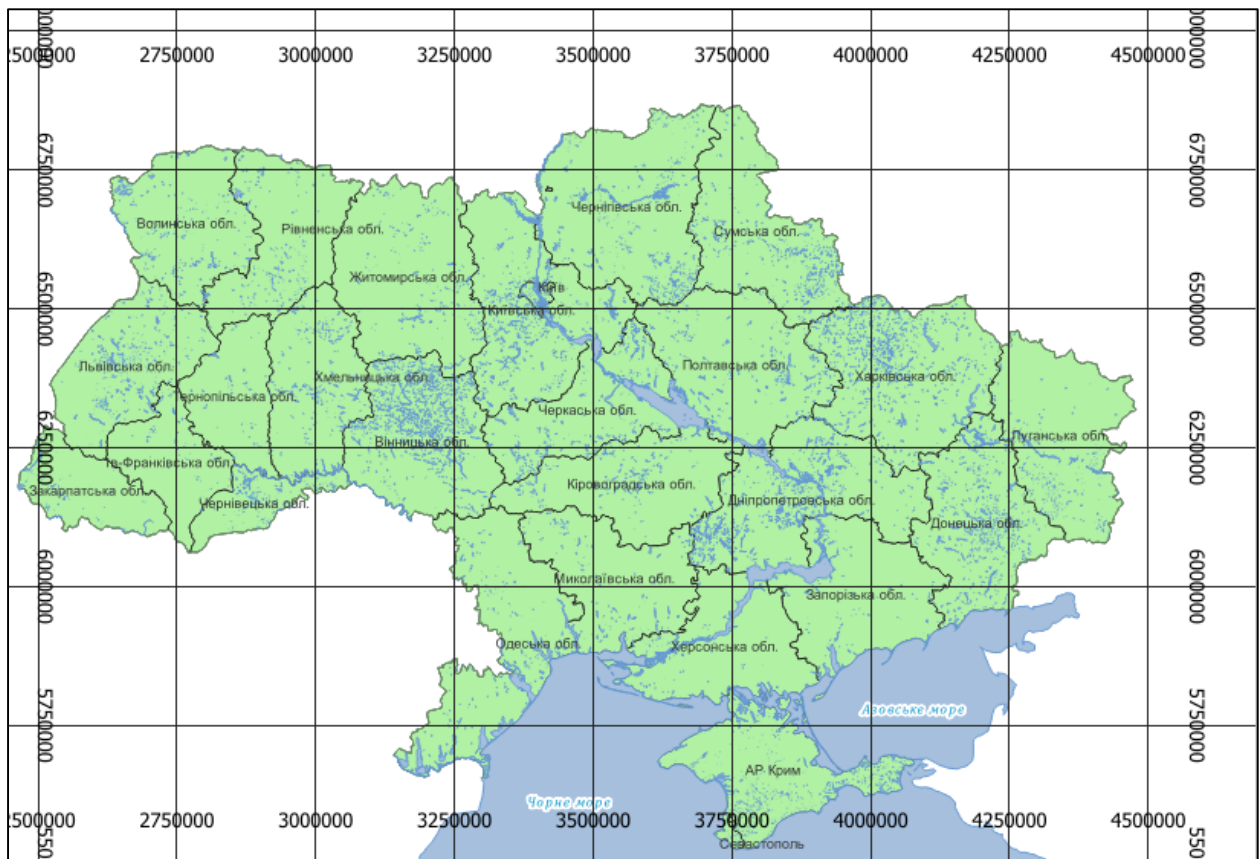


Рис. 1.3. Налаштований проєкт QGIS

3. Вибрати в окремий шар об'єкти залізниці відповідної області (регіон України відповідно до варіанту) за допомогою інструменту *Просторовий запит Spatial query* на панелі інструментів *Вектор Vector*. В діалоговому вікні вкажіть цільовий шар вибірки (Залізниця) та шар, що обмежує вибірку (регіони України) та встановіть опцію використання виділених об'єктів. Для збереження вибірки в окремий шар застосуйте опцію *Створити новий векторний шар Save selection as new vector file* з меню *Шар*.

4. Розрахувати довжину кожного елементу та визначити загальну довжину залізниці в області дослідження. Для цього відкрити атрибутивну таблицю (в контекстному меню шару Залізниця). Розпочніть сесію редагування за допомогою кнопки *Toggle Editing Mode*. За допомогою кнопки *Відкрити калькулятор полів Open field calculator* відкрийте діалогове вікно розрахунку, в якому встановіть опцію Створити нове поле, вкажіть ім'я поля Length, тип *дійсне* та оберіть функцію розрахунку геометрії length. Збережіть зміни. Внести відомості до звіту.

5. Визначити площу регіону дослідження із застосуванням інструменту *Калькулятор полів Field Calculator* атрибутивної таблиці

даних. На основі отриманих даних визначити щільність покриття регіону залізницями. Вивести показник на карту.

6. Виконати подібні розрахунки для визначення щільності покриття регіону автомобільними дорогами та об'єктами гідрографії. При обчисленні щільності гідрографічної мережі врахувати також об'єкти гідрографії полігонального шару.

7. Сформувати макет карти, додати масштабну лінійку, стрілку на північ, тощо. Зберегти результат роботи в форматі JPEG (меню Project / Зберегти як зображення) (рис. 1.3 – 1.6).

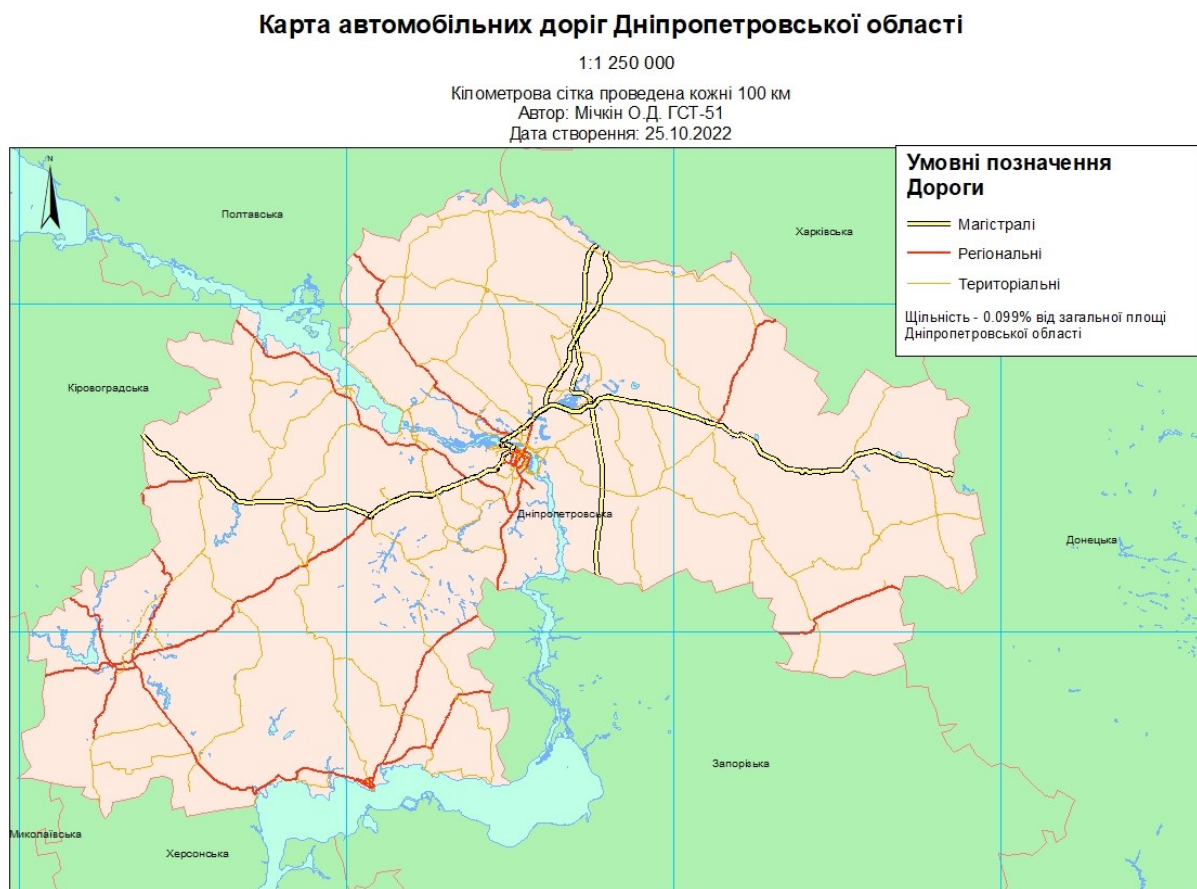


Рис. 1.3. Приклад карти автомобільних доріг (автор Мічкін О.Д., ГІСТ-51)



Рис. 1.4. Приклад карти залізниць (автор Мічкін О.Д., ГСТ-51)



Рис. 1.5. Приклад карти автомобільних робіт (автор Мічкін О.Д., ГСТ-51)

Карта водних об'єктів Дніпропетровської області
1:2 000 000

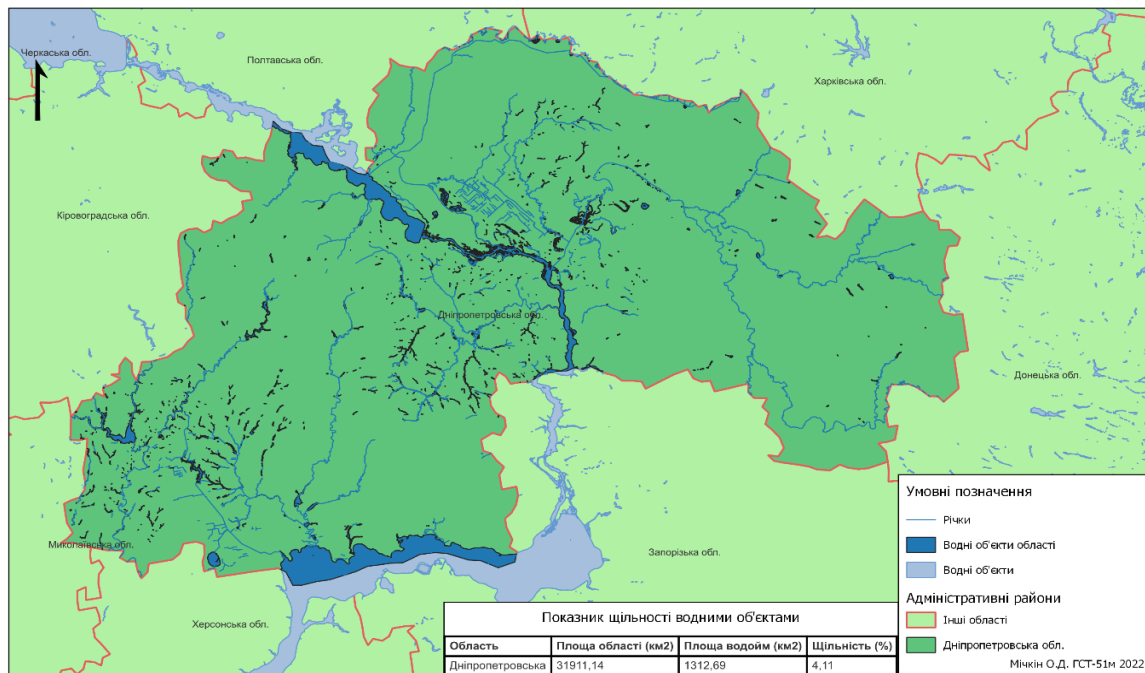


Рис. 1.6. Приклад карти автомобільних робіт (автор Мічкін О.Д., ГІСТ-51)

8. Сформувані звіт за результатами роботи (за кожним етапом завдання). Завантажте архів результатів виконання лабораторної роботи (проект ArcMap та БГД, *.mxd, *.gdb), а також звіт (у форматі *.docx) до сховища на сайт <http://org2.knuba.edu.ua/>.

Контрольні запитання

1. База геоданих. Елементи бази геоданих.
2. Що таке геовізуалізація?
3. Що таке геооброблення?
4. Які рівні функціонування має ArcGIS? Що входить до складу додатків ArcGIS Desktop?
5. Які режими роботи передбачено в ArcMap?
6. Способи створення БГД в ArcGIS: алгоритм дій.
7. Області робочого вікна в середовищі QGIS.
8. Що таке щільність? Як визначити щільність покриття автомобільними дорогами регіону (алгоритм дій)?
9. Алгоритм розрахунку довжини в ArcMap.
10. Алгоритм розрахунку довжини в QGIS.

ЛАБОРАТОРНА РОБОТА №2

«НАБОРИ ТОЧОК ТА СТАТИСТИКА ВІДСТАНІ»

Мета: набути практичні навички знаходження центрів набору точок для вирішення прикладних завдань.

Завдання:

1. Дослідити просторовий розподіл точок та знайти центроїд, середній центр.

2. Визначити відстань між регіоном за варіантом та центром України.

Вихідні дані: .../_Lab2_interpolation/ point.shp .../_Lab1_intodArcGIS/ regions_region.shp (Resource: <http://www.openstreetmap.org/>)

Короткі теоретичні положення

Набір інструментів Вимірювання розподілу набору просторових об'єктів *Measuring Geographic Distributions toolset* пакету Просторова статистика *Spatial Statistic Tools* дозволяє обчислити величини, які відображають характеристики розподілу будь яких явищ та процесів, такі як центр, компактність або орієнтація. Такі величини використовують для відстеження змін у розподілі в часі або для порівняння розподілів різних типів об'єктів.

Інструменти групи Інструменти вимірювання географічного розподілу Measuring Geographic Distributions toolset дозволяють відповідати на такі питання , як:

де знаходиться центр ?

яка форма й орієнтація даних?

наскільки розкидані просторові об'єкти?

Інструмент Середній центр *Median Center* знаходить точку (координати x та y), відстань до якої є мінімальною середньою Евклідовою відстанню до просторових об'єктів у наборі даних.

Інструмент Центроїд *Mean Center* визначає географічний центр (або центр концентрації) для набору об'єктів.

Поле комбінацій *Case_Field* діалогового вікна використовується для групування об'єктів для окремих обчислень середнього центру. У випадку коли Поле комбінацій визначено, вхідні об'єкти групуються спочатку згідно значень поля комбінацій, а потім медіанний центр розраховується

для кожної групи. В поле комбінацій можна задати лише поле типу "ціле", "дата" або "рядок", та воно з'явиться в якості атрибута в вихідному класі об'єктів. Записи, що мають значення NULL в Полі комбінацій (Case Field), виключаються з аналізу.

Шари карти можна використовувати для визначення Вхідного класу об'єктів (Input Feature Class). Якщо в шарі є вибірка, тільки вибрані об'єкти будуть включені в аналіз.

Інструмент Середній центр (Median Center) можна використовувати для вимірювання центральної тенденції, яка стійка до просторових викидів. Цей інструмент застосовують для розрахунків медіанного центру пожеж, коли необхідно виключити вплив рідкісних периферійних випадків пожеж на визначення центру пожежної небезпеки. Як правило, цікаво порівнювати результати Центроїду (Mean Center) та Середнього центру (Median Center) для оцінки впливу периферійних об'єктів на результати. Для багатьох додатків Середній центр є більш репрезентативною мірою центральної тенденції ніж Центроїд.

Коли деякі об'єкти більш важливі, ніж інші, застосовують Поле ваг (Weight Field), щоб відобразити відмінності в об'єктах. Наприклад, необхідно знайти краще розташування для нового гастроному. Місце розташування має бути в центрі існуючих магазинів, але в той же час ближче до магазинів з найбільшими об'ємами продажів. У цьому випадку, атрибут, що відображає величину об'єму продаж, може бути використаний як вага в розрахунках. Таким чином, магазини з великими продажами матимуть більший вплив на статистичні результати, ніж магазини з меншими об'ємами продажу. Зважений аналіз застосовується для аналізу стаціонарних об'єктів, таких як складські приміщення або станції моніторингу забруднень. На противагу випадкам або подіям (таким як злочини), розподіл стаціонарних об'єктів зазвичай є визначеним наперед з урахуванням певних факторів.

Інструменти аналізу векторних даних в середовищі QGIS згруповані в модулі *fTools*, метою якого є забезпечення єдиного джерела для багатьох поширених ГІС задач для векторних даних без необхідності використання додаткового програмного забезпечення, бібліотек або складних обхідних шляхів. Модуль забезпечує постійно зростаючий набір функцій просторового управління та аналізу даних.

Модуль *fTools* автоматично встановлений та включений в нових версіях QGIS, в іншому випадку його можна відключити та включити за допомогою диспетчера модулів. Якщо ця функція включена, модуль *fTools* додає в меню *Вектор Vector* інструменти аналізу геометрії та геооброблення, а також кілька корисних засобів управління даними.

Порядок виконання роботи в середовищі ArcGIS

1. Додати вхідні дані до вікна відображення ArcMap. Налаштувати стилі відображення шарів відповідно до змісту та прийнятих умовних позначень.

Питання 1. Додайте до звіту скріншот вікна ArcMap після завершення налаштування (1 бал).

2. Розрахунки, засновані на відстанях до об'єктів, вимагають використання проекційних даних для точного вимірювання відстаней. В модулі ArcCatalog задати систему координат WGS84 (рис. 2.1).

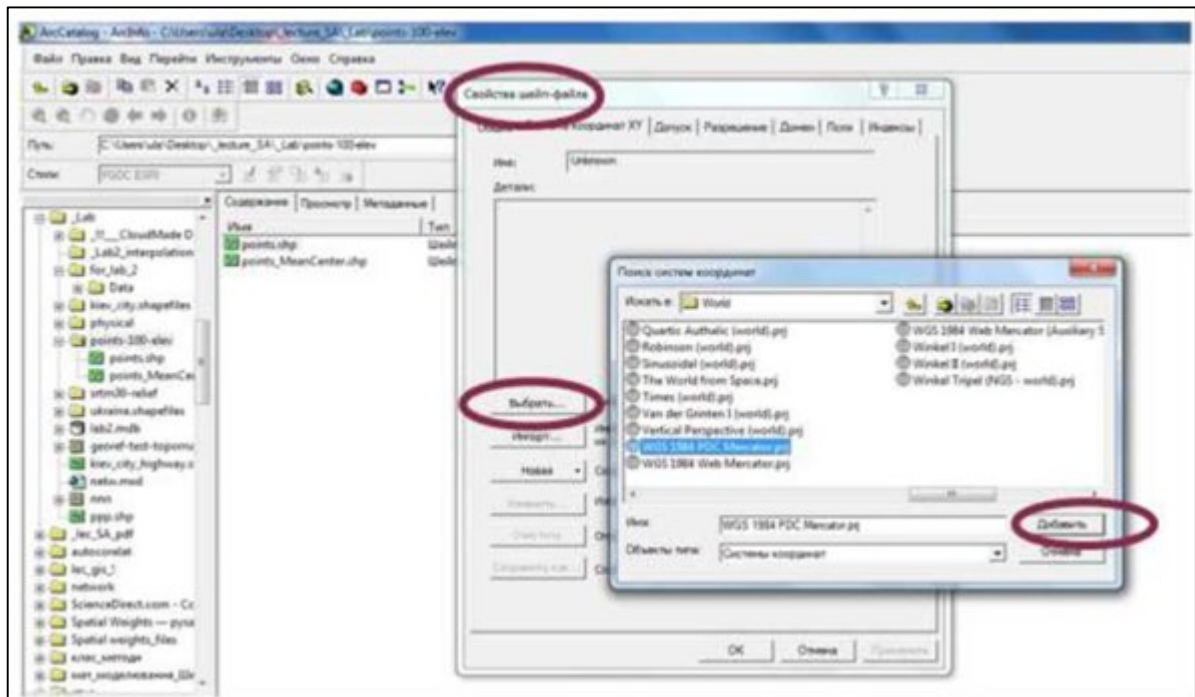


Рис. 2.1. Вибір проекції даних в ArcCatalog

3. Для побудови центроїду та середнього центру точок застосувати інструменти Просторової статистики: ArcToolbox / Spatial Statistic Tools / Інструменти вимірювання географічної відстані Measuring Geographic Distributions toolset / Центроїд Mean Center та ArcToolbox / Spatial Statistic Tools / Measuring Geographic Distributions toolset / Середній центр Median Center.

4. Знайти середній центр точок шару point.shp з рахуванням ваги кожної точки. Для цього в полі Вага Weight Field діалогового вікна інструменту Центроїд Mean Center обрати ELEV (поле атрибутивної таблиці, значення якого будуть використані як вага при розрахунках).

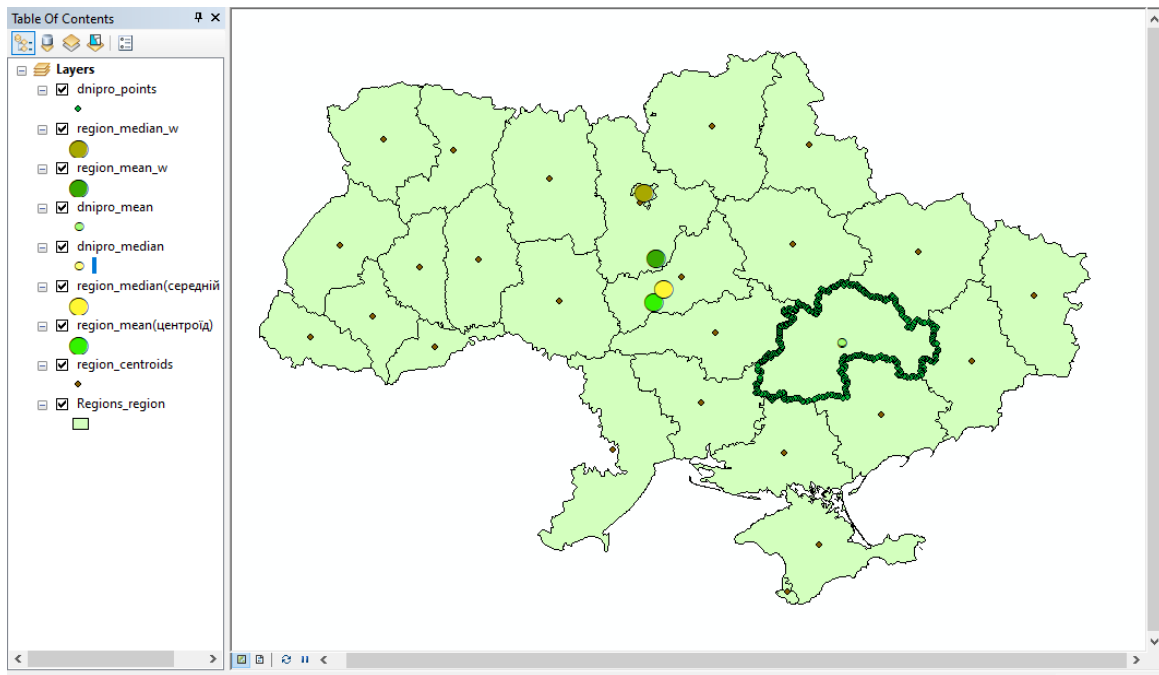


Рис. 2.2. Приклад розташування центроїдів, середнього центру

Питання 2. Зробити висновки. Чи є різниця між положенням центроїду та середнім центром точок? Чому? (1 бал)

5. Знайти Середній центр та Центроїд України. При повторних обчисленнях застосувати в якості ваги щільність населення в кожному регіоні. Для знаходження середнього центру України необхідно знайти центри кожної області (на вкладці Вектор Vector / Інструменти геометрії / Інструменти геометрії Vector Geometry Tools / Центроїди полігонів Polygon Centroids), після чого для результуючого набору точок можна застосувати інструмент Середній центр Median Center та інструмент Центроїд Mean Center.

Питання 3. Додайте до звіту скріншот вікна з результатами роботи. В якій області розташовані всі центри? (2 бали).

6. Визначити відстань від центру регіону за варіантом до центру України із застосуванням інструменту Вимірювання Measure панелі інструментів. Обґрунтувати вибір типу центру.

Питання 4. Відстань від центру України та центру області за варіантом дорівнює (вказати). Чи співпадає це значення з вимірами загальнодоступних навігаційних систем, наприклад таких як Google Maps? (2 бал).

Питання 5. Подайте результати вимірювання у вигляді таблиці та скріншотів результатів роботи інструменту (4 бал).

7. Виміряти евклідову та манхетенські відстані між точками за варіантом

Таблиця 2.1

Вибір за варіантом

Варіант	Номери точок	Варіант	Номери точок	Варіант	Номери точок	Варіант	Номери точок
1	5-15	6	77-7	11	6-36	16	12-85
2	6-20	7	54-90	12	59-1	17	23-47
3	3-13	8	2-92	13	44-1	18	17-68
4	7-15	9	3-45	14	15-95	19	9-63
5	88-8	10	5-95	15	100-1	20	8-87

Порядок виконання роботи в середовищі QGIS

1. Додати вхідні дані до вікна відображення QGIS. Розрахунки, засновані на відстанях до об'єктів, вимагають використання проекційних даних для точного вимірювання відстаней. В діалоговому вікні Вибір системи координат оберіть систему координат WGS84.

2. Для знаходження середнього центру в середовищі QGIS застосуйте інструмент Середні координати Mean Coordinate на вкладці Вектор Vector / Аналіз Analyst / Середні координати Mean Coordinate.

3. Виконайте операцію знаходження середнього центру набору точок з застосуванням ваги (в діалоговому вікні інструменту Середні координати Mean Coordinate в якості поля ваг задайте поле EVEL).

4. Для знаходження середнього центру України необхідно знайти центри кожної області (на вкладці Вектор Vector / Інструменти геометрії / Інструменти геометрії Vector Geometry Tools / Центроїди полігонів Polygon Centroids), після чого для результуючого набору точок можна застосувати інструмент Середні координати Mean Coordinate.

5. Безпосередньо визначити центроїд для регіонів України в середовищі QGIS дозволяє інструмент Центроїд полігонів Polygon Centroids

програмного пакету SAGA, доступ до якого реалізований на панелі інструментів (вкладка Аналіз Analyst / панель інструментів Analyst Tools) (рис 2.4)

Завантажте архів результатів виконання лабораторної роботи (проект ArcMap та БГД, *.gdb), а також звіт (у форматі *.docx) до сховища на сайт <http://org2.knuba.edu.ua/>.

Контрольні питання

1. Дайте визначення Центроїд та Середній Центр.
2. Що таке ArcToolBox? Де знайти інструмент визначення Центроїду набору точок.
3. Для чого застосовують зважений аналіз?
4. Що таке Евклідова відстань? Манхетенська відстань?
5. Алгоритм визначення зваженого Середнього центру набору об'єктів.

ЛАБОРАТОРНА РОБОТА №3 «МЕТОДИ ІНТЕРПОЛЯЦІЇ В ARCGIS»

Мета: вивчення методів інтерполяції, геостатистики та побудови поверхонь інструментами ArcGIS.

Завдання:

1. Побудувати поверхню методом:

- обернених зважених відстаней
- сплайн
- тренд
- крігінг

Вихідні дані: векторний шар .. ./_Lab3_interpolation/ point.shp

(Resource: <http://www.openstreetmap.org/>).

Короткі теоретичні положення

Інструмент інтерполяції IDW (оберненої зваженої відстані) пакету ArcGIS має декілька особливостей.

Вихідне значення для комірки, що обчислюється з використанням методу ОЗВ, обмежена діапазоном значень, що застосовані для інтерполяції. Оскільки метод ОЗВ знаходить середнє значення, ґрунтуючись на зваженій відстані до опорних точок, середнє не може перевищувати найбільше вхідне значення і не може бути менше найменшого значення. **Отже, цей метод не може створювати хребти або долини**, якщо ці елементи не були визначені за допомогою опорних точок.

Кращі результати при використанні методу ОЗВ можуть бути отримані в тому випадку, якщо мережа опорних точок досить щільна для того, щоб відобразити локальну варіацію, яку ви хочете змодельовати. Якщо мережа вхідних опорних точок рідкісна або нерегулярна, результат може недостатньо адекватно подавати потрібну поверхню.

Опція, що задає застосування бар'єрів, використовується для визначення місця розташування лінійних об'єктів, про які відомо, що вони порушують безперервність поверхні. Ці об'єкти не мають z-значень. Типовими прикладами бар'єрів є скелі, розломи і дамби. Бар'єри обмежують обраний набір вхідних опорних точок, що використовується для інтерполяції вихідних z-значень, точками, розташованими по ту ж сторону від бар'єра, що і комірка поточного оброблення. Поділ бар'єром визначається **аналізом лінії погляду** між кожною парою точок.

Просторові об'єкти бар'єрів вводяться у вигляді лінійних об'єктів. ОЗВ використовує тільки координати x, y лінійних об'єктів, тому вводити z-значення по ліву та праву сторону від бар'єра необов'язково. Будь які введені z-значення будуть проігноровані.

Використання бар'єрів значно збільшує час, що витрачається на оброблення.

Інструмент має обмеження, тому що не може обробити більше 45 мільйонів вхідних точок.

При застосуванні інструменту Сплайн пакету ArcGIS зауважте:

Опція типу Сплайну REGULARIZED (регуляризований), як правило, дозволяє отримати більш згладжену поверхню, ніж побудовану із застосуванням опції TENSION (з натяжінням).

Чим більше значення Кількості точок (Number of Points), тим більше згладжена поверхня на вихідному растрі.

Деякі вхідні дані можуть мати кілька точок з однаковими x, y координатами. Якщо значення точок в одних і тих же місцях розташування співпадають, такі точки вважаються ідентичними та передбачається, що вони не впливають на вихідні дані. Якщо значення різняться, такі точки розглядаються як ті що збігаються.

Різні інструменти інтерполяції можуть використовувати цю умову по-різному. Наприклад, в деяких випадках для обчислення використовується перша співпадаюча точка, яку ви зустріли; в інших випадках використовується остання точка. Така ситуація може призводити до того, що в деяких точках вихідного растру значення будуть відрізнятися від очікуваних. Вирішенням цієї проблеми може стати попередня підготовка даних, при якій точки що збігаються будуть видалені. Інструмент Зібрати події (Collect Events) в наборі інструментів Просторова статистика (Spatial Statistics) корисний для ідентифікації співпадаючих точок у ваших даних.

Інструмент побудови поверхні Тренд пакету ArcGIS має такі особливості:

По мірі збільшення порядку (ступеня) полінома поверхня стає все більш складною. Поліном високого ступеня не завжди дозволяє отримати найбільш точну поверхню; точність поверхні залежить від даних.

Додатковий вихідний файл RMS містить інформацію про середньоквадратичну помилку інтерполяції. Ця інформація може бути використана для визначення кращого значення для ступеня полінома на

основі зміни значення ступеня до тих пір, поки ви не отримаєте найменше значення середньоквадратичної помилки.

Для використання опції LOGISTIC Типу регресії, поле z-значення вхідних точкових об'єктів повинно мати коди нуль (0) та одиниця (1)

Крігінг – це метод знаходження кращої незміщеною лінійної оцінки (тобто найменшої дисперсії) значень точок. Процес крігінгу вимагає інтенсивної роботи процесора. Швидкість обчислення залежить від числа точок у вхідному наборі даних та від розміру вікна пошуку. Зверніть увагу, що інструмент Крігінгу пакету *ArcGIS* має такі особливості:

Низькі значення додаткової вихідної дисперсії інтерпольованого растра вказують на високу ступінь достовірності отриманого значення. Високі значення вказують на необхідність додаткових опорних точок.

Види універсального крігінга припускають, що в даних існує структурна складова та що локальний тренд варіює від одного місця розташування до іншого.

Контролювати варіограму, що використовується при виконанні інтерполяції за методом крігінга, дозволяють Додаткові параметри. Значення, що використовується за замовчанням для Розміру лага, встановлюється рівним вихідному розміру комірки. Якщо ніяких значень не задано, для Головного діапазону (Major range), часткового порогу (Partial sill) та самородку (Nugget) будуть обчислені значення за замовчуванням.

Додаткова вихідна дисперсія інтерпольованого растра містить дисперсію крігінга в кожній комірці вихідного растру. При допущенні, що похибки крігінга підкоряються закону нормального розподілу, ймовірність того, що дійсне z-значення в комірці дорівнює інтерпольованому значенню на растрі, рівна 95,5 %, +- двократний розмір кореня квадратного значення на вихідному растрі.

Порядок виконання роботи

1. Побудувати інтерпольовану поверхню методом обернена зважена відстань за допомогою інструментів інтерполяції. *ArcToolbox / Spatial Analyst / Інструменти інтерполяції Interpolation / Обернена зважена відстань IDW* (рис. 3.1).

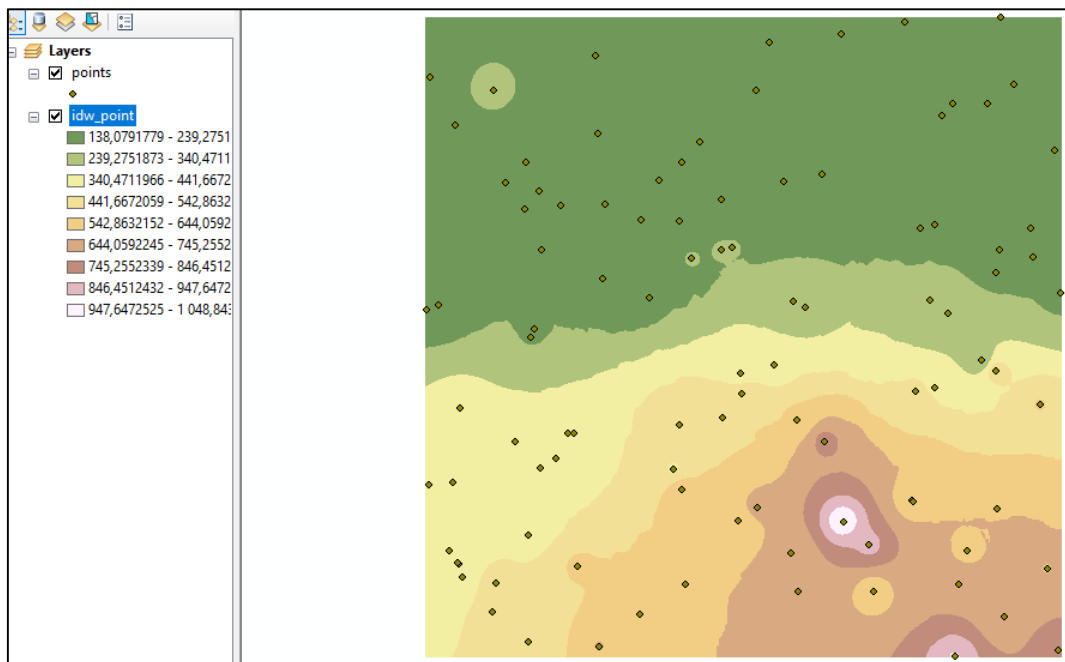
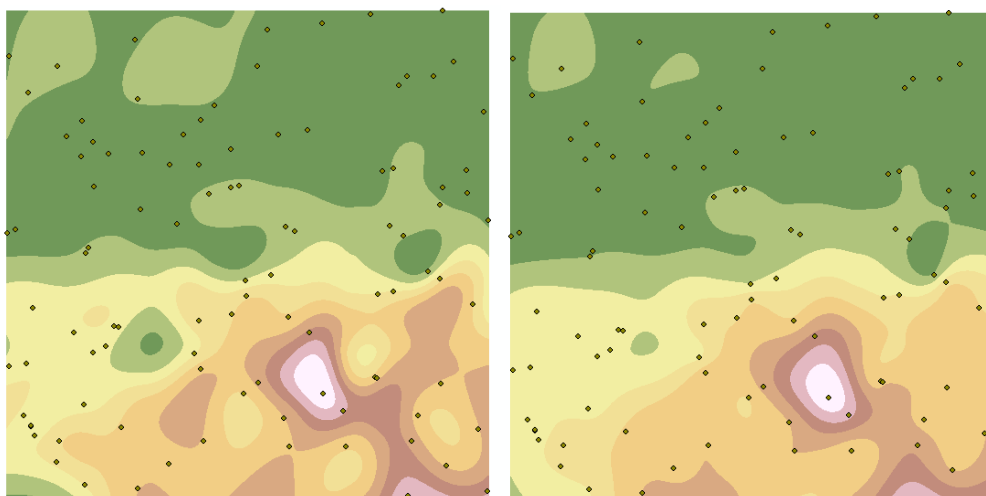


Рис. 3.1. Побудована поверхня IDW

2. Побудувати інтерпольовану поверхню методом сплайну - *ArcToolbox / Spatial Analyst / Інструменти інтерполяції Interpolation / Сплайн Spline*. Інструмент інтерполює поверхню растра на підставі значень точок з використанням двовірного методу сплайна з мінімізацією кривизни. Результуюча згладжена поверхня проходить безпосередньо через вхідні точки.

3. Побудувати поверхні з різними типами Сплайну (REGULARIZED та TENSION) (рис. 3.2). Побудувати сплайн з різним значенням параметру вагу (weight). Що змінюється?



а

б

Рис. 3.2 Поверхні методу Spline

а – REGULARIZED; б – TENSION

4. Побудувати інтерпольовану поверхню методом тренду з різними ступенями полігону - *ArcToolbox / Spatial Analyst / Інструменти інтерполяції Interpolation / Тренд Trend* (рис. 3.3). Отримати файл RMS. Яка середньоквадратична помилка інтерполяції?

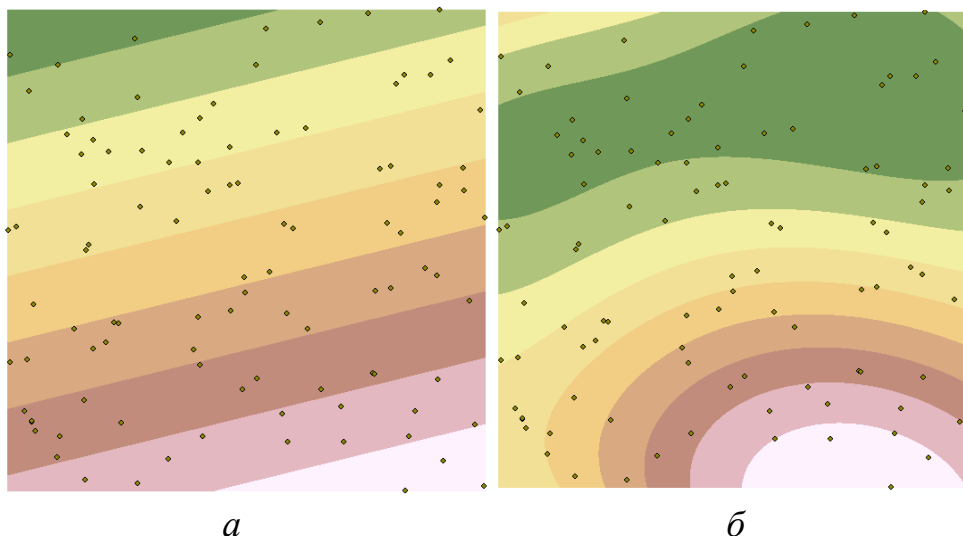


Рис. 3.3 Побудовані поверхні методом Trend
 а – Polynomial order = 1; б – Polynomial order = 5

5. Застосувати різні методи Крігінгу до вихідного набору точок: *ArcToolbox / Spatial Analyst / Інструменти інтерполяції Interpolation / Крігінг Kriging* (в діалоговому вікні обрати метод побудови поверхні) (рис. 3.5). Знайти значення додаткової вихідної дисперсії інтерпольованого растра та зробити висновки щодо достовірності отриманого значення. Зазначити значення Розміру лага, Головного діапазону (Major range), часткового порогу (Partial sill) та самородку (Nugget) (рис. 3.6).

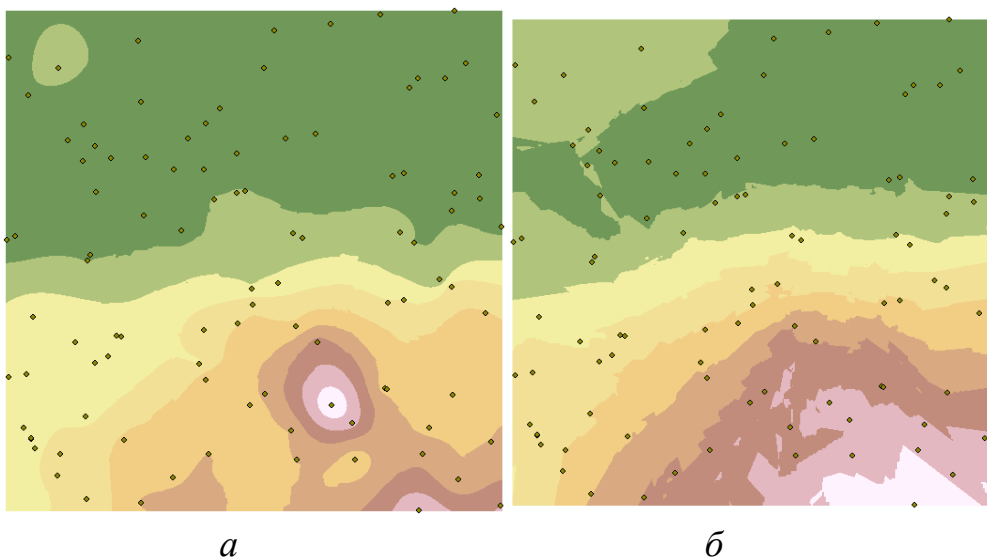


Рис. 3.5 Побудовані поверхні методом Крігінгу
 а – Ordinary – spherical; б – Universal - Linear with Linear drift

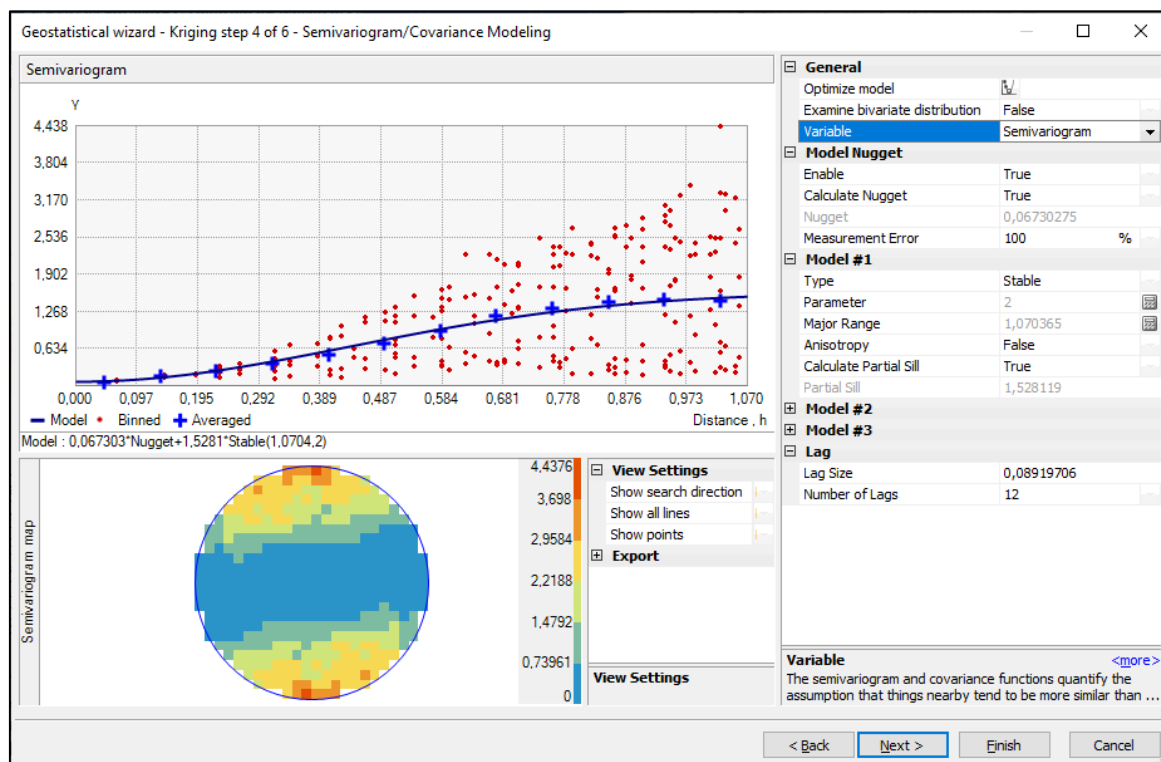


Рис. 3.6 Семіваріограма для методу Крігінгу

6. Порівняти поверхні, створені різними методами інтерполяції. Для цього потрібно у вікні ArcMap обрати декілька геостатистичних поверхонь, які потрібно порівняти - правою кнопкою миші визвати контекстне меню та обрати команду Порівняти Compare (рис. 3.7). На основі статистики, що наведена в діалоговому вікні Порівняння Compare зробити висновки щодо найкращого методу інтерполяції вхідних даних (рис. 3.8).

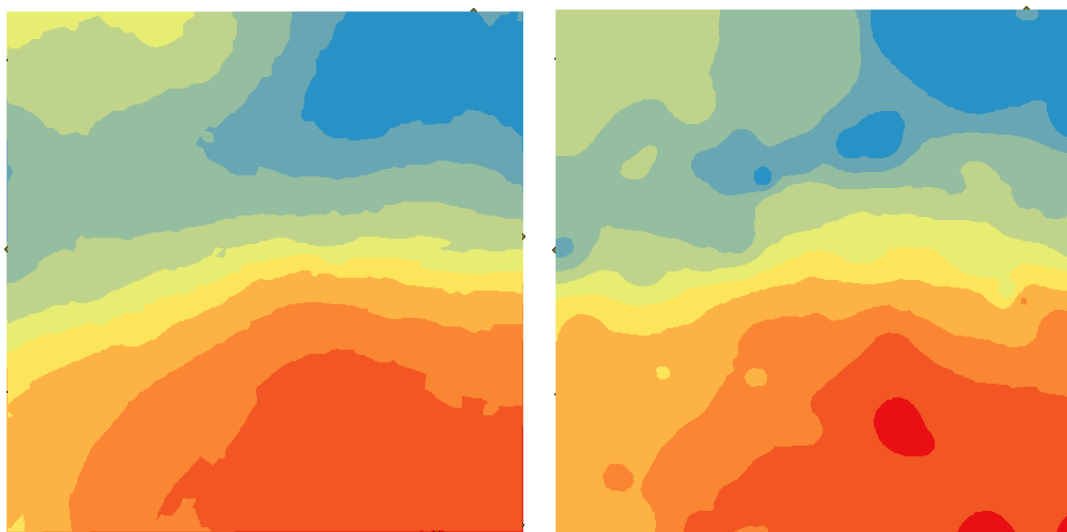


Рис. 3.7 Kriging & IDW створені у Geowizard

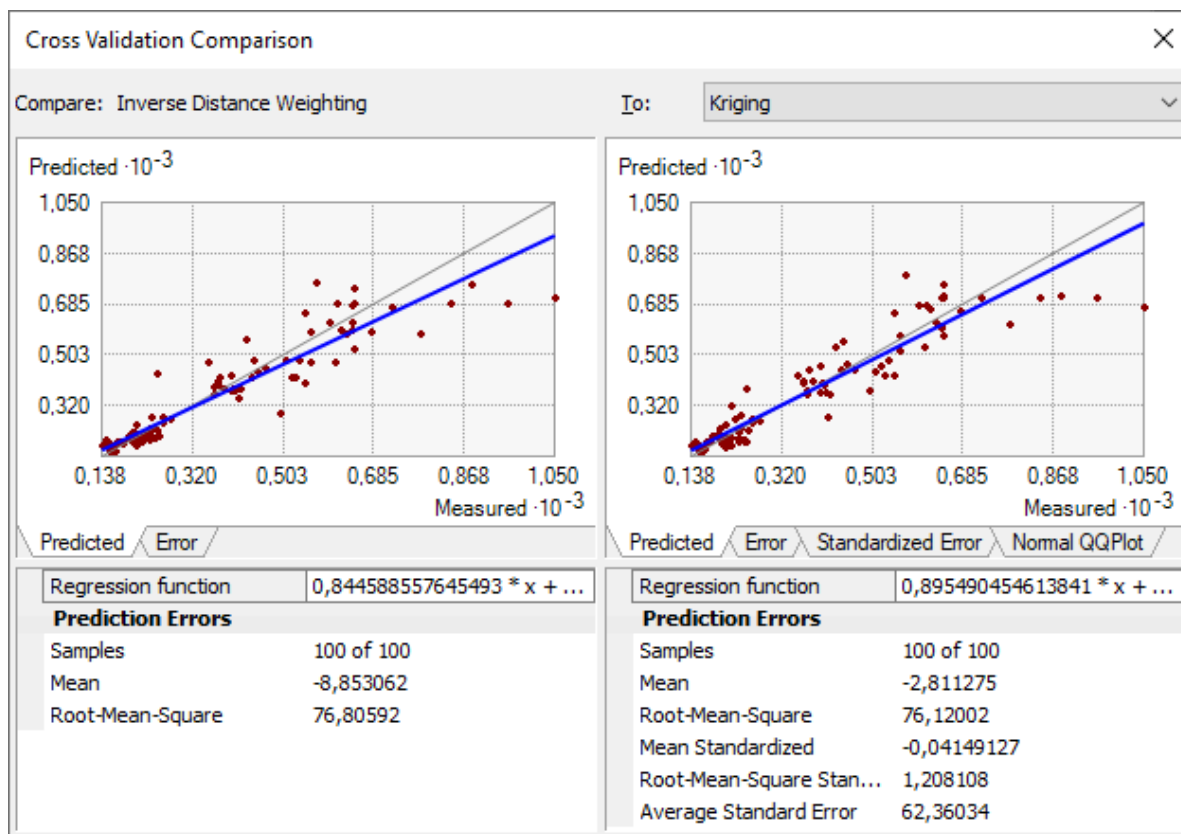


Рис. 3.8 Порівняння IDW & Kriging

7. Сформувати звіт за етапами виконання роботи з обов'язковим формуванням висновків.

Контрольні запитання

1. Метод інтерполяції зваженої відстані. Особливості застосування в пакеті ArcGIS.
2. Метод інтерполяції Сплайн. Особливості інструменту Сплайн в пакеті ArcGIS.
3. Інструмент інтерполяції Тренд.
4. Метод інтерполяції Крігінг. Види кригінгу в пакеті ArcGIS

ЛАБОРАТОРНА РОБОТА №4 «МЕРЕЖЕВИЙ АНАЛІЗ В ARCGIS. ЗНАЙТИ НАЙКОРОТШИЙ ШЛЯХ МІЖ ВЕРШИНАМИ ГРАФА ЗА АЛГОРИТМОМ ДЕЙКСТРА (ЗА ВАРІАНТОМ)»

Мета роботи: вивчення основ мережевого аналізу, отримання практичних навичок вирішення прикладних завдань інструментами модулю Network Analyst пакету ArcGIS та QGIS.

Завдання:

- створити вуличну-дорожню мережу м. Києва;
- знайти оптимальний (найкоротший або найшвидший) маршрут від пункту А до пункту Б;
- знайти найближчу установу до означеного пункту;
- побудувати зони обслуговування об'єктів.

Вихідні дані: векторний шар доріг м. Києва Highway.shp (джерело <http://www.openstreetmap.org/>)

Короткі теоретичні положення

Геометрична мережа - це набір пов'язаних ребер і вузлів, з'єднаних за певними правилами

В геометричних мережах (водопровід, газопровід), одночасно можна переміщатися по ребрах тільки в одному напрямку

Геометрична мережа будується всередині набору об'єктів в базі геоданих. Класи об'єктів в наборі використовуються в якості джерел даних для ребер та з'єднань мережі. Зв'язність мережі ґрунтується на геометричній відповідності класів об'єктів, що використовуються як джерела. Кожна геометрична мережа має логічну мережу - набір таблиць в базі геоданих, що зберігають відношення зв'язності та іншу інформацію про об'єкти геометричної мережі, як окремі елементи для використання при трасуванні та операціях над потоком.

Геометричні мережі складаються з двох основних елементів: ребра (edges) та з'єднання (junctions). Це особливі типи просторових об'єктів в базі геоданих, що мають назву мережевих об'єктів. Вони розглядаються як точкові та лінійні об'єкти, що володіють додатковою поведінкою, специфічною для геометричної мережі. Будучи елементами геометричної мережі, вони володіють додатковими характеристиками, можуть з'єднуватися один з одним на основі топології: ребра з'єднуються з іншими

ребрами в місцях з'єднань. В мережі стік від одного ребра до іншого подається за допомогою вузла.

Набори мережевих даних Network Dataset - набір простих просторових об'єктів (лінії та точки) та поворотів, що забезпечують зберігання даних про зв'язність вихідних об'єктів

У транспортних мережах можна пересуватися по ребрах в обох напрямках

В наборі мережевих даних відстежуються геометричні збіги між вихідними об'єктами. У ньому також діють правила зв'язності, які можна змінювати для того, щоб визначити, які об'єкти що збігаються дійсно з'єднані між собою. Це дозволяє моделювати естакади та тунелі, в яких дороги не з'єднуються. Таким чином, при виконанні мережевого аналізу механізми розрахунку отримують дані про допустимі способи переміщення по мережі.

Зв'язність в наборі мережевих даних визначається відповідною геометрією кінцевих точок ліній, вершин ліній та точкових об'єктів, а також застосуванням правил зв'язності, заданих як властивості набору мережевих даних.

Мультимодальні набори даних подають декілька режимів переміщення - автомобільні дороги, залізниця, судоходні канали, що підтримують більш складні сценарії зв'язності. Трьохмірні набори даних (споруди з різними поверхами) - в наборі мережевих даних також міститься розширена модель мережевих атрибутів, яка допомагає моделювати затримки, обмеження та ієрархію ребер мережі.

Порядок виконання роботи в ArcGIS

Краще всього створювати набір мережевих даних з класів просторових об'єктів в наборі класів об'єктів в базі геоданих. Оскільки набір класів об'єктів може містити кілька класів просторових об'єктів та взаємодіяти з ними, такий набір мережевих даних буде підтримувати кілька джерел та дозволить змоделювати мультимодальну мережу. Набір мережевих даних на основі шейп - файлів дозволяє користувачам ArcMap швидко перевести свої дані в формат ArcGIS. Набір мережевих даних на основі шейп-файлів створюється з шейп- файлу поліліній, що містить джерело мережі (наприклад, вуличну мережу) та, за необхідності, клас просторових об'єктів поворотів у форматі шейп-файлу. Такий набір

мережевих даних не підтримує множинні джерела ребер та не може використовуватися для моделювання мультимодальної мережі.

Основні етапи виконання будь-якого типу мережевого аналізу в модулі Network Analyst:

1. Налаштування середовища Network Analyst (Додати панель інструментів)

2. Додавання набору мережевих даних в ArcMap

3. Створення шару мережевого аналізу (шість типів шарів)

4. Додавання об'єктів мережевого аналізу - об'єкти та записи, що використовують в якості вхідних та вихідних даних під час мережевого аналізу. Прикладами є зупинки, бар'єри , маршрути та пункти обслуговування.

5. Налаштування властивостей шару мережевого аналізу властивості, які більше відносяться до аналізу, ніж до об'єктів мережевого аналізу. Загальні властивості аналізу містять атрибут вартості переміщення по мережі, атрибути обмеження тощо. Крім того, є властивості, які є унікальними для кожного типу аналізу. Діалогове вікно Властивості шару (Layer Properties) шару аналізу забезпечує доступ до цих властивостей .

6. Виконання аналізу і відображення результатів - інструмент Розрахунок (Solve) QGIS network-analysis library - бібліотека, що входить до складу вільної ГІС Quantum GIS, яка може створювати математичний граф з географічних даних (лінійних векторних шарів), придатний для аналізу методами теорії графів та реалізує базові методи теорії графів (на сьогодні тільки метод Дейкстри). Алгоритм застосування бібліотеки network-analysis можна поділити на три етапи:

- 1) отримати граф з географічних даних,

- 2) виконати аналіз графа,

- 3) застосувати результат аналізу для вирішення задачі.

Вхідними даними для графа є будь який лінійний векторний шар. Вузли ліній утворюють множину вершин графа. Ребрами графа є відрізки ліній векторного шару. Вузли, що мають однакові координати, вважаються одною вершиною графа. Таким чином, дві лінії, що мають спільний вузол, є суміжними. Також при побудові графа можна «прив'язати» до векторного шару будь -яку кількість додаткових точок. Для кожної додаткової точки буде знайдено або найближчу вершину графа, або найближче ребро. В останньому випадку ребро буде розбито на дві частини та буде додана нова

спільна вершина. Як властивості ребер графа використовують атрибути векторного шару та протяжність (довжину) ребра.

Порядок виконання роботи в ArcGIS

1. Підготовлення даних. До атрибутивної таблиці шару доріг додати атрибути Час (Minutes), Швидкість (Speed) and Відстань (Meters) - за допомогою меню опцій атрибутивної таблиці додати нові поля: Meters - тип Double, Speed - тип Integer, Minutes - тип Double.

2. Заповнити значення використовуючи інструмент Field calculator. Значення поля Meters відповідає значенням поля Shape_Length (значення атрибуту автоматично розраховуються в плоскій проекції набору даних). Для заповнення поля Швидкість використати показники швидкості для різних типів доріг (див. таблицю 4.1). Для заповнення значень атрибуту Час використати формулу $([Meters] / 1000) / ([Speed] / 60)$

Таблиця 4.1

Числові значення швидкості для різних типів доріг

Type	Speed
Trunk, Primary	70
Secondary, Trunk_link, Primary_Link	60
Tertiary, Secondary_link	30
Unclassified, Tertiary_Link	40
Residential	30
Service	20
Living_Street	10
Track	3
Footway, Steps, Path, Pedestrian	0
Road (still unclassified)	30

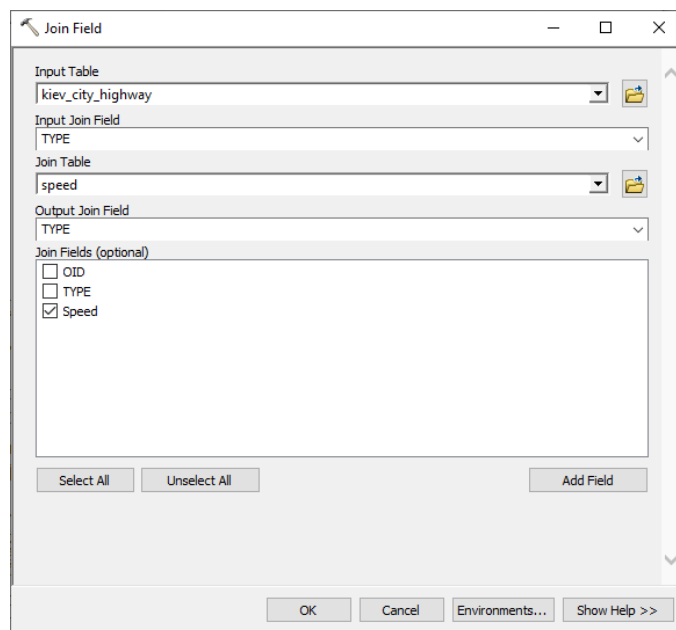


Рис. 4.1

FID	Shape *	TYPE	NAME	ONEWAY	LANES	Meters	Minutes	Speed 12
0	Polyline	service		TF	0	187,484	0,6	20
1	Polyline	trunk		FT	0	726,271	0,6	70
2	Polyline	unclassified		TF	0	2025,98	3	40
3	Polyline	unclassified		TF	0	3953,49	5,9	40
4	Polyline	trunk		FT	0	1370,49	1,2	70
5	Polyline	trunk		FT	0	1370,40	1,2	70
6	Polyline	unclassified		TF	0	1314,04	2	40
7	Polyline	primary		TF	0	4313,74	3,7	70
8	Polyline	residential		TF	0	3919,18	0	0
9	Polyline	unclassified		TF	0	92,0309	0,1	40
10	Polyline	unclassified		TF	0	3329,17	5	40
11	Polyline	unclassified		TF	0	243,766	0,4	40
12	Polyline	secondary		TF	0	6522,32	6,5	60
13	Polyline	secondary		TF	0	2955,88	3	60
14	Polyline	tertiary		TF	0	2795,64	3,4	50
15	Polyline	secondary		TF	0	2049,15	2	60
16	Polyline	road		TF	0	66,3320	0,1	30
17	Polyline	track		TF	0	1542,26	18,5	5
18	Polyline	unclassified		FT	0	62,1104	0,1	40
19	Polyline	track		TF	0	603,259	7,2	5
20	Polyline	track		TF	0	418,075	5	5
21	Polyline	unclassified		TF	0	782,588	1,2	40
22	Polyline	trunk		FT	0	494,885	0,4	70
23	Polyline	trunk		FT	0	496,316	0,4	70
24	Polyline	trunk_link		FT	0	127,775	0,1	60

Рис. 4.2. Опрацьована і заповнена таблиця атрибутів

3. Для визначення можливостей руху в одному напрямку (TF/ To - From) або в зворотному (FT/ From-To) необхідно в таблиці атрибутів за допомогою Selection by Attribute обрати всі сегменти, що мають значення атрибуту oneway “Yes” та змінити значення на FT, для всіх інших - TF.

4. Використовуйте ArcCatalog для створення нового набору мережевих даних Network Dataset. Перейдіть до вашої бази геоданих та

оберіть набір даних, що містить клас об'єктів Highway. Оберіть в контекстному меню New / Network Dataset та дотримуйтесь вказівок майстра створення набору даних мережі.

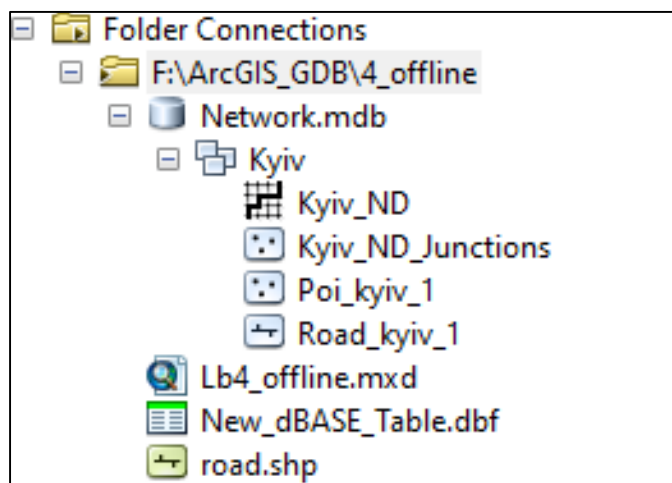


Рис. 4.3

Протестуйте мережу: визначити час маршруту від аеропорту Бориспіль до КНУБА.

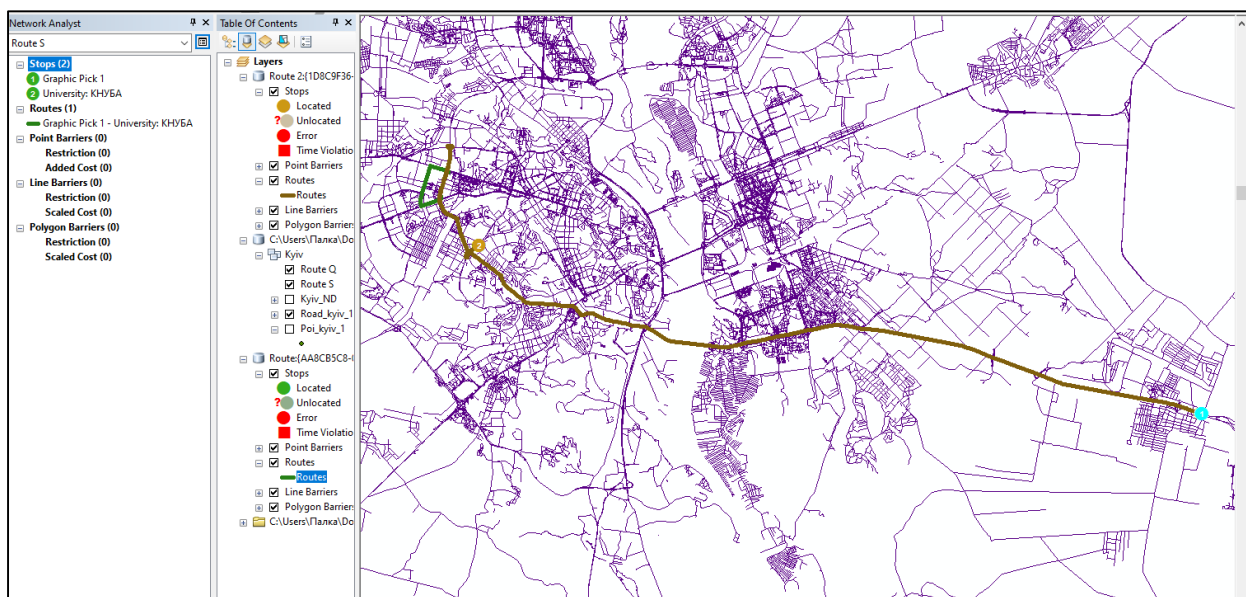


Рис. 4.4. Побудований маршрут

За замовченням перед будь якою роботою в ArcGIS необхідно створити базу геоданих (Map Projection UTM Zone 36N with respect to WGS84 в якості картографічної проекції для набору даних)

5. Об'єкти інтересу містить шар POI.shp. У випадку відсутності відповідного об'єкту (напр., Університет будівництва та архітектури, потрібно його додати.

6. Пошук оптимального маршруту. На панелі інструментів Network Analyst toolbar перевірте використання відповідного набору

Network Dataset; оберіть інструмент New Route; за допомогою інструменту Create Network Location зазначте початкову та кінцеві точки маршруту; за допомогою інструменту Solve розрахуйте оптимальний маршрут. В довільному порядку створить точки бар'єру та розрахуйте новий маршрут. Оптимальний маршрут може бути найшвидший, але не найкоротший. В меню Route Properties оберіть поле Meters та розрахуйте довжину маршрутів.

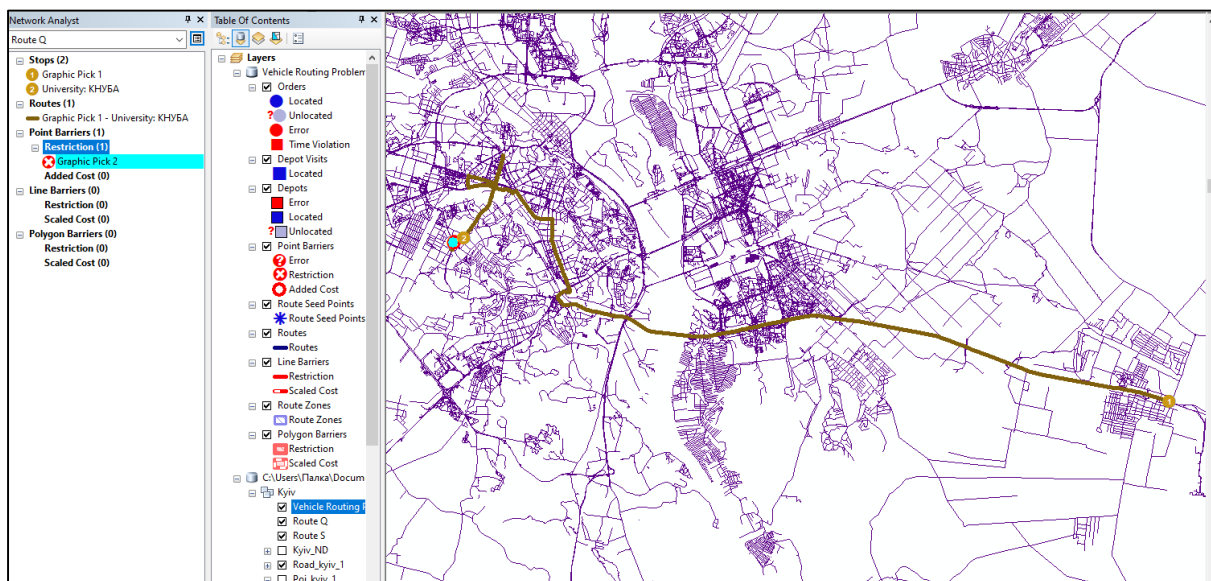


Рис.4.5 Маршрут з бар'єром

7. Запроектувати маршрут по найцікавішим туристичним визначним пам'яткам Києва. Поїздка має починатись та закінчуватись в центрі Києва або біля одного з готелів та охоплювати об'єкти, що визначені як пам'ятки архітектури.

Оберіть за допомогою Selection by attribute в таблиці атрибутів POI зазначені об'єкти та створить новий шар обраних місць. Оберіть інструмент New Route та за допомогою контекстного меню додайте новий шар об'єктів до пунктів маршруту; перевірте розташування пунктів та використайте інструмент Select/Move Network Location для переміщення точок. Встановить кінцеву точку (copy&paste та перемістить в вікні Network Analyst в кінець списку). Якщо маршрут триває тривалий час, використайте вікно Route Properties для налаштування (наприклад, вкажіть замовлення зупинок Reorder Stop to Find optimal route)

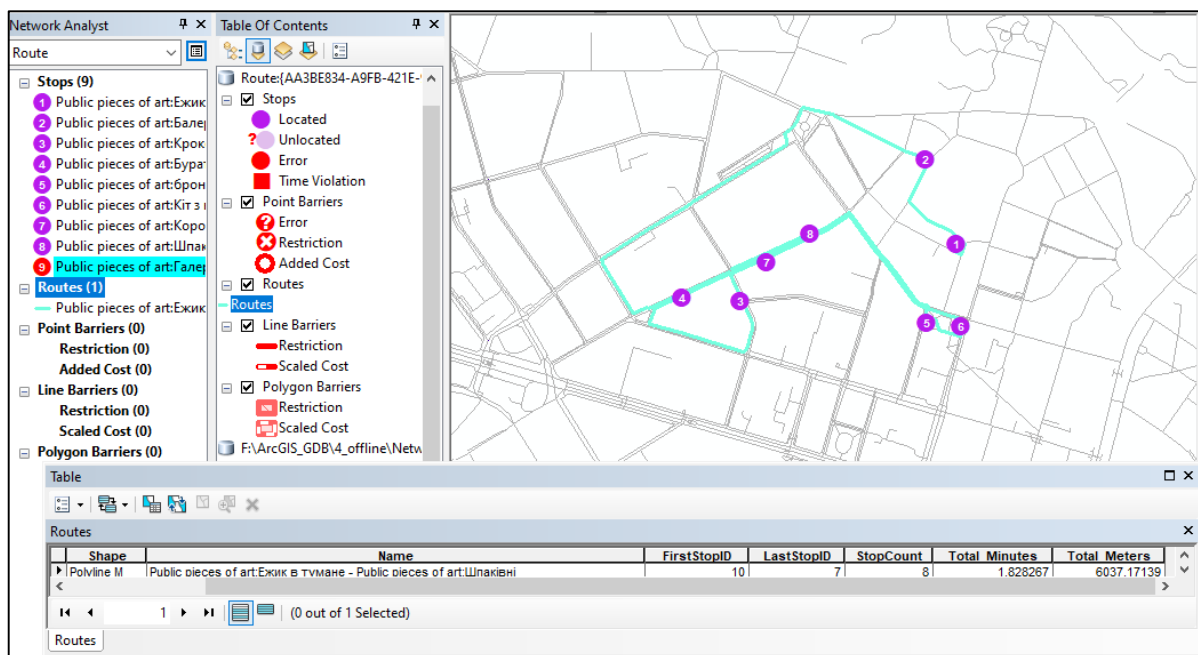


Рис. 4.6. Приклад маршруту №1

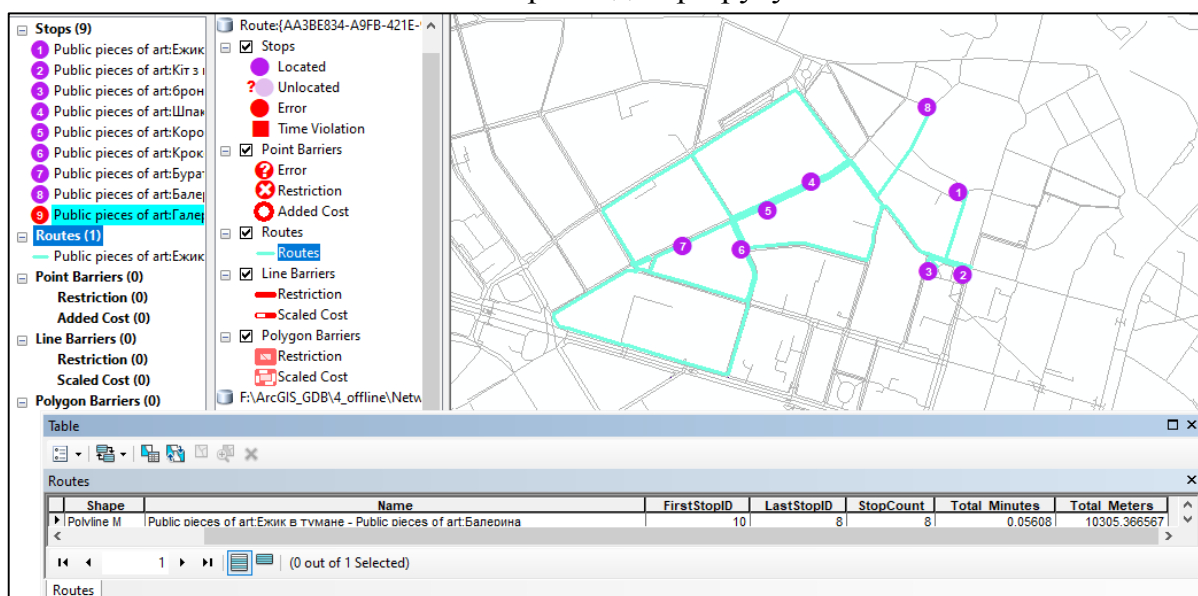


Рис. 4.7. Приклад маршруту №2

8. Для визначення найближчого об'єкту (Closest facility) використовують дві групи даних: об'єктів (facilities) та інцидентів (incidents). Знайти найближчі готелі (об'єкти) до пунктів маршруту (інциденті): створити окремі шари для об'єктів та інцидентів, розрахувати маршрути. Переглянути інформацію в Direction Window та Properties для кожного маршруту.

9. Зони обслуговування Service Area. Необхідно визначити зони обслуговування банкоматів (АТМ) (або місць відпочинку), тобто побудувати зони доступності 3, 5 або 10 хвилин. Для цього: оберіть всі АТМ

в таблиці POI та створить новий шар; створить нову зону обслуговування Service Area; як об'єкти вкажіть виділені ATM (Load Facilities); у вікні Properties, вкладка Analyst Setting зазначте час 3, 5 та 10; за необхідності визначить додаткові параметри для полігонів (Polygon Generation); за допомогою інструменту Solve розрахуйте полігони.

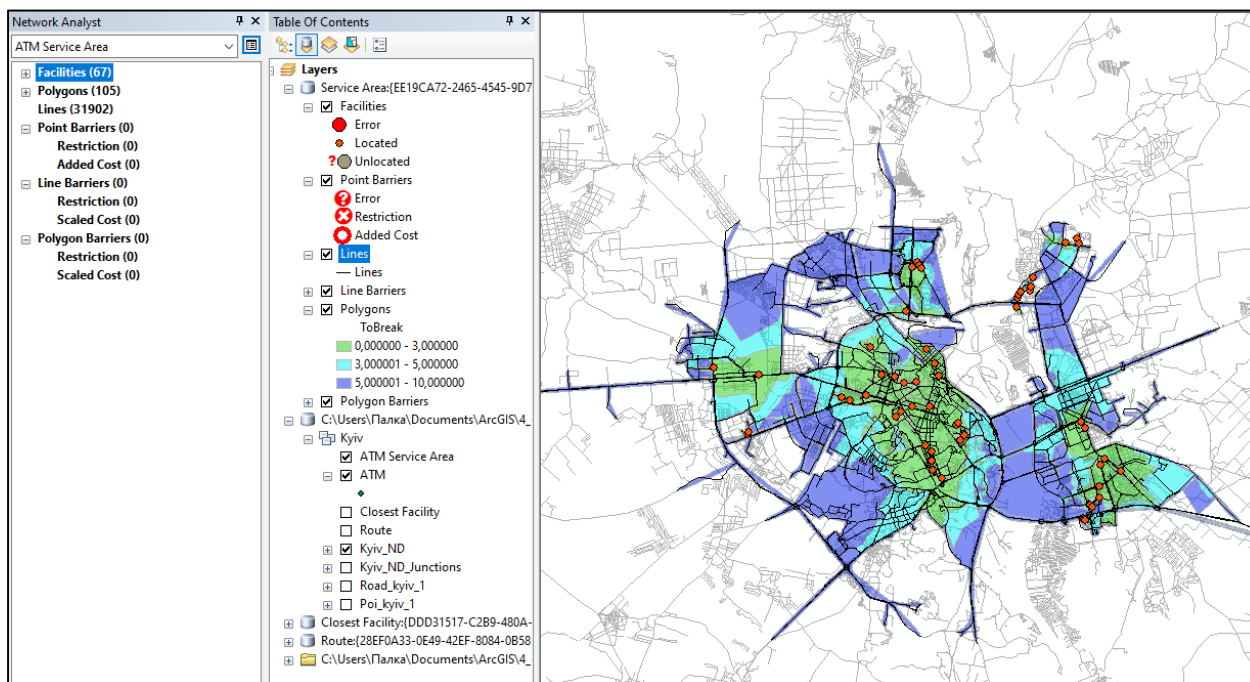


Рис. 4.8. Зони обслуговування

10. Сформувані звіт, в якому обов'язково відобразити: підготовка даних (кінцева таблиця атрибутів), створення набору даних мережі (опис), визначення оптимального маршруту, визначення найближчого об'єкту, визначення зон обслуговування.

Порядок виконання роботи в QGIS

1. Для аналізу в середовищі QGIS використовуйте вже підготовлені дані.
2. Road graph є розширенням ядра QGIS, тому досить встановити QGIS з усіма розширеннями та в Менеджері модулів (*Модулі / Управління модулями*) активувати модуль Road graph.
3. В контекстному меню *Vector / Road Graph / Parameters* вкажіть цільовий векторний шар доріг та параметри мережі.

При використанні шару доріг, в якому присутні топологічні помилки у вигляді невеликих розривів між вершинами ліній, необхідно встановити

«топологічний поріг». *Топологічний поріг* (або топологічна толерантність) - це відстань між двома сусідніми вершинами, при якому вони інтерпретуються як одна й та ж вершина графа. Ця величина повинна бути якомога менше. Не варто покладатися на параметр топологічної толерантності, краще якщо дані будуть топологічно узгоджені.

В якості поля напрямку оберіть «oneway», тоді дорозі з двостороннім напрямком руху буде відповідати значення «FT», прямому напрямку односторонньої дороги відповідатиме значення «TF», а зворотного - якесь інше значення, наприклад «-1». На вкладці «За замовчанням» для поля «Напрямок» оберіть «Двосторонній напрямок», щоб дороги, які не підпадають під описану вище схему трактувалися як двосторонні.

4. Знайдіть найкоротший шлях між двома об'єктами: аеропорт Бориспіль та Університет будівництва та архітектури. Для цього правою кнопкою миші на панелі інструменті або за допомогою контекстного меню активуйте додаток *Вид / Панелі / Найкоротший шлях* (рис. 4.3). Основні можливості розширення: розрахунок маршруту, його протяжності та часу, оптимізація за критерієм відстані або часу, експорт маршруту в векторний шар.

Вибір початкової та кінцевої точок маршруту виконується за допомогою відповідних кнопок біля полів вводу. Координати обраних точок будуть відображені в полях введення.

Натискання на кнопку Розрахувати запустить пошук найкоротшого маршруту з використанням критерію оптимізації. Кнопка Експорт служить для експорту побудованого маршруту в новий векторний шар, а за допомогою кнопки Очистити виконується очистка полів з координатами початкової та кінцевої точок, а також з області карти видаляються самі точки і побудований маршрут. Коротку довідку по роботі з модулем можна отримати натиснувши кнопку Довідка.

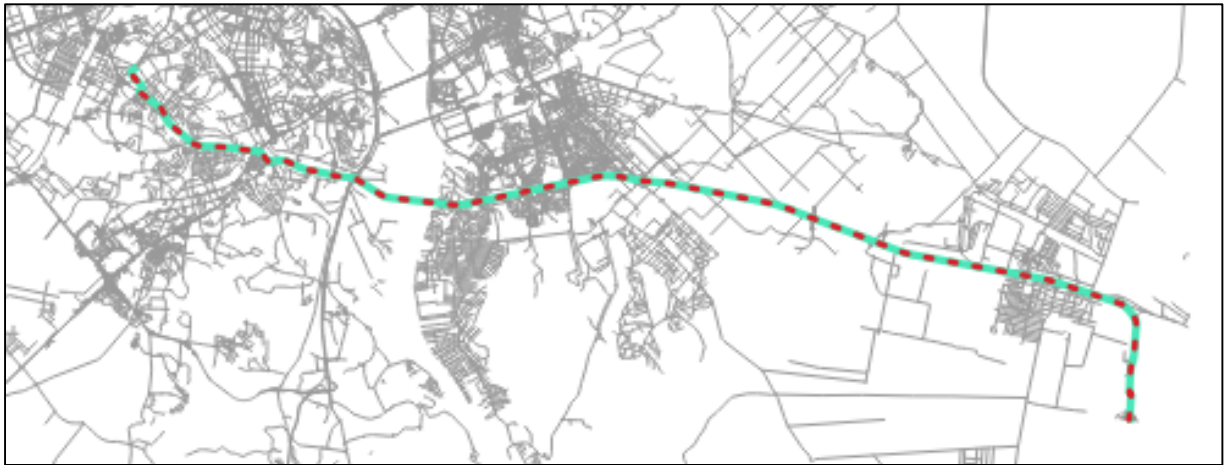


Рис. 4.9. Найкоротший та найшвидший маршрути співпадають

Порівняйте результати зі значенням, що отримані в модулі Network Analyst.

Контрольні питання

1. Що таке геометрична мережа?
2. Що таке набір мережевих даних?
3. Що таке топологічний поріг?
4. Назвіть основні етапи виконання мережевого аналізу в модулі Network Analyst.
5. Які дані використовують для визначення найкоротшого маршруту?
6. Яку послідовність дій необхідно виконати для знаходження зон обслуговування об'єктів?
7. Назвіть основні етапи виконання мережевого аналізу в середовищі QGIS.

ЛАБОРАТОРНА РОБОТА №5

«АНАЛІЗ МІСЦЕРОЗТАШУВАННЯ В ARCGIS»

Мета роботи: засвоїти методику аналізу місцєрозташування методом багатокритеріальної оптимізації в ArcGIS. Набути практичні навички побудови моделі процесу оброблення з застосуванням модулю ModelBuilder.

Завдання: знайти потенційні території для розміщення сміттєзвалища в межах м. Київ, що відповідають наступним вимогам:

- 1) за межами територій лісів, садівничих господарств та рекреаційних територій;
- 2) на відстані понад $1000 + N \cdot 100$ м. від житлових масивів;
- 3) на відстані понад $500 + N \cdot 100$ м. від значних водойм;
- 4) через територію сміттєзвалища не мають проходити дороги;
- 5) доступність до залізниці (відстань до $300 + N \cdot 10$ ($N > 10$) + $N \cdot 100$ ($N \leq 10$) м);
- 6) розмір потенційної території від $500 + N \cdot 10$ до $600 + N \cdot 10$ тис. кв.м.;
- 7) компактність полігону $> 0,4$

Вхідні дані: векторні шари .. ,/_Lab5_location/

Межа м. Київ kyiv_bond.shp

Дороги railway.shp

Гідрографія water.shp

Використання земель landuse.shp

Зелені насадження forest.shp

Будівлі та споруди build.shp

(Resource: <http://www.openstreetmap.org/>)

Короткі теоретичні положення

Завдання розміщення [location-allocation problems] - тип задач математичного програмування, метою яких є пошук оптимального розміщення нових виробничих об'єктів (наприклад, підприємств), що випускають однорідний продукт (або надають послугу) таким чином, щоб сумарні витрати на виробництво та транспорт були мінімальними. Завдання розміщення пов'язані з вирішенням проблем найкращого розташування таких систем обслуговування, як торгові центри, пункти пожежної охорони, фабрики, аеропорти, склади тощо. Завдання розміщення складають один з

найбільш актуальних та широких розділів планування, а їх математичний аналіз у більшості випадків призводить до розгляду задач дискретної оптимізації.

Методика вибору оптимального розташування об'єкту в даній роботі заснована на послідовному аналізі факторів, що впливають на це вибір із застосуванням інструментів геооброблення.

Інструменти геооброблення здійснюють невеликі, але важливі операції з географічними даними, наприклад, вилучення та накладення даних; зміна картографічних проекцій; додавання стовпців в таблиці; розрахунок значень атрибутів, накладення полігонів та прокладання оптимальних маршрутів, тощо. Існує сотні інструментів, та можна створювати ваші власні інструменти за допомогою ModelBuilder, візуальної мови програмування або за допомогою написання скриптів на текстовій мові програмування.

Інструменти організовані в набори інструментів. ArcGIS поставляє сотні інструментів, організованих у кілька наборів інструментів та надають функціональні можливості для широкого діапазону задач.

ArcGIS дозволяє побудувати послідовність інструментів таким чином, що вихідні дані одного інструменту використовуються в іншому. Для цього створюють модель геооброблення для зв'язку інструментів разом із застосуванням модулю ModelBuilder.

Порядок виконання роботи

1. Створити базу геоданих.
2. Створити набір даних.
3. Імпортувати вхідні дані до набору даних.
4. На основі лінійного шару Межа міста створити полігон для подальшого проектування потенційних територій із застосуванням інструменту *ArcToolBox / Data management tools / Features / Об'єкти в полігон Feature to Poligons*
5. Об'єднайте території лісів (значення атрибуту Landuse = forest), рекреаційних зон (значення атрибуту Landuse = recreation) та садівничих господарств (значення атрибуту Landuse = garden_green) за допомогою інструменту Merge (слияние) *ArcToolBox / Data management tools /Features /Merge*.

6. За допомогою інструменту Erase Виразити (стерти) території лесів, рекреаційних зон та садівничих господарств з території загального полігону міста *ArcToolBox / Analysis tools / Overlay / Erase*. Інструмент Erase доступний лише в модулі ArcINFO.

7. За допомогою інструменту Selection by attributes обрати житлові масиви (значення атрибуту Landuse = residential) Побудувати буфер навколо виділених об'єктів (розмір буферу згідно варіанту) Виразити з потенційного полігону, території, що покриті буфером.

8. Знайти та виділити значні річки (значення атрибуту Waterway = riverbank). Побудувати буфер (розмір буферу згідно варіанту). Виразити результуючий буфер з загального полігону.

9. За допомогою інструменту Merge поєднати шари road та railway. Навколо доріг побудувати буфер 10 м. Виразити (стерти) територію буфера із загального полігону (інструмент Erase).

10. Розбити результуючий складний полігон на декілька простих за допомогою інструменту *ArcToolBox / Data management tools / Features / Multipart To Singlepart* (Складний в прості) (рис. 5.1)

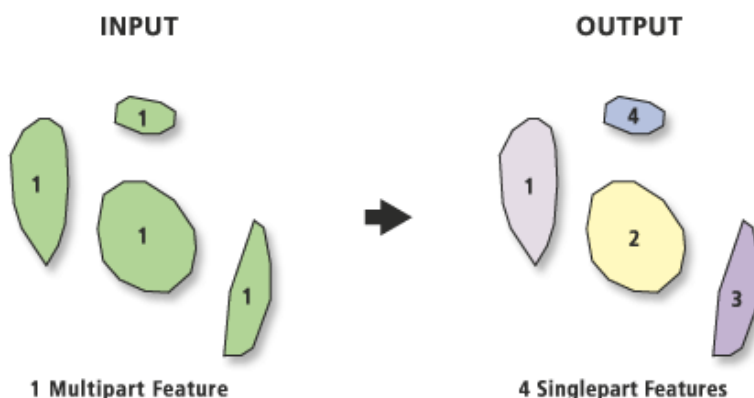


Рис. 5.1. Схема роботи інструменту Multipart To Singlepart
(<https://desktop.arcgis.com/en/arcmap/latest/tools/data-management-toolbox/multipart-to-singlepart.htm>)

11. Обрати полігони за розміром (згідно варіанту). Для цього за допомогою інструменту Selection by Attribute виділити потрібні полігони. Обрані об'єкти зберегти в окремий шар з довільним ім'ям.

12. Знайти полігони, що розташовані поблизу залізниці за допомогою інструменту Selection by Location. Обрані об'єкти зберегти в окремий шар PotencialArea.

13. За допомогою інструменту Simplify Polygons спростити контур потенційних областей *ArcToolBox / Data management tools / Generalization / Simplify*

14. Розрахувати компактність полігонів. Для цього додати нове поле до таблиці атрибутів, значення для якого заповнити за допомогою інструменту Калькулятор поля Field Calculating.

15. Результат пошуку подати у вигляді звіту. В режимі «Компанування карти» створити план обраних земельних ділянок з позначенням їх площі та компактності.

16. Створити модель процесу з використанням модулю ModelBuilder. Знайти потенційні території для розміщення сміттєзвалища за умови знаходження біля водойми. Порівняйте час вирішення завдання.

17. Створити звіт з виконання лабораторної роботи з обов'язковим формуванням висновків.

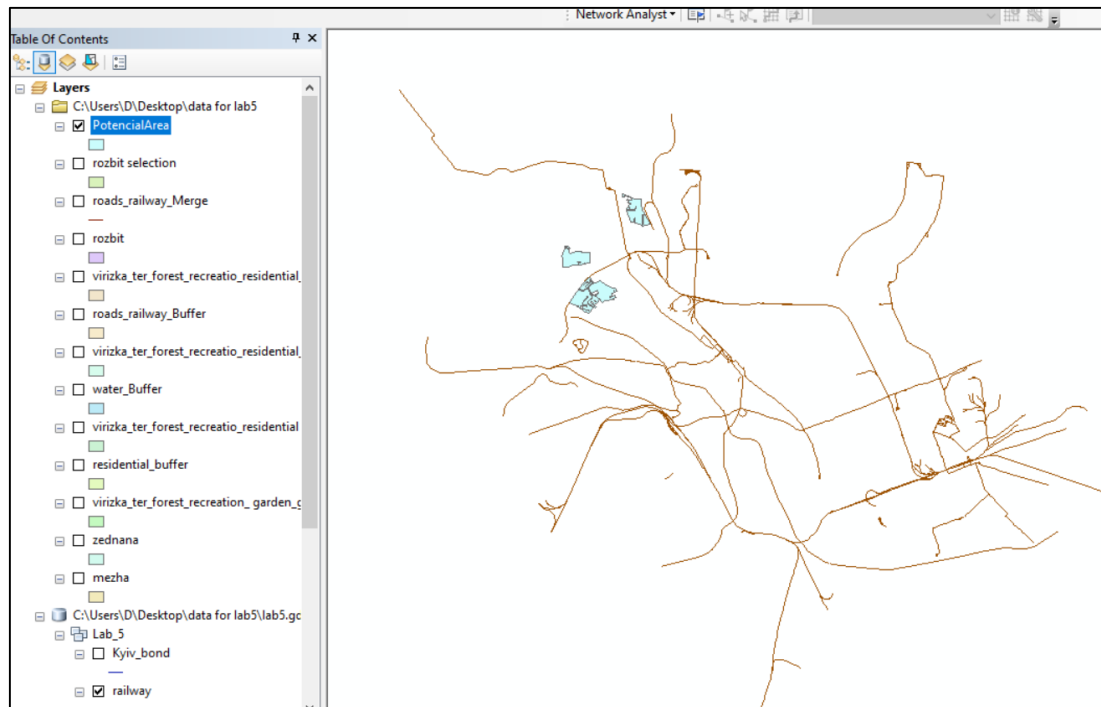


Рис. 5.2. Приклад потенційних територій

Контрольні питання

1. Що таке геооброблення?
2. Завдання розміщення та його особливості.
3. Методи багатокритеріальної оптимізації.
4. Наведіть алгоритм дій для визначення об'єкту на відстані 100 метрів від залізниці.

ЛАБОРАТОРНА РОБОТА №6

«МОДЕЛЮВАННЯ НА ОСНОВІ ТЕОРІЇ НЕЧІТКИХ МНОЖИН»

Мета: ознайомлення зі способами опису нечіткого виводу в інтерактивному режимі з використанням засобів пакету Fuzzy Logic Toolbox.

Завдання: оцінити ступінь інвестиційної привабливості бізнес-проекту на основі даних про ставку дисконтування та період окупності.

Вихідні дані: змінні `discont` та `period`, відповідно подають ставку дисконтування та період окупності бізнес-проекту. Найменування вихідної змінної, на підставі якої приймається рішення про ступінь інвестиційної привабливості бізнес-проекту, задається як `gate`. Зберегти модель під назвою `Invest_Name` (`Name` - прізвище студента). Цю роботу рекомендовано виконувати або у програмному забезпеченні з відкритою ліцензією GNU Octave (Octave Forge) або у пробній версії MATLAB (Fuzzy Logic Toolbox).

Короткі теоретичні положення

Нечітким логічним висновком називається нечітка множина, що відповідає поточному значенню входів та отримана з використанням нечіткої бази знань та нечітких операцій.

Загальні відомості про пакет Fuzzy Logic Toolbox.

До складу графічних засобів пакета Fuzzy Logic Toolbox, що використовують також як графічну об'єктно-орієнтовану мову програмування, входять:

- Редактор систем нечіткого висновку FIS Editor (FIS);
- Редактор функцій належності систем нечіткого висновку Membership Function Editor (MFE);
- Редактор правил систем нечіткого висновку Rule Editor ;
- Програма перегляду правил системи нечіткого висновку Rule Viewer ;
- Програма перегляду поверхні нечіткого висновку Surface Viewer .

Базовим поняттям Fuzzy Logic Toolbox є FIS-структура - система нечіткого висновку (Fuzzy Inference System). FIS-структура містить усі необхідні дані для реалізації функціонального відображення “входи-виходи” на основі нечіткого логічного висновку.

Існує два *способи завантаження FIS* у робочу область: зчитування з диска за допомогою функції `readfis`; передача з основного `fis`-редактора шляхом вибору в меню `File` підменю `Export` та команди `To workspace`.

Поля структури дані системи нечіткого логічного висновку призначені для збереження наступної інформації:

`name` - найменування системи нечіткого логічного висновку; `type` - тип системи (припустимі значення 'Mamdani' та 'Sugeno'); `andMethod` - реалізація логічної операції "ТА" (запрограмовані реалізації: `min` - мінімум та `prod` - добуток);

`orMethod` - реалізація логічної операції "АБО" (запрограмовані реалізації: `max` - максимум та `probor` - імовірнісне "АБО");

`defuzzMethod` - метод дефазифікації (запрограмовані методи для систем типу Мамдані: `centroid` - центр ваги; `bisector` - медіана; `lom` - найбільший з максимумів; `som` - найменший з максимумів; `mom` - середнє з максимумів; запрограмовані методи для систем типу Сугено: `wtaver` - зважене середнє та `wtsum` - зважена сума);

`impMethod` - реалізація операції імплікації (запрограмовані реалізації: `min` - мінімум і `prod` - множення);

`aggMethod` - реалізація операції об'єднання функцій належності вихідної змінної (запрограмовані реалізації: `max` - максимум; `sum` - сума і `probor` - імовірнісне "АБО"); `input` - масив вхідних змінних; `input.name` - найменування вхідної змінної; `input.range` - діапазон зміни вхідної змінної; `input.mf` - масив функцій належності вхідної змінної; `input.mf.name` - найменування функції належності вхідної змінної;

`input.mf.type` - модель функції належності вхідної змінної (запрограмовані моделі: `dsigmf` - функція належності у вигляді різниці між двома сигмоїдними функціями; `gauss2mf` - двостороння гаусівська функція належності; `gaussmf` - гаусівська функція належності; `gbellmf` - узагальнена колоколообразна функція належності; `rimf` - пі-подібна функція належності; `psigmf` - добуток двох сигмоїдних функцій належності; `sigmf` - сигмоїдна функція належності; `smf` - s-подібна функція належності; `trapmf` - трапецієподібна функція належності; `trimf` - трикутна функція належності; `zmf` - z-подібна функція належності);

`input.mf.params` - масив параметрів функції належності вхідної змінної;

`output` - масив вихідних змінних; `output.name` - найменування вихідної змінної; `output.range` - діапазон зміни вихідної змінної; `output.mf` - масив

функцій належності вихідної змінної; `output.mf.name` - найменування функції належності вихідної змінної;

`output.mf.type` - модель функції належності вихідної змінної (запрограмовані моделі для системи типу Мамдані: `dsigmf` - функція належності у вигляді різниці між двома сигмоїдними функціями; `gauss2mf` - двостороння гаусівська функція належності; `gaussmf` - гаусівська функція належності; `gbellmf` - узагальнена колоколообразна функція належності; `rimf` - пі-подібна функція належності; `psigmf` - добуток двох сигмоїдних функцій належності; запрограмовані моделі для системи типу Сугено: `constatnt` - константа (функція належності у виді сінглтона); `linear` - лінійна комбінація вхідних змінних);

`output.mf.params` - масив параметрів функції належності вихідної змінної;

`rule` - масив правил нечіткої бази знань;

`rule.antecedent` - посилки правила (вказуються порядкові номери термів у порядку запису вхідних змінних. Число 0 указує на те, що значення відповідної вхідної змінної не впливає на істинність правила);

`rule.consequent` - висновок правила (вказуються порядкові номери термів у порядку запису вихідних змінних. Число 0 вказує на те, що правило не поширюється на відповідну вихідну змінну);

`rule.weight` - вага правила. Задається числом з діапазону $[0, 1]$; `rule.connection` - логічне зв'язування змінних всередині правила: 1 - логічне "ТА"; 2 - логічне "АБО".

Для доступу до властивостей системи нечіткого логічного висновку досить вказати ім'я відповідного поля. Наприклад, команда `FIS_NAME.rule(1).weight=0.5` встановлює вагу першого правила 0.5, команда `length(FIS_NAME.rule)` визначає кількість правил у базі знань, а команда `FIS_NAME.input(1).mf(1).name='низький'` перейменовує перший терм першої вхідної змінної в “низький”.

Алгоритм Мамдані - алгоритм нечіткого логічного висновку по базі знань (базі правил) на основі множини реалізацій логічних операцій АБО (ТА). Приведення до чіткості виконується центроїдним методом (як центр тяжіння для кривої функції належності). Алгоритм використовується переважно в задачах нечіткого моделювання та дозволяє значно зменшити обсяги обчислень.

Алгоритм Сугено - алгоритм нечіткого логічного висновку на основі бази знань (базі правил), але на відміну від попереднього алгоритму,

функції належності для вихідної змінної задаються не нечіткими термами, а лінійною функцією від вхідних змінних. Правила в базі знань алгоритму Сугено є свого роду перемикачем з одного лінійного закону "вхід - вихід" на інший, теж лінійний. Межі підобластей розмиті, отже, одночасно можуть виконуватися кілька лінійних законів, але з різними ступенями. В нечіткому логічному висновку типу Сугено найбільш часто використовують реалізації трикутних норм: АБО чи добуток. Приведення до чіткості виконується на основі нормалізації зваженої суми окремих виходів.

FIS-редактор призначений для створення, збереження, завантаження та виведення систем нечіткого логічного висновку, а також для редагування наступних властивостей: тип системи; найменування системи; кількість вхідних та вихідних змінних; найменування вхідних і вихідних змінних; параметри нечіткого логічного висновку.

Завантаження FIS-редактора відбувається за допомогою команди fuzzy. У результаті з'являється інтерактивне графічне вікно. В нижній частині графічного вікна FIS-редактора розташовані кнопки Help та Close, що дозволяють викликати вікно довідки та закрити редактор, відповідно.

FIS-редактор містить 8 меню. Це три загальносистемних меню - File, Edit, View, та п'ять меню для вибору параметрів нечіткого логічного висновку - And Method, Or Method, Implication, Aggregation і Defuzzification.

Меню File - це загальне меню для всіх GUI-модулів системам нечіткого логічного висновку, що дозволяє:

За допомогою команди New FIS... створити нову систему нечіткого логічного висновку. При виборі цієї команди з'являються дві альтернативи: Mamdani та Sugeno, що визначають тип системи. Створити систему типу Mamdani можна також натисканням Ctrl+N.

За допомогою команди Import користувач має можливість завантажити раніше створену систему нечіткого логічного висновку. При виборі команди Export з'являються дві альтернативи To Workspace... та To disk, що дозволяють скопіювати систему нечіткого логічного висновку в робочу область MatLab або на диск, відповідно..

Меню Edit:

Команда Undo скасовує раніше зроблену дію. Виконується також по натисканню Ctrl+Z.

Команда Add Variable... дозволяє додати в систему нечіткого логічного висновку ще одну змінну. При виборі цієї команди з'являються дві

альтернативи Input і Output, що дозволяють додати вхідну і вихідну змінну, відповідно.

Команда Remove Selected Variable видаляє поточну змінну із системи. Ознакою поточної змінної є червона окантовка її прямокутника. Призначення поточної змінної відбувається за допомогою однократного щиглика лівої кнопки миші по її прямокутнику. Видалити поточну змінну можна також за допомогою натискання Ctrl+X.

Команда Membership Function... відкриває редактор функцій належностей. Ця команда може бути також виконана натисканням Ctrl+2.

Команда Rules... відкриває редактор бази знань. Ця команда може бути також виконана натисканням Ctrl+3.

Меню View - це загальне меню для всіх GUI-модулів систем нечіткого логічного висновку, що дозволяє відкрити вікно візуалізації нечіткого логічного висновку (команда Rules або натискання клавіш Ctrl+5) та вікно виведення поверхні "вхід-вихід", що відповідає системі нечіткого логічного висновку (команда Surface або натискання клавіш Ctrl+6).

Меню And Method - це меню дозволяє установити наступні реалізації логічної операції "ТА": min - мінімум; prod - добуток.

Користувач також має можливість установити власну реалізацію операції "ТА". Для цього необхідно вибрати команду Custom..^ в графічному вікні, що з'явилося, надрукувати ім'я функції, що реалізує цю операцію.

Меню Or Method - це меню дозволяє установити наступні реалізації логічної операції "АБО": max - добуток; probor - імовірнісне "АБО".

Користувач також має можливість установити власну реалізацію операції "АБО". Для цього необхідно вибрати команду Custom. і в графічному вікні, що з'явилося, надрукувати ім'я функції, що реалізує цю операцію.

Меню Implication - це меню дозволяє установити наступні реалізації імплікації: min - мінімум; prod - множення.

Користувач також має можливість установити власну реалізацію імплікації. Для цього необхідно вибрати команду Custom. і в графічному вікні, що з'явилося, надрукувати ім'я функції, що реалізує цю операцію.

Меню Aggregation - це меню дозволяє установити наступні реалізації операції об'єднання функцій належності вихідної змінної: max - максимум; sum - сума; probor - імовірнісне "АБО".

Користувач також має можливість встановити власну реалізацію цієї операції. Для цього необхідно вибрати команду Custom. та в графічному вікні, що з'явилося, надрукувати ім'я функції, що реалізують таку операцію.

Меню Defuzzification - це меню дозволяє вибрати метод дефазифікації. Для систем типу Мамдані запрограмовані наступні методи: centroid - центр ваги; bisector - медіана; lom - найбільший з максимумів; som - найменший з максимумів; mom - середнє з максимумів. Для систем типу Сугено запрограмовані наступні методи: wtaver - зважене середнє; wtsum - зважена сума.

Користувач також має можливість установити власний метод дефазифікації. Для цього необхідно вибрати команду Custom... та в графічному вікні, що з'явилося, надрукувати ім'я функції, що реалізує цю операцію.

Функція належності - ступінь належності елемента x множині A , тобто це суб'єктивна міра того, наскільки елемент x відповідає поняттю, зміст якого подається нечіткою множиною

Редактор функцій належності (Membership Function Editor) призначений для завдання наступної інформації про терми-множини вхідних і вихідних змінних: кількість термів; найменування термів; тип і параметри функцій належності, що необхідні для представлення лінгвістичних термів у вигляді нечітких множин.

Редактор функцій належності може бути викликаний з будь-якого GUI-модуля, що використовується із системами нечіткого логічного висновку, командою Membership Functions... меню Edit або натисканням клавіш Ctrl+2.

Редактор функцій належності містить чотири меню - File, Edit, View, Type та чотири вікна введення інформації - Range, Display Range, Name та Params. Ці чотири вікна призначені для завдання діапазону зміни поточної змінної, діапазону виведення функцій належності, найменування поточного лінгвістичного терму та параметрів його функції належності, відповідно.

Параметри функції належності можна підбирати й у графічному режимі, шляхом зміни форми функції належності за допомогою технології "Drag and drop". Для цього необхідно позиціонувати курсор миші на знаку режиму "Drag and drop", натиснути на ліву кнопку миші і не відпускаючи її змінювати форму функції належності. Параметри функції належності будуть перераховуватися автоматично.

Редактор бази знань (або правил) (Rule Editor) призначений для формування та модифікації нечітких правил.

Редактор функцій належності містить чотири системних меню File, Edit, View, Options, меню вибору термів вхідних та вихідних змінних, поля встановлення логічних операцій ТА, АБО, НЕ та ваг правил, а також кнопки редагування і перегляду правил.

У випадку, коли істинність правила не змінюється при довільних значеннях деякої вхідної змінної, тобто ця змінна не впливає на результат нечіткого логічного висновку в даній області факторного простору, то лінгвістичне значення такої змінної необхідно установити none.

Візуалізація нечіткого логічного висновку здійснюється за допомогою модуля *Rule Viewer*. Цей модуль дозволяє проілюструвати хід логічного висновку за кожним правилом, одержання результуючої нечіткої множини та виконання процедури дефазифікації. Rule Viewer може бути викликаний з будь-якого модуля, що використовується із системами нечіткого логічного висновку, командою View rules ... меню View чи натисканням клавіш Ctrl+4.

Rule Viewer містить чотири меню - File, Edit, View, Options, два поля введення інформації - Input та Plot points та кнопки прокручування зображення вліво - вправо (left-right), вниз (up-down). У нижній частині графічного вікна розташовані також кнопки Help та Close, що дозволяють викликати вікно довідки і закрити редактор, відповідно. Кожне правило бази знань подається у виді послідовності горизонтально розташованих прямокутників. При цьому перші два прямокутники відображають функції належності термів посилки правила (Якщо-частина правила), а останній третій прямокутник відповідає функції належності терму-наслідку вихідної змінної (То- частина правила).

Цю роботу рекомендовано виконувати або у програмному забезпеченні з відкритою ліцензією GNU Octave (Octave Forge) або у пробній версії MATLAB (Fuzzy Logic Toolbox).

Порядок виконання роботи

1. Запустити редактор *FIS-редактор* пакету Fuzzy Logic Toolbox: Editor Редактор / Toolbox Інструменти / Fuzzy Logic Toolbox Нечітка логіка / FIS-Editor FIS-редактор. Створити нову систему логічного висновку типу Мамдані Mamdani: в меню File Файл обрати New FIS / Mamdani. Для введення додаткових змінних в меню Edit оберіть Add Variable / Input Вхідні або Output Вихідні. В діалоговому вікні FIS-редактору задайте найменування змінних.

2. Кожній вхідній та вихідній змінній поставити у відповідність набір функцій належності. Дана процедура реалізується в редакторі функцій належності Membership Function Editor, що викликається командою Membership Function Editor в меню Edit або подвійним кліком миші на одній зі змінних.

3. Для змінної *discont* визначити діапазон базової змінної (Range) від $1+N$ до $60+N$ ($50-N$, $N>10$) (одиниця виміру - відсотки). Такий же діапазон вибрати для її відображення (Display Range). Додамо три функції належності, тип - *trimf*. Послідовно виділяючи мишею окремі графіки функцій належності, задати найменування - *small* (невелика), *middle* (середня), *big* (велика) ставки дисконтування. Для змінної *period* діапазон базової змінної визначити рівним $[3, 36]$ (одиниця виміру - місяці), та задати три функції належності типу *gaussmf* з найменуваннями - *short*, *normal*, *long*. Таким чином, змінна терміну окупності бізнес-проекту буде приймати такі значення: короткий, звичайний та тривалий термін окупності (рис. 6.1).

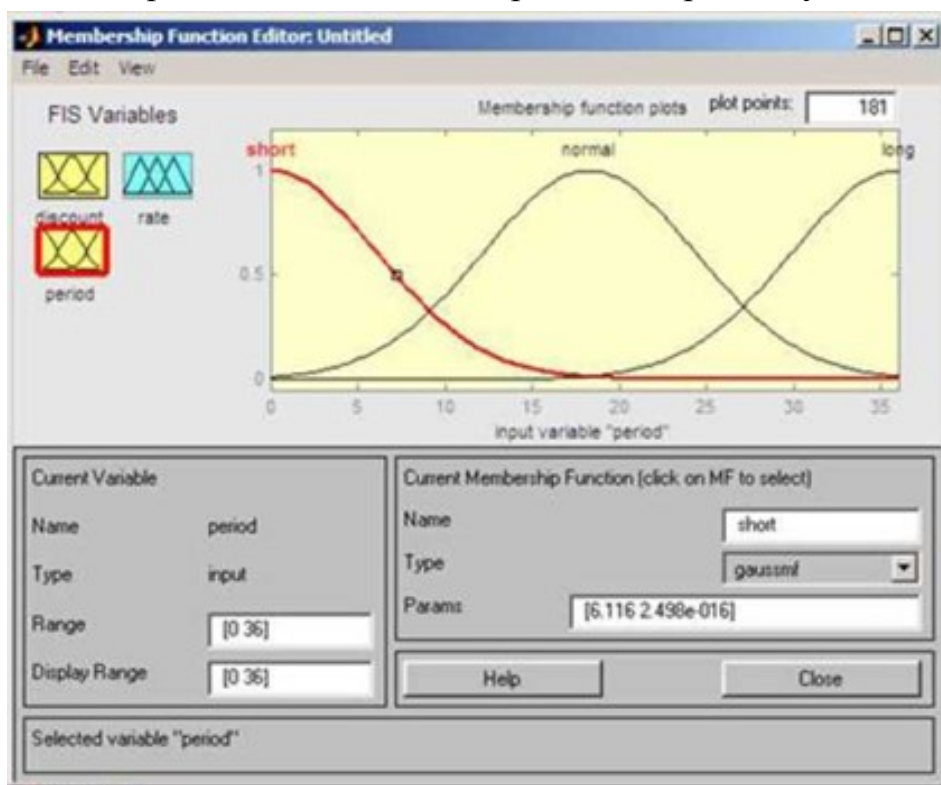


Рис. 6.1. Редакторі функцій належності Membership Function

4. Для вихідної змінної *rate* визначити: базова змінна змінює значення в діапазоні $[0, 1]$, семантика описується трьома функціями належності типу *trimf* з найменуваннями: *bad*, *normal*, *good* (відповідно погана, нормальна та добра інвестиційна привабливість бізнес-проекту).

5. Визначити набір правил, які задають зв'язок вхідних змінних з вихідними. Для візуалізації редактору правил в діалогову вікні FIS-редактору в меню Edit обрати Rule Editor або подвійним кліком миші на вікні блоку Висновку (рис. 6.2). Для визначення правил аналізу в редакторі правил виводу ввести:

If якщо discount = small And та period = short Then to rate = good

If якщо discount = not ne small And та period = long Then to rate =bad

If якщо discount = middle And та period = normal Then to rate = normal

If якщо discount = big And та period = short Then to rate = normal

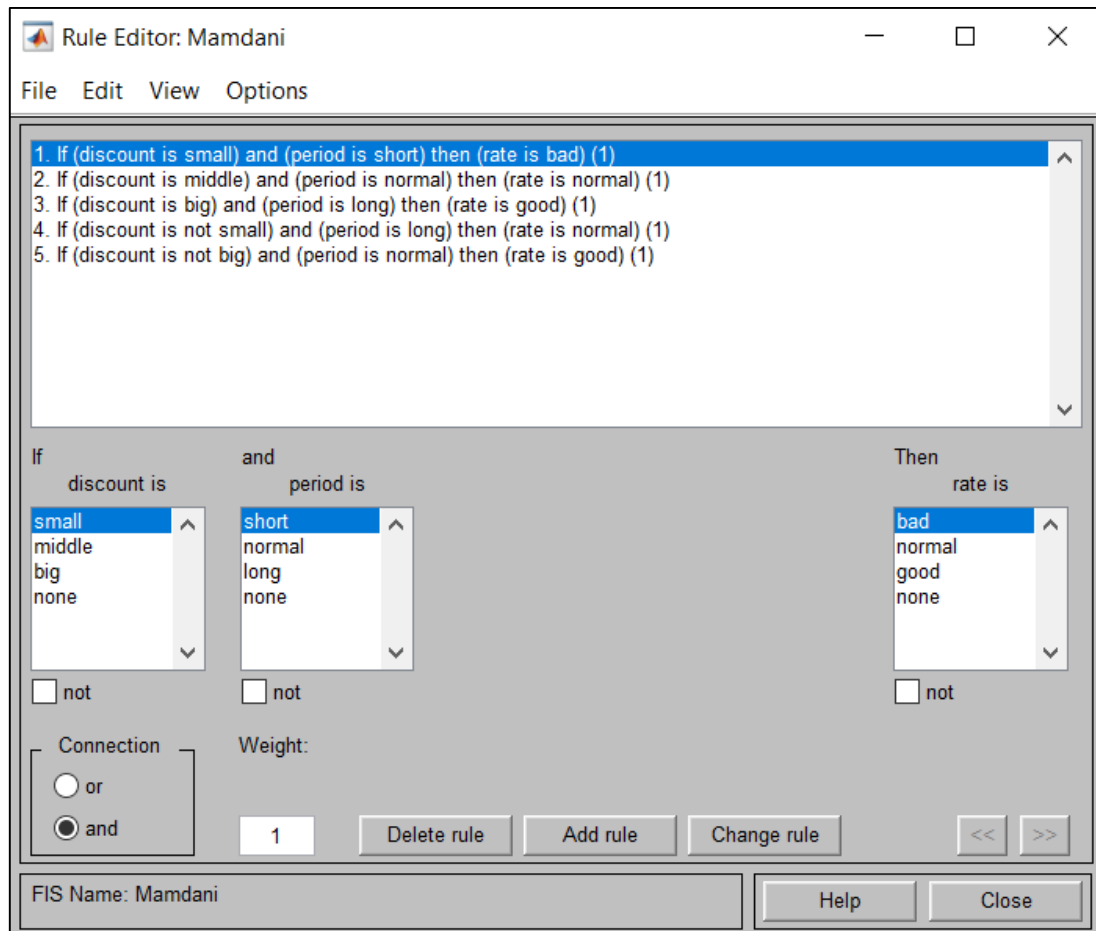


Рис. 6.2. Редактор правил (Rule Editor)

6. Для введення нового правила в базу знань необхідно за допомогою курсору вибрати відповідну комбінацію лінгвістичних термів вхідних та вихідних змінних, встановити тип логічного зв'язування (ТА або АБО) між змінними усередині правила, встановити наявність чи відсутність логічної операції НЕ для кожної лінгвістичної змінної, ввести значення вагового коефіцієнта правила та натиснути кнопку Add Rule. За замовчуванням установлені наступні параметри: логічне зв'язування

змінних усередині правила - ТА; логічна операція НЕ - відсутня; значення вагового коефіцієнта правила - 1.

7. Програма перегляду правил системи нечіткого висновку Rule Viewer дозволяє відобразити процес нечіткого висновку та отримати результат (меню View / Rule).

8. Головне вікно засобу перегляду складається з декількох графічних вікон, що розташовувані по рядках та стовпцях. Кількість рядків відповідає кількості правил нечіткого висновку, а кількість стовпчиків - кількості вхідних і та вихідних змінних, що задані для системи нечіткого висновку. Додаткове графічне вікно призначено для відображення результату нечіткого висновку та операції дефазифікації. В кожному вікні відображається відповідна функція належності, рівень її зрізу (для вхідних змінних) та внесок окремої функції належності в загальний результат (для вихідних змінних).

Порожній прямокутник візуалізації другого правила означає, що в цьому правилі посилка за змінною відсутня (is none). Жовте заливання графіків функцій належностей вхідних змінних указує наскільки значення входів, відповідають термам даного правила. Для виведення правила у форматі Rule Editor необхідно зробити однократний клік лівої кнопки миші по номеру відповідного правила. У цьому випадку зазначене правило буде виведено в нижній частині графічного вікна.

Блакитне заливання графіка функції належності вихідної змінної являє собою результат логічного висновку у вигляді нечіткої множини за даним правилом. Результируючу нечітку множину, що відповідає логічному виведенню за всіма правилами, показано в нижньому прямокутнику останнього стовпця графічного вікна. У цьому ж прямокутнику червона вертикальна лінія відповідає чіткому значенню логічного висновку, що отриманий в результаті дефазифікації. У поле Plot points задається кількість крапок дискретизації для побудови графіків функцій належності. Значення за замовчуванням - 101

Зміна значень вхідних змінних в діалоговому вікні перегляду правил системи нечіткого висновку Rule Viewer можна двома способами:

1) шляхом введення в поле Input запису вхідного вектора, розмірність якого дорівнює кількості вхідних змінних;

2) клацанням миші в будь-якому графічному вікні, що відображає вхідну змінну.

Вхідний вектор у кожному з цих варіантів визначення вихідних даних буде поданий набором червоних вертикальних прямих.

Для звіту в діалоговому вікні перегляду правил системи нечіткого висновку Rule Viewer сформувати вигляд системи для ставки дисконтування - $15+N\%$, періоду окупності бізнес-проекту - $10+N$ місяців та розрахувати ступінь інвестиційної привабливості.

9. Побудувати тривимірну поверхню як залежність вхідної змінної від двох вхідних. Для цього в меню View FIS-редактору обрати Surface. Вибір вхідних та вихідних змінних здійснюється за допомогою меню головного вікна Surface Viewer. Кількість нових ліній по осях X і Y визначається в полях вводу Xgrids, Ygrids. Поверхню висновку, що відповідає правилам виводу лабораторної роботи подати в звіті.

10. Створити систему нечіткого висновку типу Сугено: в меню File Файл обрати New FIS / Sugeno. Подальші дії щодо ведення вхідних змінних є аналогічними попереднім.

11. Для вихідної змінної rate визначити: базова змінна змінює значення в діапазоні $[0, 1]$, семантика описується трьома функціями належності типу *linear* (лінійна залежність) з найменуваннями: bad, normal, good (відповідно погана, нормальна та добра інвестиційна привабливість бізнес-проекту). Або вихідна змінна має тип *constant* та три значення: bad, normal, good, які задаються відповідно трьома константами - 0, 0.5, 1.

12. Відобразити процес нечіткого висновку типу Сугено та отримати результат в вікні перегляду правил системи нечіткого висновку Rule Viewer за заданими в пункті 5 параметрами. Чи є різниця в розрахунках?

13. Відобразити тривимірну поверхню нечіткого висновку типу Сугено у вікні Surface Viewer. (рис. 6.3)

14. Сформувати звіт з обов'язковим формуванням висновків (у висновках відзначити які саме типи функцій належностей та методи дефазифікації використані в кожному алгоритмі).

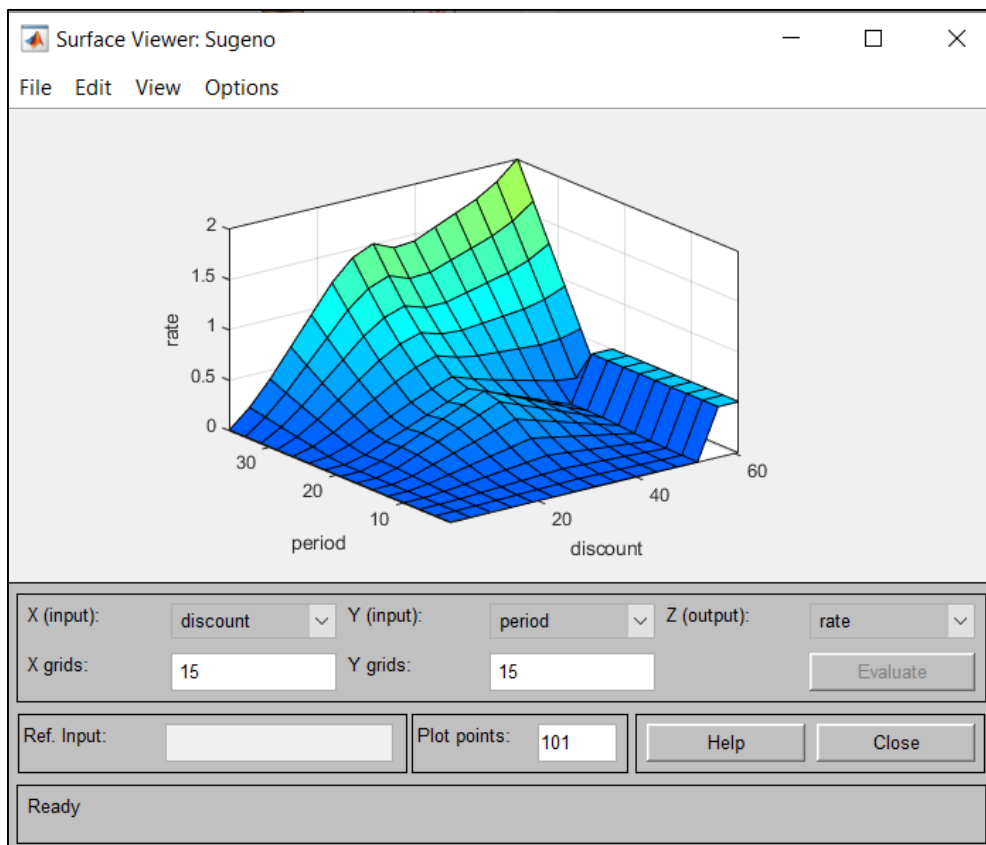
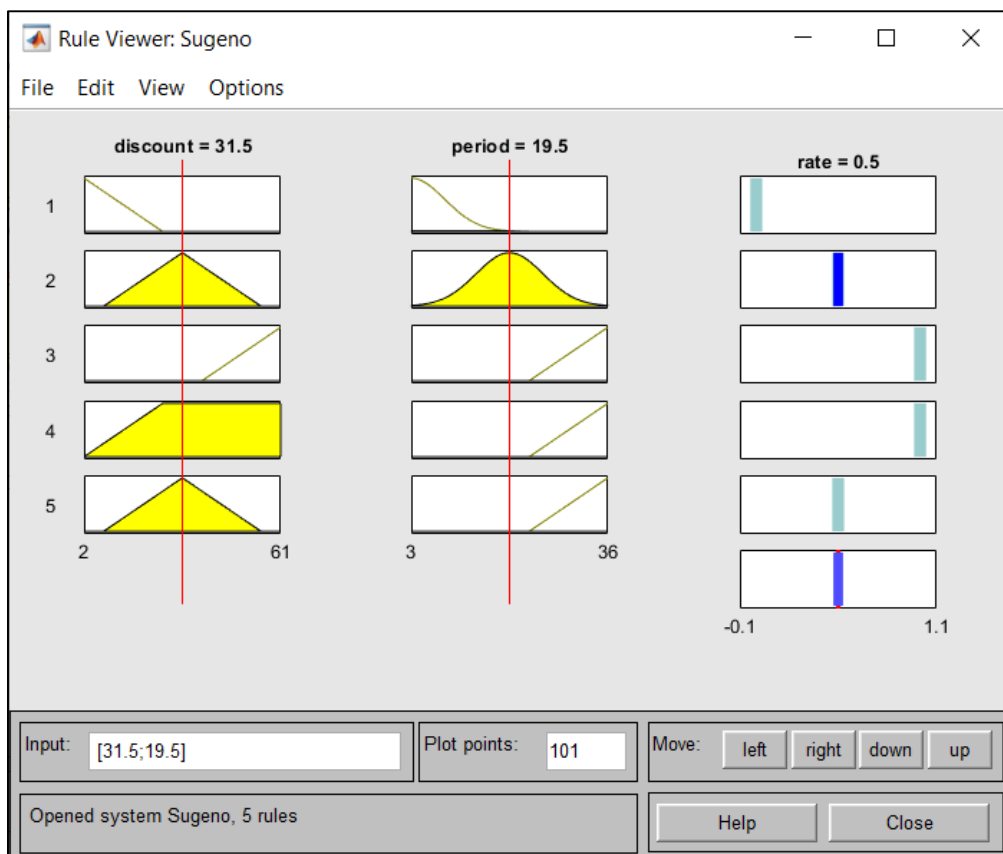


Рис. 6.3. Програма перегляду Rule Viewer правил системи нечіткого висновку типу Сугено

Контрольні питання

1. Дайте визначення функції належності.
2. Перерахуйте та коротко охарактеризуйте основні засоби пакета Fuzzy Logic Toolbox.
3. Як задати функції належності вхідних та вихідних змінних?
4. Як візуалізувати результати аналізу?
5. Нечіткий логічний висновок Мамдані.
6. Нечіткий логічний висновок Сугено.

СПИСОК РЕКОМЕНДОВАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. ArcGIS tutorials. URL: <https://desktop.arcgis.com/en/arcmap/latest/get-started/introduction/arcgis-tutorials.htm> (дата звернення 17.12.2024)
2. Get Started with Fuzzy Logic Toolbox. URL: <https://www.mathworks.com/help/fuzzy/getting-started-with-fuzzy-logic-toolbox.html> (дата звернення 17.12.2024)
3. GNU Octave. URL: <https://octave.org/download#ms-windows> (дата звернення 17.12.2024)
4. MATLAB Online. URL: <https://www.mathworks.com/products/matlab-online.html> (дата звернення 17.12.2024)
5. Геоінформаційні технології та інфраструктура просторових даних: у шести томах. Том 2: Системи керування базами геоданих для інфраструктури просторових даних. Навчальний посібник. / Кейк Д., Лященко А.А., Путренко В.В., Хмелевський Ю., Дорошенко К.С., Говоров М. - К.: Планета-Прінт, 2017. 456 с.
6. Застосування ГІС у природоохоронній справі на прикладі відкритої програми QGIS [Текст] : навч. посіб. / О. Часковський, Ю. Андрейчук, Т.Ямелинець. — Львів : ЛНУ ім. Івана Франка, Вид-во Простір-М, 2021. — 228 с. — ISBN 978-617-7746-79-8. URL: https://geography.lnu.edu.ua/wp-content/uploads/2021/05/GIS-in-Nature-Protection_QGIS.pdf (дата звернення 17.12.2024).
7. Карпінський, Ю., Лященко, А., & Рунець, Р. (2010). Еталонна модель бази топографічних даних. 2010, Комплекс стандартів «База топографічних даних. Загальні вимоги. СОУ 742-33739540 0010: 2010. Видання офіційне. Київ, Мінприроди України.

8. Лабораторний практикум у програмному забезпеченні "ArcGIS 9 Desktop" навчального курсу "Технології ГІС" / Харк. нац. акад. міськ. госп - ва; уклад.: В. Д. Шипулін. - Х.: ХНАМГ, 2012. - 161 с.

9. Методичні рекомендації щодо діяльності органів місцевого самоврядування у сфері НІГД: практичний посібник / Ю. О. Карпінський, Д. О. Кінь – Київ: КНУБА, 2023. – 276 с. – ISBN 978-966-627-260-0. URL: https://land.gov.ua/wp-content/uploads/2024/03/posibnyk-gromadam-nigd_fin.pdf (дата звернення 17.12.2024).

10. Основи створення інтегрованих геопросторових даних. / Ю. О. Карпінський та ін. – Київ: КНУБА, 2023. – 302 с. – ISBN 978-966-627-248-8.

11. Энди Митчелл. Руководство по ГИС-анализу. Часть 1: Модели пространственного распределения и взаимосвязи.; Пер. с англ. - К.: ЗАО ЕСОММ Со. 2000, 179 с.

Навчально-методичне видання

ГЕОПРОСТОРОВИЙ АНАЛІЗ

Методичні вказівки та завдання
до виконання лабораторних робіт
для здобувачів другого (магістерського) рівня
спеціальності 193 «Геодезія та землеустрій»
спеціалізації «Геоінформаційні системи і технології»
денної та заочної форм навчання

Укладачі: **Горковчук** Юлія Вікторівна,
Кінь Данило Олексійович,
Максимова Юлія Сергіївна

Комп'ютерне верстання *А. П. Селівестрової*

Ум. друк. арк. 3,25. Обл.-вид. арк. 3.5
Електронний документ. Вид № 20/V-25.

Виконавець і виготовлювач
Київський національний університет будівництва і архітектури
Проспект Повітряних Сил, 31, Київ, Україна, 03680

Свідоцтво про внесення до Державного реєстру суб'єктів
видавничої справи ДК № 808 від 13.02.2002 р