

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ХАРКІВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
МІСЬКОГО ГОСПОДАРСТВА імені О. М. БЕКЕТОВА

МЕТОДИЧНІ РЕКОМЕНДАЦІЇ

до виконання практичних та самостійних робіт
із навчальної дисципліни

**«МОДЕЛЮВАННЯ І ДОСЛІДЖЕННЯ СКЛАДНИХ СИСТЕМ
В ГАЛУЗІ ГЕОДЕЗІЇ ТА ЗЕМЛЕУСТРОЮ»**

*(для здобувачів третього (освітньо-наукового) рівня вищої освіти
зі спеціальності 193 – Геодезія та землеустрій)*

Харків
ХНУМГ ім. О. М. Бекетова
2024

Методичні рекомендації до виконання практичних та самостійних робіт із навчальної дисципліни «Моделювання і дослідження складних систем в галузі геодезії та землеустрою» (для здобувачів третього (освітньо-наукового) рівня вищої освіти зі спеціальності 193 – Геодезія та землеустрій) / Харків. нац. ун-т міськ. госп-ва ім. О. М. Бекетова ; уклад.: К. О. Метешкін, М. А. Кухар. – Харків : ХНУМГ ім. О. М. Бекетова, 2024. – 50 с.

Укладачі: д-р техн. наук, проф. К. О. Метешкін,
канд. техн. наук, ст. викл. М. А. Кухар

Рецензент

М. О. Пілічева, кандидат технічних наук, доцент кафедри земельного адміністрування та геоінформаційних систем Харківського національного університету міського господарства імені О. М. Бекетова

Рекомендовано кафедрою земельного адміністрування та геоінформаційних систем, протокол № 1 від 16.08.2024

ЗМІСТ

Вступ.....	4
Практична робота 1 Дослідження складних геопросторових відносин «людина – навколишнє середовище» за методами моделювання на базі геодезичних спостережень.....	5
Практична робота 2 Логіка першого порядку для моделювання елементів складних систем.....	9
Практична робота 3 Інструментальні засоби для реалізації моделювання складних систем в галузі геодезії та землеустрою.....	13
Практична робота 4 Формування гіпотези в галузі геодезії	15
Практична робота 5 Дослідження зміни за допомогою імітаційного моделювання при проектуванні споруд.....	17
Практична робота 6 Емпіричні дослідження в галузі геодезії та землеустрою.....	25
Практична робота 7 Математичне моделювання складних систем у галузі геодезії та землеустрою.....	32
Практична робота 8 Математичне моделювання елементів землеустрою мовою теорії категорій та функторів.....	41
Завдання до самостійної роботи.....	46
Список рекомендованих джерел.....	47

ВСТУП

Аспірантам пропонується після закінчення курсу створити модель процесу реалізації науково-дидактичного методу в обраній предметній області. Інакше кажучи, аспірантам пропонується створити один із варіантів прогнозної моделі процесу написання дисертації. Таку модель можна оформити на основі спеціальних програм. Результати моделювання професійних знань наведено у роботі. Структура моделі має відповідати структурі автореферату дисертації, тобто містити такі відомості та дані:

- обґрунтування актуальності обраної теми досліджень, зробленого на основі інформаційного пошуку;
- мета та завдання досліджень;
- відомості про об'єкт та предмет досліджень;
- відомості про методи досліджень;
- відомості про наукову новизну отриманих результатів;
- відомості про практичну значущість отриманих результатів;
- відомості про апробацію результатів дослідження, якщо такі є;
- відомості про публікації, якщо такі є.

Виокремимо такі предметні галузі: стан довкілля, інфраструктура міського та міжнародного транспорту, міське будівництво, структура освітніх систем, землеустрій.

Покажемо на прикладах вирішення окремих наукових завдань.

ПРАКТИЧНА РОБОТА 1

ДОСЛІДЖЕННЯ СКЛАДНИХ ГЕОПРОСТОРОВИХ ВІДНОСИН «ЛЮДИНА – НАВКОЛИШНЄ СЕРЕДОВИЩЕ» ЗА МЕТОДАМИ МОДЕЛЮВАННЯ НА БАЗІ ГЕОДЕЗИЧНИХ СПОСТЕРЕЖЕНЬ

Теоретична частина

Актуальність вирішення цього завдання не викликає сумнівів. Ще В. І. Вернадський звертав увагу на ставлення людини до природи. Його вчення про ноосферу безпосередньо пов'язане з екологією. Навчальна дисципліна «Моделювання та дослідження складних систем у геодезії та землеустрої» передбачає обізнаність аспірантів із науковими методами та способами їхнього використання для вирішення дослідницьких завдань.

Відповідно до вчення В. І. Вернадського про ноосферу як об'єкт дослідження, доцільно обрати біосферу і розглядати її, як складну систему, що має як органічне, так і неорганічне походження. Особливу увагу Вернадський приділяв інтелектуальній складовій біосфери. Тоді, якщо за об'єкт дослідження прийняти біосферу України (рис. 1.1), то предметом її дослідження може бути безліч процесів та методів її поліпшення.

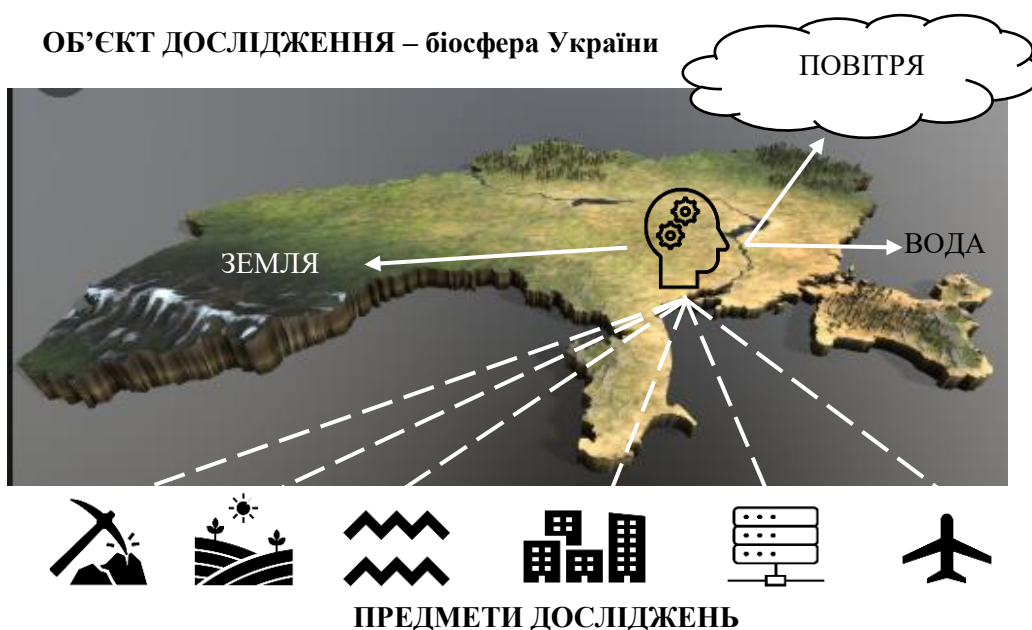


Рисунок 1.1 – Гранично узагальнена модель об'єкта та предмета у дослідженні екологічних ризиків

Прикладами предмету досліджень у цьому випадку можуть бути:

- методи та засоби моніторингу екологічних ризиків сільськогосподарських та інших земель України;
- методи та моделі оцінювання продуктивності земель України на основі інтелектуальних інформаційних технологій;
- процеси моніторингу забруднення водного басейну Дніпра та інших річок;
- методи та моделі дистанційного оцінювання забруднення водних ресурсів України;
- процеси впливу змін кліматичних умов на форму ґрунту;
- моделі кругообігу води в природі та їх використання на урбанізованих територіях;
- методи та моделі прийняття компромісних рішень у землеустрої.

Цей список предметів дослідження можна продовжувати.

ВАЖЛИВО зазначити, що для визначення цілей досліджень предмет може бути відкоригований. Остаточо необхідно збалансувати формулювання теми роботи, об'єкт, предмет та мету дослідження. Така процедура дозволить претенденту цілеспрямовано провести дослідження та закінчити аспірантуру у визначені терміни.

Будь-який дослідницький процес починається з вибору методів дослідження. Зазвичай, це всім відомі методи системного аналізу: аналіз, синтез, агрегування, декомпозиція тощо. Доцільно припустити, що аспірант ще не ознайомлений із багатьма математичними методами. І тут обов'язок наукового керівника полягає в тому, щоб допомогти претенденту вибрати потрібний математичний апарат, а аспіранту самостійно його освоїти і навчитися застосовувати практично.

Важливим аспектом результатів науково-дослідної роботи є її новизна. Відсутність новизни в результатах досліджень перетворює роботу претендента на імітацію наукової роботи. Чимало претендентів, вивчаючи наукові статті, запитують: «Як зрозуміти, чи стаття, в якій публікуються результати наукових

досліджень, містить новизну чи ні?» Відповідь проста. У висновках чи підрозділах наукової статті мають бути такі слова: «у статті запропоновано ...», «формалізовано процес, який раніше не піддавався формалізації», «отримано залежність, що відрізняється від відомої», «побудовано модель, що має відмінні ознаки...» та ін. Крім того, новизна, як властивість наукової роботи, позначається такими словами: «вперше отримано», «отримало подальший розвиток» та «удосконалено».

Для вирішення наукових завдань необхідно використовувати відповідний інструментарій. Одним із таких інструментів є геоінформаційні системи (ГІС). ГІС є потужним інструментом у наукових дослідженнях, що дозволяє ефективно працювати з просторовими даними. Вони застосовуються в багатьох наукових дисциплінах, зокрема у географії, екології, соціальних науках і значно розширюють можливості дослідників у зборі, аналізі та візуалізації інформації. ГІС надає доступ до різних джерел географічних даних і дозволяє інтегрувати їх у єдину систему для подальшого аналізу.

Однією з ключових переваг ГІС є можливість проведення складного просторового аналізу, що дозволяє моделювати та прогнозувати розвиток природних і соціальних процесів. Це забезпечує нові перспективи для усвідомлення явищ та зв'язків між ними. Візуалізація даних у вигляді карт, графіків і 3D-моделей робить результати дослідження більш зрозумілими й доступними для широкої аудиторії. ГІС також сприяє прийняттю рішень, оскільки дозволяє оцінити різні сценарії розвитку подій та їх можливі наслідки.

Велике значення для оформлення результатів наукової роботи має її практична значущість. Вважається, що результати наукових досліджень не повинні застарівати. Якщо ви довели актуальність своєї роботи, то її результати повинні застосовуватися практично.

Науково-дослідницька робота завжди пов'язана з апробацією її результатів. Звісно, людині, особливо вченому, властиво сумніватися в тому, що він зробив (розробив, побудував модель) тощо, тому отримані проміжні

результати науково-дослідної роботи зазвичай апробуються на різних рівнях наукової комунікації.

Завдання до практичної роботи

1. Проаналізувати існуючі методи оцінки екологічних ризиків на основі моніторингу стану підземних вод, зокрема тих, що базуються на геоінформаційних системах (ГІС) та геодезичних спостереженнях.

2. Проаналізувати методики періодичного моніторингу стану підземних вод для оцінки екологічних ризиків певної місцевості, з урахуванням специфіки регіону та існуючих природних умов.

3. Змоделювати просторово-часові зміни в стані підземних вод з використанням геодезичних даних та ГІС, що дозволить виявити можливі екологічні ризики на ранніх стадіях їх виникнення.

4. Провести аналіз впливу геодезичних спостережень на точність оцінки екологічних ризиків, зокрема аналіз точності даних, отриманих з різних джерел, і їх інтеграції в єдину систему моделювання.

ПРАКТИЧНА РОБОТА 2 ЛОГІКА ПЕРШОГО ПОРЯДКУ ДЛЯ МОДЕЛЮВАННЯ ЕЛЕМЕНТІВ СКЛАДНИХ СИСТЕМ

Теоретична частина

Логіка першого порядку – формальна теорія, що допускає висловлювання відносно змінних, фіксованих функцій та предикатів.

Логіка першого порядку (ЛПП) є потужним інструментом формалізації і аналізу знань, що дозволяє виражати і обробляти інформацію про об'єкти, їх властивості та зв'язки між ними. На відміну від класичної логіки висловлень, ЛПП використовує квантори для уточнення та деталізації висловлювань. Це робить ЛПП особливо корисною для моделювання складних систем і процесів у різних наукових та практичних областях.

Формалізація знань за допомогою ЛПП включає визначення об'єктів, їх властивостей і відносин у вигляді формальних виразів. Наприклад, у контексті екологічних досліджень ЛПП може бути використана для опису властивостей підземних вод, їх змінювання під впливом різних факторів, а також для визначення відносин між цими властивостями. Формалізація дозволяє створити чіткі та однозначні моделі, які можуть бути використані для автоматизованого аналізу даних, виявлення закономірностей та прогнозування результатів.

Логіка першого порядку також забезпечує можливість створення складних запитів та умов, що дозволяє більш точно і детально досліджувати різні аспекти системи. Вона підтримує обробку знань на різних рівнях абстракції, що робить її надзвичайно корисною для побудови інтелектуальних систем, які можуть адаптуватися до змінюваних умов і надавати нові інсайти в процесі дослідження. Формалізація за допомогою ЛПП дозволяє досягти високого рівня точності та надійності в моделюванні складних явищ, що є критично важливим для ефективного управління екологічними ризиками та прийняття обґрунтованих рішень.

За допомогою ЛПП можна відображати елементи земельних відносин (рис. 2.1).

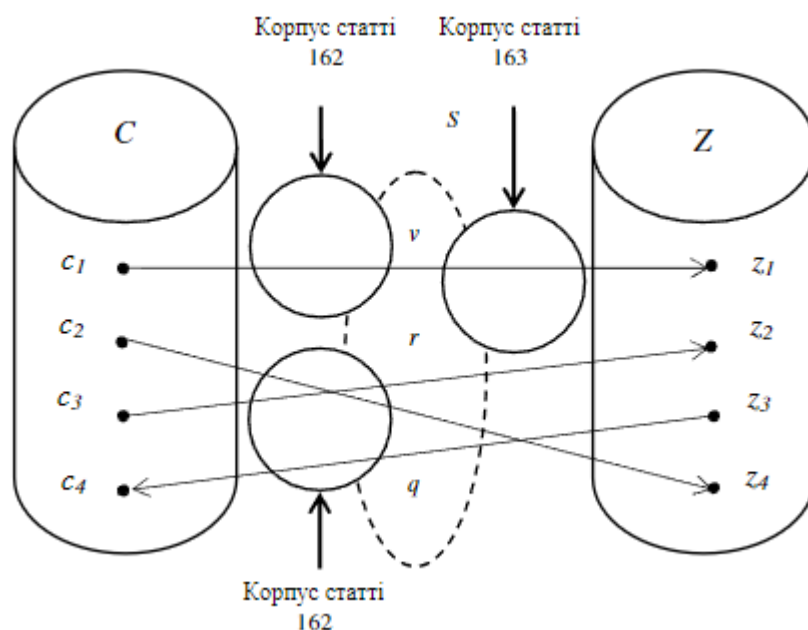


Рисунок 2.1 – Приклад узагальненої ситуаційної моделі земельних відносин

На рисунку 2.1 проілюстровано метод декомпозиції складних відношень у сфері землеустрою, де використано такі позначення: S – множина відношень, які можуть виникати між множиною суб'єктів (C – множина власників земельних ділянок); множиною об'єктів (Z – земельні ділянки) на основі прав володіння (v), користування (p) і розпорядження землею (r). Семантику цих відносин задає корпус тексту статті.

Мовою корпусної лінгвістики стаття Земельного кодексу України є корпусом, який несе основну семантичне навантаження щодо розкриття суті тих чи інших земельних відносин.

Кожен корпус тексту статті залежно від її смислового навантаження також можна декомпозувати на окремі невеликі корпуси текстів.

Наприклад, 6 розділ Земельного кодексу України містить 26 главу «Завдання, зміст і порядок охорони земель», яка складається із 7 статей, викладених на 7 сторінках (зі 162 по 168).

Стаття 162 «Поняття охорони земель» подає визначення, але не задає функціональну частину земельних відносин і не передбачає декомпозиції.

Стаття 163 становить опис сукупності складних елементів, який підлягає декомпозиції з метою їх подальшого математичного аналізу.

Кожне описане в статті відношення можна представити у вигляді рівняння. Останнім елементом ієрархії Земельного кодексу України є стаття. Наприклад, стаття 162 «Поняття охорони земель», що складається з лінгвістичних корпусів, які можна представити за допомогою обчислення предикатів. Лінгвістичний об'єкт цієї статті «обґрунтування й забезпечення досягнення раціонального землекористування» при відображенні за допомогою обчислення предикатів матиме такий вигляд:

$$A_{162}^a \sim \left(Z \in \left((z \in C) \vee (P^{Pz} \in C) \right) \right), \quad (2.1)$$

де A_{162}^a – стаття 162, корпус тексту a ;

Z – множина земельних ділянок;

z – конкретна земельна ділянка;

C – множина суб'єктів земельних відносин;

P^{Pz} – принципи земельних відносин.

Якщо охарактеризувати це рівняння, то отримаємо таке: «Корпус тексту a статті 162 описує таку процедуру: використання всіх земельних ділянок повинні виконувати дві умови: повинні використовуватись суб'єктами земельних відносин, суб'єкти земельних відносин повинні дотримуватись принципів земельних відносин».

Завдання до практичної роботи

1. Проаналізувати та описати елементи земельного законодавства: визначити основні елементи земельного законодавства України, зокрема статті, розділи, глави та статті, і формалізувати їх з використанням логіки першого порядку. Це передбачає опис відносин між суб'єктами земельних відносин, об'єктами (земельними ділянками) та функціональними вимогами.

2. Розробити формальні моделі для відносин у сфері землеустрою: застосувати ЛПП для моделювання відносин між суб'єктами земельних відносин і земельними ділянками. Включити в модель правові аспекти володіння, користування та розпорядження землею, що будуть представлені у вигляді формальних виразів і рівнянь.

3. Декомпозиція та аналіз корпусу тексту законодавства: розбити корпус тексту Земельного кодексу України на окремі частини, що можуть бути формалізовані з використанням ЛПП. Це передбачає детальне дослідження кожної статті та визначення її семантичного навантаження для подальшого математичного аналізу.

4. Розробити формальні вирази для конкретних статей законодавства: перевести текст статей Земельного кодексу України у формальні вирази ЛПП.

5. Провести оцінку точності формалізації та можливості її використання.

ПРАКТИЧНА РОБОТА З ІНСТРУМЕНТАЛЬНІ ЗАСОБИ ДЛЯ РЕАЛІЗАЦІЇ МОДЕЛЮВАННЯ СКЛАДНИХ СИСТЕМ В ГАЛУЗІ ГЕОДЕЗІЇ ТА ЗЕМЛЕУСТРОЮ

Теоретична частина

Моделювання складних систем в галузі геодезії та землеустрою вимагає застосування сучасних програмних засобів, що дозволяють ефективно обробляти, аналізувати та візуалізувати просторові дані. Враховуючи складність та багатовимірність таких задач, критично важливо вибрати відповідні інструменти, які можуть забезпечити точність, надійність і зручність у роботі. Одними з найбільш використовуваних програмних продуктів для таких завдань є *Excel*, *AutoCAD* та *QGIS*. Кожен із цих інструментів відіграє ключову роль у різних аспектах моделювання, забезпечуючи комплексний підхід до вирішення завдань геодезії та землеустрою.

Excel зазвичай використовується як базовий інструмент для роботи з даними завдяки своїй універсальності та значним можливостям обчислення. *Excel* надає можливість організувати, аналізувати та візуалізувати дані за допомогою таблиць, графіків і формул. Однією з переваг використання *Excel* у геодезії та землеустрої є можливість обробки великих масивів даних, створення складних математичних моделей та виконання статистичного аналізу. Зокрема, *Excel* може бути корисним для початкового етапу підготовки даних перед їх подальшим використанням у більш спеціалізованих програмних продуктах.

AutoCAD є провідним інструментом для двовимірного і тривимірного проектування, що надає можливість створення точних і детальних креслень, планів та моделей. *AutoCAD* широко використовується в геодезії для створення цифрових моделей місцевості, планування забудови та проектування інфраструктури. Цей програмний продукт дозволяє інтегрувати дані з різних джерел, включаючи геодезичні вимірювання та дані з ГІС-систем, що робить його незамінним для комплексного аналізу та проектування. Завдяки своїй точності та гнучкості *AutoCAD* є ключовим інструментом для моделювання складних об'єктів у галузі землеустрою.

QGIS (Quantum GIS) є потужною геоінформаційною системою з відкритим вихідним кодом, що дозволяє працювати з просторовими даними на високому рівні деталізації. *QGIS* підтримує широкий спектр форматів даних і забезпечує інструменти для просторового аналізу, візуалізації та моделювання. Це робить *QGIS* особливо корисним для завдань, пов'язаних із картографуванням, аналізом екологічних ризиків, моделюванням земельних відносин та управлінням природними ресурсами. Важливою перевагою *QGIS* є його модульна структура, що дозволяє розширювати функціонал за допомогою численних плагінів, адаптуючи систему під специфічні потреби проєктів.

Завдання до практичної роботи

1. *Excel*: моделювання обсягу земляних робіт на будівельному майданчику. Створіть таблицю з висотами на декількох ключових точках будівельного майданчика, розташованих на певній відстані одна від одної (наприклад, по сітці 10 м × 10 м). В *Excel* використайте формули для обчислення обсягу земляних робіт (наприклад, методом середньої висоти або методом прямокутників). Визначте, скільки кубічних метрів землі потрібно зняти або додати для вирівнювання ділянки.

2. *AutoCAD*: формування елементів плану будівельного майданчика. Розробіть базовий план будівельного майданчика, розмістивши на ньому контури майбутніх будівель, тимчасових споруд, доріг та зон для техніки.

3. *QGIS*: аналіз рельєфу та оцінка зони затоплення. Імпортуйте дані рельєфу або сформууйте дані у вигляді цифрової моделі (*DEM*) та межі будівельного майданчика. Використовуйте інструменти *QGIS* для створення карти нахилу поверхні та виділення зон з високим ризиком затоплення. За допомогою інструментів гідрологічного моделювання у *QGIS* визначте зони, де ймовірно накопичення води при сильних дощах або паводках. Створіть карту, яка відображає зони ризику затоплення та нанесіть на неї основні об'єкти будівельного майданчика.

ПРАКТИЧНА РОБОТА 4 ФОРМУВАННЯ ГІПОТЕЗИ В ГАЛУЗІ ГЕОДЕЗІЇ

Теоретична частина

Формування гіпотези є важливим етапом наукового дослідження, зокрема в галузі геодезії. Гіпотеза дозволяє встановити попереднє припущення, яке пояснює певне явище або процес і підлягає подальшій перевірці. Це припущення слугує основою для планування експериментів, збору та аналізу даних, а також для побудови теоретичних моделей.

1. Роль гіпотези в геодезії.

У геодезії, як і в інших науках, гіпотеза є інструментом для перевірки нових теоретичних ідей або розробки нових методів вимірювань і аналізу просторових даних. Вона допомагає систематизувати дослідження та спрямувати його в потрібне русло, що дозволяє досліднику фокусуватися на конкретних аспектах досліджуваного явища.

Наприклад, гіпотеза може стосуватися впливу зміни рельєфу на точність геодезичних вимірювань або оцінки точності супутникових вимірювань у різних погодних умовах. Важливою характеристикою гіпотези є її верифікованість, тобто можливість її перевірки за допомогою практичних методів, таких як експеримент або спостереження.

2. Процес формування гіпотези.

Процес формування гіпотези включає кілька основних етапів.

Аналіз проблеми: визначення основних аспектів проблеми, яку необхідно вирішити, та аналіз існуючих у цій галузі досліджень.

Формулювання гіпотези: висунування припущення, яке пояснює причини або механізми явища. Гіпотеза повинна бути конкретною, логічною і відповідати науковим принципам.

Вибір методів перевірки: визначення методів і засобів, які будуть використовуватися для перевірки гіпотези. Це можуть бути різні геодезичні вимірювання, математичне моделювання, аналіз даних тощо.

Тестування гіпотези: збір даних та їх аналіз для перевірки гіпотези. Якщо дані підтверджують гіпотезу, вона стає частиною теоретичної бази; якщо ні, то гіпотеза відхиляється або коригується.

Завдання до практичної роботи

1. Обрати проблемне питання в геодезії та проаналізувати його. Провести аналіз.
2. Сформулювати гіпотезу.
3. Вибрати методи перевірки сформованої гіпотези.
4. Провести тестування гіпотези з застосуванням відповідних інструментів

ПРАКТИЧНА РОБОТА 5 ДОСЛІДЖЕННЯ ЗМІНИ ЗА ДОПОМОГОЮ ІМІТАЦІЙНОГО МОДЕЛЮВАННЯ ПРИ ПРОЄКТУВАННІ СПОРУД

Теоретична частина

Імітаційне моделювання — це метод, який дозволяє створювати і досліджувати математичні моделі реальних систем з метою вивчення їх поведінки в різних умовах. У галузі проєктування споруд імітаційне моделювання є надзвичайно важливим інструментом, що дозволяє передбачити і оцінити вплив різних факторів на структуру і функціонування будівельних об'єктів.

Основні аспекти імітаційного моделювання у проєктуванні споруд складається з таких основних елементів.

Оцінка структурних змін. Імітаційне моделювання дозволяє передбачити, як зміняться конструктивні елементи споруди під впливом зовнішніх навантажень, таких як вітер, сніг, сейсмічні явища. Це допомагає виявити слабкі місця у проєкті та вдосконалити його на стадії розробки.

Оптимізація будівельних матеріалів. За допомогою імітаційного моделювання можна протестувати різні варіанти використання матеріалів, їх комбінації та оцінити, як це вплине на стійкість і довговічність споруди. Це також дозволяє оптимізувати витрати на матеріали, зберігаючи при цьому необхідний рівень безпеки.

Аналіз життєвого циклу будівлі. Імітаційне моделювання дає змогу прогнозувати, як споруда буде взаємодіяти з довкіллям протягом свого життєвого циклу, включаючи можливе старіння матеріалів, вплив кліматичних умов та інші довготривалі фактори.

Моделювання впливу екстремальних умов. Моделювання екстремальних ситуацій, таких як пожежі, землетруси або вибухи, дозволяє оцінити поведінку споруди в умовах надзвичайних ситуацій. Це особливо важливо для критично

важливих об'єктів, таких як лікарні, школи, мости та інші інфраструктурні споруди.

Проектування енергоефективних систем. Імітаційне моделювання дозволяє оптимізувати системи опалення, вентиляції та кондиціонування повітря, знижуючи споживання енергії та підвищуючи комфорт для користувачів будівлі. Це особливо важливо для сучасних споруд, які повинні відповідати високим стандартам енергоефективності.

Взаємодія з навколишнім середовищем. Дослідження зміни параметрів споруди під впливом навколишнього середовища, наприклад, осідання ґрунтів, зміна рівня підземних вод, допомагає передбачити можливі проблеми та запобігти аварійним ситуаціям.

Імітаційне моделювання є потужним інструментом для перевірки та вдосконалення проєктних рішень, що забезпечує високу якість і надійність споруд, а також підвищує безпеку та ефективність їх експлуатації.

Одним із інструментів імітаційного моделювання є програмний засіб *Microsoft Excel*. Його, наприклад, можна використати для *імітаційного моделювання геодезичних вимірювань та розрахунків при проєктуванні мостових переходів*.

При проєктуванні мостового переходу необхідно знати відстань між двома початковими пунктами переходу, розміщеними на протилежних берегах в незатоплюваних місцях. Це відстань, називається довжиною мостового переходу, використовується для аналітичної прив'язки проєкту мостових споруд до початкових пунктів і пікетажу траси.

Точність вимірювання в натурі довжини L мостового переходу визначається необхідною точністю побудови моста. Як відомо, загальна довжина моста (рис. 5.1) визначається так:

$$L = \sum_1^n l_i + \sum_1^{n-1} p_i + (q_1 + q_2), \quad (5.1)$$

де l_i – розрахункова довжина прогонної будови; p_i – відстань між осями опорних частин суміжних прогонних будов; q – відстань від осей опорних частин до шафових стінок берегових засад; n – кількість прогонів моста.

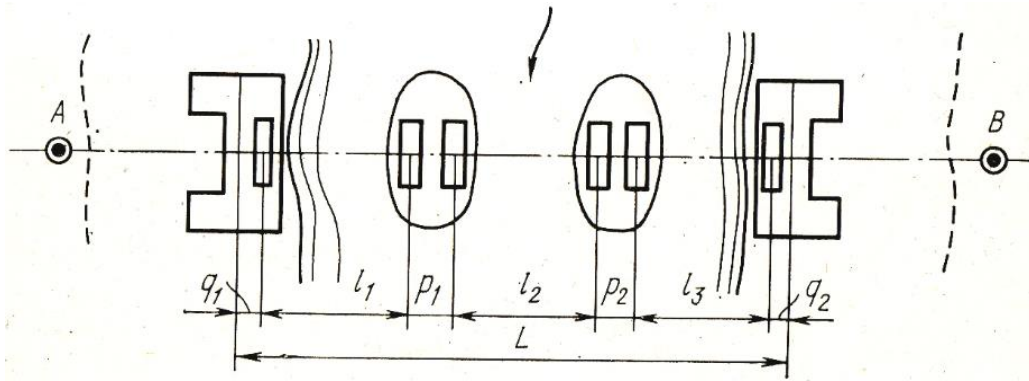


Рисунок 5.1 – Довжина мостового переходу

Розрахуємо необхідну точність вимірювання довжини мостового переходу залежно від необхідної точності дотримання величин l , p і q .

При незалежному порядку відкладення цих величин

$$\delta_L^2 = \sum_1^n \delta_{l_i}^2 + (n-1) \cdot \delta_p^2 + 2\delta_q^2, \quad (5.2)$$

де $\delta_l = l/T$ – допустима помилка розбиття опор і монтажу прогонної будови (для складних по конструкції мостів приймають $\delta_l = l/10000$, для простих мостів – $\delta_l = l/6000$), що допускається; δ_l – поздовжня помилка взаємного положення двох суміжних опорних частин. Оскільки опорні частини розбивають від центру мостової опори і помилка установки кожної з них допускається 5 мм, то можна прийняти $\delta_p = 0,5 \cdot \sqrt{2}$ см; δ_q – помилка відкладення відстаней q (5 мм).

Для імітаційного моделювання формуються вихідні дані, які характеризують зміну параметрів елементів мосту (табл. 5.1).

Таблиця 5.1 – Варіанти розмірів параметрів мостового переходу

Назва величини	Варіанти			
1	2	3	4	5
li	1·n/2	3·n/2	5·n/2	30·n/2
pi	1·n	1,5·n	2·n	3·n
q1	1	5	10	90
q2	1	5	10	90
n	4	6	12	30

Для представлення імітаційної моделі за приведеними даними робляться розрахунки в *Microsoft Excel*.

В першу чергу формується ряд чисел, які імітують показники параметрів мостового переходу (рис. 5.2).

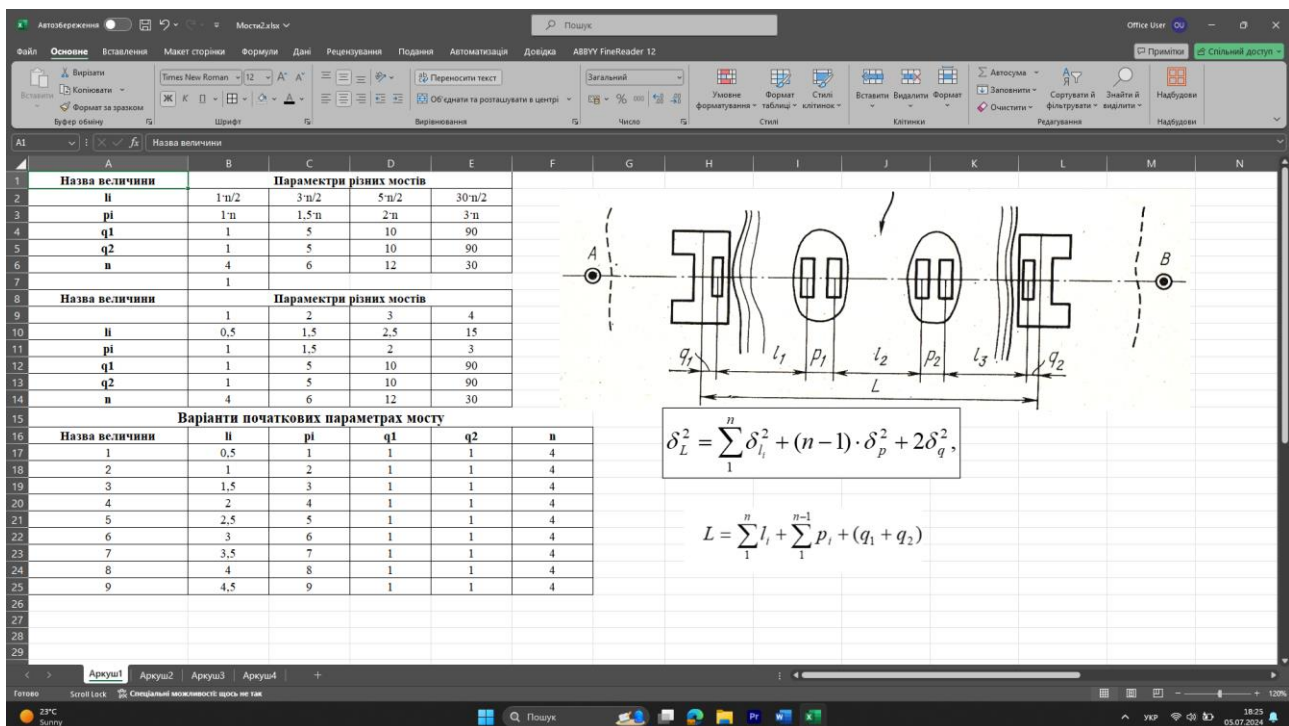


Рисунок 5.2 – Варіанти початкових параметрах мосту 1

В подальшому розраховується необхідна точність вимірювань при різних початкових параметрах мосту 1 (рис. 5.3).

Назва величини	В	С	Д	Е	Ф
Назва величини	Параметри різних мостів				
li	1·n/2	3·n/2	5·n/2	30·n/2	
pi	1·n	1,5·n	2·n	3·n	
q1	1	5	10	90	
q2	1	5	10	90	
n	4	6	12	30	
	1				
Назва величини	Параметри різних мостів				
	1	2	3	4	
li	0,5	1,5	2,5	15	
pi	1	1,5	2	3	
q1	1	5	10	90	
q2	1	5	10	90	
n	4	6	12	30	
Варіанти початкових параметрах мосту 1					
Назва величини	li	pi	q1	q2	n
1	0,5	1	1	1	4
2	1	2	1	1	4
3	1,5	3	1	1	4
4	2	4	1	1	4
5	2,5	5	1	1	4
6	3	6	1	1	4
7	3,5	7	1	1	4
8	4	8	1	1	4
9	4,5	9	1	1	4
Необхідна точність вимірювань при різних початкових параметрах мосту					
Мости складної конструкції		$\delta_s = l / 10000$	Запланована довжина мосту		
		мм	м		
Розрахунок	1	200,0002	8	±	0,2000002
Розрахунок	2	200,0004	14	±	0,2000004
Розрахунок	3	200,0006	20	±	0,2000006
Розрахунок	4	200,0008	26	±	0,2000008
Розрахунок	5	200,001	32	±	0,200001
Розрахунок	6	200,0012	38	±	0,2000012
Розрахунок	7	200,0014	44	±	0,2000014
Розрахунок	8	200,0016	50	±	0,2000016
Розрахунок	9	200,0018	56	±	0,2000018
Мости простої конструкції		$\delta_s = l / 6000$			
		мм	м		
Розрахунок	1	200,0003333	8	±	0,200000333
Розрахунок	2	200,0006667	14	±	0,200000667
Розрахунок	3	200,001	20	±	0,200001
Розрахунок	4	200,0013333	26	±	0,200001333
Розрахунок	5	200,0016667	32	±	0,200001667
Розрахунок	6	200,002	38	±	0,200002
Розрахунок	7	200,0023333	44	±	0,200002333
Розрахунок	8	200,0026667	50	±	0,200002667
Розрахунок	9	200,003	56	±	0,200003

Рисунок 5.3 – Необхідна точність вимірювань при різних початкових параметрах мосту та розрахунок довжини прогону 1

Насамкінець отримуємо розрахунки за всіма запланованими мостами (рис. 5.4).

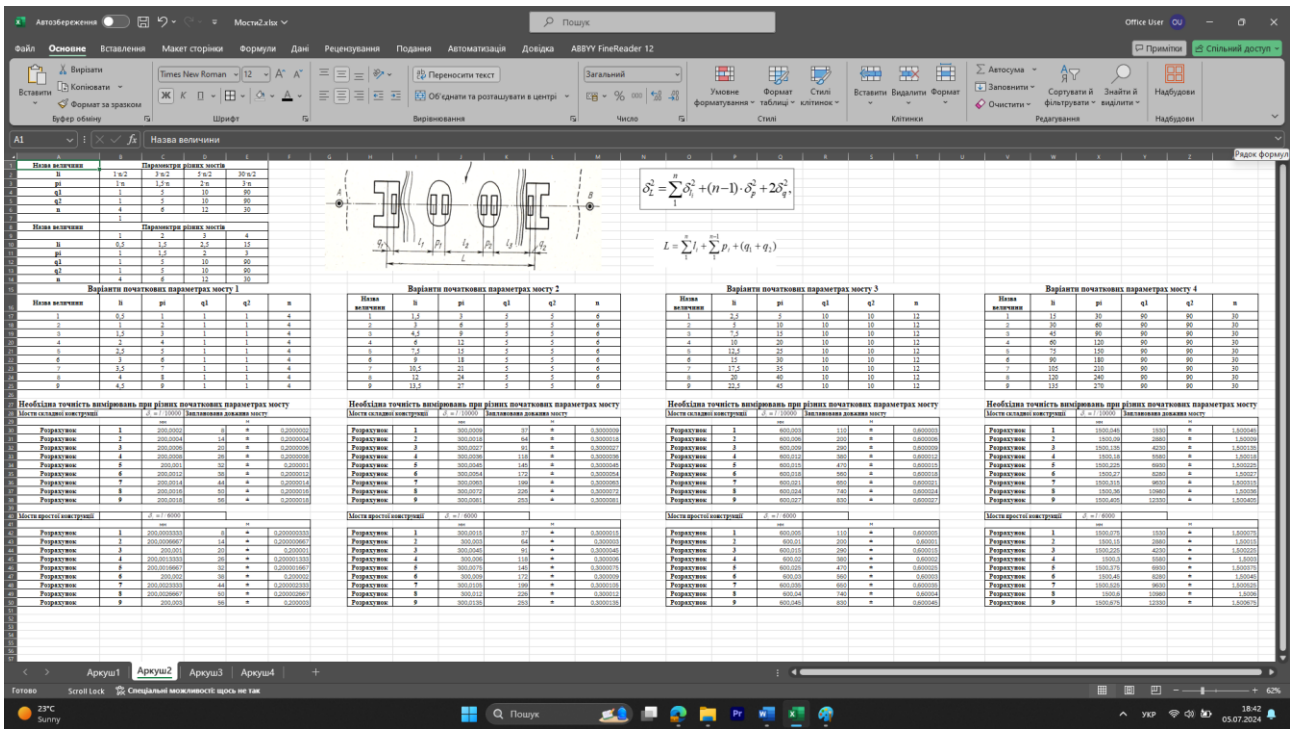


Рисунок 5.4 – Необхідна точність вимірювань при різних початкових параметрах мостів та розрахунок довжини прогону всіх моделей мостів

Після моделювання можлива візуалізація отриманих даних. Наприклад, графіки, які відображають залежність змінювання довжини мостового переходу та допустимих відхилень при розрахунку за всіма мостами по першому варіанту (рис. 5.5).

Зміна значень точності за мостами відповідно до розрахунку 1

Мост	Довжина переходк	Відхилення
M1	8	0,2000002
M2	37	0,3000009
M3	110	0,600003
M4	1530	1,500045



Рисунок 5.5 – Візуалізація елемента імітаційної моделі

У результаті отримаємо імітаційну модель для порівняння необхідної точності вимірювань при різних початкових параметрах мостів та розрахунок довжини прогону чотирьох мостів. Ця імітаційна модель характеризує різну точність, з якою необхідно буде робити розбивку елементів мостів на місцевості за різних конструктивних особливостей мостів. Базуючись на цій моделі, можна обирати оптимальний варіант проекту мосту для реалізації геодезичних робіт при будівництві.

Завдання до практичної роботи

1. Сформулювати вихідні дані.
2. Створити таблиці в *Excel* для введення варіантів параметрів споруди (висота, тип матеріалів, навантаження, умови середовища).

3. Визначити моделі імітації для різних аспектів конструкції споруди.
4. Розрахувати і проаналізувати отримані результати для кожного варіанта параметрів. Створити таблиці і графіки, що відображають результати моделювання.
5. Оцінити вплив різних параметрів на конструкцію споруди, а саме: витрати на матеріали, стійкість до навантажень, енергоефективність.
6. На основі отриманих результатів обрати оптимальні параметри для проектування споруди.
7. Розробити рекомендації для оптимізації конструкції і систем споруди виходячи з результатів моделювання.

ПРАКТИЧНА РОБОТА 6 ЕМПІРИЧНІ ДОСЛІДЖЕННЯ В ГАЛУЗІ ГЕОДЕЗІЇ ТА ЗЕМЛЕУСТРОЮ

Теоретична частина

Оскільки науковець, крім наукової діяльності, повинен займатися й педагогічною діяльністю, необхідно розуміти та вміти застосовувати моделювання і під час роботи у ЗВО зі студентами.

Специфіка спеціальності «Геодезія та землеустрій» зумовила вибір об'єкта досліджень. У своєму вченні про ноосферу В. І. Вернадський багато разів наголошує на функціональній важливості ролі інтелекту для вивчення біосфери Землі. Саме тому багато вчених розглядають навчальну та освітню діяльність людей у новій методологічній парадигмі – едукології. Ця наука щодо сфери освіти людини вивчає процеси та явища у взаємозв'язку з природою (зовнішнім середовищем). У термінах вчення В. І. Вернадського про ноосферу це і є біосферою. У розвитку вчення В. І. Вернадського науково обґрунтовано новий термін «ноогеоматика». Він позначає науку, що вивчає можливість побудови колективного розуму на основі створення розподілених глобальних геоінформаційних систем (ГДІС) та технологій, призначених для моніторингу, прогнозування процесів та явищ, а також прийняття рішень, що мають планетарне значення.

Із зазначеного вище випливає, що дослідження у сфері створення колективного розуму з погляду вчення В. І. Вернадського не суперечить вимогам спеціальності «Геодезія і землеустрій».

Відомо, що до емпіричних досліджень відносять спостереження, порівняння, вимір та експеримент. Найпростішим є метод спостереження. Однак мало хто може спостерігати, а потім робити геніальні логічні висновки, як це зробив І. Ньютон, спостерігаючи за падінням яблука з дерева. Із цього приводу Дж. Байрон написав такі чудові слова:

*Коли одного разу, в думу занурений,
Побачив Ньютон яблука падіння,
Він вивів тяжіння закон
Із цього простого спостереження.*

Порівняння – це процес встановлення подібності та відмінності об’єктів, процесів та явищ. Цей метод багатьма застосовується несвідомо.

Метод вимірів у геодезії – один із основних, він дозволяє отримати як кількісні, так і якісні оцінки. Методи вимірів та шкали вивчає спеціальна наука – кваліметрія. Детально розглянуто властивості вимірювальних шкал. Крім того, є можливість на основі знаково-числової шкали оцінювати наукові роботи.

Експеримент є найскладнішим методом емпіричних досліджень. Він дозволяє вивчати процес чи явище шляхом активного і цілеспрямованого впливу на предмет за допомогою створення штучних умов, необхідним є виявлення відповідних властивостей об’єкта.

Розрізняють штучний та природний експерименти.

Штучний експеримент – це експеримент, у якому об’єкт дослідження ізолюється від нормальних умов до певного необхідного ступеня. Штучні експерименти притаманні природничим наукам.

Природний експеримент – це експеримент, у якому об’єкт дослідження не ізолюється від нормальних умов, вони лише доповнюються чинниками, необхідними для виявлення досліджуваних якостей об’єкта.

У навчальній та науковій літературі експериментальні дослідження розрізняють за їх масштабністю. Локальні експерименти чи експрес-дослідження не розглядаються, оскільки вони слабо пов’язані з просторовими характеристиками досліджуваних процесів чи явищ. Досліджуються інтеграційні процеси у вищій школі України на різних рівнях, починаючи з інтеграції навчального матеріалу однією з дисциплін та закінчуючи інтеграцією освітніх технологій у різних навчальних закладах. Тут ілюструється мультиплексна освітня технологія, яка може бути реалізована лише за

допомогою інтелектуальних геоінформаційних систем. Унікальні можливості ГІС зі збирання, зберігання та просторово-часового подання даних та можливість їх аналізу дозволяють використовувати ці дані в управлінні освітніми процесами у масштабах держави.

Проілюструємо (рис. 6.1) унікальну можливість пошарового подання та візуалізації даних у ГІС, які можуть забезпечити осіб, які приймають рішення, інформацією на всіх рівнях ієрархії управління.

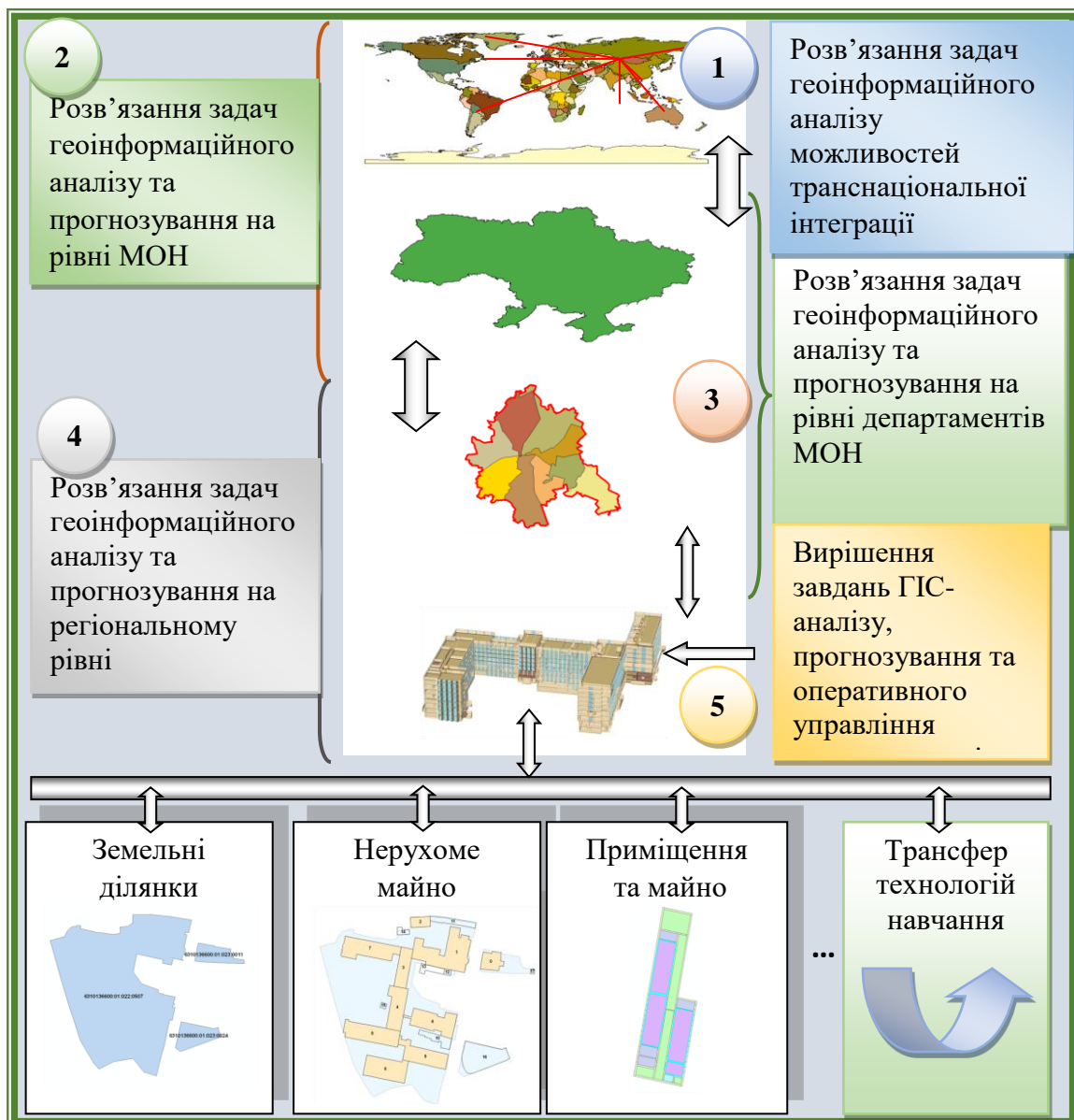


Рисунок 6.1 – Пошарове подання та візуалізація даних у геоінформаційній керуючій системі «Вища школа»

На рисунку 6.1 виокремлено п'ять груп завдань, які можна вирішувати з використанням геоінформаційних технологій та експериментально досліджувати їх ефективність.

До першої групи віднесемо завдання геоінформаційного аналізу можливостей транснаціональної інтеграції системи «Вища школа» до загальноєвропейської зони освіти.

Для вирішення завдань цієї групи необхідні дані та відповідний математичний інструментарій, що дозволяє оцінювати параметри як європейських вищих шкіл різних держав, так і вищих шкіл розвинених держав світового освітнього простору із параметрами системи «Вища школа». До першої групи завдань, які вирішуються ГІС, можна віднести завдання моніторингу інтелектуальних ресурсів, які використовуються за кордоном. Результати аналізу інтелектуальних ресурсів держави може стати основою для тісніших політичних, економічних, освітніх, наукових та інших зв'язків із іншими державами.

На основі результатів геоінформаційного порівняльного аналізу на рівні МОН можна вирішувати завдання об'єднання зусиль наукової діяльності між науковцями ЗВО України та вченими зарубіжних вищих навчальних закладів. Контролювати та рекомендувати ректорам вищів укладання двосторонніх та багатосторонніх договорів за участю зарубіжних партнерів. Формувати тематику симпозіумів та міжнародних конференцій та визначати місце та учасників міжнародних наукових комунікацій з урахуванням вимог міжнародних стандартів та мінімізацією вартості проведення таких заходів тощо.

Вирішення другої групи завдань має бути спрямоване на гармонізацію відносин між усіма видами освіти, а також вироблення єдиної стратегічної лінії розвитку освіти та досягнення глобальної мети створення суспільства, заснованого на знаннях. Для вирішення цієї групи завдань необхідно безліч різноманітних даних як кількісних, і якісних оцінок стану систем, як шкільного, і вищої освіти, і навіть основних видів їх освіти. Важливе місце у цій групі мають займати завдання прогнозування, моніторингу та контролінгу процесів та явищ

у загальноосвітніх середніх школах та у вищих навчальних закладах різного рівня акредитації. До цієї групи завдань можна віднести завдання, яке нині вже вирішується за допомогою інформаційних технологій, а саме завдання незалежного тестування абітурієнтів.

Вирішення завдань геоінформаційного аналізу та прогнозування на рівні департаментів МОН віднесемо до третьої групи завдань і будемо їх розглядати винятково для вирішення в департаменті вищої освіти з метою скорочення обсягу викладу концептуальних положень використання геоматики при побудові інформаційно-керуючої системи «Вища школа».

Геоінформаційні технології дозволяють формувати як карти місцевості, так і вирішувати розрахункові завдання на основі звичайних даних, кількісних і якісних оцінок і з використанням геоданих. Таке поєднання дозволяє формувати лаконічну (релевантну) інформаційну модель для ухвалення остаточних рішень відповідальними особами департаментів вищої освіти МОН.

У наш час стрімко розвивається науковий напрям, який отримав назву «трансферт технологій». Новим завданням для їх вирішення на рівні департаменту МОН може стати геоінформаційний аналіз трафіку технологій навчання та освіти. З'являється можливість порівнювати освітні стандартизовані технології різних ЗВО, а також проводити порівняльний аналіз технологій навчання та виявляти серед них найкращі й перспективні для подальшого застосування у педагогічній практиці.

Виокремлені завдання також можна вирішувати на основі зібраних даних, із прив'язкою їх до геоданих, та проводити геоінформаційний аналіз для прийняття «зважених» рішень щодо управління науковою діяльністю педагогів, аспірантів, окремих дослідників та, загалом, колективів ЗВО науково-дослідних установ тощо.

Завдання четвертої групи, на жаль, на регіональному рівні управління системою «Вища школа» практично не вирішуються. Здебільшого вони є виховними та організаційними. Однак при організації взаємодії баз даних та баз знань усіх рівнів ДВС «Вища школа» на регіональному рівні можуть

вирішуватись завдання, пов'язані зі збиранням, узагальненням, зберіганням та попередньою обробкою даних, які надалі використовуватимуться для вирішення завдань на рівні департаментів МОН та власне Міністерства освіти та науки.

Основу інформаційної моделі цього рівня управління може скласти географічна карта, де відобразатимуться зони розподілу інтелектуальних ресурсів за тими чи іншими спеціальностями підготовки бакалаврів і магістрів, розміщення ЗВО різних рівнів акредитації, зв'язки між ЗВО у масштабі регіону тощо. Крім того, інформаційна модель може містити відомості про розподіл студентів по вишах та гуртожитках, відомості про викладання однакових спеціальностей у різних вишах, визначення оптимального місця проведення наукових конференцій тощо.

П'ята група завдань вирішується з метою ефективного функціонування вищих навчальних закладів. Зазначимо тут лише деякі завдання, які можуть вирішуватись засобами ДВС на цьому рівні управління. До таких завдань можна віднести такі (рис. 6.1):

- формування схем земельних ділянок, що займаються ЗВО;
- формування схем інженерних комунікацій;
- вирішення транспортних завдань із метою доставки студентів, науково-педагогічних працівників та інших співробітників до місця навчання та роботи, а також забезпечення їхньої безпеки на транспорті;
- формування схеми розселення студентів за гуртожитками (кампусами);
- вибір місця проведення спортивних та культурних заходів;
- вирішення завдань, пов'язаних з електропостачанням, будівельними роботами, інженерними мережами та іншим матеріально-технічним забезпеченням ЗВО тощо.

Підсумовуючи зазначене вище, можна зробити висновок про те, що створення інтелектуальної інформаційно-керуючої системи «Вища школа» вимагатиме уточнень та доповнень, запропонованих концептуальних положень, а також розробки принципів збирання, обробки, зберігання та використання інформації на кожному рівні ієрархії ГІС. Значні труднощі можуть виникнути

під час розробки математичних, евристичних і напівевристичних моделей процесів, явищ і складних об'єктів управління, таких як вищі навчальні заклади. Централізована розробка сукупності взаємозалежних моделей та методів у рамках геоінформаційної технології управління вищою школою та єдиного задуму її проєктування забезпечить побудову методичних засад теорії управління освітніми системами, а експериментальні дослідження забезпечать високу вірогідність одержаних результатів.

Завдання до практичної роботи

1. Проаналізувати існуючі підходи. Вивчити різні моделі та практики створення геодезичних мереж у різних країнах або регіонах, що допоможе виявити переваги і недоліки кожного підходу.

2. Порівняти методики. Оцінити методології та технології, що використовуються для створення та управління геодезичними мережами, що може включати аналіз точності вимірювань, ефективності використання ресурсів, а також інтеграції з іншими системами (наприклад, ГІС).

3. Визначити критерії успішності. Розробити критерії для оцінки ефективності різних підходів до створення геодезичних мереж, що може включати точність даних, швидкість обробки, витрати на реалізацію і підтримку мережі.

4. Розробити рекомендацій. На основі порівняльного аналізу запропонувати оптимальні рішення або вдосконалення для державної геодезичної мережі, що відповідають сучасним вимогам і технологічним можливостям.

5. Моделювання та експеримент. Застосувати моделювання для перевірки ефективності різних підходів та проведення експериментальних досліджень для отримання практичних результатів.

ПРАКТИЧНА РОБОТА 7 МАТЕМАТИЧНЕ МОДЕЛЮВАННЯ СКЛАДНИХ СИСТЕМ У ГАЛУЗІ ГЕОДЕЗІЇ І ЗЕМЛЕУСТРОЮ

Теоретична частина

Побудова глобальних геоінформаційних систем – складне завдання. Основна проблема, яка виникає при цьому, полягає в тому, що предметна область, з одного боку, відома і добре структурована (мова йде про геодезію), а з іншого боку, землеустрій містить багато слабкоструктурованих завдань.

Під предметною областю (ПОБ) будемо розуміти персоніфікований стан реальності, який описується сукупністю властивостей її складових об'єктів і зв'язків між ними.

Технологія формалізації призначена для формального представлення процесів і явищ, і по своїй суті є набором інструментальних засобів, що забезпечують моделювання знань у сфері геодезії та землеустрою.

До цього часу розроблено декілька моделей представлення знань, що описують окремі сторони зазначених вище процесів і явищ. Особливо це стосується моделей у сфері геодезії та картографії, тоді як моделі у сфері землеустрою розроблені слабо.

Представимо на схемі (рис. 7.1) основні компоненти формального представлення знань у сфері геодезії та землеустрою. Тут подано такі позначення: СПП – система правил продукції; СМ – семантичні мережі; Ф – фрейми; К – комбіновані моделі представлення знань; ЧВ – чисельність висловлювань; ЧП – чисельність предикатів; ФТ – формальні теорії; Д – моделі, побудовані на підставі інших логік; МАВР – моделі абстракцій високого рівня, створені на підставі теорії категорій і функторів; Пт – моделі, побудовані на підставі теорії поверхонь Гаусса і Остроградського і неевклідових геометрій Лобачевського і Римана, а також інших новітніх геометрій, наприклад фрактальної.

Із зазначеного вище випливає, що основна особливість формалізації процесів і явищ у сфері геодезії та землеустрою полягає в тому, що при моделюванні використовуються формальне представлення як обчислювальної математики, так і інтерпретаційної.

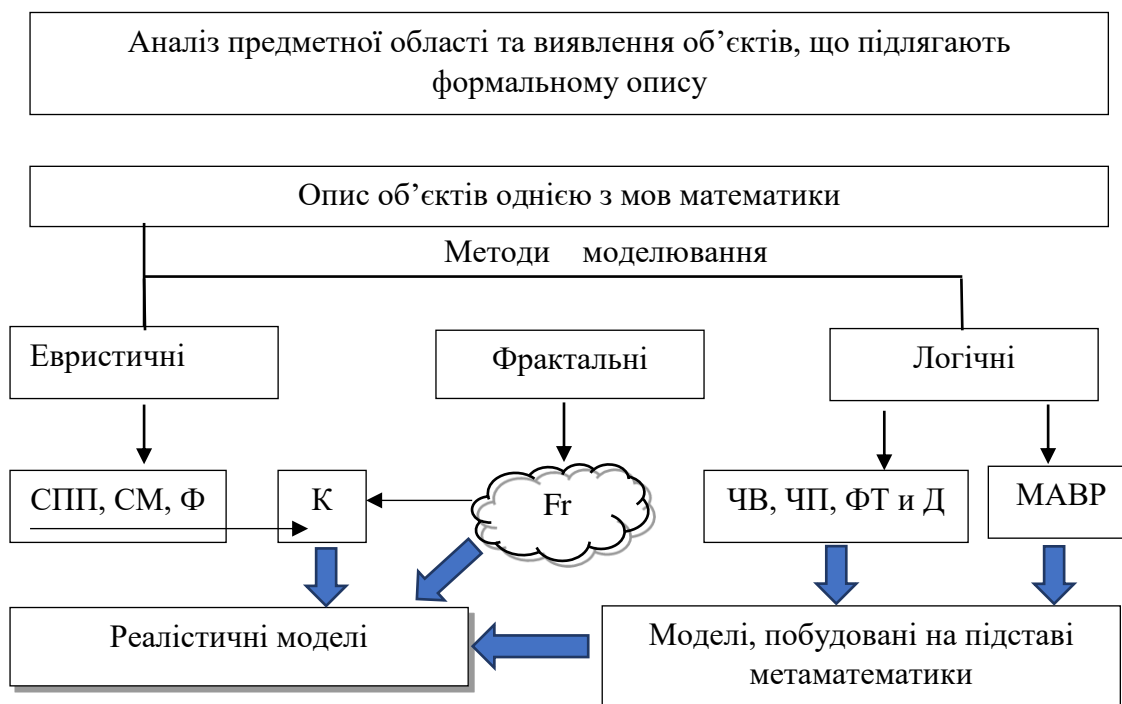


Рисунок 7.1 – Узагальнена схема основних компонент формального представлення знань у ноогеоматиці

Інакше кажучи, можна стверджувати, що дослідження біосфери здійснюється методами ноогеоматики, які становлять якусь загальну сукупність методів обчислювальної математики, а саме: теорії ймовірностей, теоретичної статистики, теорії поверхонь тощо, а також методів інтерпретаційної математики – теорії безлічі, алгебри відносин, теорії графів, логіки і теорії категорій і функторів.

На рисунку 7.1 виокремлено три варіанти можливої формалізації об'єктів предметної області, два з них – евристичні та логічні методи – детально описані в літературі та конспекті лекцій, де наведені конкретні приклади.

Третя група методів називається фрактальними, оскільки забезпечують візуалізацію місцевості, близької до реальної.

Звернемо увагу на роботи Гауса, Остроградського, Стокса, Гріна, які досліджували криволінійні поверхні за методом інтеграції, запропонованим ще Ньютоном і Лейбніцем.

Вони доповнили інтегральне вимірювання такими поняттями, як криволінійний інтеграл, подвійний і потрійний інтеграл, інтеграл за об'ємом, і привели до створення диференціальної геометричної поверхні. Ця геометрія дозволяє знайти кривизну в будь-якій точці розглядуваного простору.

Конкретизуємо зміст рисунка 7.1 і структуру технології формалізації представимо у вигляді, зображеному на рисунку 7.2. Тут використано такі позначення: ПОБ – предметна область; Я_{по} – ядро предметної галузі; М¹, М², М³ – моделі предметної області.

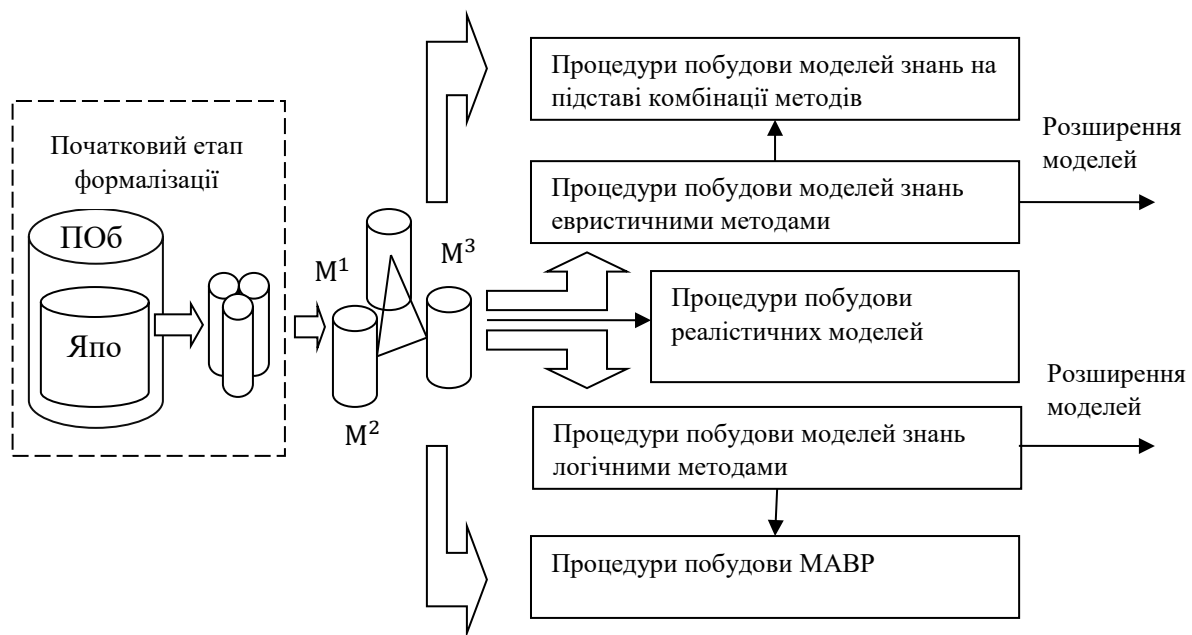


Рисунок 7.2 – Уточнююча схема технології формалізації

На рисунку 7.2 виділено початковий етап формалізації, особливість якого полягає у виокремленні з ПОБ його ядра Я_{оп}. Він складається з трьох об'єктів, які представлені у вигляді моделей М¹, М², М³, між якими розшуковуються відношення або зв'язки. Залежно від специфіки цих відношень обираються методи. Ядро предметної області за необхідності може розширюватися двома

способами – екстенсивним або інтенсивним. У першому випадку до ядра предметної області додається одна і більше моделей, у другому – характеристики та властивості розширених моделей.

Початковий етап формалізації представлено на рисунку 3.3, де використано теоретико-множинну мову.

На схемі (рис. 7.3) об'єктами предметної області геодезії можуть бути об'єкт вимірювання (1), вимірювальний прилад (2) і оператор (3). За необхідності можна додати помічника оператора (6). Таким чином, отримати об'єкти у вигляді моделей і задати відношення між ними можна за допомогою іншої моделі у вигляді, наприклад, теодолітного або тахеометричного ходу, що характеризує рельєф місцевості.

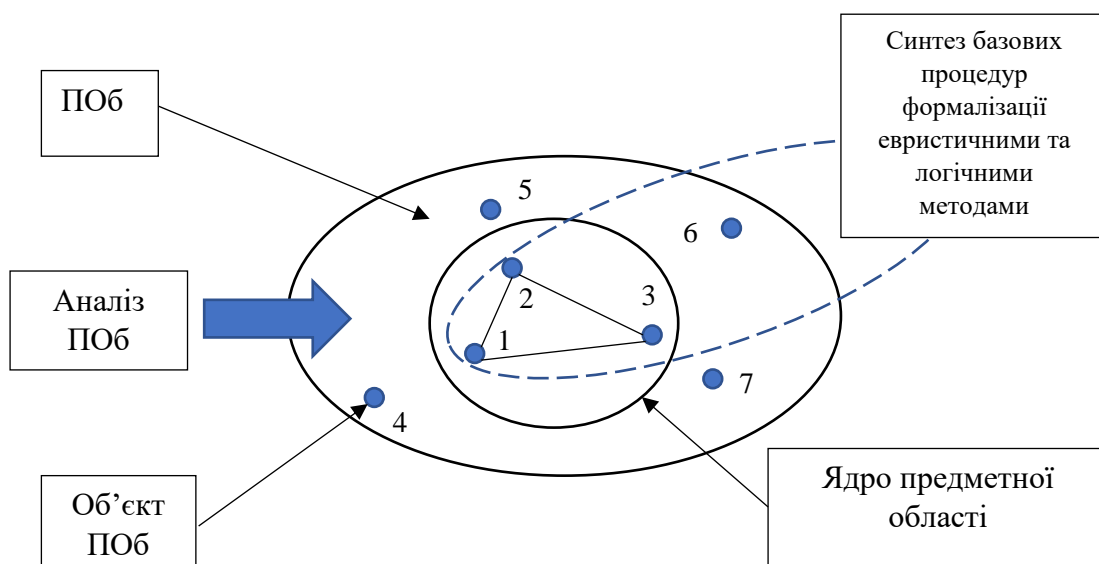


Рисунок 7.3 – Схема початкового етапу формалізації

Початковий етап формалізації обумовлює якість побудови топологічних планів і карт, які також є моделями місцевості.

Покажемо місце формальних представлень на рисунку 7.4, де зображена узагальнена схема створення електронних карт на підставі формальних моделей геоданих і геознань, тобто на базі методів ноогеоматики.

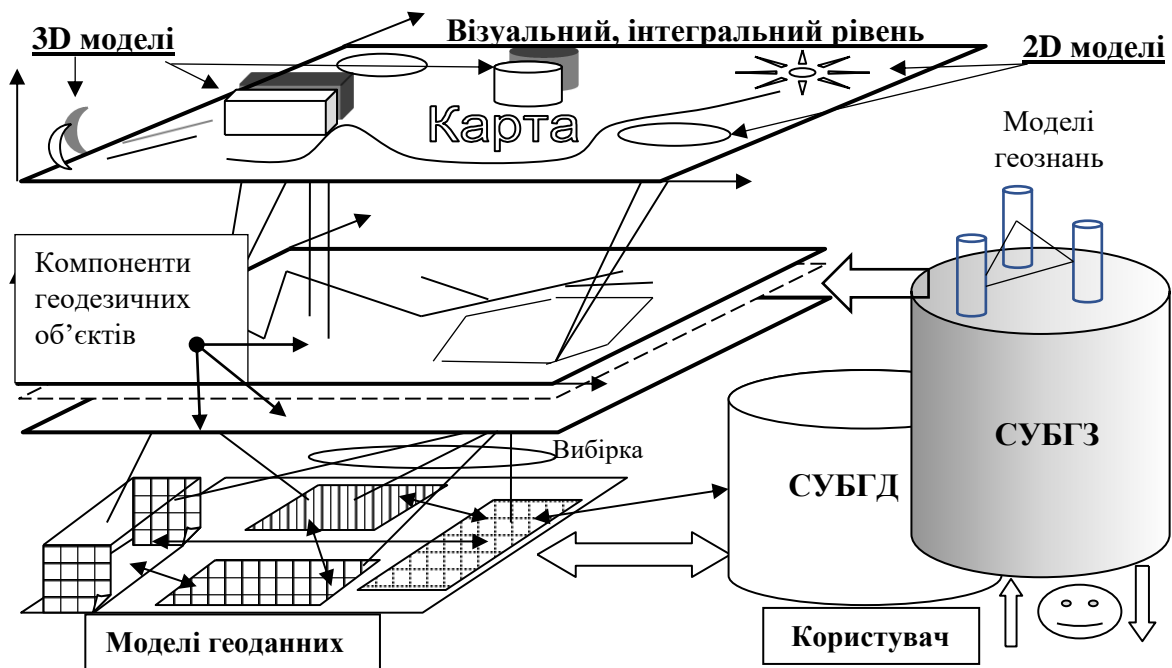


Рисунок 7.4 – Узагальнена схема створення електронних карт на підставі методів ноогеоматики

З рисунка 7.4 зрозуміло, що інтегральний шар у геоінформаційних системах може формуватися у вигляді 3D і 2D-моделей. Ці моделі формуються тільки тоді, коли є точні геодезичні та геометричні дані відповідних об'єктів і ландшафтної місцевості. На жаль, не завжди є можливість отримати точні та вірогідні дані про рельєф місцевості, інфраструктуру урбанізованих територій тощо. У цих випадках використовуються методи фрактальної геометрії, які дозволяють сформувати реалістичні моделі, наприклад природних процесів і явищ. Творець фрактальної геометрії Б. Мандельброт наводить приклади використання фракталів у кінематографії, де такі явища, як вогонь (рис. 7.5), чи, наприклад, хвилювання моря, створені на основі математичних моделей фрактальної геометрії.



Рисунок 7.5 – Фрактальне представлення явищ природи (URL: <https://pixabay.com/illustrations/fractal-light-light-fractal-fire-1764914/>)

Раніше зазначалося, що людський інтелект відіграє у біосфері Землі важливу роль, тому було обрано ідею візуалізації оцінки знань. Розглянемо її детальніше.

У наш час 80 % людей є візуалами. Ці обставини спонукають вчених шукати методи моделювання та візуалізації таких абстрактних понять, як «знання», «рівень знань», «інтегральна компетентність», «предметна область» тощо, а також інтерпретувати зміст цих понять за допомогою візуалізації образів. Зокрема, пропонується відому шкалу оцінок 0–100 доповнити візуальною шкалою у вигляді фрактального дерева Піфагора. Цей формалізм при оцінці знань можна інтерпретувати. Повне та розширене дерево будемо вважати моделлю знань викладача щодо конкретної навчальної дисципліни, наприклад дисципліни, яку він виклав у якомусь навчальному посібнику (рис. 7.6).

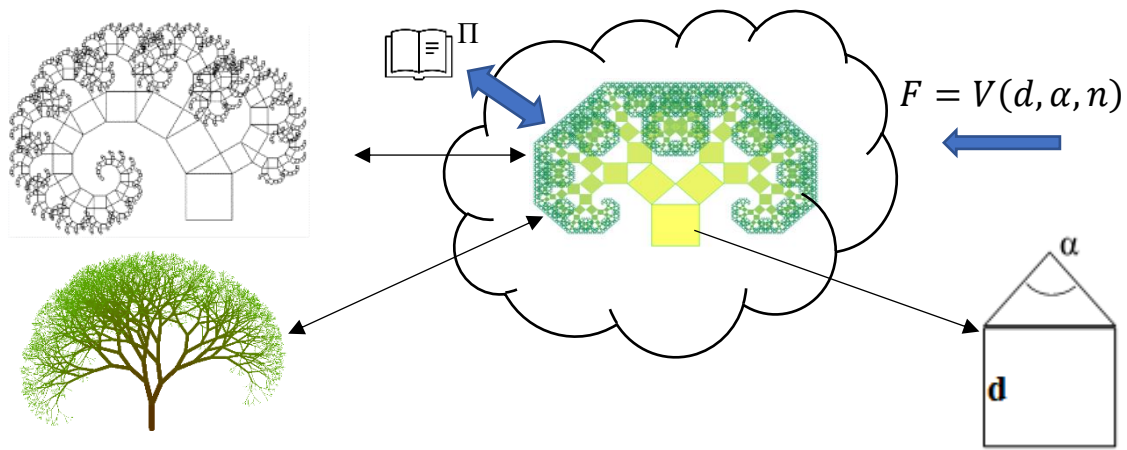


Рисунок 7.6 – Ілюстрація процедури візуалізації та інтерпретації процесу оцінювання знань

Це припущення базується на таких фактах. По-перше, змістовий матеріал навчальних посібників має ієрархічну структуру. По-друге, чітко упорядкований за розділами, підрозділами, пунктами і підпунктами, тобто має вкладену структуру. По-третє, він містить анафоричні посилання як усередині тексту, так і посилання на зовнішні джерела інформації. По-четверте, оціночна процедура базується на відношенні подібності, яке використовує науковець при зіставленні знань (рис.7.7).

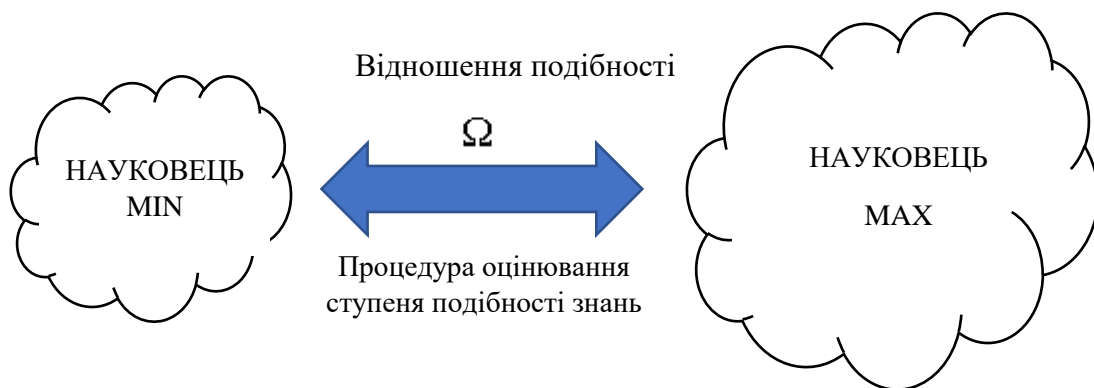


Рисунок 7.7 – Ілюстрація оцінки ступеня подібності знань двох спеціалістів різного ступеня досвіду

Це саме відношення є базовим для фрактальної геометрії.

Наведені вище факти дозволяють інтерпретувати процедуру порівняння знань відомим фракталом, таким як «Обдужання вітром дерева Піфагора» і «Оголене дерево Піфагора».

Образ ідеального фракталу (в центрі рис. 7.8) побудований на основі геометричної інтерпретації теореми Піфагора, де трикутник є прямокутним і рівнобедреним. Варіюючи змінні d , α і n , де d – довжина сегмента геометричної фігури, $\alpha = 90^\circ$, а n – кількість ітерацій побудованої геометричної фігури «Піфагорові штани з усіх боків рівні», можна отримати фрактали, що імітують поточні знання або незнання науковця.

Відповідь математичної моделі та візуального образу в цьому випадку показано на рисунку 7.8.

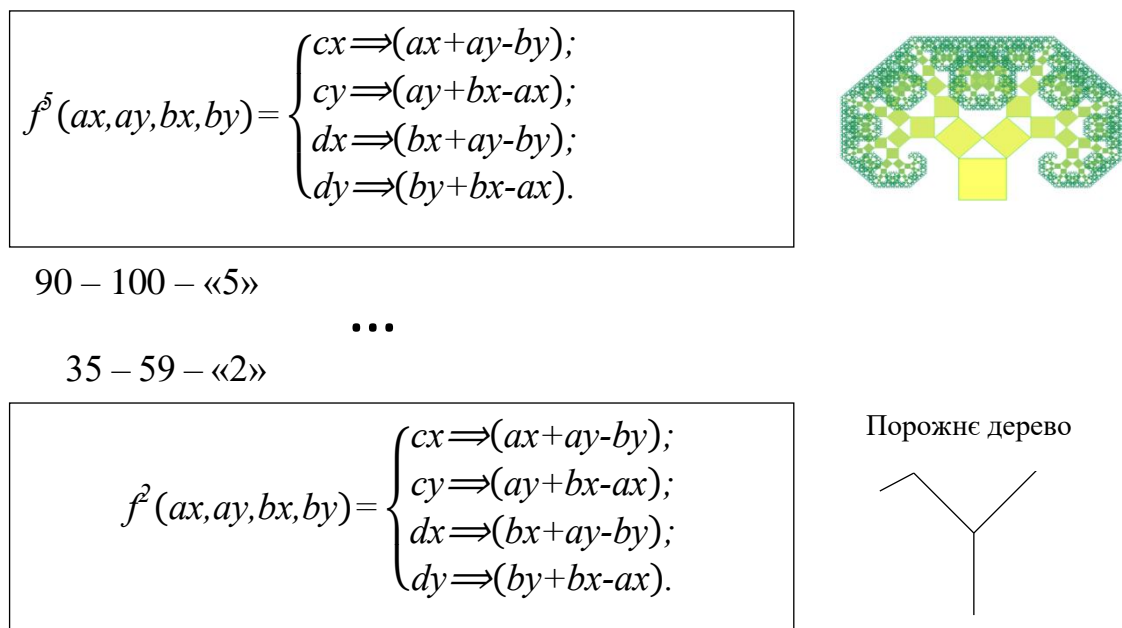


Рисунок 7.8 – Ілюстрація відповідності математичної моделі її фрактальному образу

Таким чином, запропоновано метод візуалізації процесу оцінювання знань на підставі процедури побудови геометричних фракталів.

Завдання до практичної роботи

1. Геоінформаційні дані або дані про рельєф місцевості. Завдання полягає в зборі геоінформаційних даних або даних про рельєф місцевості, які слугуватимуть основою для створення моделі. Важливо забезпечити високу точність і повноту отриманих даних, тому варто використовувати перевірені джерела і формати даних, сумісні з подальшими інструментами обробки. Для забезпечення якості даних рекомендується провести їх первинну перевірку та очистку, щоб уникнути помилок у моделюванні.

2. Використання методів фрактальної геометрії для створення моделі. Застосування методів фрактальної геометрії для створення тривимірної моделі рельєфу. Фрактальна геометрія дозволяє моделювати складні й нерегулярні форми, які можуть бути близькими до природних ландшафтів. Вибір відповідних фрактальних алгоритмів, таких як фрактальний шум або генерація фрактальних ландшафтів, є ключовим для точного відтворення рельєфу. Налаштування параметрів моделі, таких як масштаб і рівень деталей, забезпечить коректну інтеграцію фрактальних характеристик із реальними даними.

3. Побудова візуалізації на основі моделі. Потрібно створити візуалізацію на основі отриманої фрактальної моделі. Для цього варто використовувати спеціалізовані інструменти для візуалізації тривимірних моделей. Побудова моделі включає налаштування освітлення, текстур та кольорів для досягнення максимальної реалістичності. Важливо також експортувати кінцеву візуалізацію у форматах, що дозволяють подальший аналіз або демонстрацію, наприклад зображення, відео або інтерактивні 3D-моделі.

4. Оцінка реалістичності і точності створеної візуалізації. Порівняти отриману модель з реальними геоінформаційними даними або супутниковими зображеннями, щоб перевірити їхню відповідність.

ПРАКТИЧНА РОБОТА 8 МАТЕМАТИЧНЕ МОДЕЛЮВАННЯ ЕЛЕМЕНТІВ ЗЕМЛЕУСТРОЮ МОВОЮ ТЕОРІЇ КАТЕГОРІЙ ТА ФУНКТОРІВ

Теоретична частина

Теорія категорій виникла як спосіб узагальнення різних математичних структур і відношень між ними. Вона вводить поняття категорії, яке складається з об'єктів і морфізмів (стрілок) між об'єктами. Морфізми відображають зв'язки або перетворення між об'єктами, і вони можуть бути композиційними, тобто їх можна комбінувати відповідно до певних правил.

Категорії надають універсальну мову для опису та узагальнення різних математичних конструкцій, таких як множини, вектори, топологічні простори тощо. Наприклад, у категорії множин об'єктами є множини, а морфізмами – відображення між множинами.

Теорія категорій і функторів забезпечує гнучку та потужну мову для математичного моделювання, дозволяючи формалізувати складні системи та процеси на високому рівні абстракції. Це особливо корисно в контексті сучасних досліджень, де різні аспекти однієї і тієї ж проблеми можуть бути виражені в різних категоріях, а функтори можуть забезпечити зв'язок між ними.

Наприклад, теорію категорій можна застосовувати для відображення складних систем землеустрою.

Насамперед необхідно сформулювати та зібрати дані для формування моделі. На сьогодні земельне адміністрування України є недосконалим, розвивається, зіштовхується з унікальними завданнями, що в результаті призводить до виникнення проблем (деякі з яких уже згадувалися), які не характерні для сучасної системи земельного адміністрування, що базується на 10-ти принципах. У межах дослідження концептуально представлені процедури впливу земельного адміністрування України, які на сьогодні використовуються на практиці (AI) (рис. 8.1):

1. Процедури розподілу або визначення права на землю (у формалізованому вигляді – LR).
2. Визначення меж між ділянками (у формалізованому вигляді – B).
3. Зберігання інформації про права на землю (у формалізованому вигляді – SI).
4. Процедури, що регулюють операції із землею, включаючи продаж і оренду (у формалізованому вигляді – O).
5. Вирішення невизначеності або розгляд спорів щодо права на землю та межі (у формалізованому вигляді – D).
6. Інструменти та процеси для планування, контролю та моніторингу земель (у формалізованому вигляді – P).
7. Процедури оцінки землі та оподаткування (у формалізованому вигляді – RT).

Окрім того, при впровадженні принципів земельного адміністрування, крім оптимізації існуючих процесів, з'являються нові можливості у вигляді перспективних процедур (PI):

1. Процедури залучення громадськості та бюрократична прозорість (у формалізованому вигляді – Pu).
2. Візуалізація елементів землеустрою (у формалізованому вигляді – V).
3. Управління обмеженнями на землю (у формалізованому вигляді – L).
4. Інформаційні технології та технології землеустрою (у формалізованому вигляді – IT).
5. Контроль та регулювання урожайності, прибутків, отриманих із землі (у формалізованому вигляді – CC).
6. Підтримка управління комунальними послугами та надання послуг (електрика, водовідведення, каналізація, комунікації) (у формалізованому вигляді – Ut).
7. Облік сталого розвитку (у формалізованому вигляді – DA).

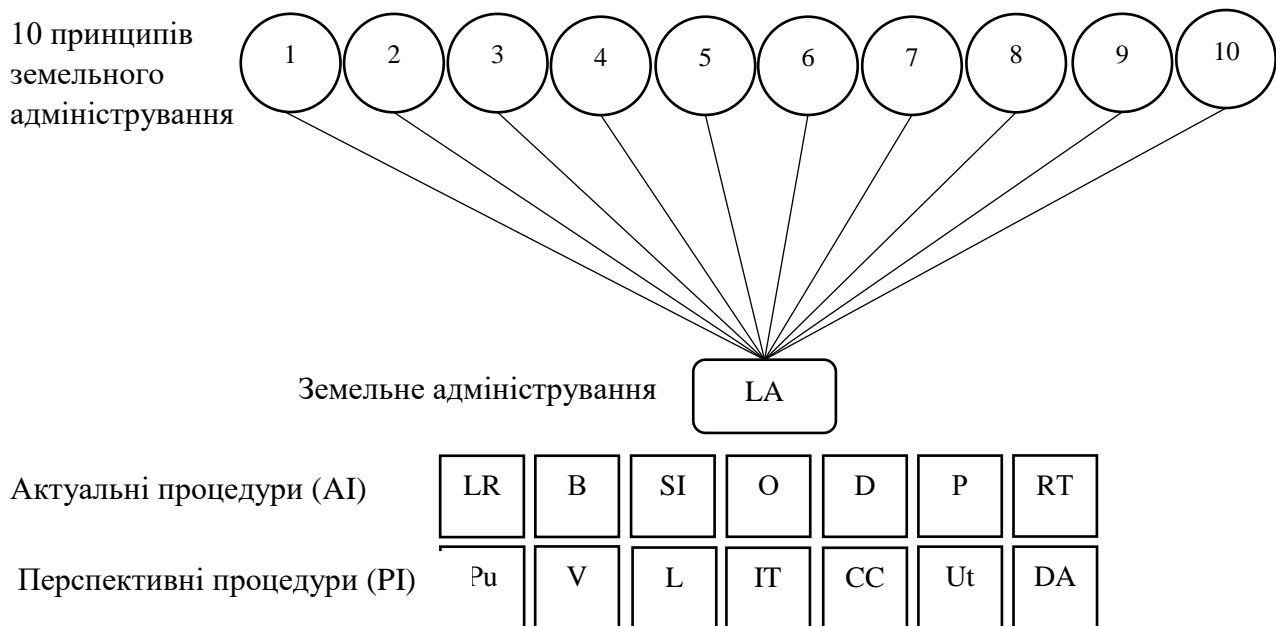


Рисунок 8.1 – Концептуальна модель принципів землеустрою

Граф дає можливість побачити структурність адміністрування та вплив десяти принципів на перспективи розвитку, але не причинно-наслідкові зв'язки. Для деталізації подальшого аналізу застосуватимуться методи теорії категорій.

Кожен із принципів земельного адміністрування базується на ідеї комплексного, складного, структурованого процесу, який повинен приводити до певних позитивних результатів у галузі земельного адміністрування. Тобто, кожен принцип – це множина елементів, які забезпечують функціонування системи земельного адміністрування. Одночасно кожен принцип можна представити, як самостійну систему із множиною елементів та множиною функцій, які забезпечують виконання цих функцій La . По суті, в теорії категорій – це малі категорії, які можуть використовуватися у вигляді класу об'єктів $Ob(La)$ та класу морфізмів $Mor(La)$ категорії земельного адміністрування LA . Як клас об'єктів категорії LA , можна представити фактичні industry $Ob(AI)$ земельного адміністрування в Україні та перспективні industry $Ob(PI)$.

Отримані формалізовані елементи можна представити у вигляді комутативної діаграми (рис. 8.2).

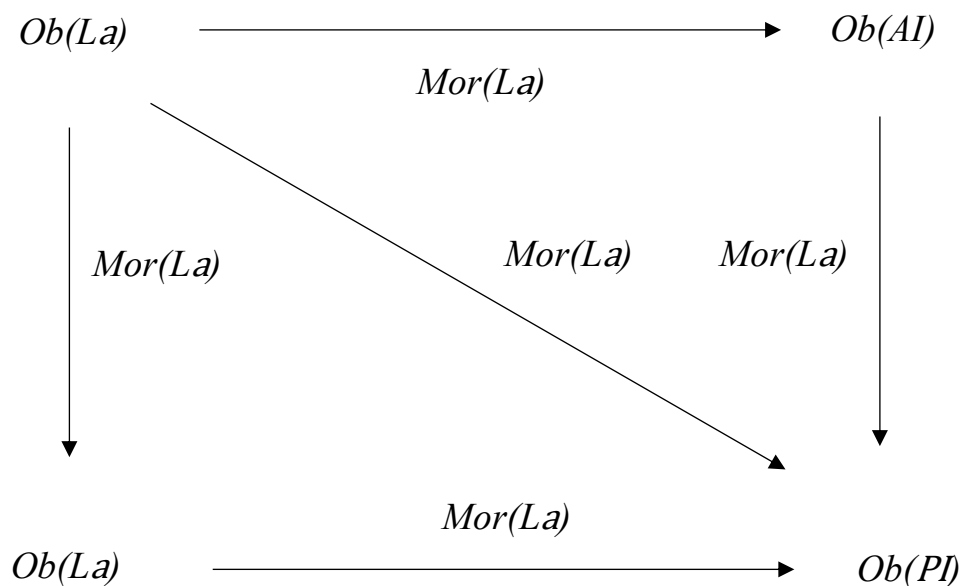


Рисунок 8.2 – Комутативна діаграма категорій земель

Отримана комутативна діаграма характеризує взаємозв'язки та вплив:

- на реалізацію нових принципів земельного адміністрування *PI* з точки зору впровадження їх в існуючу систему землеустрою України, враховуючи, що деякі з цих принципів *AI* вже є частиною системи. Необхідно впроваджувати ці принципи так, щоб вони увійшли в існуючу систему з урахуванням законів і традиційних аспектів функціонування системи землеустрою;
- забезпечення або оптимізацію існуючих процесів в галузі земельного адміністрування в Україні, тобто характеризується впровадження принципів земельного адміністрування не за фактом їх впровадження, а функціонування системи із забезпеченням цих принципів та їх взаємодії;
- формування нових процесів у галузі земельного адміністрування в Україні, які виникають, як наслідок упровадження принципів земельного адміністрування в існуючу систему, що забезпечують нові зв'язки та залежності;
- забезпечення функціонування земельного адміністрування на базі десяти принципів для досягнення синергії між всіма існуючими й новими елементами та процесами системи земельного адміністрування.

Завдання до практичної роботи

1. Побудова категорій для законодавчих актів. Формалізувати окремі статті та розділи законодавства України як категорії, де об'єктами є конкретні законодавчі положення, а морфізмами – правові відносини, що виникають між ними. Визначити основні категорії для кожного важливого розділу законодавства.

2. Аналіз взаємозв'язків між законодавчими актами за допомогою функторів. Використовуючи функтори, побудувати модель, яка відображає, як зміни в одному законодавчому акті впливають на інші акти, що включає відображення перетворень між категоріями різних законодавчих актів та аналіз наслідків цих перетворень.

3. Комутативні діаграми для оптимізації законодавства. Розробити комутативні діаграми, що відображають взаємозв'язки між категоріями, щоб виявити можливі протиріччя або дублювання норм у законодавстві. Запропонувати шляхи оптимізації законодавства на основі отриманих результатів.

ЗАВДАННЯ ДО САМОСТІЙНОЇ РОБОТИ

1. Завдання з формування моделей на прикладі обраної теми дисертації.

Завдання полягає передбачає вибір конкретної теми дисертації та створення відповідної моделі або набору моделей, які відображають основні аспекти дослідження. Для цього потрібно провести детальний аналіз обраної теми, визначити ключові компоненти та процеси, які необхідно змоделювати. Моделі можуть включати як концептуальні, так і кількісні компоненти, наприклад, графи, діаграми, математичні моделі або симуляції. Важливо, щоб моделі відображали всі важливі елементи теми дисертації і відповідали на основні дослідницькі питання.

2. Завдання з виконання об'єктно-орієнтованого моделювання за матеріалами дисертації.

Завдання передбачає виконання об'єктно-орієнтованого моделювання на підставі матеріалів дисертації. Об'єктно-орієнтоване моделювання є методом, який фокусується на створенні об'єктів, що мають свої властивості і поведінку. Для виконання цього завдання потрібно визначити, які об'єкти є ключовими для теми дисертації і як їх можна змоделювати в об'єктно-орієнтованому середовищі. Зазвичай це передбачає створення класів, визначення атрибутів і методів, а також реалізацію взаємодії між об'єктами.

3. Завдання з формування моделі знань за матеріалами дисертації.

Завдання полягає у формуванні моделі знань на підставі матеріалів дисертації. Це завдання передбачає створення моделі, яка відображає структуру та зміст знань, які досліджувалися в дисертації. Модель знань може включати концептуальні карти, семантичні мережі, фрейми або інші методи представлення знань. Важливо, щоб модель відображала зв'язки між концептами, ієрархії, а також властивості і відношення між різними елементами знань.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Шипулін В. Д. Система земельного адміністрування: основи сучасної теорії : навч. посіб. [Електрон. ресурс] / В. Д. Шипулін ; Харків. нац. ун-т міськ. госп-ва ім. О. М. Бекетова. – Електрон. текст. дані. – Харків : ХНУМГ ім. О. М. Бекетова, 2016. – 221 с. – Режим доступу: <https://core.ac.uk/download/pdf/78066649.pdf>, вільний (дата звернення: 02.07.2024). – Назва з екрана.

2. Важинський С. Е. Методика та організація наукових досліджень [Електрон. ресурс] : навч. посіб. / С. Е. Важинський, Т. І. Щербак. – Електрон. текст. дані. – Суми : СумДПУ ім. А. С. Макаренка, 2016. – 260 с – Режим доступу: <https://pedagogy.lnu.edu.ua/wp-content/uploads/2017/03/vajinskii-posibnyk.pdf>, вільний (дата звернення: 02.07.2024). – Назва з екрана.

3. Уривський Л. О. Імітаційне моделювання систем і процесів у телекомунікаціях [Електрон. ресурс] / Л. О. Уривський, А. В. Мошинська, С. О. Осипчук. – Електрон. текст. дані. – Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2022. – 202 с. – Режим доступу: https://www.google.com/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=&cad=rja&uact=8&ved=2ahUKEwjPiJzYnqqHAXUjRPEDHVVFCngQFnoECBUQAQ&url=https%3A%2F%2Fela.kpi.ua%2Fbitstream%2F123456789%2F48473%2F1%2Fimit_model.pdf&usg=AOvVaw0ZdDFhfRqV-NMpIM3GditN&opi=89978449, вільний (дата звернення: 02.07.2024). – Назва з екрана.

4. Averill M. L. Simulation Modeling and Analysis [Electron. resource]. / M. L. Averill. – Electronic text data. – Tucson : President Averill M. Law & Associates, 2013. – 780 p. – Regime of access : <https://industri.fatek.unpatti.ac.id/wp-content/uploads/2019/03/108-Simulation-Modeling-and-Analysis-Averill-M.-Law-Edisi-5-2014.pdf>, free (application date: 02.07.2024). – Title from the screen.

5. Практикум комплексної систематизації навчальних знань: моделювання і візуалізація [Електрон. ресурс] : навч. посіб. / К. О. Метешкін, О. Р. Крамаренко, Н. В. Холодна, І. В. Гамаюн ; під ред. К. О. Метешкіна ; Харків. нац. ун-т міц. госп-ва ім. О. М. Бекетова. – Електрон. текст. дані. – Харків : ХНУМГ

ім. О. М. Бекетова, 2021. – 188 с. – Режим доступу: <https://eprints.kname.edu.ua/60130/1/14%D1%8D%D0%BA%D0%B7%D0%9F%D0%A0%D0%90%D0%9A%D0%A2%D0%98%D0%9A%D0%A3%D0%9C%202021%D0%BF%D0%B5%D1%87.%2039%D0%9D%D0%9C%D0%95%D0%A2%D0%95%D0%A8%D0%9A%D0%86%D0%9D%D0%BA%D0%BE%D1%80%D1%80%2012.%2010.pdf>, вільний (дата звернення: 02.07.2024). – Назва з екрана.

6. Особливості геоінформаційного моделювання, земельного адміністрування та оцінки міського середовища : монографія / К. А. Мамонов, А. Є. Ачкасов, В. Д. Шипулін та ін. ; за заг. ред. К. А. Мамонова ; Харків. нац. ун-т міськ. госп-ва ім. О. М. Бекетова. – Харків : ФОП Панов А. М., 2015. – 250 с.

7. Земельне адміністрування: особливості формування та сучасні технології реалізації [Електрон. ресурс] : монографія / В. Д. Шипулін, С. М. Кобзан, І. А. Ачкасов [та ін.] ; за заг. ред. К. А. Мамонова ; Харків. нац. ун-т міськ. госп-ва ім. О. М. Бекетова. – Електрон. текст. дані. – Харків : ХНУМГ ім. О. М. Бекетова, 2018. – 356 с. – Режим доступу: https://www.google.com/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=&cad=rja&uact=8&ved=2ahUKEwiR5dmvn6qHAXXWSfEDHRylB5oQFnoECBgQAQ&url=https%3A%2F%2Flibrary.kname.edu.ua%2Fimages%2Fpratsi%2FMonografii_2016-2018.doc.pdf&usg=AOvVaw0gRG1WpGtRKNtxPqGiX7US&opi=89978449, вільний (дата звернення: 02.07.2024). – Назва з екрана.

8. Кухар М. А. Концептуальні моделі підтримки прийняття рішень в багаторівневих системах адміністрування [Електрон. ресурс] // Вісник Вінницького політехнічного інституту. – Електрон. текст. дані. – 2020 – № 3. – С. 51–56. – Режим доступу: <https://visnyk.vntu.edu.ua/index.php/visnyk/issue/view/102>, вільний (дата звернення: 02.07.2024). – Назва з екрана.

9. Метешкін К. О. Створення узагальненої моделі навчально-методичного забезпечення в системі «Розумний заклад вищої освіти» на прикладі спеціальності 193 – Геодезія та землеустрій [Електрон. ресурс] / Метешкін К. О., Кухар М. А. // Комунальне господарство міст. Серія: Технічні науки та архітектура – Електрон. текст. дані. – 2022. – Т. 3. – № 170. – С. 234–238. – Режим доступу:

<https://khg.kname.edu.ua/index.php/khg/issue/view/140>, вільний (дата звернення: 02.07.2024). – Назва з екрана.

10. Кухар М. А. Концептуальні моделі підтримки прийняття рішень в багаторівневих системах адміністрування [Електрон. ресурс] // Вісник Вінницького політехнічного інституту. – Електрон. текст. дані. – 2020 – № 3. – С. 51–56. – Режим доступу: <https://visnyk.vntu.edu.ua/index.php/visnyk/article/view/2500/2388>, вільний (дата звернення: 02.07.2024). – Назва з екрана.

11. A cost-and-effect simulation model for compact city approaches: A case study in Japan [Electron. resource] / J. Ma, Y. Shibuya, Y. Pang, H. Omata, Y. Sekimoto // Cities. – Electronic text data. – 2024. – №152. – P. 1–22. – Regime of access: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0264275124004268>, free (application date: 02.07.2024). – Title from the screen.

12. How to delineate urban gravitational zones? GIS-based multicriteria decision analysis and Huff's model in urban hierarchy modeling [Electron. resource] / I. Marić, A. Šiljeg, F. Domazetović, L. Panda, R. Milošević, S. Šiljeg, R. Marinović // Papers in Regional Science. – Electronic text data. – 2024. – №103. – P. 1–12. – Regime of access: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1056819024000344>, free (application date: 02.07.2024). – Title from the screen.

13. Кухар М. А. Формалізація елементів земельного кодексу України для представлення їх у базі знань [Електрон. ресурс] // Наукові праці ВНТУ. – Електрон. текст. дані. – 2017. – № 3. – С. 1–6. – Режим доступу: <https://praci.vntu.edu.ua/index.php/praci/article/view/516> вільний (дата звернення: 02.07.2024). – Назва з екрана.

14. Mamonov K. Standardization of geodetic data for determination of boundaries of natural reserve areas [Electron. resource] / M. Kukhar, E. Shterndok, S. Kamchatna // E3S Web of Conferences. – Electronic text data. – 2023. – № 30. – P. 1–13. – Regime of access: https://www.researchgate.net/publication/376080871_Standardization_of_geodetic_data_for_determination_of_boundaries_of_natural_reserve_areas, free (application date: 02.07.2024). – Title from the screen.

Електронне навчальне видання

Методичні рекомендації
до проведення практичних та самостійних робіт
із навчальної дисципліни

**«МОДЕЛЮВАННЯ І ДОСЛІДЖЕННЯ СКЛАДНИХ СИСТЕМ
В ГАЛУЗІ ГЕОДЕЗІЇ ТА ЗЕМЛЕУСТРОЮ»**

*(для здобувачів третього (освітньо-наукового) рівня вищої освіти
зі спеціальності 193 – Геодезія та землеустрій)*

Укладачі: **МЕТЕШКІН** Костянтин Олександрович,
КУХАР Максим Анатолійович

Відповідальний за випуск *К. А. Мамонов*
За авторською редакцією
Комп'ютерне верстання *М. А. Кухар*

План 2024, поз. 447М

Підп. до друку 03.09.2024. Формат 60 × 84/16.
Ум. друк. арк. 3,0.

Видавець і виготовлювач:
Харківський національний університет
міського господарства імені О. М. Бекетова,
вул. Черноглазівська (Маршала Бажанова), 17, Харків, 61002.
Електронна адреса: office@kname.edu.ua
Свідоцтво суб'єкта видавничої справи:
ДК № 5328 від 11.04.2017.