

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

**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 денної  
та заочної форм навчання зі спеціальності 193 – Геодезія та землеустрій)*

**Харків**  
**ХНУМГ ім. О. М. Бекетова**  
**2023**

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 денної та заочної форм навчання зі спеціальності 193 – Геодезія та землеустрій / К. О. Метешкін, М. А. Кухар, Л. О. Маслій ; Харків. нац. ун-т міськ. госп-ва ім. О. М. Бекетова. – Харків : ХНУМГ ім. О. М. Бекетова, 2023. – 27 с.

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

#### Рецензент

**К. А. Мамонов**, доктор економічних наук, професор, завідувач 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 05.09.2022*

## ЗМІСТ

Вступ.....	4
1 Дослідження складних геопросторових відношень людина – природа методами моделювання.....	5
2 Емпіричні дослідження у сфері геодезії і землеустрою.....	9
3 Математичне моделювання складних систем у сфері геодезії і землеустрою.....	16
Висновок.....	25
Список використаних джерел.....	26

## ВСТУП

Базуючись на роботах [1–3], аспірантам пропонується після закінчення курсу створити модель процесу реалізації науково-дидактичного методу у вибраній предметній області. Інакше кажучи, аспірантам пропонується створити один із варіантів прогнозної моделі процесу написання дисертації. Таку модель можна оформити на основі спеціальних програм Blender, Wondershare Filmora, гра The Sims 4, NVIDIA SHADOWPLAY та інших, наприклад, PowerPoint. Результати моделювання професійних знань наведено у роботі [3]. 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.

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

Покажемо на прикладах вирішення приватних наукових завдань.

# 1 ДОСЛІДЖЕННЯ СКЛАДНИХ ГЕОПРОСТОРОВИХ ЗВ'ЯЗКІВ

## ЛЮДИНА – ПРИРОДА МЕТОДАМИ МОДЕЛЮВАННЯ

Актуальність вирішення цього завдання не викликає сумнівів у розсудливих людей. Ще В. І. Вернадський звертав увагу на відносини людини до природи. Його вчення про ноосферу безпосередньо з екологією. Навчальна дисципліна «Моделювання та дослідження складних систем у геодезії та землеустрої» передбачає знання аспірантами наукового методу та використання його для вирішення дослідницьких завдань.

Очевидно, спираючись на вчення В. І. Вернадського про ноосферу як об'єкт дослідження, доцільно вибрати біосферу і розглядати її як складну систему, що має як органічне так і неорганічне походження. Причому особливу увагу Вернадський звертав увагу на інтелектуальну складову біосфери. Тоді, якщо за об'єкт дослідження прийняти біосферу України (рис. 1.1), то предметом її дослідження може бути безліч процесів та методів її покращення.

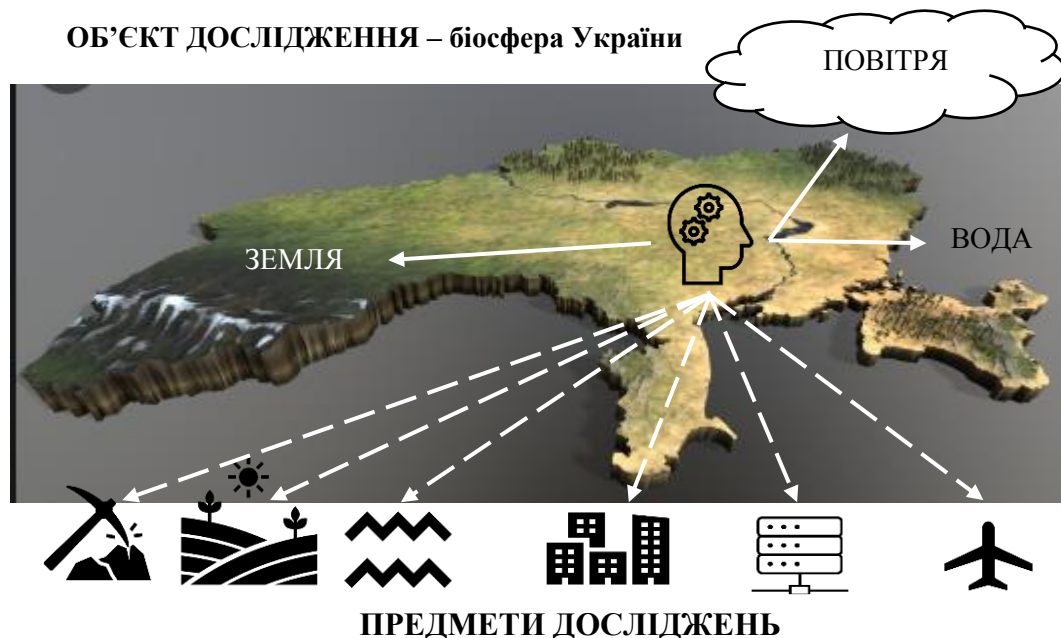


Рисунок 1.1 – Гранично узагальнена модель об'єкта та предметів у дослідженні екологічних ризиків

Прикладами предметів 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 досліджень. Така процедура дозволить претенденту цілеспрямовано проводити дослідження та закінчити аспірантуру у задані терміни.

Будь-який дослідницький процес починається з вибору методів дослідження, як правило, це всім відомі методи системного аналізу: аналіз, синтез, агрегування, декомпозиція та ін. Природно припустити, що аспірант не знайомий з багатьма математичними методами. І тут обов'язок наукового керівника у 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 риси...» та ін. Крім того, новизна, як властивість наукової роботи, позначається такими словами: «вперше отримано», «отримало подальший розвиток» та «удосконалено».

Велике значення для оформлення результатів наукової роботи грає її практична значимість. Вважається, що результати наукових досліджень не повинні «пилитися на полиці». Якщо ви довели актуальність своєї роботи, то її результати повинні мати практичну значущість, яка доводиться конкретними прикладами впровадження, наприклад актами про впровадження на виробництві або інших організаціях.

Науково-дослідницька робота завжди пов'язана з апробацією її результатів. Звісно, людині, а тим паче вченому, властиво сумніватися у цьому, що він зробив, розробив, побудував модель тощо. буд. Тому, зазвичай отримані проміжні результати науково-дослідної роботи апробуються різному рівні наукових комунікацій. Вони можуть бути організовані як на кафедрі у вигляді семінарів, круглих столів, студентських конференціях, так і міжвузівських, міжнародних конференціях, симпозіумах тощо.

Науково-дослідницька робота завжди передбачає публікацію проміжних результатів у наукових журналах. Для захисту дисертації існує норма статей. Наукові результати у дисертаційній роботі мають повністю відповідати результатам, розміщеним у статтях наукових журналів.

А також, останнє. Оскільки аспірант є майбутнім педагогом, то вимагатимемо від нього знання як наукового методу, а й науково-дидактичного.

### **Завдання для самостійної роботи**

Для підтвердження того, що аспірант оволодів матеріалом описаного в розділі методу, йому необхідно побудувати модель реалізації науково-

дидактичного методу на прикладі обраної теми дисертації, або теми обраної викладачем.

### **Питання для контролю знань**

1. Дайте визначення складної системи.
2. Наведіть приклади предметів досліджень екологічних ризиків.
3. Які методи відображення навколишнього середовища в науковій роботі

Вам відомі?

4. Який результат дослідження складної системи може бути?
5. Що значить формалізоване представлення навколишньої дійсності?



# 1 ЕМПІРИЧНІ ДОСЛІДЖЕННЯ У СФЕРІ ГЕОДЕЗІЇ І ЗЕМЛЕУСТРОЮ

Специфіка спеціальності «Геодезія та землеустрій» зумовила вибір об'єкта досліджень. У своєму вченні про ноосферу В. І. Вернадський багато разів наголошує на функціональній важливості інтелекту в біосфері Землі. Тому, багато вчених розглядають навчальну та освітню діяльність людей у новій методологічній парадигмі, яка отримала назву едукологія. Саме ця наука про освіту людини вивчає процеси та явища, у взаємозв'язку з природою (зовнішнім середовищем). У термінах вчення В. І. Вернадського про ноосферу це і є біосфера. 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.

Зі сказаного вище, що дослідження у сфері створення колективного розуму з погляду вчення У. І. Вернадського не входить у суперечність із вимогами спеціальності «геодезія і землеустрій».

Відомо, що до емпіричних досліджень відносять: спостереження, порівняння, вимір та експеримент. Найпростішим є метод спостереження. Однак, не багато 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 і зупинятися не будемо.

Метод вимірів у геодезії одна із основних, що дозволяє отримати як кількісні, і якісні оцінки. Методи вимірів та шкали вивчаються спеціальною наукою – кваліметрією. Детально властивості вимірювальних шкал розглянуті. Крім того, 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 на нього з допомогою створення штучних умов, необхідні виявлення відповідних властивостей об'єкта.

Розрізняють штучний та природний експерименти.

*Штучний експеримент* – це експеримент, у якому об'єкт дослідження ізолюється від нормальних умов до певної необхідної ступені. Штучні експерименти притаманні природничих наук.

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

У навчальній та науковій літературі експериментальні дослідження розрізняють за їх масштабністю. Локальні експерименти чи експрес-дослідження у цій роботі розглядатися нічого очікувати, 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. 2.1) унікальну можливість пошарового подання та візуалізації даних у ГІС, які можуть забезпечити осіб, які приймають рішення, інформацією на всіх рівнях ієрархії управління.

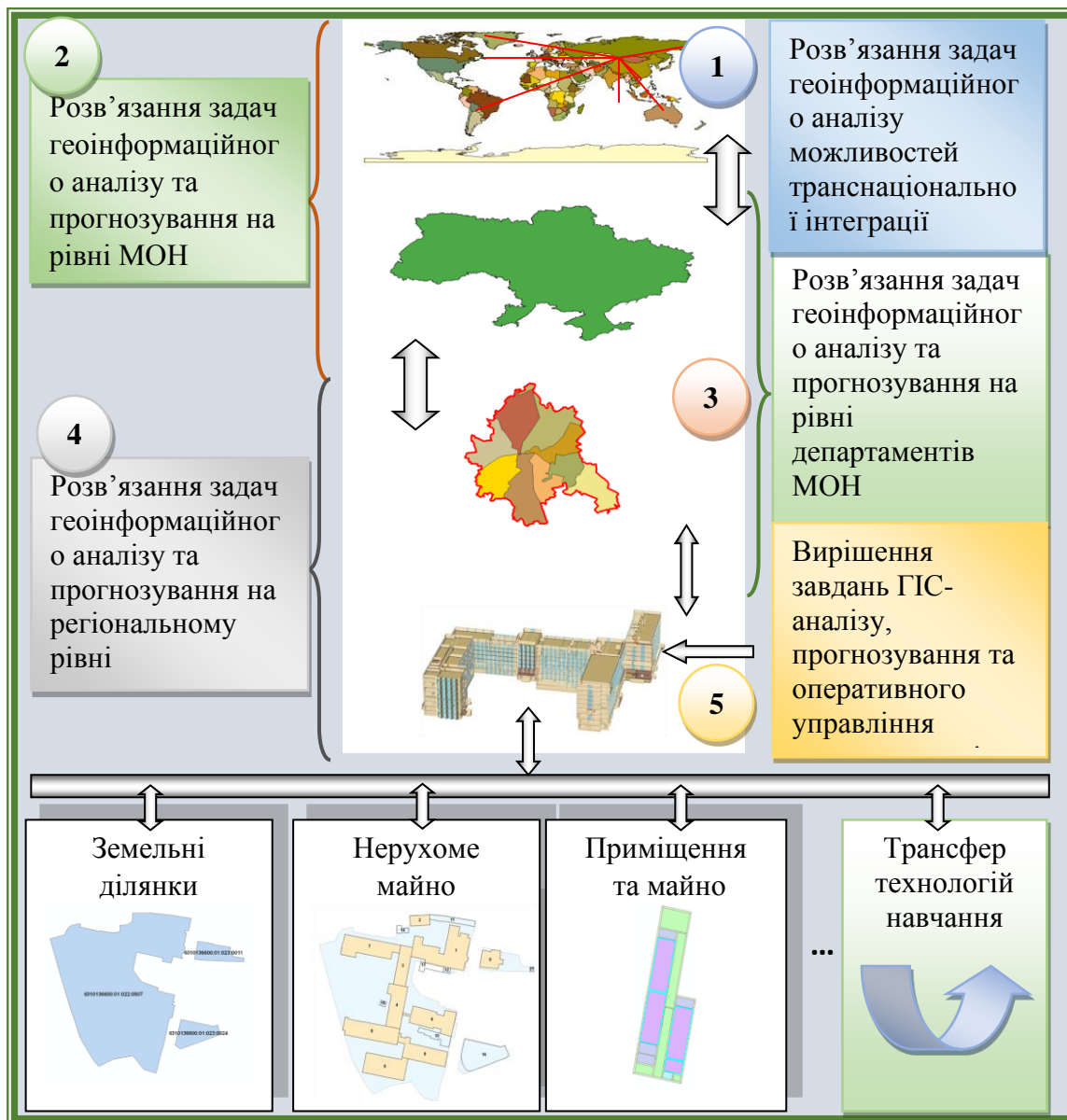


Рисунок 2.1 – Пошарове подання та візуалізація даних у геоінформаційній керуючій системі «вища школа»

На рисунку 2.1 виділено 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 ВНЗ України та вченими закордонних вищих навчальних закладів. Контролювати та рекомендувати ректорам вишів укладання двосторонніх та багатосторонніх договорів за участю закордонних 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 з допомогою інформаційних технологій, саме завдання незалежного тестування абітурієнтів.

Вирішення задач геоінформаційного аналізу та прогнозування на рівні департаментів МОН віднесемо до третьої групи завдань, і будемо їх розглядати виключно 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, а й вирішувати розрахункові завдання як у основі звичайних даних як 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.

В наш час стрімко розвивається науковий напрямок, 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 ВНЗ, а також проводити порівняльний аналіз технологій навчання та виявляти з них найкращі та перспективні для подальшого застосування у педагогічній практиці.

Виділені завдання також можна вирішувати на основі зібраних даних з прив'язкою їх до геоданих, та проводити геоінформаційний аналіз для прийняття «зважених» рішень з управління науковою діяльністю педагогів, аспірантів, окремих дослідників та в цілому колективів ВНЗ, науково-дослідних установ тощо.

Завдання четвертої групи, на жаль, на регіональному рівні управління системою «вища школа» практично не вирішуються. В основному вони мають виховний та організаційний характер. 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.

Оснoву інформaційної моделі даного рівня управління може скласти географічна карта, де відобразатимуться зони розподілу інтелектуальних ресурсів, за тими чи іншими спеціальностями підготовки бакалаврів і магістрів, розміщення ВНЗ різних рівнів акредитації, зв'язки між ВНЗ у масштабі регіону тощо. Крім того, інформаційна модель може містити відомості про розподіл студентів по вузам та гуртожиткам, відомості про викладання однакових спеціальностей у різних вузах, 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 даному рівні управління. На рисунку 2.1 видно, що до таких завдань можна віднести такі:

- формування схем земельних ділянок, що займаються ВНЗ;
- формування схем інженерних комунікацій;
- вирішення транспортних завдань з 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 ВНЗ тощо.

Підсумовуючи вище, слід зазначити, 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 розробки математичних, евристичних і напівевристичних моделей процесів, явищ і складних об'єктів управління, як вищі навчальні заклади. Централізована розробка сукупності взаємозалежних моделей та методів у рамках

геоінформаційної технології управління вищою школою та єдиного задуму її проектування забезпечить побудову методичних засад теорії управління освітніми системами, а експериментальні дослідження забезпечать високу достовірність одержаних результатів.

### **Завдання для самостійної роботи**

Для підтвердження того, що аспірант оволодів матеріалом описаного в розділі методу, йому необхідно побудувати модель реалізації науково-дидактичного методу на прикладі обраної теми дисертації, або теми обраної викладачем.

### **Питання для контролю знань**

1. Що таке емпіричні дослідження?
2. Назвіть методи ноогеоматики.
3. Що таке штучний експерименти?
4. Що таке природний експерименти?
5. Наведіть приклади штучного та природнього експериментів?

### 3 МАТЕМАТИЧНЕ МОДЕЛЮВАННЯ СКЛАДНИХ СИСТЕМ У СФЕРІ ГЕОДЕЗІЇ І ЗЕМЛЕУСТРОЮ

Побудова глобальних геоінформаційних систем є складною задачею. Основна проблема, яка виникає при цьому, добре складається в тому, що предметна область, з одного боку досить відома і добре структурована, річ йде про геодезію, а з іншого боку в землеустрої міститься безліч слабкоструктурованих задач.

Під предметну область будемо приймати (ПОБ) персоніфіковане стан реальності, яке описується сукупністю властивостей її складових об'єктів і зв'язками 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 ряд моделей представлення знань, що описують окремі сторони вказаних вище процесів і явищ. Особливо це стосується моделей у сфері геодезії та картографії. Разом з цими моделями в сфері землеустрою слабо розроблені.

Представляємо на схемі (рис. 3.1) основні компоненти формального представлення знань у сфері геодезії та землеустрою. Тут позначено: СПП – система правил продукції; СМ – семантичні мережі; Ф – фрейми; К – комбіновані моделі представлення знань; ЧВ – числення висловлювань; ЧП – числення предикатів; ФТ – формальні теорії; Д – моделі, побудовані на основі інших логік; МАВР – моделі абстракцій високого рівня, створені на основі теорії категорій і функторів; Пт – моделі, побудовані на основі теорії поверхонь Гаусса і Остроградського і неевклідових геометрій Лобачевського і Римана, а також інших просунутих геометрій, наприклад фрактальної.

Із сказаного вище, 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.

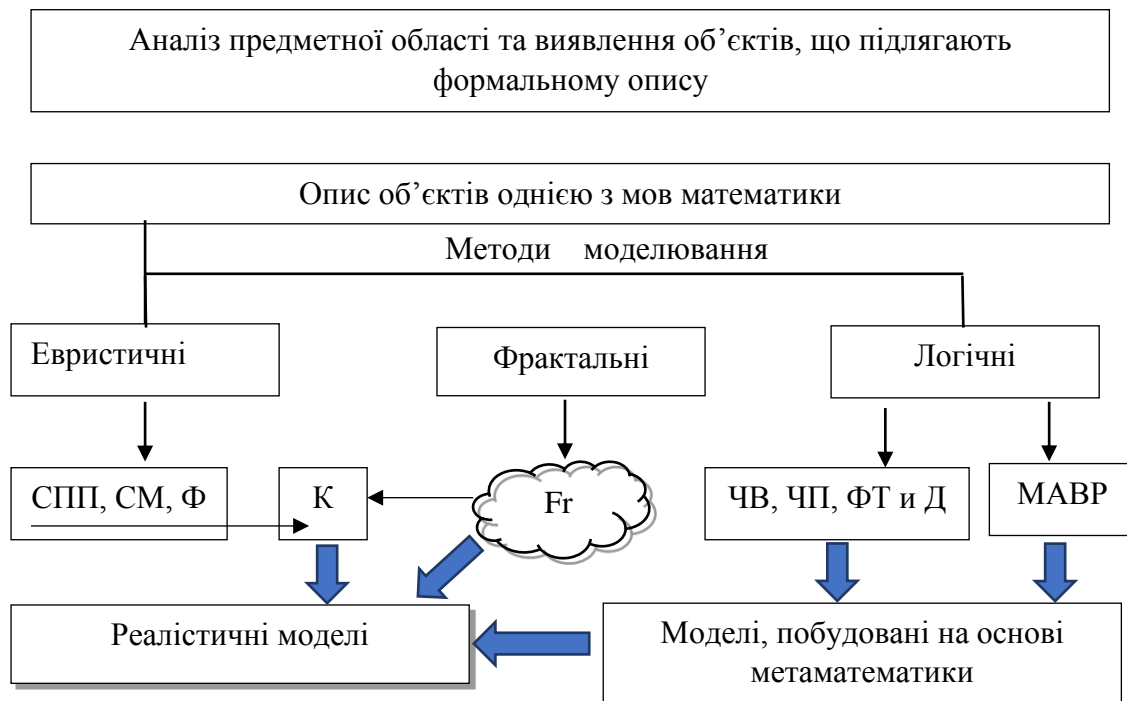


Рисунок 3.1 – Узагальнена схема основних компонент формального уявлення знань у ноогеоматиці

Іншими словами, можна сказати, що дослідження біосфери здійснюється методами ноогеоматики, які представляють собою 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 3.1 виділено 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 гілка методів називається «Фрактальною», так як забезпечує візуалізацію місцевості, близькою до реальної.

Звертаємо увагу на роботи Гауса, Остроградського, Стокса, Грина, які досліджували криволінійні поверхні, 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. Дана геометрія дозволяє знайти кривизну в будь-якій точці розглядуваного простору.

Конкретизуємо зміст рисунку 3.1 і структуру технології формалізації представимо у вигляді, зображеному на рисунку 3.2. Тут позначено ПОб – предметна область;  $Я_{по}$  – ядро предметної галузі;  $M^1, M^2, M^3$  – моделі предметної області.

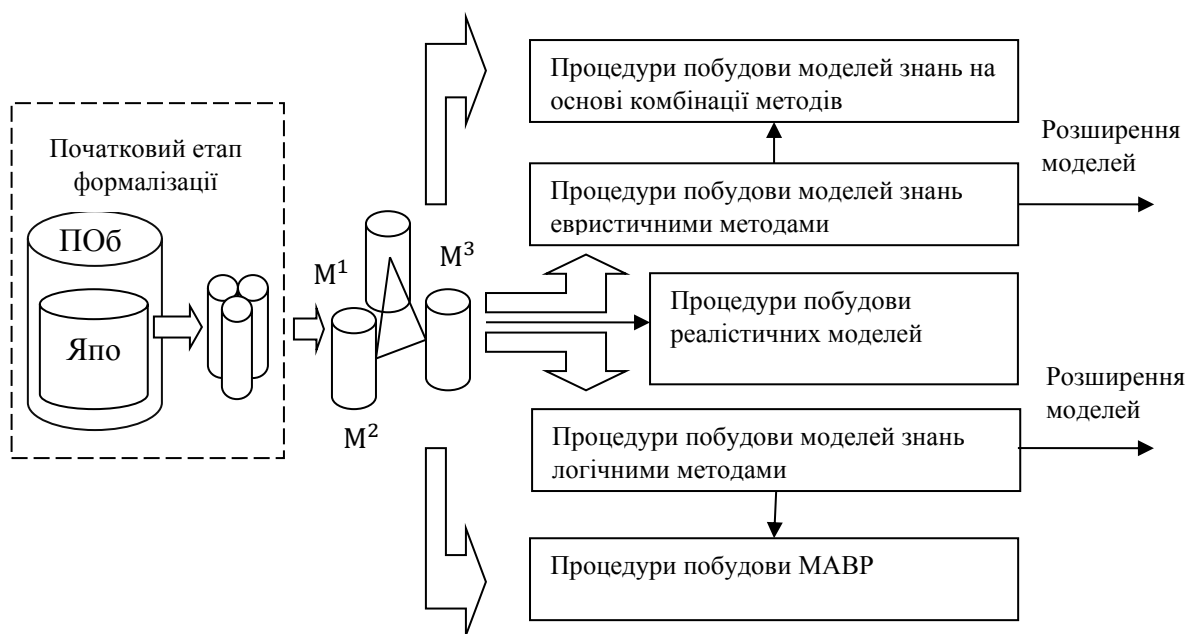


Рисунок 3.2 – Уточнююча схема технології формалізації

На рисунку 3.2 виділено початковий етап формалізації, особливість якого полягає у виділенні з ПОб його ядра  $Я_{оп}$ . Він складається з 3 об'єктів, які представлені у вигляді моделей  $M^1, M^2, M^3$  між якими розшукуються відносини або зв'язки. В залежності від специфіки цих відносин вибирається метод або методи формалізації. Ядро предметної області при необхідності може

розширюватися двома способами – екстенсивними або інтенсивними. У першому випадку до ядра предметної області додається один і більше моделей. У другому випадку є характеристики та властивості розширених моделей.

Початковий етап формалізації можна представити рисунком 3.3, використовуючи при цьому теоретико-множинну мову.

Тут на схемі (рис. 3.3) об'єктами предметної області в геодезії можуть бути об'єкт вимірювання «1», вимірювальний прилад «2» і оператор «3». При необхідності можна додати помічника оператора «6». Таким чином отримати об'єкти у вигляді моделей і задати відносини між ними можна іншу модель у вигляді, наприклад, теодолітного або тахеометричного ходу, що характеризує рельєф місцевості.

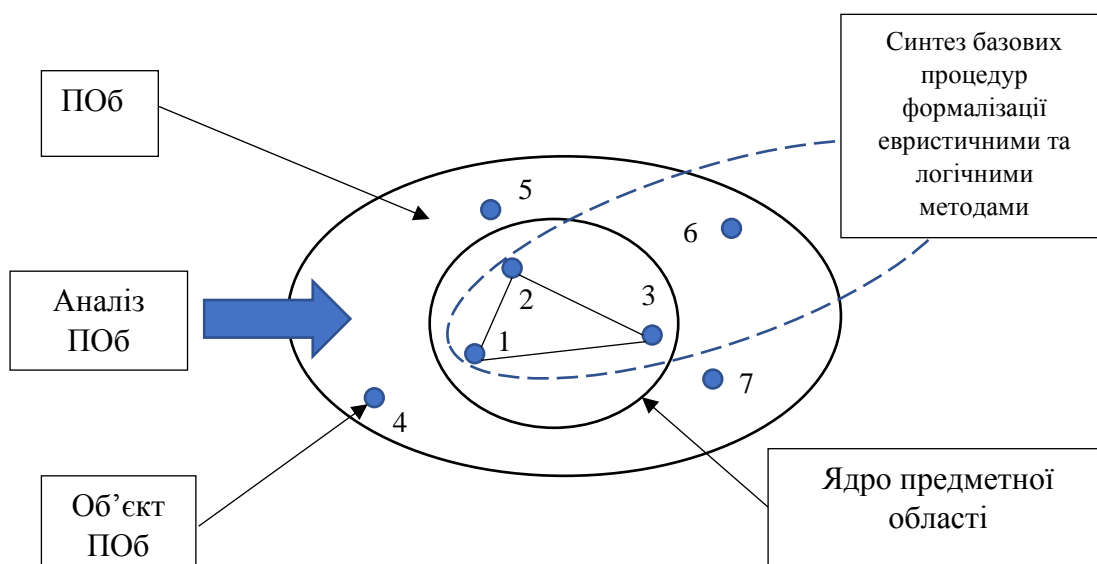


Рисунок 3.3 – Схема початкового етапу формалізації

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

Покажемо місце формальних представлень на рисунку 3.4, де показана узагальнена схема створення електронних карт на основі формальних моделей геоданих і геознань, тобто на базі методів ноогеоматики.

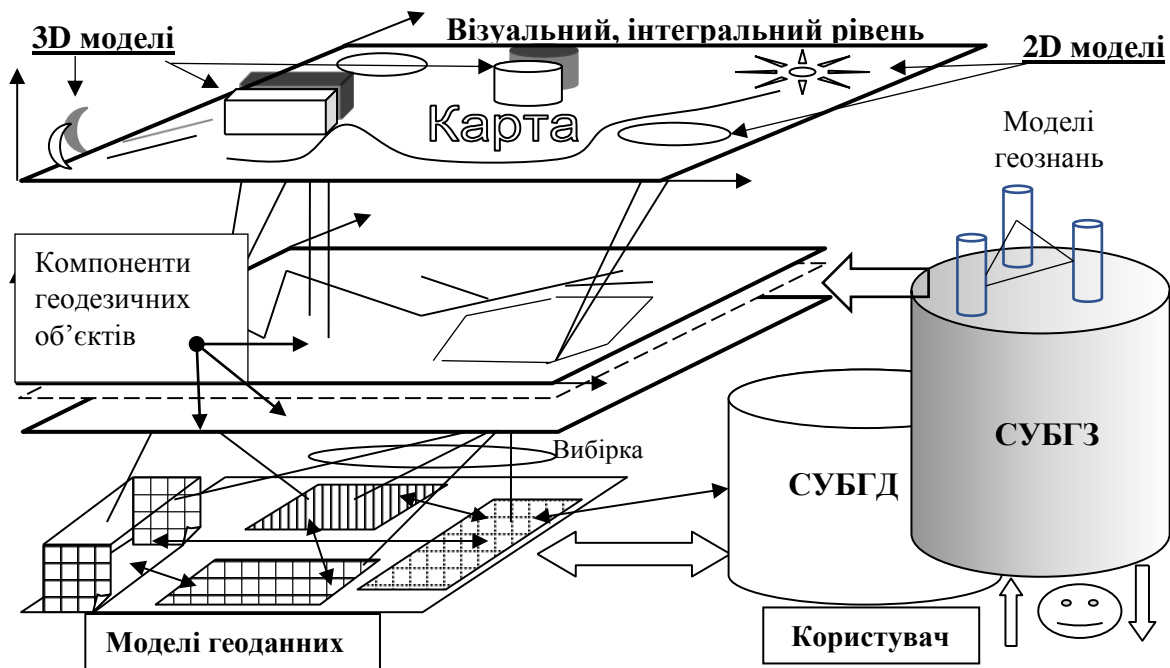


Рисунок 3.4 – Узагальнена схема створення електронних карт на основі методів ноогеоматики

З рисунка 3.4 зрозуміло, що інтегральний шар в геоінформаційних системах може формуватися у вигляді 3D і 2D моделей. Ці моделі формуються тільки тоді, коли маються точні геодезичні та геометричні дані відповідних об'єктів і ландшафтної місцевості. На жаль, не завжди є можливість отримати точні та достовірні дані про рельєф місцевості, інфраструктуру урбанізованих територій тощо. д. У цих випадках використовуються методи фрактальної геометрії, які дозволяють формувати реалістичні моделі, наприклад природних процесів і явищ, як це показано в роботі [2]. Творець фрактальної геометрії Б. Мандельброт наводить приклади використання фракталів у кінематографії, де такі явища як вогонь (рис. 3.5), чи, наприклад, хвилювання моря та інші створені на основі математичних моделей фрактальної геометрії.



Рисунок 3.5 – Фрактальне представлення явищ природи (URL: <https://pixabay.com/illustrations/fractal-light-light-fractal-fire-1764914/>)

Раніше було позначено, що людський інтелект у біосфері Землі відіграє важливу роль, і тому було вирішено помістити ідею візуалізації оцінки знань студентів, яка викладена в роботі [4]. Суть роботи полягає в наступному.

В наш час 80 % студентів є візуалами. Ці обставини спонукають вчених шукати методи моделювання та візуалізації таких абстрактних понять, як «знання», «рівень знань», «інтегральна компетентність», «предметна область» та ін., а також інтерпретувати зміст цих понять візуальними образами. Зокрема, пропонується відома шкала оцінок 0–100 доповнити візуальну шкалу у вигляді фрактального дерева Піфагора, на якому дует вітер [5]. Цей формалізм таким чином при оцінці знань студентів можна інтерпретувати. Повне та розширене дерево будемо читати модель знань викладача конкретної навчальної дисципліни, наприклад, якоїсь дисципліни, яку він виклав в якомусь навчальному посібнику (рис. 3.6).

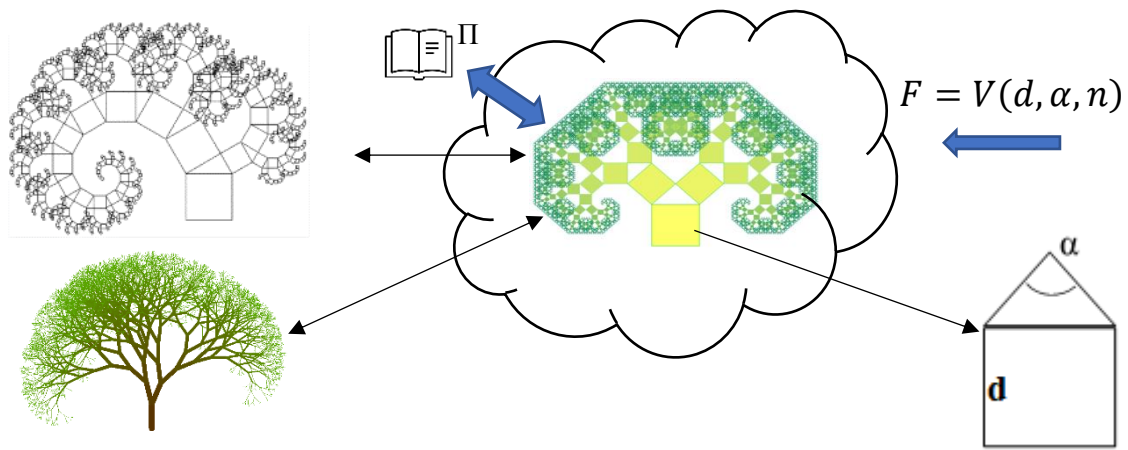


Рисунок 3.6 – Ілюстрація процедури візуалізації та інтерпретації процесу оцінювання знань студентів

Це допущення базується на наступних фактах. По-перше, змістовний матеріал навчальних посібників має ієрархічну структуру. По-друге, строго упорядкований по розділам, підрозділам, пунктам і підпунктам, тобто має вкладену структуру. У третій містяться анафоричні посилання, як усередині тексту, так і посилання на зовнішні джерела інформації. В-четвертих, в основі оціночної процедури лежить відношення подібності, яке використовує викладач при зіставленні знань студентів зі своїми знаннями [6] (рис.3.7).

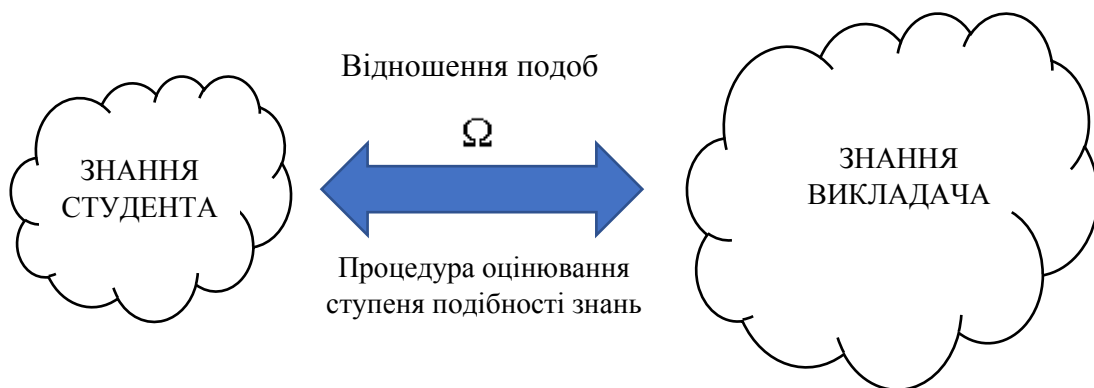


Рисунок 3.7 – Ілюстрація оцінки ступеня подібності знань викладача та знань студента

Це саме відношення лежить в основі фрактальної геометрії.

Приведені вище факти дозволяють процедуру оцінки знань студентів інтерпретувати відомий фракталом, таким як «Обдування вітром дерево Піфагора» і «Оголене дерево Піфагора».

Образ ідеального фракталу (в центрі рис. 3.8), побудований на основі геометричної інтерпретації теореми Піфагора, де трикутник є прямокутним і рівнобедреним. Варіюючи змінні  $d$ ,  $\alpha$  і  $n$ , де  $d$  – довжина сегмента геометричної фігури,  $\alpha = 90^\circ$ , а також  $n$  – кількість ітерацій побудованої геометричної фігури «Піфагорові штани з усіх боків рівні» можна отримати фрактали, що імітують, як поточні знання або незнання студентів, так і підсумкові в кінці семестру.

Відповідь математичної моделі та візуального образу в цьому випадку показано на рисунку 3.8.

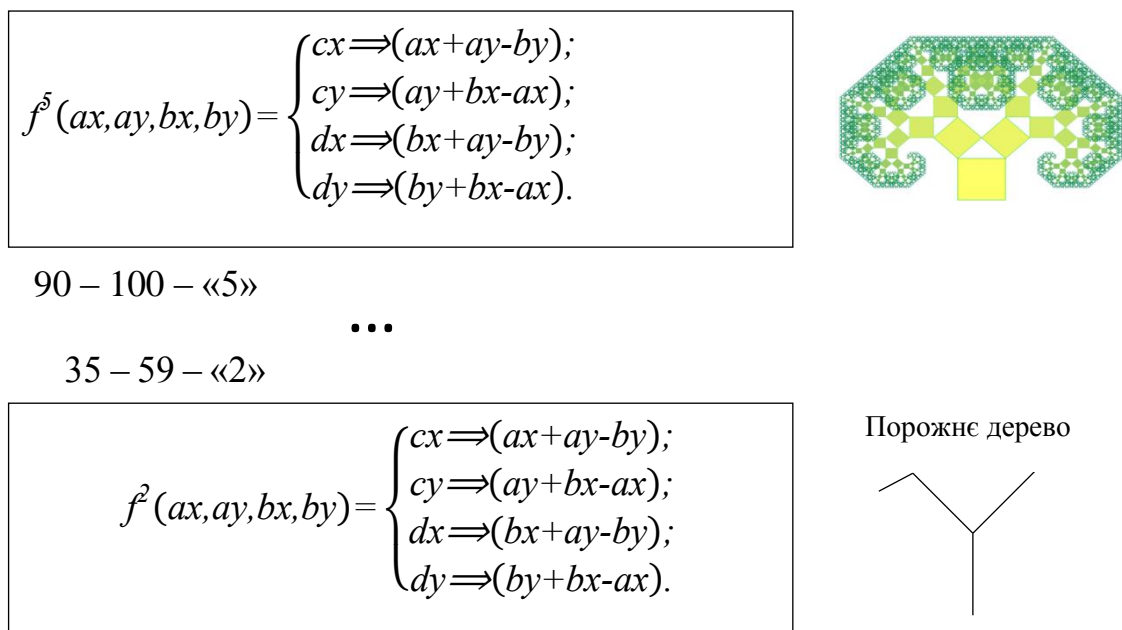


Рисунок 3.8 – ілюстрація відповідності математичної моделі її фрактальному образу

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

### Завдання для самостійної роботи

Для підтвердження того, що аспірант оволодів матеріалом описаного в

розділі методу, йому необхідно побудувати модель реалізації науково-дидактичного методу на прикладі обраної теми дисертації, або теми обраної викладачем.

### **Питання для контролю знань**

1. Що таке фрактал?
2. Які методи моделювання існують?.
3. Наведіть приклади формалізації?
4. Що таке база даних?
5. Що таке база знань?



## ВИСНОВОК

В методичних вказівках були запропоновані створення моделей відповідно до вимог наукових досліджень, тобто згідно таких відомостей та даних:

- 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.

Загалом, була розглянута практична цінність дисципліни з урахуванням різних методів моделювання та дослідження складних систем.

## СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Метешкін К. А. Від студента до професора: «Живий» автобіограф. навч. наоч. посіб. / К. А. Метешкін, Д. А. Кінь ; Харків. нац. ун-т міськ. госп-ва ім. О. М. Бекетова. – Харків : ХНУМГ ім. Бекетова, 2018. – 362 с.
2. Метешкін К. А. Паралелі та меридіани геодезії та інформатики, або основи ноогеоматики : навч. посіб. / К. А. Метешкін, А. Р. Левченко ; Харків. нац. ун-т міськ. госп-ва ім. О. М. Бекетова. – Харків : ХНУМГ ім. Бекетова, 2019. – 203 с.
3. Практикум комплексної систематизації навчальних знань : моделювання і візуалізація: навчальний посібник за спеціальністю «Геодезія та землеустрій» : навч. посіб. / [К. О. Метешкін, О. Р. Крамаренко, Н. В. Холодна, І. В. Гамаюн] ; Харків. нац. ун-т міськ. госп-ва ім. О. М. Бекетова. – Харків : ХНУМГ ім. Бекетова, 2021. – 188 с.
4. Метешкін К. О. Візуалізація й інтерпретація оцінки знань в умовах цифрової трансформації суспільства / К. О. Метешкін, О. В. Зарицький // Застосування інформаційних технологій у підготовці та діяльності сил охорони правопорядку : міжнародна науково-практична конференція (м. Харків, 15 березня 2022 р.) / Харків. нац. ун-т міськ. госп-ва ім. О. М. Бекетова. – Харків : ХНУМГ ім. Бекетова, 2022. – С. 14.
5. Pythagoras Tree [Electron. resource] : site. – Regime of access : <https://mathworld.wolfram.com/PythagorasTree.html>, free (date of application: 28.03.2023). – Title from the screen.
6. Метешкин К. А. Краеугольные камни пирамиды знаний научно-педагогических и педагогических работников. XXI столетие : учеб. пособ. / К. А. Метешкин ; Харков. нац. ун-т гор. хоз-ва им. А. Н. Бекетова. – Харьков : ХНУГХ им. А. Н. Бекетова, 2012. – 335 с.

*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 денної та  
заочної форм навчання зі спеціальності 193 – Геодезія та землеустрій)*

Укладачі: **МЕТЕШКІН** Костянтин Олександрович,  
**КУХАР** Максим Анатолійович,  
**МАСЛІЙ** Любов Олексіївна

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

План 2022, поз. 490М

---

Підп. до друку 01.05.2023. Формат 60 × 84/16.  
Ум. друк. арк. 1,7

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