

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

**К. О. Метешкін, М. А. Кухар**

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

**КОНСПЕКТ ЛЕКЦІЙ**

*(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**

УДК 004.94+528

**Метешкін К. О.** Моделювання і дослідження складних систем в галузі геодезії та землеустрою : конспект лекцій для здобувачів третього (освітньо-наукового) рівня зі спеціальності 193 – Геодезія та землеустрій / К. О. Метешкін, М. А. Кухар ; Харків. нац. ун-т міськ. госп-ва ім. О. М. Бекетова. – Харків : ХНУМГ ім. О. М. Бекетова, 2023. – 84 с.

Автори:

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

Рецензент

**К. А. Мамонов**, доктор економічних наук, професор кафедри земельного адміністрування та геоінформаційних систем (Харківський національний університет міського господарства імені О. М. Бекетова)

*Рекомендовано кафедрою земельного адміністрування та геоінформаційних систем, протокол № 1 від 05.09.2022*

Конспект лекцій складено з метою допомогти здобувачам третього (освітньо-наукового) рівня при підготовці до занять, заліків та іспитів із дисципліни «Моделювання і дослідження складних систем в галузі геодезії та землеустрою».

© К. О. Метешкін, М. А. Кухар, 2023

© ХНУМГ ім. О. М. Бекетова, 2023

## ЗМІСТ

Вступ.....	4
Тема 1 Роль і місце моделювання та візуалізації в пізнанні зовнішнього світу.....	5
Тема 2 Універсальні методи і приклади пізнання в навчальній і науковій діяльності.....	24
Тема 3 Теоретичний метод дослідження складних систем.....	40
Тема 4 Емпіричний метод дослідження складних систем.....	54
Тема 5 Наука, технології, інженерія та математика основні складові STEM-підходу у дослідженнях.....	64
Тема 6 Елементи інтелектуалізації у STEM-підході.....	70
Висновок.....	82
Список використаних джерел.....	83

## ВСТУП

Дисципліна «Моделювання і дослідження складних систем в галузі геодезії та землеустрою» призначена для поглибленого вивчення моделювання складних системи з метою її застосування для дослідження характеристик функціонування геодезичних систем. Основну увагу приділено створенню та дослідженню складних систем із наукової точки зору.

Описано методи та принципи дослідження складних систем. Розглянуто можливості графічного представлення складних систем у вигляді моделей.

Дисципліна вирішує такі завдання:

1. Навчити молодих вчених формувати системне бачення, що ґрунтується на теоретичних знаннях з геодезії та землеустрою, та застосовувати його для розв'язання практичних завдань.

2. Навчити молодих вчених визначати, аналізувати та вирішувати комплексні проблеми у професійній сфері.

3. Навчити молодих вчених здійснювати науковий пошук та аналіз інформаційних джерел, а також визначати перспективні напрями досліджень.

4. Навчити молодих вчених використовувати сучасні інформаційні технології при проведенні наукових досліджень.

## ТЕМА 1 РОЛЬ І МІСЦЕ МОДЕЛЮВАННЯ ТА ВІЗУАЛІЗАЦІЇ В ПІЗНАННІ ЗОВНІШНЬОГО СВІТУ

Правильне і чітке визначення поняття «моделювання» наразі не сформульовано. Це пов'язано з тим, що поняття «моделювання» є фундаментальним і не зводиться до інших, більш простих понять. Воно є філософським поняттям і вживається в філософії поряд із такими категоріями, як «матерія», «буття», «свідомість», «інформація» та іншими фундаментальними поняттями, які виробило людство в ході свого розвитку.

Моделювання – це процес дослідження об'єктів пізнання за допомогою моделей. У моделюванні розрізняють «об'єкт пізнання», який отримав назву «оригінал», і «модель» цього об'єкта – деякий образ оригіналу, що частково відображає його властивості, структуру, форму, цілісність, тобто його сутність. Ці терміни отримали загальне визнання і широко використовуються в науковій літературі, зокрема в дидактиці Я. А. Коменського, який заклав їх у принципи навчання – «наочності» і «природовідповідності».

Справа в тому, що оригінал має множина найрізноманітніших властивостей (атрибутів). Найчастіше вони пов'язані один з одним і не дозволяють «докопатися» до істини – сутності оригіналу. Модель же розробляється (або повинна розроблятися) так, щоб можна було б виділити найбільш суттєві, головні сторони особливості оригіналу та абстрагуватися від другорядних деталей. Тому, створюючи і досліджуючи модель, можна в «чистому» вигляді уявити (візуалізувати), а в подальшому аналізувати і робити відповідні оцінки і висновки.

Витоки моделювання йдуть в доісторичні часи. Стародавні мисливці, готуючись до полювання, у процесі танців моделювали свої дії з виявлення та добування здобичі. З метою навчання недосвідчених молодих людей сцени полювання наносилися у вигляді рисунків (моделей) на склепіннях печер тощо. Це фактично були наочні графічні моделі, що дозволяють передавати старшими мисливцями свій досвід молодому поколінню. Таке моделювання було примітивним і не переслідувало цілей пізнання закономірностей природи.

В явному вигляді з метою пізнання закономірностей природи моделювання стало використовуватися в античні часи. Наприклад, ще в другому столітті нашої ери Клавдій Птолемей розробив модель геоцентричної будови Всесвіту. Вона передбачала знаходження в центрі Землі, навколо якої обертаються Сонце, Місяць, планети і зірки. Ця модель Всесвіту проіснувала і використовувалася на практиці, переважно в мореплавстві, до XVII століття, коли їй на зміну прийшла геліоцентрична модель, розроблена польським астрономом Миколою Коперником. Наведемо ще кілька прикладів використання моделей з різних сфер людського знання. Зокрема, для вивчення будови людського ока знаменитий лікар стародавності Гіппократ використовував як модель очі бика. Показовим прикладом моделювання з фізики є виявлення Архімедом закону, названого його ім'ям. У цьому випадку моделлю слугувало тіло Архімеда, яке він занурював у ванну з водою і відчував зменшення ваги свого тіла. Він переніс цей ефект на інші об'єкти і в результаті сформулював свій знаменитий закон. Відома легенда про те, як Архімед, використовуючи свій закон, виявив недостачу золота і срібла в короні царя Гієрона і викрив шахрайство царських ювелірів.

Таким чином, вже в стародавні часи моделювання було тісно пов'язане з пізнанням.

Метод моделювання як спосіб пізнання сутності природи свідомо почав застосовуватися в епоху Відродження. Італійські вчені Галілео Галілей і Леонардо да Вінчі вже тоді широко використовували моделі в своїх дослідженнях і прагнули визначити межі їхнього застосування. Видатний математик, філософ, географ Герард Меркатор створює перші географічні моделі у вигляді географічного і небесного глобусів.

Наразі моделювання проникло у всі сфери людської діяльності і широко використовується як у повсякденній діяльності, так і для пізнання суті складних процесів і явищ. Наведемо висловлювання видатного радянського вченого в галузі кібернетики українського академіка В. М. Глушкова: «Що стосується кібернетичних машин, то вони здатні незмірно підвищити інтелектуальну міць людства. Моделювання з їхньою допомогою областей абстрактного мислення

розширює кордони його можливостей до небачених меж, а з огляду на можливість прискорення моделювання розумових актів у майбутньому у багато разів збільшити продуктивність праці людини в області абстрактного мислення». У цьому висловлюванні академік В. М. Глушков говорить про продуктивність праці людини маючи на увазі, очевидно, і продуктивність праці педагога. А продуктивність праці педагога безпосередньо пов'язана з абстрактним мисленням, що забезпечує створення якісного навчального матеріалу у вигляді моделей його знань у різних предметних областях.

Академік В. М. Глушков стояв біля витоків створення інтелектуальних систем і технологій, до яких зараз належать експертні системи, системи підтримки прийняття рішень, системи що радять та інше. До складу таких систем обов'язково порядку входить база знань.

Згідно ДСТУ 2481-94 «Системи оброблення інформації. Інтелектуальні інформаційні технології» терміни та визначення інтелектуальних інформаційних технологій наводить такі визначення термінів «знання» і «база знань»:

– **знання** – сукупність фактів, закономірностей, відносин і евристичних правил, що відображає рівень обізнаності про проблеми деякої предметної області;

– **база знань** – упорядкована сукупність правил, фактів, механізмів виведення і програмних засобів, що описує деяку предметну область і призначена для представлення накопичених в ній знань.

У цьому ж стандарті подано трактування і терміна «модель предметної області»: «...формалізований опис об'єктів і понять предметної області і співвідношень між ними, яку можна ототожнити з терміном «навчальний матеріал дисципліни».

Спираючись на ці визначення, а також з огляду на результати роботи можна стверджувати:

– навчальний матеріал дисципліни можна подати у вигляді деякої моделі знань викладача, який він оформляє як навчальний посібник, підручник, методичні розробки тощо, як у паперовому, так і в електронному варіанті;

– викладений викладачем навчальний матеріал дисципліни є оригіналом деякої предметної області для студентів (аспірантів);

– процес доведення навчального матеріалу викладачем до студентів є навчальною комунікацією і може здійснюватися різними методами, наприклад читанням лекцій, діалогом на семінарах, самостійною роботою над навчальною літературою (моделями знань викладачів) тощо;

– засвоєння навчального матеріалу студентами (аспірантами); є процесом формування у них деякої абстрактної моделі знань про досліджувану предметну область (навчальної дисципліни), яку він може подати у вигляді конспекту лекцій, звітів про виконання практичних завдань, лабораторних робіт, рефератів тощо, як у паперовому, так і електронному вигляді;

– суб'єктивні якісні та кількісні оціночні судження студентів (аспірантів) про навчальний процес можуть бути складовою моделей їхніх професійних знань і слугувати основою для модернізації відповідних моделей предметних областей;

– моделлю професійних знань студента (аспіранта) будемо вважати сукупність взаємопов'язаних моделей знань, вивчених дисциплін і його оціночних суджень за весь період навчання.

Наведені твердження не суперечать основам дидактики. Разом з тим вони «ламають» уявлення про традиційні форми, методи, методики навчання і забезпечують перехід до реального цифрового навчання і освіти, тобто – діджиталізації в освіті.

Побудова цифрових моделей знань як викладачів, так і студентів (аспірантів) передбачає вживання як природної мови спілкування між викладачами та студентами (аспірантами), так і застосування спеціальних засобів і мов візуалізації, заснованих на використанні методів семіотики.

Наведемо визначення терміну «візуалізація». У роботі цей термін трактується так:

**Візуалізація** – загальна назва прийомів уявлення числової інформації або фізичного явища у вигляді, зручному для зорового спостереження та аналізу.



Зауважимо, що сучасне визначення терміну «візуалізація» безпосередньо пов'язане з дидактичним принципом «наочність», який Я. А. Коменський ввів для кращого розуміння учнями навчального матеріалу.

У сучасних умовах, як показують результати досліджень, 90 % студентів (аспірантів) є «візуалами», які більшу частину навчального матеріалу сприймають через зір. Наведемо ще кілька результатів досліджень, які свідчать про користь візуалізації. Наприклад, 50 % нейронів мозку беруть участь в обробці візуальної інформації. Наявність у моделях ілюстрацій (картинок) на 80 % підвищує бажання прочитати супроводжуючий їх текст. Людина запам'ятовує 10 % того, що чує, 20 % того, що прочитала, і 80 % того, що побачила.

Наведені результати досліджень показують, що під час створення моделей знань необхідно користуватися інфографікою, тобто графічними способами подачі інформації даних і знань.

У «Вікіпедія» термін «інфографіка» визначено так: «*інфографіка* – це графічний спосіб подачі інформації, даних і знань, метою якого є швидко і чітко доносити складну інформацію. Одна з форм графічного і комунікаційного дизайну».

Застосування студентами (аспірантами) під час побудови моделей знань дисциплін і в цілому моделі своїх професійних знань інфографіки дозволить їм у лаконічній формі передати основну сутність вивчених дисциплін. Крім того, дозволить визначити зв'язки між вивченими дисциплінами, також показати викладачеві на іспиті знання всього вивченого матеріалу у візуальному вигляді, а не вербально під час відповідей на окремі питання екзаменаційного білету або тесту.

*Вид знань до інтегральної компетенції.* Навчання – це складний процес набуття студентами (аспірантами) *умінь та навичок* систематизації своїх знань у межах одержуваного фаху. Виникає питання: навіщо потрібен комплексний практикум з метою систематизації знань студентів, якщо є освітні стандарти, зокрема, навчальні плани і програми на окремі дисципліни і практики? Може

здатися, що дійсно, організація навчального процесу у суворій відповідності до навчальних планів і програм та інших елементів освітніх стандартів веде до бажаного результату. Однак практика показує, що це не так. На рисунку 1.1 показана система факторів, які істотно впливають на систематизацію знань студентів і навчального процесу в університеті загалом:

- $F_1$  – фактор недосконалості навчальних планів, програм і освітніх стандартів загалом;
- $F_2$  – фактор широкого діапазону компетентності науково-педагогічних працівників від асистента до професора;
- $F_3$  – фактор психофізіологічних особливостей студентів (аспірантів);
- $F_4$  – фактор матеріально-технічного забезпечення методик і технологій викладання і навчання студентів (аспірантів);
- $F_N$  – зовнішні чинники, наприклад карантин, і перехід від традиційних методик викладання до дистанційних.

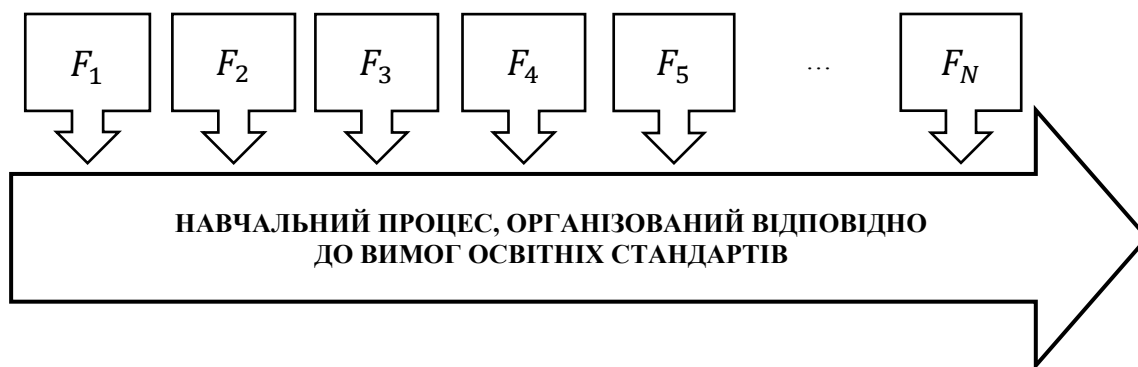


Рисунок 1.1 – Узагальнена схема впливу факторів на систематизацію знань студентів і навчального процесу в університеті загалом

Очевидно, на навчальний процес можуть впливати інші чинники, які не сприяють систематизації знань студентів (аспірантів), наприклад фактор методичних помилок диспетчеризації та планування поточних видів занять тощо. Крім того, зауважимо, що виділені фактори утворюють деяку систему чинників, тобто окремі чинники взаємопов'язані між собою і призводять до

значних негативних наслідків у процесі навчання. Тому, на наш погляд, необхідно розробити технологію навчання, яка б була нечутлива до цих чинників або хоча б мінімізувала їхній вплив на навчальний процес.

Освітні стандарти за фахом «Геодезія та землеустрій» припускають три види практик. Після першого і другого курсів студенти на літній практиці відпрацьовують вміння і набувають навичок роботи з геодезичними приладами, а також використання в різних умовах геодезичних методів побудови теодолітних і тахеометричних ходів. Крім того, набувають вміння і навички математичної обробки геодезичних вимірювань у процесі камеральних робіт.

Після третього курсу студенти проходять літню навчальну практику за фахом. Ця практика призначена для набуття студентами вмінь та навичок за фахом на відповідних підприємствах. Після закінчення четвертого курсу студенти проходять переддипломну практику на підприємствах (в офісах).

Перераховані вище геодезичні, виробничі практики, а також семестрові практичні заняття з усіх дисциплін повинні формувати у студентів так звані інтегральні компетенції. Виникає питання, з яких приватних умінь і навичок формуються інтегральні компетенції у студентів? Перед тим як відповісти на це питання, дамо визначення термінам «вміння», «навички» і «компетентність».

**Уміння** – це здатність людини продуктивніше, з належною якістю і у відповідний час виконувати роботу в нових умовах.

**Навички** – це автоматичне виконання дії для досягнення певної мети.

**Компетентність** – наявність знань, досвіду і навичок, потрібних для ефективної професійної діяльності в заданій предметній області.

Покажемо на рисунку 1.2 взаємозв'язок наведених понять від набуття школярем загальноосвітніх знань і елементарних умінь до формування у студентів інтегральної компетентності, яка дозволяє досягати професійні цілі.

На рисунку 1.2 зверху вниз позначено:

–  $D_i^{III}, i=\overline{1, k}$  – дисципліни, що вивчаються в школі, наприклад, фізика, географія, математика, хімія, біологія тощо, всього  $k$  дисциплін;

–  $D_i^{BH3}, j=\overline{1, h}$  – дисципліни, що вивчаються студентами у закладах вищої освіти, наприклад, історія України, філософія, вища математика, фізика, геодезія, принципи побудови геоінформаційних систем тощо, всього  $h$  дисциплін.

У школі молоді люди здобувають знання і формують деякі елементарні вміння, наприклад, вирішувати практичні завдання з математики (доводити теорему Піфагора), з фізики (обчислювати об’єм складних тіл на основі закону Архімеда), з хімії (знаходити валентність хімічних елементів) тощо. Рівень набутих у школі знань і умінь впливає на вибір учнем спеціальності, яку він хоче отримати навчаючись в тому чи іншому виші.

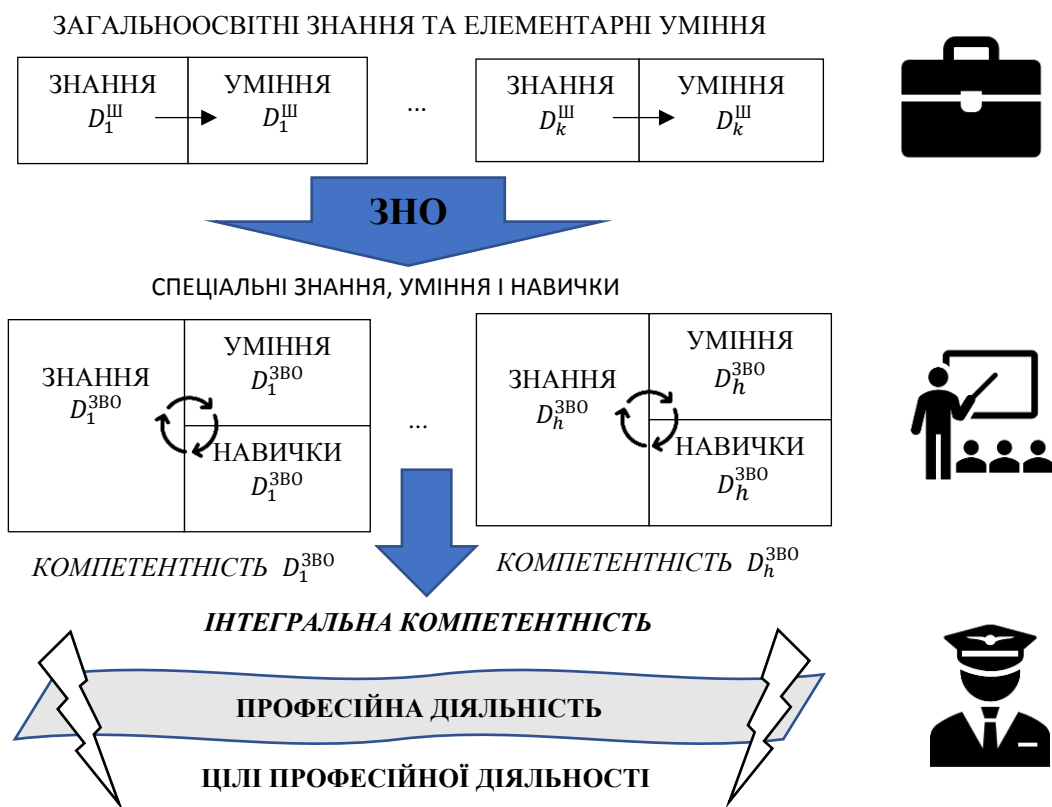


Рисунок 1.2 – Узагальнена схема перетворення знань, умінь і навичок в інтегральну компетентність і досягнення професійних цілей

Заклади вищої освіти надають абітурієнтам можливість вивчити низку навчальних дисциплін, які дозволяють сформувати у випускника відповідні спеціальні знання, вміння та навички, і на цій основі набути інтегральну компетентність. Вона дозволяє ефективно вирішувати поточні завдання у професійній діяльності та досягати поставлених цілей.

Зі сказаного випливає, що процес навчання спочатку в школі, а потім у виші – складний ієрархічний процес, який протікає від набуття студентами (аспірантами) елементарних знань і умінь, до більш складних знань, що створює відповідні компетентності, а до кінця навчання набувають і інтегральну компетентність за фахом.

*Класифікація моделей навчального призначення, як метод систематизації навчальних знань.* Існує велика кількість різних типів моделей. Вони використовують різні принципи побудови, мають різну матеріальну базу для своєї реалізації, відрізняються одна від одної способами реалізації і призначенням.

Розглянемо моделі знань навчального призначення, в основу яких покладені дидактичні принципи, закладені ще Я. А. Коменським у XVI столітті.

Виділимо три види навчальних моделей знань. До першого виду віднесемо моделі знань науково-педагогічних працівників (далі – НПП), які створюються у вигляді навчально-методичної літератури, ілюстративних презентацій, електронних посібників, тестових систем тощо. До другого виду моделей знань віднесемо моделі, які створюють студенти (аспіранти) в процесі вивчення навчальних дисциплін. До цих моделей віднесемо конспекти лекцій (моделі навчальних знань), звіти про виконання лабораторних робіт, вирішення практичних завдань, звіти про літні практики, доповіді до семінарських занять, презентації для науково-студентських конференцій тощо. До третього виду моделей знань віднесемо знання осіб, які забезпечують організацію навчального процесу, зокрема і НПП. Це, насамперед, модель організації навчального процесу у вигляді навчальних планів і програм, динамічна модель розкладу занять, інформаційні моделі сайтів кафедр, інстаграми і інші програмні

продукти, мережі, що забезпечують інформаційно-комунікаційні зв'язки між учасниками навчально-виховного процесу у ЗВО. В узагальненому вигляді на рисунку 1.3 показана схема з трьома класами моделей, які реалізують принцип наочності за допомогою візуалізації.

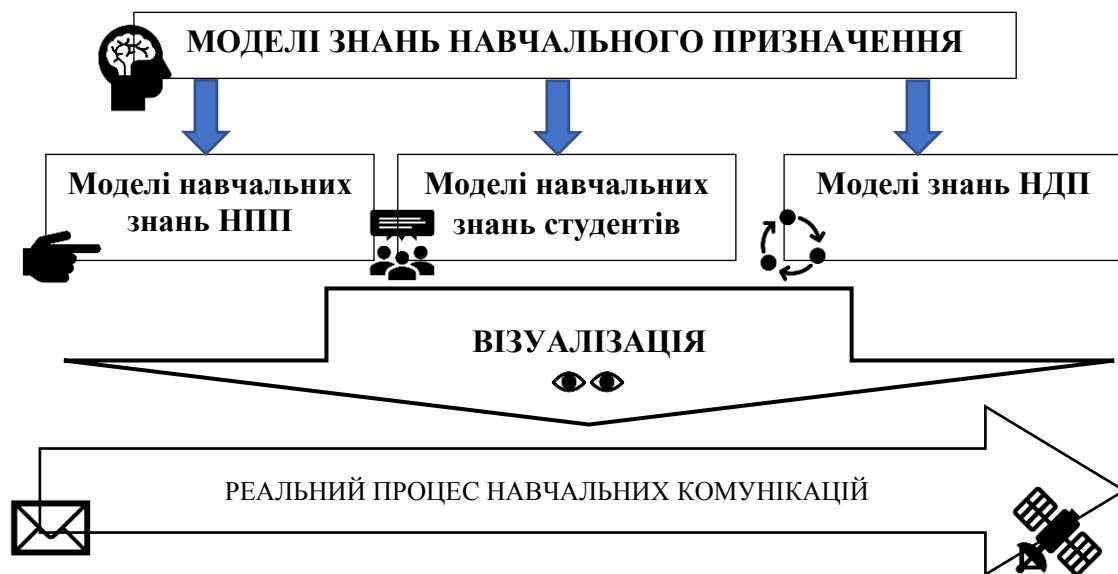


Рисунок 1.3 – Узагальнена схема реалізації принципу наочності на основі моделювання навчальних знань

Моделі знань навчально-допоміжного персоналу (далі – НДП) у цьому посібнику розглядатися не будуть, оскільки їхнє моделювання виходить за межі набуття студентами спеціальних і інтегральних компетенцій.

*Основні ознаки класифікації моделей навчальних знань науково-педагогічних працівників.* Зміст навчальних моделей знань НПП залежить від дисципліни, яку розробляє або викладає той чи інший викладач. Освітні стандарти передбачають три основні класи дисциплін – гуманітарні (Г), фундаментальні (Ф) і професійні (П). Тому будемо розрізняти моделі дисциплін, що представляють знання викладача або групи викладачів. Позначимо їх відповідно множинами  $D^Г$ ,  $D^Ф$ ,  $D^П$ , де  $\{d_i^Г\} \in D^Г$ ,  $\{d_j^Ф\} \in D^Ф$ ,  $\{d_k^П\} \in D^П$ ,  $i, j, k$  – кількість дисциплін у відповідних блоках навчального плану. Ознакою класифікації у цьому випадку є *ознака належності дисципліни до тієї чи іншої*

предметної області. За такої класифікації використовується найпростіша шкала найменувань або номінальна шкала.

Крім того, моделі дисциплін, що розробляються НПП мають різний обсяг, який вимірюється в кредитах. На рисунку 1.4 показано, що предметна область, у якій розробляються навчальні дисципліни, значно більша, ніж навчальний матеріал кожної з них.

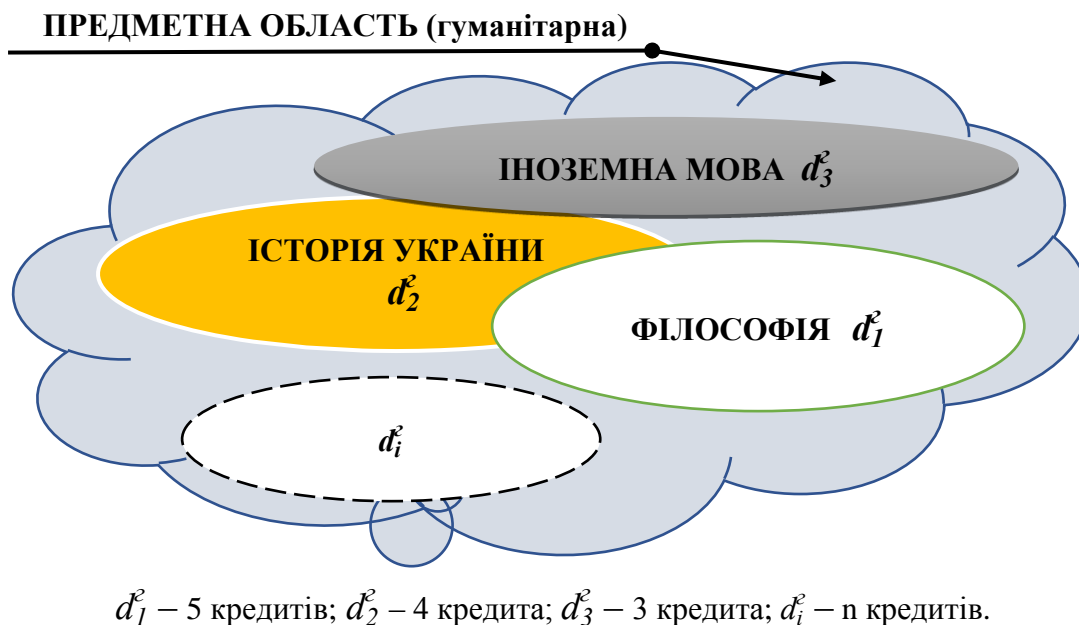


Рисунок 1.4 – Ілюстрація співвідношення навчального матеріалу дисциплін і предметної області

Цей факт дає можливість студентам самостійно розширювати і поглиблювати свої знання з тієї чи іншої навчальної дисципліни.

Відзначимо важливість у сучасних умовах функціонування вишів з ознакою *діджиталізації*, тобто цифрової трансформації освіти, зокрема навчання. Наразі, напевно, важко знайти викладача, який у своїй професійній діяльності не користувався інформаційними технологіями. Однак все ще існують паперові, традиційні технології формування моделей знань НПП, незважаючи на вимоги створення цифрових моделей дисциплін на основі *Moodle* – системи управління навчанням. Крім того, окремі викладачі створюють свої персональні електронні підручники, сайти тощо. Тому форма подання навчального матеріалу

в сучасних умовах діджиталізації є важливою ознакою, за якою можна класифікувати моделі знань НПП.

Виділимо ще одну важливу ознаку, за якою можна класифікувати моделі знань НПП. Кожен викладач, який розробляє нову дисципліну, завжди шукає витoki знань у конкретній галузі, тобто історичні факти, на які можна спиратися, викладаючи навчальний матеріал. На жаль, не в усіх навчальних дисциплінах використовується історичний метод, який дає зрозуміти студентам діалектику досліджуваного матеріалу і систематизувати його в межах дисципліни, що вивчається. Тому введемо для класифікації дисциплін, розроблених НПП, *ознаку наявності в моделі знань фабули дисципліни*. Про що йде мова? Багато викладачів, розробляючи навчальний посібник або підручник, у першому розділі коротко викладають тенденції розвитку досліджуваної предметної області (навчальної дисципліни). Вказують послідовність подій, вчених, зокрема і сучасних, які зробили внесок у розвиток науки, факти, які вплинули на подальший розвиток дисципліни і користь її вивчення для певного фаху.

Фабула навчальної дисципліни в електронній моделі, розміщеної, наприклад, на сайті кафедри може бути представлена у вигляді мультимедіа-фільмів про ту чи іншу особистість, яка вплинула на дослідження предметної області. Крім того, фабула може містити альтернативні погляди і рішення того чи іншого питання дисципліни, що вивчається. Подібні моделі з їхніми фабулами представлені на цифровій платформі знань педагогів на сайті кафедри.

Відзначимо ознаку повноти моделі знань НПП. Практика навчання студентів за спеціальністю «Геодезія та землеустрій» показала, що не завжди навчально-методичне забезпечення є повним. Наприклад, розроблена НПП дисципліна має відповідну робочу програму, конспект лекцій, методичні рекомендації до виконання практичних завдань та інші документи, відповідні комплекту навчально-методичного забезпечення. Разом із цим умови діджиталізації припускають наявність у викладача електронної версії моделі його знань по дисципліні, що викладається бажано трьома мовами (державною, російською та англійською). Повнота моделі знань НПП з дисципліни



забезпечується наявністю як паперової, так і електронної версії, щоб бути доступною студенту в будь-який час. Тому ознака повноти моделі знань НПП істотно впливає на якість навчання і освіти загалом.

Результати експериментальних досліджень, проведених на кафедрі земельного адміністрування та геоінформаційних систем ХНУМГ ім. О. М. Бекетова, показали, що як ознаку класифікації моделей знань НПП можна використовувати ознаку, обумовлену застосуванням ігрових методів під час дистанційного навчання.

Отже, класифікація моделей знань НПП сприяє систематизації навчального матеріалу дисциплін, підвищенню якості та ефективності навчальних комунікацій в межах дисциплін, а також вивченню позитивних і негативних явищ, пов'язаних із дистанційним навчанням. Крім того, класифікація моделей знань НПП може використовуватися для визначення їхнього рейтингу.

*Основні ознаки класифікації моделей навчальних знань студентів.*  
Письмова фіксація навчального матеріалу на лекціях ще залишається основною ознакою, якою можна скористатися для класифікації моделей знань студентів у вигляді конспектів лекцій з тих чи інших дисциплін. Практика показує, що конспекти лекцій, які створюються студентами, мають різну деталізацію навчального матеріалу і його оформлення. Дослідження, проведені в роботі, показують, що успішність студентів у навчанні залежить від характеру і динаміки вивчення навчального матеріалу.

Одні студенти записують тільки основні визначення та фіксують у загальних рисах ілюстративний матеріал, пропонований викладачем, інші ретельно записують основні положення лекцій, залишаючи в конспекті лекцій місця, у яких у вільний від навчання час можна було б доповнити сказане викладачем. Крім того, окремі старанні студенти оформлюють свої конспекти лекцій в кольоровому зображенні з ретельно записаними формульними співвідношеннями.

На сучасному етапі розвитку інформаційно-комунікаційних технологій, і в разі якщо викладач підготував хорошу модель своїх знань у вигляді ілюстрованого навчального посібника або підручника, та ще його розмістив на сторінках сайту кафедри або в *Moodle*, у студентів виникає питання, навіщо створювати конспект лекцій, якщо необхідна навчальна інформація доступна в повному обсязі в будь-який час. Звичайно, якщо студенти мають сучасні смартфони та Інтернет працює без збоїв.

Педагогічна практика і дослідження, проведені в роботі, показують, що можна виділити три групи студентів, які фіксують навчальний матеріал. До першої групи віднесемо успішних студентів, які регулярно вивчають теоретичний матеріал і відпрацьовують його на практиці і лабораторних заняттях. До другої групи віднесемо студентів, які не регулярно, від випадку до випадку, повторюють вивчений матеріал за неповним конспектом лекцій. І до третьої групи віднесемо студентів, які звертаються до навчального матеріалу дисципліни тільки перед сесією і здачею іспиту. У таких студентів конспект лекцій зазвичай написаний фрагментарно і безсистемно. Такі конспекти лекцій важко назвати моделями навчальних знань, оскільки вони слабо структуровані і містять тільки фрагменти навчального матеріалу. Крім того, усе частіше окремі студенти використовують для фіксації навчального матеріалу, зокрема ілюстративного, технічні засоби, наприклад, фотоапарати смартфонів.

З казаного випливає, що студенти формують на заняттях моделі своїх знань, які можна класифікувати за такими ознаками: по-перше, повноти змісту навчального матеріалу в конспекті лекцій; по-друге, не регулярна фіксація навчального матеріалу з різних причин, що призводить до формування у студентів слабо структурованих знань; по-третє, ознака використання технічних засобів при створенні моделей знань, наприклад, Інтернет, фотоапаратів, мобільних засобів зв'язку тощо. Графічно ознаки класифікації моделей знань студентів наведені на рисунку 1.5.

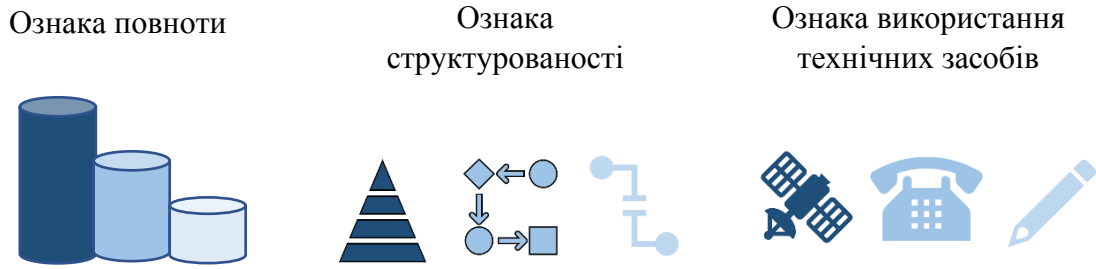


Рисунок 1.5 – Ознаки класифікації моделей знань студентів

Класифікація моделей знань студентів дозволяє дійти до важливого висновку, що в умовах діджиталізації освіти необхідно переходити від традиційних методик викладання до інноваційних, заснованих на методах технологій моделювання та візуалізації навчальних знань.

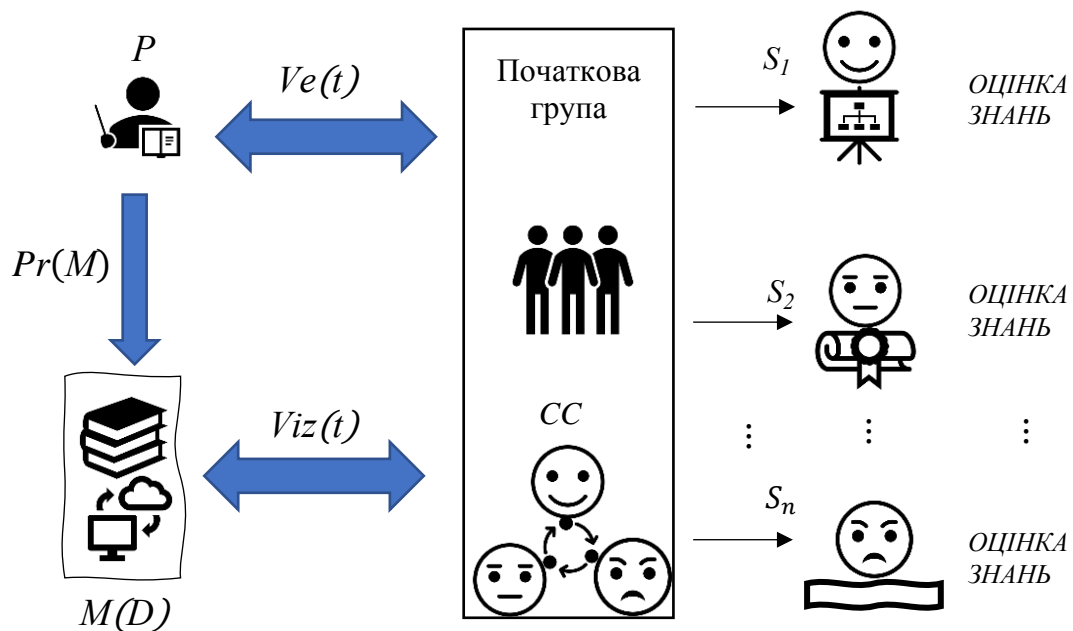


Рисунок 1.6 – Узагальнена схема моделювання та візуалізації навчальних знань

Узагальнена схема запропонованої технології наведена на рисунку 1.6, на якому позначено:

- $P$  – викладач, який створює модель своїх знань з дисципліни  $D$ ;

- $Ver(t)$  – вербальна (письмова і усна) навчальна комунікація при формуванні моделі знань у студентів під час вивчення дисципліни  $D$ ;
- $Pr(M)$  – процес формування моделі знань НПП;
- $M(D)$  – модель знань НПП із дисципліни  $D$ ;
- $Viz(t)$  – візуальна навчальна комунікація студентів із моделлю знань викладача з дисципліни  $D$ ;
- $CC$  – соціальні мережі;
- $S_i, i = (1, n)$  – студенти навчальної групи у складі  $n$  чоловік.

Експериментальні дослідження із створення студентами моделей своїх знань показали, що вони докорінно відрізняються від паперових версій і дозволяють розширити класифікацію моделей з використанням різних засобів візуалізації. Більшість студентів як інструментальні засоби створення моделей своїх знань із різних дисциплін використовували *PowerPoint*.

На рисунку 1.7 показаний титульний слайд візуальної моделі знань студентки 2-го курсу Шутки Марії, яка вивчила дисципліну «Математична обробка геодезичних вимірювань». На ньому показано, що вона може з усього навчального матеріалу виділити головне. Цю здатність студентів неможливо оцінити в разі реалізації традиційних процедур оцінювання знань на іспитах або виконання будь-яких тестів.

Наведемо ще один приклад моделювання студентом своїх знань, наприклад, з дисципліни «Основи теорії систем». Студент О. Крамаренко знайшов оригінальне рішення представити свої знання у вигляді динамічної моделі з використанням мультимедіа та конструктора «Лего» (рис. 1.8). Його модель інтерпретує послідовне набуття знань у вигляді окремих процедур процесу будівництва житлового будинку.



Рисунок 1.7 – Титульний слайд моделі знань студентки 2-го курсу із дисципліни «Математична обробка геодезичних вимірювань»



Рисунок 1.8 – Фрагмент моделі знань студента О. Крамаренко

Його коментарі до кожної процедури будівництва показують, що студент не тільки глибоко знає матеріал дисципліни «Основи теорії систем», а й набув деякі компетентності за спеціальністю «Геодезія та землеустрій». Подібні моделі знань можна віднести до класу динамічних моделей, найбільш складних і трудомістких з погляду їхнього створення. Оцінюючи подібні моделі знань можна з упевненістю стверджувати, що їхні автори вміють узагальнювати

навчальний матеріал, правильно інтерпретувати його зміст, а також бачити перспективу свого навчання. Традиційні методи оцінювання знань та умінь студентів на іспитах і під час тестування не дозволяють виявити ці здібності студентів.

Зазначене дає підставу виділити ще кілька класів електронних моделей за такими ознаками. По-перше, використання мультимедіа під час створення моделі навчальних знань студентів, у яких комплексно і динамічно використовується візуалізація і вербальне подання інформації. По-друге, наявністю фабули в моделі навчальних знань студентів. По-третє, використання під час створення моделі навчальних знань ігрового підходу. По-четверте, наявністю у створеній моделі додаткової інформації, що розширює її обсяг, а отже, і обсяг власних знань студентів. Така класифікація моделей навчальних знань студентів дозволяє зробити важливий висновок про те, що моделювання на основі візуальних технологій дозволяє структурувати їхні знання та підвищити валідність оцінних процедур і об'єктивність оцінювання загалом.

Будемо відрізняти моделі навчальних знань студентів від моделей їхніх професійних знань. Моделі навчальних знань студентів формуються студентами з кожної дисципліни, а професійна модель знань становить сукупність взаємопов'язаних моделей навчальних знань з окремих дисциплін. Як приклад представлена модель професійних знань представлена у вигляді «Атласу професійних знань» студентки.

Трохи змінимо рисунок 1.6 та покажемо на рисунку 1.10 різницю технології моделювання та візуалізації під час створення студентами своїх моделей навчальних знань і комплексної, інтегральної моделі професійних знань.

На рисунку 1.10 позначено:

$\mathbb{P}$  – множина викладачів ЗВО, що навчають студентів за спеціальністю «Геодезія та землеустрій»;

$\mathbb{P}g(M)$  – множина процесів формування викладачами моделей своїх професійних знань;

$M(D)$  – множина моделей знань НПП;

МПЗ – множина моделей професійних знань студентів;

ДР – дипломна робота випускника вишу.

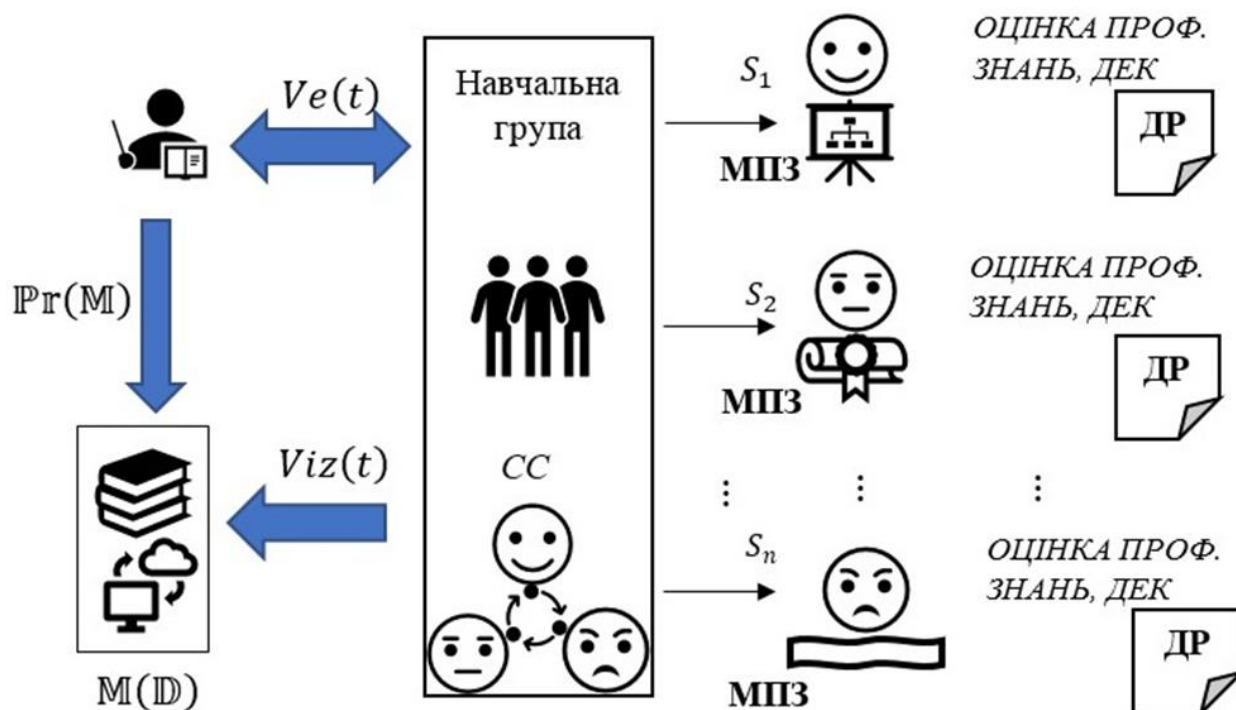


Рисунок 1.10 – Узагальнена схема моделювання та візуалізації навчальних знань і їхня оцінка

Зауважимо, що моделі професійних знань випускників повинні містити елементи умінь, навичок і окремих компетенцій (рис. 1.2), а набуті інтегральні компетентності випускники повинні показати, захищаючи дипломні роботи.

## ТЕМА 2 УНІВЕРСАЛЬНІ МЕТОДИ І ПРИКЛАДИ ПІЗНАННЯ В НАВЧАЛЬНІЙ І НАУКОВІЙ ДІЯЛЬНОСТІ

Моделювання відноситься до універсальних методів пізнання і є найбільш продуктивним і популярним в процесі наукових досліджень. Проте мало хто говорить про моделювання з навчальною метою, хоча і більшість наочного матеріалу є саме моделями об'єктів, процесів і явищ. Покажемо на прикладах, де і як в процесі навчання використовуються універсальні методи пізнання і не тільки моделювання. У роботі виділяють такі універсальні методи пізнання: аналіз і синтез, абстрагування, узагальнення, індукція і дедукція та моделювання.

*Аналіз і синтез* – дві універсальні, протилежно спрямовані операції пізнавального мислення:

– *аналіз* – це прийом мислення, який має на увазі роз'єднання цілісного предмета на складові (сторони, ознаки, властивості або відносини) з метою їхнього всебічного вивчення;

– *синтез* – це прийом мислення, який має на увазі з'єднання раніше виділених частин (сторін, ознак, властивостей або відносин) предмета в єдине ціле.

Протилежно спрямовані методи аналізу і синтезу показані на рисунку 1.11.

*Приклади аналізу і синтезу в навчальній діяльності НПП і студентів.*

Аналіз і синтез в педагогічній діяльності науково-педагогічних працівників є найбільш часто вживаними методами.

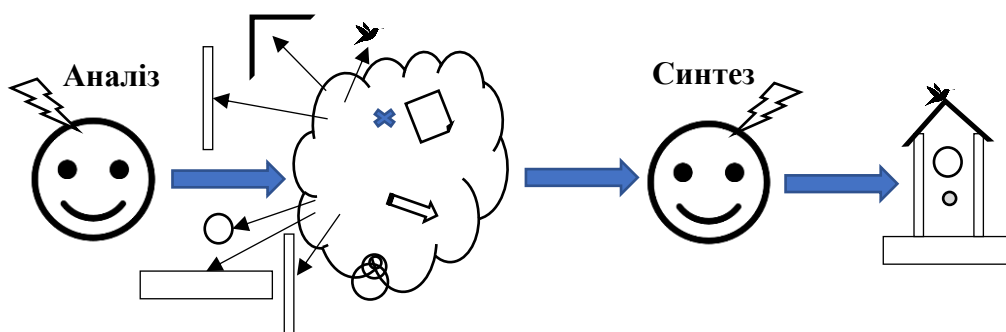


Рисунок 1.11 – Ілюстрація протилежно спрямованих методів аналізу і синтезу



Наприклад, під час формування змісту і логіки викладу навчального матеріалу викладачі часто аналізують існуючі об'єкти, предмети і процеси, виділяючи їх недоліки та переваги, і на цій основі синтезують зміст навчального матеріалу. Крім того, аналіз і синтез у педагогічній діяльності НПП проявляється не тільки під час підготовки навчального матеріалу і безпосередньо на заняттях, але і в процесі оцінювання діяльності окремих студентів, їхніх знань, умінь і компетенцій, а також формування (синтезування) думок про якісні характеристики навчальних груп тощо.

На жаль, прийомами аналізу і синтезу студенти володіють слабо і використовують їх на інтуїтивному рівні. Це судження випливає з педагогічного досвіду та оціночної діяльності якості бакалаврських та магістерських робіт або проєктів. Багато студентів на практичних заняттях із множини факторів, властивостей, ознак тощо не можуть виділити головні і сформулювати (синтезувати) чіткі і зрозумілі висновки, а тільки лише констатують окремі факти.

*Абстрагування* – це прийом мислення, який полягає у відверненні від ряду властивостей і відносин досліджуваного явища з одночасним виділенням цікавих для людини властивостей і відносин. Результатом абстрагувальної діяльності мислення є утворення різного роду абстракцій, якими є як окремо взяті поняття і категорії, так і системи. Процес абстрагування має двоступеневий характер, припускаючи, з одного боку, встановлення відносної самостійності окремих властивостей, а з іншого – виокремлення властивостей і відносин, які цікавлять людину.

*Приклади абстрагування в навчальній діяльності НПП і студентів.* Варто відразу зазначити, що знання є абстрактним поняттям. Воно проявляється тільки через вміння і навички, і загалом компетенції і інтегральну компетентність людини. Знання не мають одиниці вимірювань, оцінити їх можна тільки за обраною бальною шкалою експертними методами.

Прикладом абстрагування під час формування навчального матеріалу, наприклад з геодезії, може бути подання Землі у вигляді кулі або еліпсоїда обертання, а не геоїда – тіла найбільш наближеного до фізичної поверхні Землі.

Дуже часто викладачі математики вдаються до використання методу абстрагування, коли викладаються деякі теореми, докази та інші математичні конструкції без відповідної інтерпретації і прикладів.

Методом абстрагування часто користуються викладачі, створюючи нову дисципліну. Викладачеві потрібно абстрагуватися від зайвого матеріалу деякої предметної області і виділити, на його думку, ядро (головне) і сформувати зміст навчального матеріалу дисципліни. Одна предметна область може містити кілька ядер. Іншими словами, в одній предметній області можуть бути сформовані дві і більше навчальних дисциплін. Наприклад, у теоретико-методологічних основах побудови геоінформаційних систем (предметна і наукова основа) можна виділити як мінімум два ядра (дві навчальних дисципліни), які називаються «Принципи побудови ГІС» ( $D_1$ ) і «Основи побудови баз геоданих» ( $D_2$ ). Проілюструємо цей приклад рисунком 1.12.

Покажемо на прикладі реалізацію методу абстрагування студентами в процесі навчання.

Педагогічний досвід показує, що студенти, слухаючи традиційну лекцію викладача, складають конспект лекцій (КЛ) з різним ступенем деталізації.

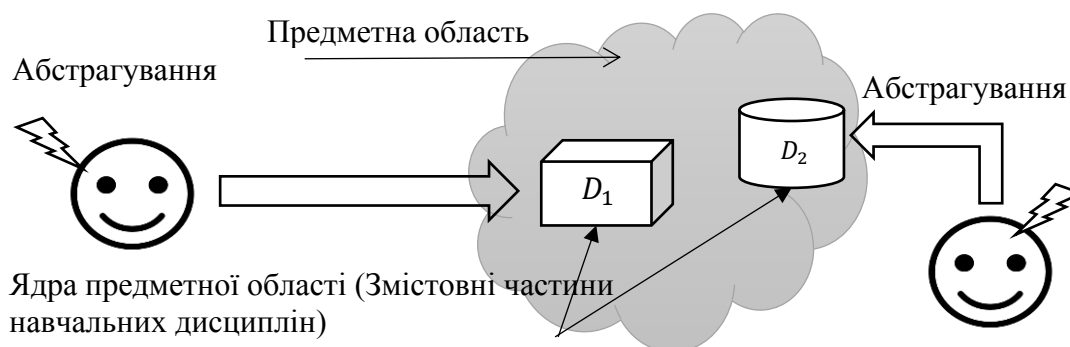


Рисунок 1.12 – Ілюстрація застосування методу абстрагування викладачами в процесі розроблення навчальних дисциплін

Це залежить від багатьох як об'єктивних, так і суб'єктивних факторів, наприклад, індивідуальних якостей студента, його знань викладеного матеріалу тощо. У зв'язку з цим розрізняють повні конспекти лекцій і конспекти «шпаргалки», де фіксуються окремі визначення та рисунки. У такому випадку можна говорити про ступінь подібності моделей знань НПП і студентів і різного ступеня абстрагування того чи іншого студента від повного навчального матеріалу, що викладається на лекції. Використання методу абстрагування студентів на лекції ілюструється рисунком 1.13.

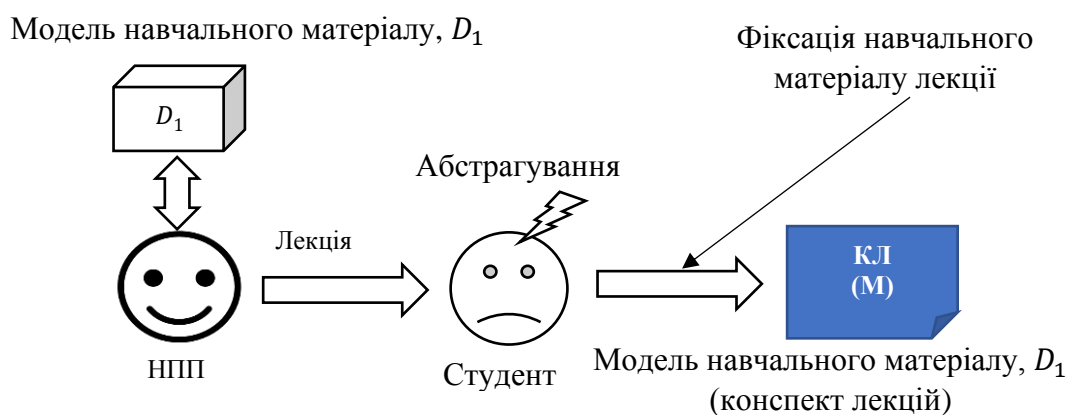


Рисунок 1.13 – Ілюстрація використання студентом методу абстрагування на лекції

*Узагальнення* – це прийом мислення, у результаті якого встановлюються загальні властивості і ознаки об'єктів. Він здійснюється як перехід від приватного або менш загального поняття і судження до більш загального поняття або судження. Узагальнення здійснюється в тісному зв'язку з абстрагуванням.

*Приклади узагальнення в навчальній діяльності НПП і студентів.* У професійній діяльності НПП будемо розрізняти наукове та навчальне узагальнення. Наукове узагальнення проявляється під час написання й оформлення НПП наукових статей, монографій та іншої наукової літератури, де необхідно узагальнювати основні наукові результати в анотаціях і висновках, у яких вказується поява нових наукових понять, законів, закономірностей, теорій тощо. На рисунку 1.14 подано два види узагальнення.

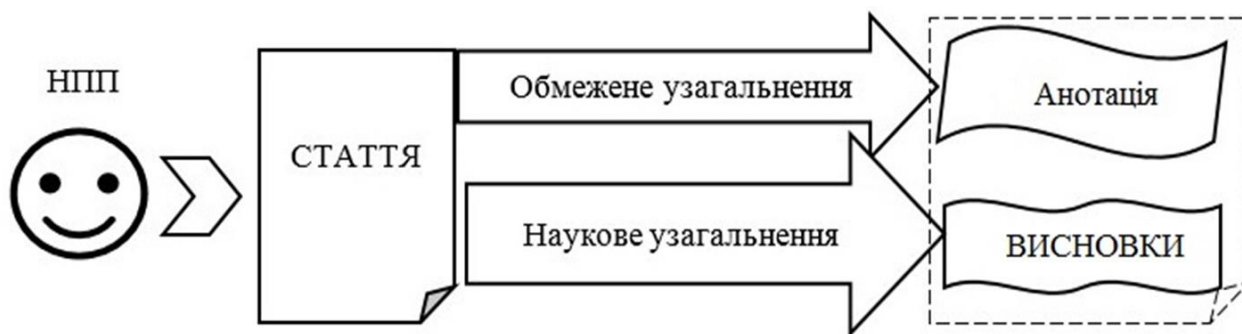


Рисунок 1.14 – Ілюстрація узагальнень під час написання і оформлення наукової статті

Наукове узагальнення оформлюється у вигляді наукових висновків, де вказується новизна, специфіка, особливості, закони і закономірності тощо, отриманих у результаті дослідницької роботи.

Обмежене узагальнення оформлюється у вигляді анотації до статті, де автор статті повинен абстрагуватися від другорядних отриманих у роботі результатів, і виділити найбільш головні. Обмеження в узагальненні задається вимогами редакції журналу, у який подається стаття.

Узагальнення навчального матеріалу є одним з основних вимог дидактики, зокрема, викладач зобов'язаний підводити підсумок лекцій та інших видів занять, тобто узагальнювати вивчений зі студентами навчальний матеріал, а також узагальнювати результати практичних занять і оцінювати кожного студента. В узагальнення результатів навчання можуть входити й оціночні процедури з виставленням кількісних і якісних оцінок студентам. Оцінка студентів і є кількісне узагальнення знань студентів.

На жаль, педагогічна практика показує, що багато студентів не можуть використовувати в процесі навчання процедури узагальнення. Крім того, проведені експериментальні дослідження з розробки та апробації технології навчання «Партнерство» показали, що тільки 8 студентів з 18 (склад навчальної групи) могли самостійно використовувати методи пізнання, зокрема і узагальнення, якими користувався викладач при формуванні свого конспекту

лекцій. Звідси можна зробити висновок, що викладачам необхідно звернути увагу на вміння студентів робити висновки з вивченого навчального матеріалу.

До універсальних методів пізнання належать також умовиводи – дедукція і індукція. Разом із тим логічні операції дедукції і індукції здебільшого використовуються вченими в дослідницькій роботі, зокрема зі студентами, готуючи їх до виступу на студентських конференціях, керуючи студентськими конкурсними роботами тощо. Тому розглянемо їхнє застосування в педагогічній діяльності.

*Умовивід* – це логічна операція, у результаті якої з вихідних тверджень (посилень) формується нове твердження-висновок (висновок, наслідок). Окремими випадками умовиводу є дедукція та індукція.

*Дедукція* – це умовивід, за якого здійснюється перехід від вихідних достовірних тверджень до нового достовірного твердження. Типова дедукція – умовивід від загального знання до часткового.

*Індукція* – це логічний перехід від достовірних тверджень до ймовірних. Типова індукція – це умовивід від приватного знання до загального, коли на підставі знання про частину об'єктів класу робиться висновок про всі об'єкти класу, про клас загалом. Індукція – це спосіб побудови гіпотез.

*Приклади використання дедукції та індукції в навчальній діяльності НПП і студентів.* Реалізація логічних операцій дедукції і індукції зазвичай характерні в питально-відповідних комунікаціях викладача і студента на іспитах в процесі оцінювання знань студента.

Наприклад, на питання викладача: «Які геодезичні вимірювання є рівноточними?» студент повинен відповісти: «Геодезичні вимірювання називаються рівноточними, якщо дотримуються умови А, Б, В...». Перефразовуючи екзаменаційний питання викладача і відповідь студента у вигляді логічного посилення і укладання, уявімо дедуктивний умовивід студента у вигляді схеми, зображеної на рисунку 1.15. До того ж цей висновок є істинним. За логікою обчислення висловлювань висновки можуть бути тільки істинними і помилковими. Якщо студент з п'яти умов не назвав хоча б одну, то воно

вважається помилковим, і навпаки істинним, якщо всі умови названі правильно. Отже, таку логічну конструкцію можна вважати моделлю комунікації між викладачем і студентом на іспитах, тому що проміжні варіанти відповідей тут не враховуються.

Прикладом індуктивного умовиводу можна вважати міркування студента, який всі іспити за перший курс здав на відмінно і передбачає, що якщо і далі буде так вчитися, то може претендувати на диплом з відзнакою.

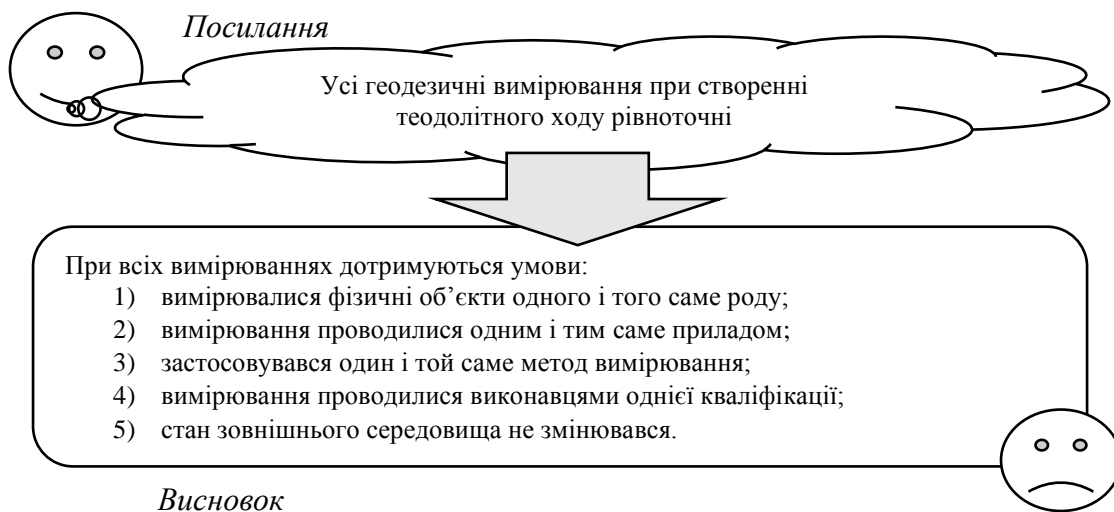


Рисунок 1.15 – Приклад дедуктивного умовиводу

Тут посиланням є кількісні та якісні оцінки, отримані студентом за весь перший курс, а висновком припущення про те, що можна отримати диплом з відзнакою, якщо успішність на наступних курсах буде такою саме. Індуктивні умовиводи так само, як і дедуктивні можна представити у вигляді логічної моделі знань, записаної на мові числення висловів.

Зазвичай у навчанні видом індуктивних умовних висновків, як аналогія.

*Аналогія* – це індуктивний (тобто ймовірнісний) умовивід, у результаті якого досягається знання про досліджуваний предмет на підставі його схожості з іншими предметами. Аналогія передбачає перенесення ознаки, властивої одному предмету, на інший предмет, подібний до першого. Підкреслимо – аналогія призводить до ймовірних, а не достовірних висновків.

### *Приклади використання аналогії в навчальній діяльності НПП і студентів.*

Аналогію як індуктивний умовивід НПП використовують у навчальному процесі як на етапі підготовки до занять, так і безпосередньо в процесі навчальних комунікацій. Практика написання та оформлення навчальних посібників показує, що він створюється за аналогією з уже відомою навчальною літературою, що відповідає її змісту. Крім того, у навчальних посібниках наводяться приклади розв'язання задач, які можуть бути використані студентами для вирішення аналогічних (типових) завдань.

Під час викладення змісту окремих питань таких дисциплін, як філософія, історія, математика, фізика, хімія тощо в повній мірі використовується метод аналогій.

Поширеним досвідом використання методу аналогій для студентів є рішення типових практичних завдань і виконання курсових робіт на основі вже вирішених і виконаних завдань і курсових робіт студентами старших курсів. На жаль, окремі студенти під час виконання таких практик використовують метод псевдоаналогій, тобто замінюючи умовивід (це треба ж думати) діями, які називають плагіатом, що не спричиняє до формування у студентів відповідних компетенцій.

На початку цього підрозділу було відзначено, що моделювання є універсальним методом пізнання об'єктів, процесів і явищ. У педагогічній практиці моделювання навчального матеріалу і навчальних комунікацій можна розглядати як метод, який може складатися з комбінації умовиводів, розглянутих вище.

*Моделювання знань у дидактиці.* Відмінною особливістю моделювання в педагогічній практиці від практики наукових досліджень, є те, що в цих практиках різні цілі. У наукових дослідженнях метою моделювання є отримання нових знань, а моделювання навчальних процесів, пов'язаних із навчанням, має за мету, зокрема, систематизацію знань студентів у межах обраного фаху і підвищення ефективності навчання загалом. Крім того, існує певний дуалізм розглянутого процесу, оскільки як навчальний процес і його елементи можуть

розглядатися як об'єкт і предмети дослідження і бути спрямованими на отримання нових знань.

*Моделювання знань у дидактиці* – це метод, що реалізує дуальний процес навчання. З одного боку, викладачі навчаються самі, створюючи якісну модель знань (МЗ) деякої предметної області (фізика, хімія, математика, спеціальних дисциплін тощо), і інформують про це студентів сучасними методами комунікацій, зокрема, використовуючи методи візуалізації. Іншою стороною цього процесу є візуалізація (подання) знань студентами у вигляді моделей, адекватних досліджуваній предметній області, для їхньої структуризації, систематизації.

Такий дуальний процес, назвемо його дидактичним моделюванням, ілюструється рисунком 1.16. Під дидактичним моделюванням будемо розуміти процес навчання, побудований на основі модельних уявлень деякої предметної області, що забезпечує студентам можливість візуалізувати свої знання для їхнього оцінювання, а також набуття інтегральної компетентності за фахом.

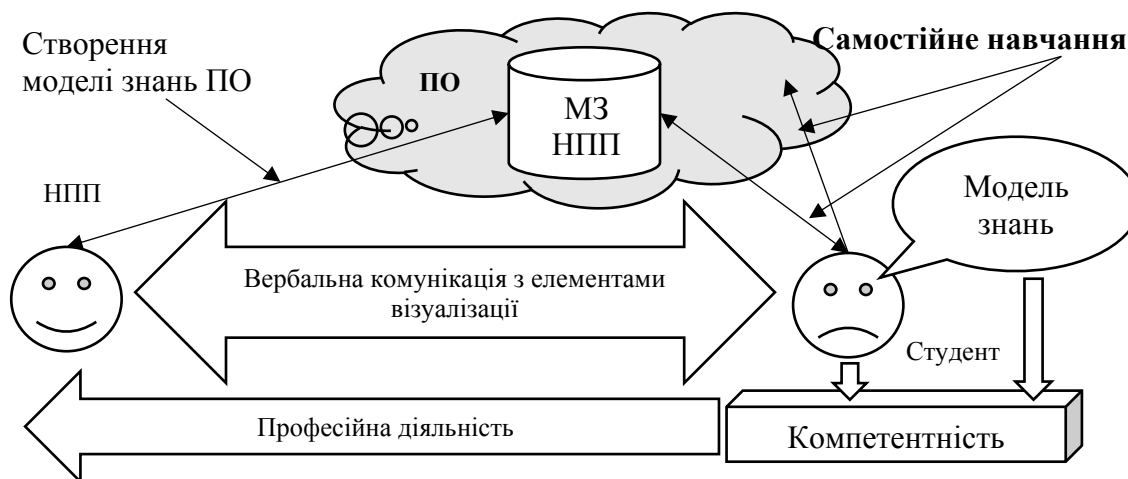


Рисунок 1.16 – Ілюстрація процесу навчання на основі методу дидактичного моделювання

Підкреслимо особливість цього процесу. На рисунку 1.16 показано, що студент створює модель своїх знань на основі як вербальної комунікації з викладачем на лекціях, так і під час самостійного навчання на основі навчально-



методичної літератури. Крім того, апробація технології навчання «Партнерство» показала, що студенти під час створення моделі своїх знань із дисципліни здатні використовувати додаткову інформацію, що не увійшла до складу моделі знань викладача. Зі сказаного випливає, що в основі дидактичного моделювання лежить мова як засіб навчальної комунікації. У зв'язку з цим методи дидактичного моделювання подаємо у вигляді схеми, зображеної на рисунку 1.17.

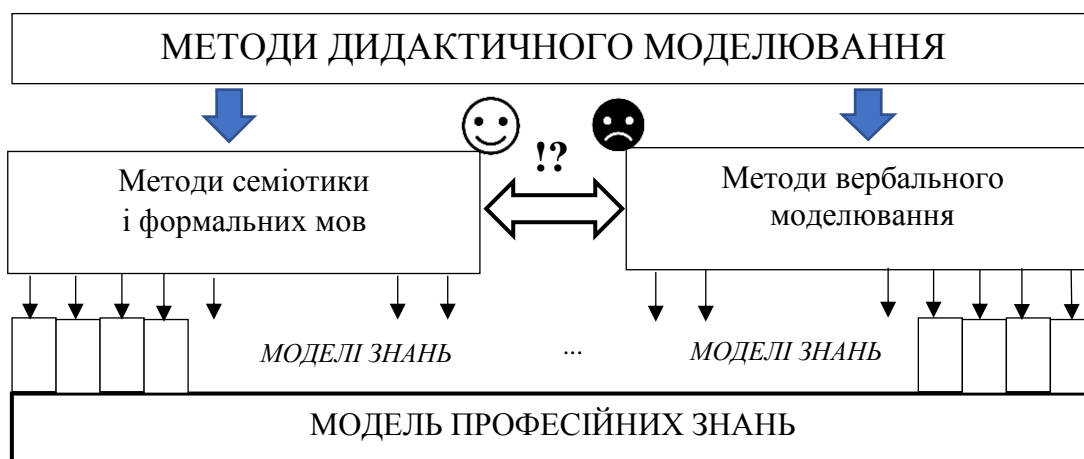


Рисунок 1.17 – Узагальнена схема методів дидактичного моделювання

Тут показано, що під час створення дидактичних моделей існує зв'язок між методами вербального моделювання, тобто методами викладу навчального матеріалу природною мовою і деякими формальними мовами (логічними, математичними, геометричними, заснованими на подібності тощо). На жаль, не всі учасники навчального процесу можуть уявити вербальну модель візуально, на основі методів семіотики або формальних мов.

Існує важлива функція мови, як експресивна (емотивна) та естетична (поетична). Ці функції використовуються досвідченими викладачами під час створення вербальної моделі лекції або створення поетичного образу деякої ситуації.

Наприклад, метод спостережень є одним із найважливіших методів дослідження, і висловлює цю думку віршами Дж. Байрона. Формуючи вербальну

модель знань можна використати фрагмент оди М. В. Ломоносова, в якій підкреслюється роль науки в розвитку держави.

На рисунку 1.17 показаний зв'язок між вербальними методами моделювання і методами семіотики і формальних мов. Цей зв'язок позначений знаком оклику і знаком питання, які вказують на те, що не кожен НПП здатний вербальну модель навчального матеріалу візуалізувати і представити у вигляді знакової, лаконічної моделі.

Звернемо увагу на вербальні моделі, створені всесвітньо відомими письменниками. Наприклад, у творі Л. М. Толстого «Війна і мир» автор описує дуб з використанням алегорій і тропів: «С огромными своими неуклюже, несимметрично растопыренными корявыми руками и пальцами, он старым, сердитым, презрительным уродом стоял между улыбающимися березами. Только он один не хотел подчиняться обаянию весны и не хотел видеть ни весны, ни солнца». Тут дерево наділяється людськими рисами і слугує алегорією людського життя, а саме князя Андрія Болконського. Це і є вербальна модель конкретної ситуації.

Прикладами вербальних моделей можуть бути образи жінок, описані Шевченко у вірші «Якби ви знали, паничі...»:

*Там матір добрую мою  
Ще молоддю у могилу  
Нужда та праця положила...  
А сестри... Сестри, горе вам,  
Мої голубки молодії.  
Для кого в світі живе?  
По найму вирости, чужі,  
У наймі коси побіліють,  
У наймі, сестри, і помрете.*

Створення вербальних моделей або їхнє фрагментарне використання у педагогічній діяльності, на наш погляд, створює основу цілісного і системного уявлення навчального матеріалу. Випадок з Т. Г. Шевченком унікальний,

оскільки він вербальною моделлю свого твору або сюжету склав у відповідність рисунок, тобто його візуалізував. На рисунку 1.18 показана ця візуалізація.

На наш погляд, створюючи моделі дисциплін будь-якої складності і ступеня вербалізації необхідно знаходити можливість створити образ навчального матеріалу, що відображає його сутність. Це твердження базується на найважливіших принципах «Великої дидактики» Я. А. Коменського – наочності і природовідповідності.



Рисунок 1.18 – Візуалізація фрагментів творів Т. Г. Шевченка (URL: [https://uk.wikipedia.org/wiki/Список\\_картин\\_і\\_малюнків\\_Тараса\\_Шевченка](https://uk.wikipedia.org/wiki/Список_картин_і_малюнків_Тараса_Шевченка))

Крім того, принципи гештальтпсихології – цілісність, структурність, системність – використовуються в багатьох напрямках психологічної науки, які, на наш погляд, є науковою основою моделювання знань у дидактиці.

Відомо, що дисципліни гуманітарного блоку (філософія, психологія, правознавство, мовознавство тощо) зазвичай, подають навчальний матеріал у вигляді текстів, тобто вербально. Причина, по якій НПП, які викладають гуманітарні дисципліни, не можуть візуалізувати навчальний матеріал, полягає в тому, що їхні знання про мови обмежуються тільки природною мовою. Дидактичне моделювання передбачає знання методів семіотики, теоретико-множинного уявлення об'єктів, процесів і явищ, методів подання диференціального й інтегрального числення, методів моделювання подібних процесів і явищ (фрактальне моделювання), методів алгебри відносин тощо.

Мова як засіб вербального і візуального моделювання. Усім відомо, що новонароджена дитина починає кричати і видавати звуки «а» і «е». До 3 місяців дитина вимовляє прості звуки «а», «у», «и», а до 9 місяців повторює однакові склади «ма-ма-ма», «гу-гу-гу» тощо. Фахівці називають цей період розвитку мови лепетом. До півтора року у дитини розвиваються когнітивна (пізнавальна) функція мови, проявляються ознаки комунікації, тобто вона співвідносить слово з предметом, а також розвивається функція зберігання інформації (пам'ять).

Словниковий запас становить 8–14 слів і дитина осмислено вимовляє такі слова, як «мама», «тато», «дядько» тощо. У ранньому віці зовнішнім середовищем для дитини є сім'я, а потім може бути і дошкільний навчальний заклад. Цей важливий період розвитку мови в узагальненому вигляді показаний на рисунку 1.19.

Цей період розвитку дитини важливий ще й тому, що з розвитком мови у людини розвивається здатність до моделювання. Іншими словами, розвивається здатність комбінованого використання когнітивної, комунікативної функцій і пам'яті.

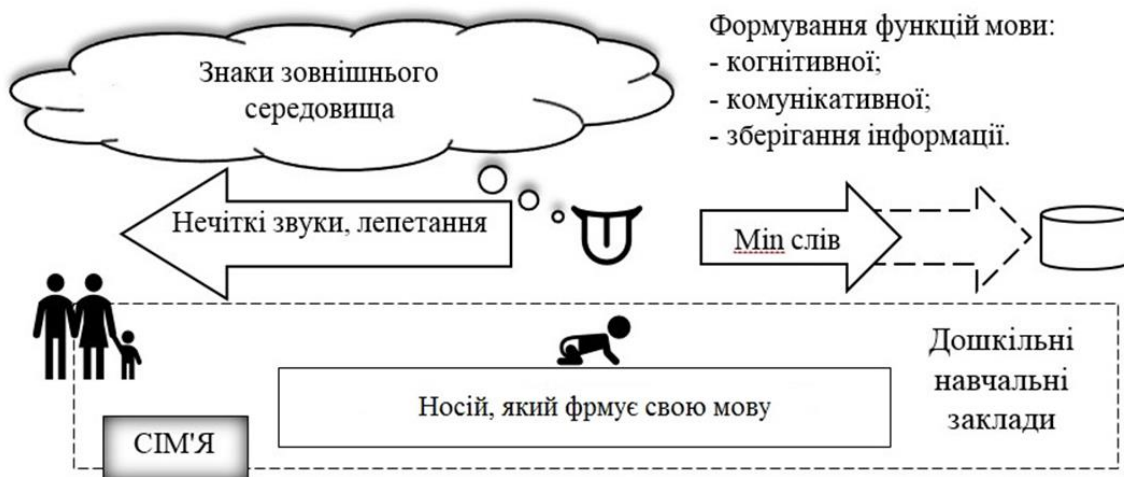


Рисунок 1.19 – Модель зародження усної мови дитини

Старший дошкільний вік дитини до 5–6 років характерний тим, що дитина набуває здатності, як до вербального моделювання, вміння формувати осмислені фрази, так і візуального моделювання, вміння малювати об'єкти і предмети

навколишнього світу або зовнішнього середовища. Підготовка до шкільного періоду навчання передбачає розвиток у дитини не тільки усної, але і письмової мови. Її письмова мова формується на основі алфавіту природної мови, що підсилює комунікативну, активізує когнітивну функції, а також формує в окремих випадках і естетичну функцію. На рисунку 1.20 показана модель формування мови у дитини в старшому дошкільному і молодшому шкільному віці. Важливу роль щодо формування функцій мови дитини в цей період відіграє сім'я і навчальні заклади.

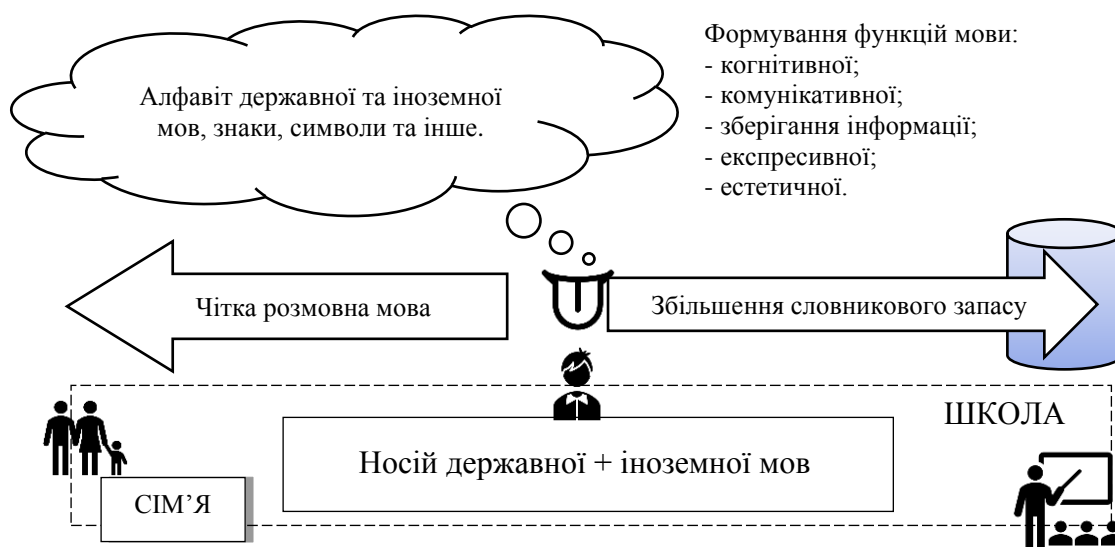


Рисунок 1.20 – Модель формування мови дитини в старшому дошкільному і молодшому шкільному віці

Вивчення в школі загальноосвітніх предметів, таких як фізика, математика, хімія та інше, а потім у вищій спеціальній дисципліні передбачає розвиток у школярів і студентів когнітивної складової мови, і разом із цим розширення словникового запасу і формування метамовної функції у взаємодії з іншими функціями мови. Метамовна функція мови – це функція роз'яснення засобами мови самої мови. Тому, необхідно відзначити, що збільшення предметів у школі і дисциплін у закладах вищої освіти веде до того, що школяреві і студенту необхідно знати алфавіт не тільки державної мови, а й грецької, оскільки фізичні і математичні дисципліни неможливо вивчати без формальних уявлень, того чи іншого процесу або явища, записаного традиційно прийнятою формулою.

На жаль, багато сучасних студентів знають тільки три букви « $\alpha$ », « $\beta$ », « $\gamma$ ».

Під час вивчення студентами фундаментальних і фахових дисциплін розвивається і посилюється причинно-наслідковий зв'язок між когнітивною, комунікативною і метамовною функціями мови. Це спричинило ситуацію, коли деякі вчені почали виділяти мови науки, наприклад, мову математичного аналізу, оскільки алфавіт цієї мови містить спеціальні символи ( $\int, \iint, \oint, \frac{dy}{dx} \dots$ ) і спеціальні правила (граматику) їхнього застосування; алфавіт теоретико-множинної мови містить символи ( $\cup, \cap, \otimes, \setminus, U \dots$ ) і інші операції над елементами множин і підмножин; алфавіт мови алгебри логіки містить символи ( $\forall, \exists, \rightarrow, \neg, \exists, \dots$ ) і спеціальні правила обчислень висловлювань, предикатів, формальних теорій і інших логічних побудов тощо. Тому на рисунку 1.21 і показано, що студент є носієм декількох мов, тобто в якомусь сенсі його можна вважати поліглотом [1, 2].

На рисунку 1.21 розмірами символів «сім'я» і «школа» показано, що в студентські роки вплив сім'ї на формування мови зменшується, і навпаки закладу вищої освіти збільшується.

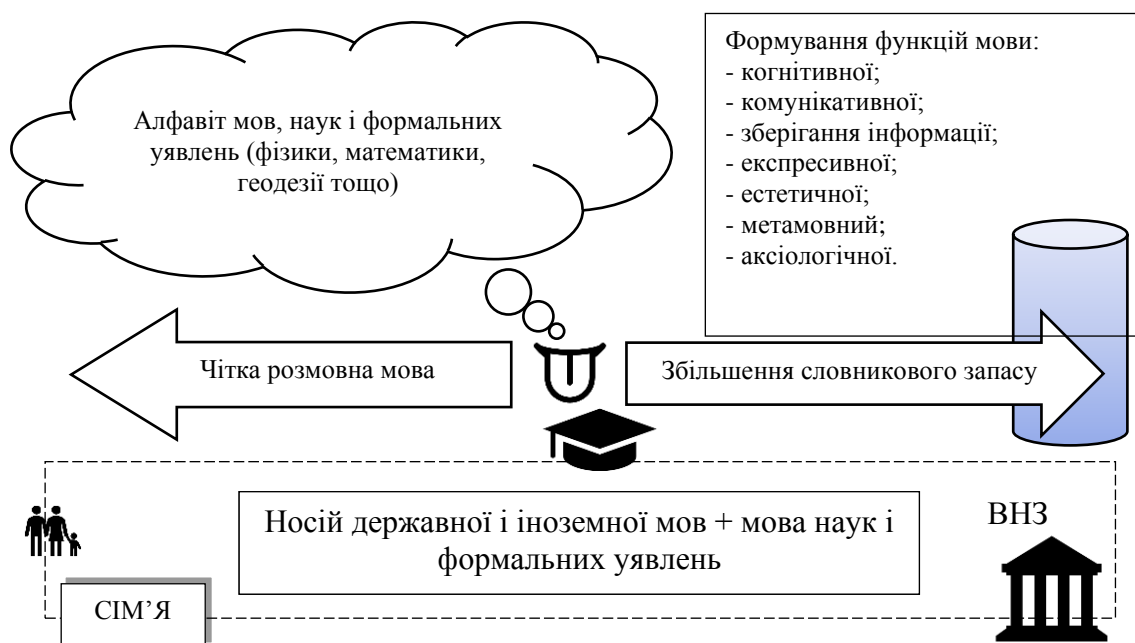


Рисунок 1.21 – Модель формування мови школярів старшого віку і студентів

Крім того, в студентські роки у студентів збільшується словниковий запас завдяки вивченню спеціальних термінів, а також розвивається аксіологічна (оціночна) функція мови.

Отже, з сказаного випливає, що мова і її функції є дієвим засобом для пізнання світу і освоєння спеціальних знань, також набуття необхідних компетенцій та професійної компетентності загалом.

### ТЕМА 3 ТЕОРЕТИЧНИЙ МЕТОД ДОСЛІДЖЕННЯ СКЛАДНИХ СИСТЕМ

Під науковим методом розумітимемо сукупність основних способів отримання нових знань та методів вирішення завдань у рамках будь-якої науки.

Введене визначення не дає повного розуміння специфіки застосування даного методу в різних проблемних середовищах, зокрема, пов'язаних з дослідженням форми Землі та землеустрою. Деталізуємо поняття наукового методу. Звернемося до рисунка 2.1.

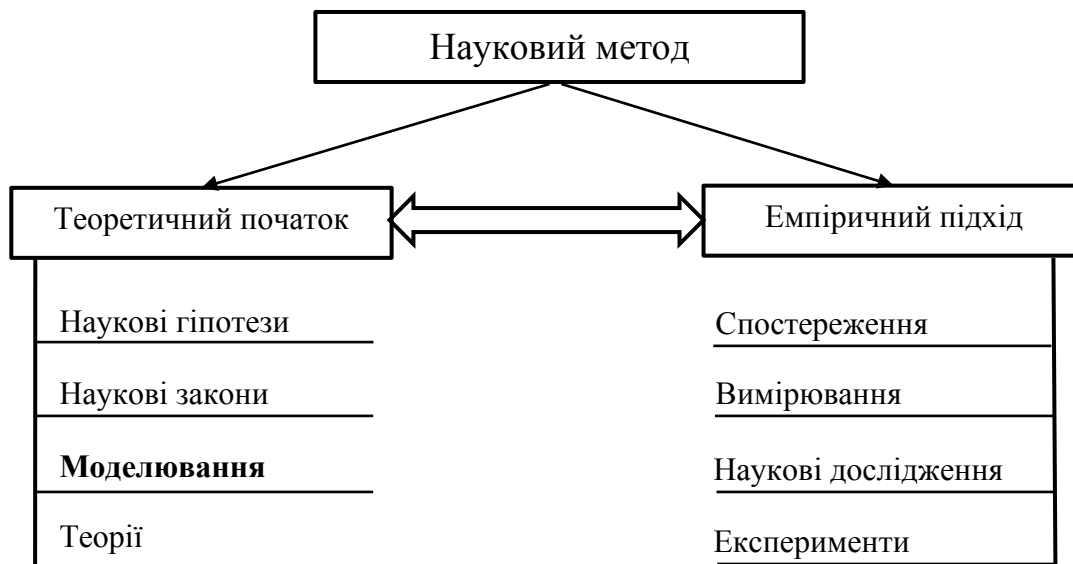


Рисунок 2.1 – Узагальнена структурна схема наукового методу

Тут схематично показано, що науковий метод має два основні компоненти – це теоретичний початок, що складається з наукових гіпотез, наукових законів, методів моделювання, теорій, а також загальнонаукових методів системного аналізу та емпіричного підходу, тобто сукупності натурних випробувань – спостережень, вимірювань, наукових досліджень та експериментів.

В наш час при єдиному розумінні, що таке науковий метод, існує множина схем та послідовностей його реалізації.



Так, американський вчений Р. Джексон при дослідженні систем управління (1971 рік) виділяє шість етапів дослідницького процесу:

- визначення проблеми;
- встановлення цілей;
- формулювання гіпотез;
- збір даних (експериментальна перевірка гіпотез);
- класифікація, аналіз та інтерпретація;
- висновки, узагальнення, коригування гіпотези або розробка нової гіпотези.

В наш час в Україні прийнято наступну структуру реалізації наукового методу:

- обґрунтування актуальності;
- постановка мети та конкретних завдань;
- визначення об'єкта та предмета дослідження;
- вибір методів (методики) проведення дослідження;
- опис процесу дослідження;
- обговорення (апробація) результатів дослідження;
- формулювання висновків та оцінка отриманих результатів.

Наведена структура повністю відповідає вимогам Вищої атестаційної комісії з оформлення авторефератів, кандидатських та докторських дисертацій та загалом наукових праць. Крім того, в наш час багато наукових журналів пред'являють подібні вимоги до оформлення результатів наукових досліджень у вигляді наукових статей.

Вивчаючи особливості та специфіку застосування наукового методу **ВАЖЛИВО** усвідомлювати, що застосування наукового методу дає можливість отримувати нові знання про предмети, процеси або явища, які раніше не були відомі. Ці знання з часом та їх гарну апробацію перетворюються науково-педагогічними працівниками вузів на навчальний матеріал (дидактичний матеріал), який викладається на лекціях та може бути демонстративно

апробований на лабораторних заняттях, семінарах, групових вправах зі студентами.

В основі теоретичних засад, або їх ще називають теоретичними методами, лежать методи формулювання гіпотез та відповідні закони, у тому числі й закони філософії.

Багато студентів помилково вважають, що гіпотезу легко сформулювати, спираючись на наступне визначення.

*Гіпотеза* – припущення чи здогад; твердження, що передбачає доказ, на відміну аксіом, постулатів, які вимагають доказів. Наприклад, студент може припустити, що він на наступному занятті отримає незадовільну оцінку, якщо не вивчить заданий матеріал. Таке припущення не може вважатися науковою гіпотезою.

*Наукова гіпотеза* – наукове, попередньо недостатньо, доведене пояснення (припущення, передбачення) нових явищ і подій, що вимагає подальшого експериментальної перевірки.

У процесі реалізації наукового методу розрізняють спроможні та неспроможні наукові гіпотези.

Гіпотеза вважається спроможною, якщо задовольняє наступним логіко-методологічним вимогам:

- вона має бути несуперечливою – припущення має суперечити вихідним емпіричним даним;
- вона має бути принципово перевіреною. Принципова неперевірймість гіпотези прирікає їх у вічну проблематичність і унеможлиблює перетворення їх у достовірне знання;
- вона емпірично та теоретично обґрунтована;
- евристична функція гіпотези визначається інформативністю, що виражається у передбачувальній та пояснювальній її силі.

Покажемо на прикладах реалізацію наукового методу, наприклад, в астрономії.

*Гіпотези про створення Сонячної системи та Всесвіту.* В наш час існує множина космогонічних гіпотез, що пояснюють суть створення Землі, Сонячної системи та Всесвіту загалом. Виділимо дві, які принципово відрізняються один від одного. Це гіпотеза Канта-Лапласа та гіпотеза про Великий вибух.

Суть *гіпотези Канта-Лапласа* у тому, що Кант і Лаплас вважали, що всесвіт, зокрема наша Сонячна система, утворилася з деякої неоднорідної туманності, що складалася з великих і дрібніших частинок. Обертаючись під силами гравітації частки туманності ущільнювалися і утворювали окремі об'єкти Сонячної системи – планети, місяці, комети, астероїди тощо. Цей процес, що протікає десятки мільярдів років ілюструється наведеним рисунком 2.2.

Аналогічні гіпотези з невеликими відмінностями висловлювали астроном Ерве-Огюст-Етьєн-Альбан Фай, астрофізик Дж. Джинс, академік В. Г. Фесенков та інші вчені, які тяжіють до гіпотези створення Сонячної системи за допомогою еволюції частинок туманності. Однак у висунутих гіпотезах є недоліки. По-перше, кільця з масою, що дорівнює масі планет, не могли б згуститись, а розсіялися б у просторі, по-друге, джерелом енергії Сонця є не стиск, а термоядерний синтез у сонячних надрах, що призводить до неспроможності цих гіпотез, або принаймні до їх коригування.

Початком формування *гіпотези Великого вибуху* послужили дослідження Альберта Ейнштейна, результати яких були опубліковані в 1916 під назвою «Основи загальної теорії відносності». Обґрунтовуючи поняття «простір-час», А. Ейнштейн вводить у рівняння загальної теорії відносності космологічну постійну (лямбда-член), яка характеризує властивості вакууму. Рівняння А. Ейнштейна мають вигляд:

$$R_{ab} - \frac{R}{2}g_{ab} + \Lambda g_{ab} = \frac{8\pi G}{c^4}T_{ab},$$

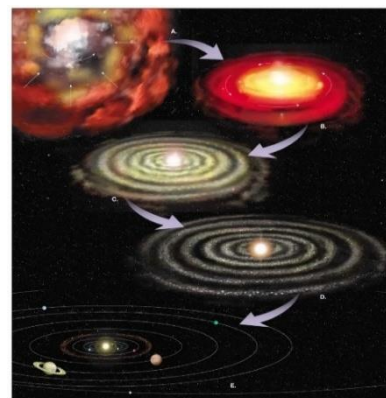


Рисунок 2.2 – Модель створення Всесвіту (URL:

<https://naurok.com.ua/test/gipotezi-i-teori-formuvannya-sonyachno-sistemi-34448.html>)

де  $\Lambda$  – космологічна стала;

$g_{ab}$  – метричний тензор;

$R_{ab}$  – тензор Річчі;

$R$  – скалярна кривизна;

$T_{ab}$  – тензор енергії-імпульсу;

$c$  – швидкість світла;

$G$  – гравітаційна стала Ньютона.



Рисунок 2.3 – Модель Великого вибуху

(URL: [https://uk.wikipedia.org/wiki/https://uk.wikipedia.org/wiki/Розширення\\_Всесвіту](https://uk.wikipedia.org/wiki/https://uk.wikipedia.org/wiki/Розширення_Всесвіту))

Не заглиблюватимемося в теоретичні побудови загальної теорії відносності, а наведемо ще один приклад, що підтверджує гіпотезу про розширення Всесвіту за рахунок Великого вибуху (рис. 2.3).

У 1929 році Едвін Хаббл відкрив так зване «Червоне усунення» світла, що прийшло від далеких галактик. Раніше фізиками було помічено, що якщо деяке тіло віддаляється від нас, то світло від нього потрапляє в червону ділянку спектра, а якщо наближається, то він зміщується у фіолетовий бік (фіолетове усунення). Такими спостереженнями Едвін Хаббл підтвердив гіпотезу про розширення Всесвіту з допомогою Великого вибуху.

Значні емпіричні дані про Всесвіт і параметри його розширення отримано за допомогою космічного телескопа, названого «Хаббл» на честь видатних заслуг Едвіна Хаббла. За допомогою телескопа отримано унікальні дані про Всесвіт, які підтверджують гіпотезу її розширення. Водночас дослідження за допомогою телескопа «Хаббл» показали, що розширення Всесвіту відбувається з прискоренням, що ускладнює наукове обґрунтування процесів та явищ Великого вибуху. Крім того, відкриті темні енергії та темні матерії, які зумовлюють коригування гіпотези про Великий вибух.

Очевидно, що робота над науковими гіпотезами цілеспрямовано, а в деяких випадках не цілеспрямовано народжує відповідні закони та теорії, а це є **нові** знання.

В основу обґрунтування космологічних гіпотез можна поставити загальні закони розвитку природи, тобто діалектичні закони – єдності та боротьби протилежностей, закон переходу кількості в якість та ін, а також деякі закони фізики. Наприклад, закон І. Ньютона про Всесвітнє тяжіння. Не дарма ж Лагранж говорив: «Ньютон був найщасливішим із смертних, бо існує тільки один Всесвіт, і Ньютон відкрив її закони».

Доводячи гіпотезу про розширення Всесвіту, Едвін Хаббл відкрив закон, названий «Закон Хаббла», суть якого полягає у встановленні швидкості розбігання галактик:

$$v = H_0 r,$$

де  $v$  – швидкість руху галактик,

$r$  – відстань до неї,

$H_0$  – коефіцієнт пропорційності (постійна Хаббла).

Звичайно, закони розвитку природи просто так не відкриваються. Для цього потрібно розробити метод, багато спостерігати та експериментувати, та отримати результати, які багаторазово повторюються. У випадку із законом Хаббла був розроблений метод «Червоного зміщення», який Едвардом Хаббл багаторазово повторювався і апробувався.

*Моделювання – основний теоретичний метод дослідження Всесвіту.* Відомо, що особливості будови світу займали здавна уми як античних, так і вчених, які жили в середні віки. Платон шукав форми первозданних «цеглинок» всього суцього (матерії) і запропонував моделі так званих Платонових тіл у вигляді правильних геометричних фігур. Оригіналом для побудови таких тіл послужила структура різних порід Землі та мінералів. На рисунку 2.4 зображено основні геометричні форми Платонових тіл.

Будова Всесвіту давні народи бачили по-різному. На рисунку 2.5 наведено уявлення (моделі) Всесвіту в Стародавньому Єгипті (рис. 2.5, а) та в Стародавній Греції, відповідно (рис. 2.5, б).

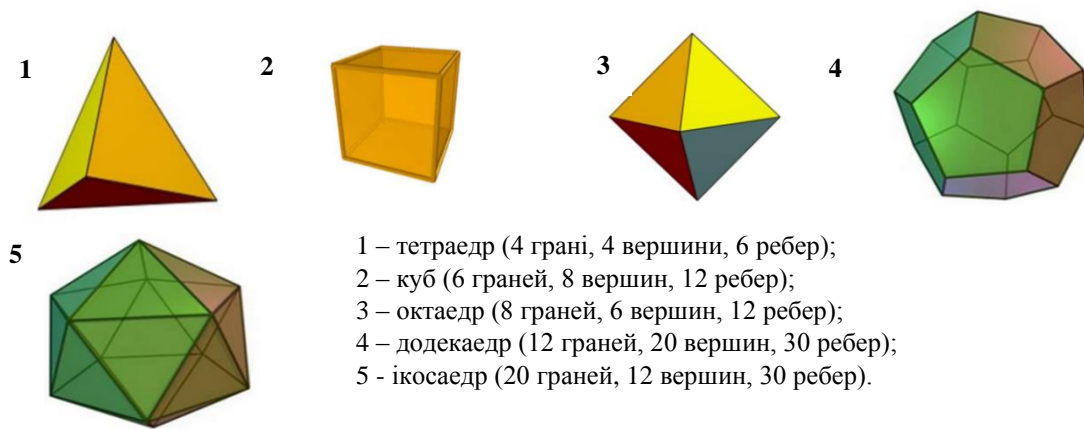


Рисунок 2.4 – Правильні багатокутники Платона



Рисунок 2.5 – Приклади моделей Всесвіту у Стародавньому світі (URL: <https://naurok.com.ua/prezentaciya-piznannya-zemli-u-starodavni-chasi-ta-epohu-serednovichchya-116415.html>)

У Середньовіччі моделі Всесвіту представлялися картами із зображенням геліоцентричних та геоцентричних схем. На рисунку 2.6 ілюструються моделі геліоцентричної та геоцентричної систем світу.

Однією з відомих та показових моделей Сонячної системи є «Космічний куб» І. Кеплера, де вчений при його створенні спробував використати пропорції геометричних фігур (Платонових тіл) для того, щоб взяти їх за основу розрахунку параметрів руху планет (рис. 2.7). Проте експериментальні

дослідження не підтвердили гіпотезу вченого. Натомість негативний результат перевірки гіпотези привів І. Кеплера до думки про еліптичність орбіт руху планет навколо Сонця (першого закону Кеплера)



Рисунок 2.6 – Моделі геліоцентричної та геоцентричної систем світу

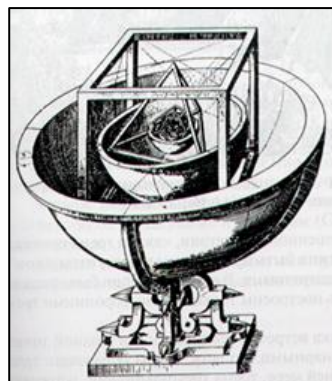


Рисунок 2.7 – Геометрична модель Сонячної системи – «Космічний куб» І. Кеплера ([https://www.researchgate.net/figure/Cosmic-Cup-Keplers-model-of-the-Solar-system-based-on-Platonic-solids\\_fig5\\_276557569](https://www.researchgate.net/figure/Cosmic-Cup-Keplers-model-of-the-Solar-system-based-on-Platonic-solids_fig5_276557569))

Звернемо увагу, що І. Кеплер повною мірою скористався науковим методом – спочатку створив теоретичну основу своїх досліджень, та був емпірично, з допомогою численних експериментів, перевірів правильність їх побудови.



*Космологічні теорії як основа методології фундаментальних наук.* Дано визначення терміну «теорія», оскільки існує множина таких визначень. Дотримуватимемося наступного визначення, представленого трохи нижче, оскільки крім змістовних теорій у дискретній математиці вводять поняття «формальна теорія».

*Теорія у сенсі* – комплекс поглядів, уявлень, ідей, вкладених у тлумачення і пояснення будь-якого явища; у вузькому і спеціальному сенсі – вища, найрозвиненіша форма організації наукового знання, що дає цілісне уявлення про закономірності та існуючі зв'язки певної галузі дійсності – об'єкта даної теорії. У деяких джерелах об'єкт теорії називають ідеалізованим об'єктом теорії.

*Змістовна теорія* включає концептуальні, принципіві положення та деяку сукупність моделей і методів, які складають ядро теорії, що дозволяє прогнозувати, що є важливим наслідком теоретичної компоненти наукового методу (рис. 2.5).

Яскравий приклад прогнозування наукових результатів показав видатний математик усіх часів та народів К. Ф. Гаусс, який на основі розробленого ним методу найменших квадратів, розрахувавши параметри орбіти планети Церери, передбачив її місцезнаходження. Гауссу тоді виповнилося всього 24 роки. Це була перша апробація методу найменших квадратів – однієї з перлин математичної статистики. Історію відкриття, втрату даних про планету Церера та відновлення параметрів її руху К. Ф. Гауссом можна знайти у роботі.

У науці використовують таке поняття, як розширення змістовних теорій та їх взаємодія. Так, наприклад, результати досліджень Сонячної системи та Всесвіту безперервно поповнюються вченими, які отримали останнім часом, та використовують у процесі досліджень потужні сучасні космічні інструментальні засоби, такі як космічний телескоп «Хаббл», міжпланетними автоматичними станціями «Вікінг-1», «Спіріті», «Опортьюніті», «Вояджер-1», «Вояджер-2», «Dawn» та інші.

Нині існують різні теорії, імпульс розвитку яким дала теорія Великого вибуху разом із епістемологією (філософської теорією пізнання). До таких теорій



віднесемо релятивістську теорію гравітації (розвиток спеціальної теорії відносності Ейнштейна), теорію гравітації (розвиток загальної теорії відносності Ейнштейна), термодинаміку і в цілому теорію систем та теорію складних систем, яка отримала назву синергетика.

*Імітаційне моделювання як основний метод дослідження у геодезії та землеустрій.* Серед великої кількості методів моделювання, що існують, виділимо такі методи: аналітичне моделювання, математичне моделювання, імітаційне моделювання. Моделювання аналітичне, якщо уявлення залежності  $F$  вихідних змінних  $Y$  від вхідних її змінних  $X$  має аналітичний вигляд, тобто представлень у вигляді відомих аналітичних функцій. Нагадаємо, що функція називається аналітичною, якщо вона розкладається в ряд Тейлора. Аналітичні функції диференційовані множина разів і тому до них можуть застосовуватися методи математичного аналізу. Перевагою цього методу моделювання є можливість отримання залежності  $Y = f(X)$  у явному вигляді і застосування до неї методів класичного математичного аналізу. Якщо є можливість побудувати аналітичну модель системи, то завжди віддають перевагу цього методу моделювання. Зауважимо, що відшукання залежності  $Y = f(X)$  може виявитися так складним, що досліднику доведеться застосовувати спеціальне програмне забезпечення, а для деяких систем доводиться відмовлятися від пошуку абстрактної залежності  $Y = f(X)$  і задовольнятися приближеним розв'язком, що знаходиться чисельними методами.

Деякі системи так складні, що незважаючи на те, що опис їх функціонування піддається опису аналітичними функціями, знаходження залежності  $Y = f(X)$  у явному вигляді виявляється неможливим. Наприклад, усі завдання математичного програмування мають досить простий аналітичний опис, але розв'язок завдання може бути знайдений тільки в результаті виконання певної кількості кроків. Іншими словами відомий алгоритм пошуку точного розв'язку завдання, але сам розв'язок не може бути записаний в аналітичній формі. Такий метод моделювання називають математичним моделюванням. Зауважимо, що алгоритм  $F$  відшукання точного розв'язку завдання може бути

реалізований дослідником самостійно, за допомогою спеціального програмного забезпечення або за допомогою чисельних методів. Існують системи, опис яких не піддається опису аналітичними функціями, але процес функціонування їх може бути описаний алгоритмом імітації. Під імітацією розуміють відтворення за допомогою комп'ютерної програми процесу функціонування складної системи в годині. В результаті багаторазових прогонів імітаційної моделі дослідник отримує інформацію про властивості реальної системи. Такий метод моделювання називають імітаційним моделюванням.

Необхідність у використанні імітаційного моделювання може виникнути з наступних причин: 1) методи аналітичного моделювання не можуть бути використані через складність моделі; 2) застосування методів аналітичного моделювання дасть результати, які не задовольняють меті дослідження системи; 3) застосування методів імітаційного моделювання дозволяє універсалізувати рішення множини завдань, що розглядається. Імітаційне моделювання системи передбачає, що процес функціонування системи відтворюється за допомогою алгоритму, який реалізується за допомогою комп'ютера.

Англійська термін імітаційного моделювання «simulation modeling» підказує суть цього методу. Модель системи в разі імітації є комп'ютерна програма, яка прикидається (симулює), що вона є реальною системою. Будь-яка реальна система функціонує у часі, змінювання якого відбувається незалежно від людини. Якщо дослідник збирається відтворювати функціонування системи, то йому доведеться, по-перше, моделювати змінювання часу, і тільки, по-друге, моделювати зміни в моделі відповідно до зміни часу. Особливо корисною виявилася імітація для дослідження стохастичних систем, у яких переплітається вплив багатьох випадкових величин. Моделювання випадкових величин у комп'ютерних програмах пов'язано із побудовою генераторів випадкових величин. Тому, від дослідника, який займається проблемами імітаційного моделювання систем, потрібно насамперед досконаліше знання методів та способів побудови генераторів випадкових величин.

Імітаційні моделі складних систем містять випадкові величини, що мають різні закони розподілу. При побудові алгоритму імітації ці випадкові величини реалізуються генераторами випадкових чисел. Від якості генераторів випадкових чисел, що використовуються, залежить точність результатів імітаційного моделювання. Відомі наступні способи генерування випадкових величин:

- зберігання у комп'ютері таблиці випадкових чисел та отримання потім з неї даних для імітаційного моделювання ;

- використання деякого фізичного пристрою, наприклад ефект електронної лампи, для генерації випадкового шуму;

- застосування рекурсивних формул коли на підставі  $i$ -того випадкового числа обчислюється  $i + 1$  – е випадкове число. Недоліком першого способу є зберігання великого обсягу інформації та повільна швидкість. Недоліком іншого способу – неможливість спрямованого експерименту з параметрами моделі. Третій спосіб не має недоліків попередніх способів і в теперішній час є найбільш прийнятним.

Генерування рівномірно розподілених у інтервалі  $(0;1)$  випадкових величин на основі рекурсивних формул Генератори випадкових чисел, що рівномірно розподілені на інтервалі  $(0;1)$ , зазвичай є вбудованими в програмі забезпечення. Тому досліднику, як правило, не доводиться самостійно будувати такі генератори. Але розуміти, як побудовані такі генератори випадкових чисел і вміти перевірити, чи задовольняють вбудовані генератори властивостям, які йому потрібні для цілей моделювання, необхідно. До генераторів випадкових чисел, що використовують у цілях імітаційного моделювання, висуваються наступні вимоги : 1) числа рівномірно розподілені на інтервалі  $(0;1)$  і незалежні; 2) генерується досить велика кількість чисел, що не повторюються; 3) послідовність випадкових чисел може бути відтворена; 4) швидкодія; 5) обсяг пам'яті, що використовується, достатньо малий. Очевидно, що комп'ютер може генерувати хоч і велику, але обмежену кількість чисел на інтервалі  $(0;1)$ . Якість генератора випадкових чисел перевіряють за допомогою машинного експерименту. Розрізняють тести двох типів – емпіричні та теоретичні.

Емпіричні тести засновані на перевірці випадкових чисел, які сформував генератор, за допомогою статистичних тестів. Найбільш поширеними є перевірки на рівномірність, на випадковість та на кореляцію. Перевірку на рівномірність виконують методами ідентифікації закону розподілу з використанням критерію узгодження  $\chi^2$ . Весь інтервал (0;1) розбивається на  $m$  рівних частин і спостерігається кількість влучень у  $j$ -тій інтервал  $N_j, j = 1, \dots, m$  ( $N_j = N$ ). За критерієм  $\chi^2$  оцінюється узгодження з теоретично очікуваною кількістю попадання в інтервал  $N/m$ . Рекомендоване кількість інтервалів  $m=20 \div 50$ , кількість генерованих випадкових чисел  $N = (102 \div 105) m$ . Перевірку на випадковість виконують за критерієм серій. За цим критерієм перевіряється незалежність випадкових, але не їх рівномірність. 5 При достатньо великій кількості спостережуваних значення (більше 4 000) значення статистичного критерію  $R$  має бути меншим за значення критерію  $\chi^2$  з 6 ступенями вільності і довірчою ймовірністю 0,9 ( $\chi^2 = 10,6$ ). Перевірка кореляції полягає у визначенні кореляції між послідовностями випадкових значення, що розділені інтервалом довжиною  $j$ , тобто послідовностями  $\zeta_1, \zeta_2, \zeta_3 \dots \zeta_h$  та  $\zeta_1 + j, \zeta_2 + j, \zeta_3 + j \dots \zeta_h + j$ . Оцінка кореляції для шкільного  $j = 1, 2 \dots v$  виконується за спеціальними формулами. Теоретичні тести виконують перевірку генератора випадкових величин ґрунтуючись тільки на значеннях параметрів, які використовують при генеруванні. У такому випадку дослідженню підлягають формули генерування випадкових значення. Рівномірність випадкових значення перевіряється у теоретичних тестах за допомогою зображення пар випадкових чисел  $(\zeta_i, \zeta_i + 1)$  в одиничному квадраті координатної площині (або трійок чисел  $(\zeta_i, \zeta_i + 1, \zeta_i + 2)$  в одиничному кубі). Якщо числа рівномірно заповнюють площу квадрата (простір кубу), то параметри генератора випадкових чисел задовільні. Наприкінці зауважимо, що не існує кінцевого набору тестів, гарантує придатність кінцевої випадкової послідовності взагалі. Для цього набору тестів завжди існує послідовність, яка задовольняє йому, але повністю непридатна для ряду окремих випадків. Однак проблем у зв'язку з цим не виникає. дослідник не потребує додаткових властивостей випадковості. Тестування генераторів

випадкових чисел потрібно приділити увагу рівно настільки, наскільки статична змістовність результатів імітаційного моделювання залежить від якості генератора випадкових чисел.

Алгоритм, який відтворює функціонування системи, за допомогою комп'ютерної програми називається алгоритмом імітації. Побудова алгоритму імітації складається з побудови :

- 1) алгоритму просування модельної години;
- 2) алгоритму просування стану моделі залежно від години;
- 3) алгоритму збирання інформації про поведінки моделі у процесі імітації.

Просування модельної години та просування стану моделі в залежності від години становити єдине завдання побудови алгоритму імітації. Якщо дослідник для реалізації алгоритму імітації використовує імітаційну мову моделювання, то моделюючий алгоритм закладень у самий засіб реалізації, і досліднику тільки корисно знати як він здійснюється, щоб не допустити помилки у застосуванні тієї або іншої імітаційної мови. Якщо ж дослідник використовує універсальну мову програмування, то завдання побудови моделюючого алгоритму йому потрібно вирішувати самостійно. Узагальнено схему алгоритму імітації представлено на рисунку 2.8.



Рисунок 2.8 – Узагальнено схему алгоритму імітації

## ТЕМА 4 ЕМПІРИЧНИЙ МЕТОД ДОСЛІДЖЕННЯ СКЛАДНИХ СИСТЕМ

Дидактичний метод, як і науковий, має теоретичний початок та емпіричну апробацію теоретичних положень на практиці.

*Дидактичний метод вивчення складних систем.* Попередній підрозділ був присвячений науковому методу та його застосування у деяких науках – астрономії, фізиці, мовознавстві та педагогіці. Тут було зазначено, що застосування наукового методу в педагогіці має відмінні риси, оскільки її дидактичні методи забезпечують навчання студентів науковим основам будь-яких інших наук. Цей факт ілюструється рисунку 2.8.

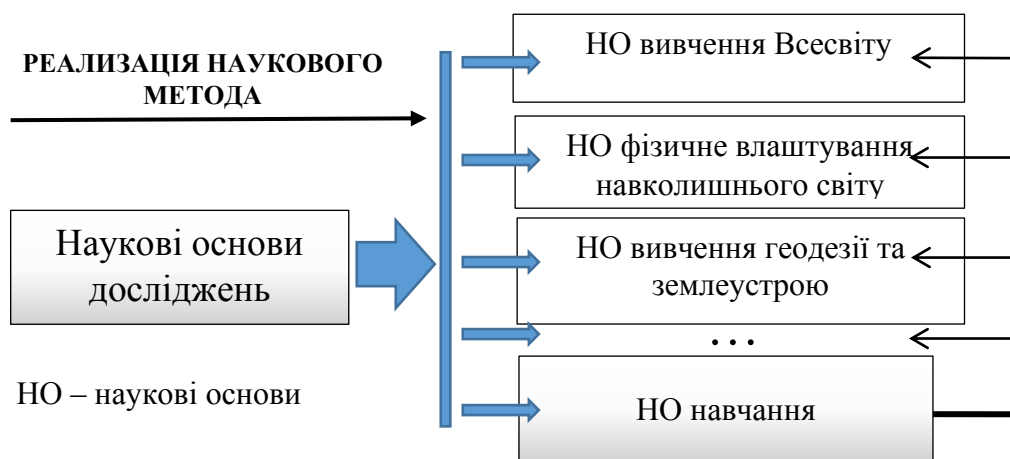


Рисунок 2.8 – Ілюстрація взаємозв'язку наукового та дидактичних методів

За аналогією з науковим методом дамо визначення терміну «дидактичний метод» та представимо його у узагальненому вигляді схемою (рис. 2.9). *Дидактичний метод* – це сукупність взаємозалежних способів теоретичної, практичної діяльності викладачів та студентів щодо досягнення цілей навчання.

Дидактичний метод у педагогіці є важливим інструментарієм як для викладачів, так і для студентів. Володіння дидактичним методом визначає кваліфікацію науково-педагогічного працівника ВНЗ як викладача, а володіння науковим методом як вченого.

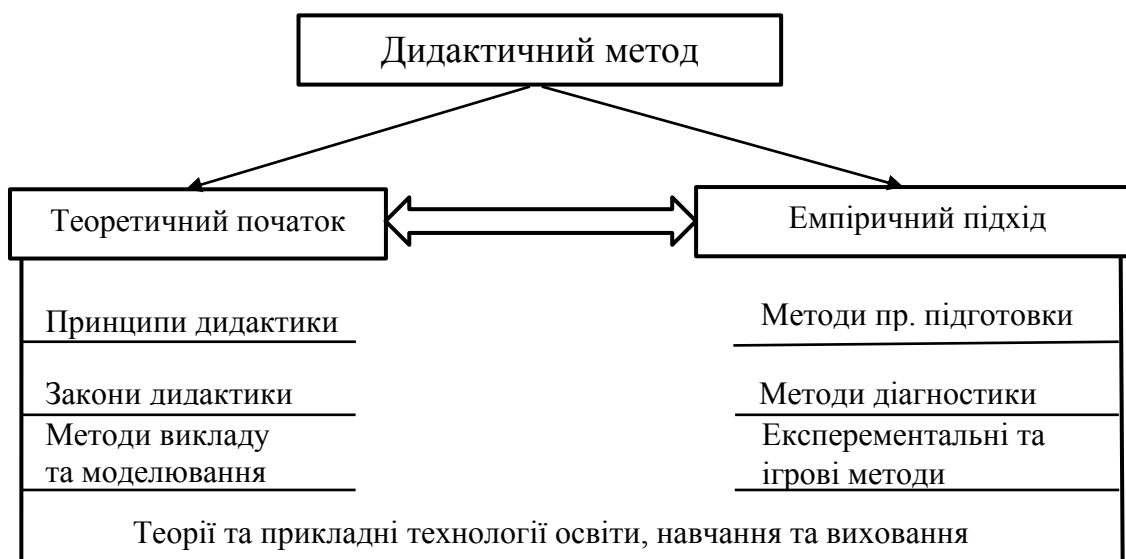


Рисунок 2.9 – Узагальнена схема дидактичного методу

Окремі закони та принципи дидактики вже розглядалися вище. Зупинимося докладніше методах викладу теоретичного матеріалу, тобто на методах викладу навчального матеріалу на лекціях.

У сучасній педагогіці вищої школи лекції класифікують за рішенням дидактичних завдань та за способом викладу навчального матеріалу.

*Дидактичне завдання вступної лекції.* Дане завдання вирішується для ознайомлення студентів з метою та призначенням курсу, його роллю та місцем у системі навчальних дисциплін. Дати короткий огляд курсу (віхи розвитку цієї науки, імена відомих вчених). У водній лекції ставляться наукові проблеми, висуваються гіпотези, намічаються перспективи розвитку науки та її внеску у практику. Доцільно викласти загальну методику (технологію) роботи над курсом, дати характеристику підручника та навчальних посібників, ознайомити студентів з обов'язковим списком літератури, викласти вимоги до діагностики поточних та підсумкових знань, умінь та навичок студентів. Такий вступ допомагає студентам отримати загальне уявлення про предмет.

*Дидактичне завдання поточної лекції* – чітко та ясно у взаємозв'язку з матеріалом попередньої лекції викласти запланований навчальною програмою матеріал.

*Дидактичне завдання оглядової лекції.* Особливістю оглядової лекції є систематизація великого обсягу навчального матеріалу чи іншого фактологічного матеріалу, наприклад, з метою нагадати студентам у узагальненому вигляді навчальний матеріал попередніх змістових модулів.

*Дидактичне завдання демонстраційної лекції.* Це завдання має повною мірою реалізовувати принцип наочності. Її суть полягає в демонстрації якогось складного процесу чи явища сучасними методами та засобами візуалізації, наприклад, за допомогою фото, кіно, мультимедіа тощо.

*Дидактичне завдання заключно-узагальнюючої лекції.* Лекція, що читається в кінці курсу, повинна відображати всі теоретичні положення, що становлять науково-понятійну основу даного курсу, включаючи деталізацію і другорядний матеріал.

*Дидактичне завдання лекції-консультації* зводиться до короткого викладу всього курсу, виділення особливостей чи важливих теоретичних положень. Як правило, лекції-консультації читаються наприкінці курсу перед складання іспиту або заліку.

За способом викладу навчального матеріалу розрізняють:

– *лекції-дискурси*, на яких моделюються реальні ситуації обговорення теоретичних та практичних питань двома викладачами при цьому, вони мають: демонструвати культуру дискурсу, спільного вирішення проблеми; втягувати студентів до обговорення; висловлювати свою точку зору, демонструвати відгук на те, що відбувається;

– *проблемні лекції*, на яких завданням викладача є створити проблемну ситуацію, спонукати студентів до пошуків вирішення проблеми, крок за кроком підводячи їх до вирішення проблеми чи принаймні пом'якшення її протиріч. Для цього новий теоретичний матеріал представляється в формі проблемного завдання. У її умови є протиріччя, які потрібно виявити і вирішити. У ході їх дозволу і в результаті – як результат – студенти набувають у співпраці з викладачем нового знання. Таким чином, процес пізнання студентів за даної



форми викладу інформації наближається до пошукової, дослідницької діяльності;

– *лекції прес-конференції*, на якій, називаючи тему лекції, викладач просить студентів письмово ставити йому запитання на тему лекції. Протягом 2–3 хвилин студенти формулюють питання, що їх цікавлять, і передають їх викладачеві, який сортує їх за змістом і розпочинає лекцію. Лекція викладається не як відповіді на питання, бо як зв'язковий текст, у процесі викладу якого формулюються відповіді на питання студентів. Наприкінці лекції викладач проводить аналіз питань студентів та виділяє із заданих питань найцікавіші, а також оголошує прізвища студентів, які їх поставили. Такі лекції рекомендується проводити: на початку курсу з метою виявлення загального рівня знань студентів та їх можливостей; у середині курсу, де лекція спрямована на залучення студентів до вузлових моментів курсу та систематизацію знань; наприкінці курсу з метою підготовки до екзамену чи заліку;

– лекція із запланованими помилками дозволяє активізувати увагу студентів, розвивати їхню розумову діяльність, формувати вміння виступати в ролі експертів, рецензентів, опонентів тощо.

За способом викладу навчального матеріалу виділимо інноваційний спосіб навчання, який у США отримав назву «перевернутий клас». У нашому випадку – *перевернута лекція*. Суть перевернутої лекції полягає в тому, що студентам заздалегідь видається зміст лекції у вигляді тексту лекції, мультимедіа, відео, фото, презентацій та відповідних домашніх завдань. Студенти вдома самостійно вивчають виданий викладачем теоретичний матеріал, а на лекції в аудиторії вони разом із викладачем вирішують видані їм завдання.

*Науково-дидактичний метод*. Автори справжньої роботи впевнені в тому, що пізнання «секретів» обраної професії (педагога) починається саме зі студентської лави та перший досвід набуття дидактичних навичок студенти отримують у процесі слухання лекцій, розв'язання завдань на практичних заняттях, проводячи дослідження на лабораторних заняттях тощо.

Проілюструємо рисунком 2.10 ієрархію пізнання від матеріалу навчальних дисциплін до поглибленого наукового пізнання.

На рисунку 2.10 показано, що з оволодіння науковим методом необхідно пройти кілька рівнів пізнання. По-перше, рівень навчального пізнання, де студент повинен оволодіти знаннями, вміннями та навичками, передбаченими навчальними планами, та програмами. По-друге, студент повинен пройти другий рівень поглибленого навчального пізнання, на якому самостійно опанувати додаткові знання, що забезпечують розширення його кругозору в предметній галузі, що вивчається. По-третє, досягаючи рівня наукового пізнання, студент повинен опанувати методи системного аналізу та навчитися їх застосовувати у дослідницькій роботі, самостійно отримувати нові наукові результати та оформлювати їх у вигляді тез до доповідей, наукових статей, звітів про НДР тощо. рівень аспірантський. По-четверте, рівень поглибленого наукового пізнання, назовемо його докторським, відрізняється від попереднього тим, що докторант розширює область своїх досліджень за рахунок об'єднання кількох предметних областей, формуючи при цьому проблемну систему.

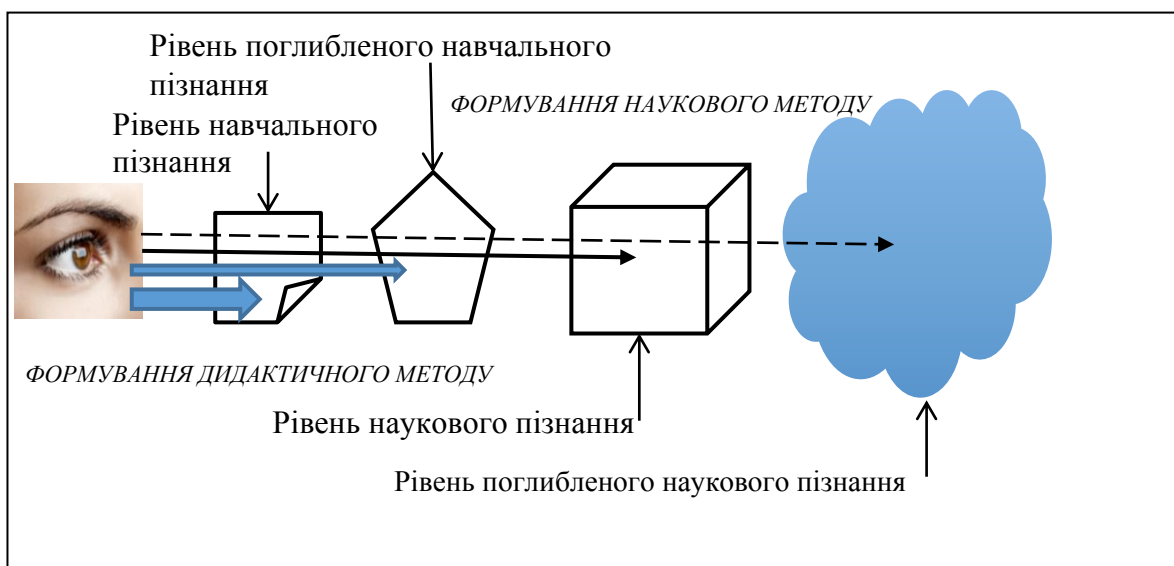


Рисунок 2.10 – Ілюстрація рівнів ієрархії пізнавальної діяльності людиною

Розвиваючи науковий метод, докторант повинен поповнити свої знання ще не освоєними теоретичними та емпіричними методами. Докторант на цьому рівні пізнання повинен усвідомлювати, що отриманий ним науковий результат є внеском у методологічні, теоретико-методологічні, логіко-математичні, технологічні чи інші основи тієї чи іншої науки.

З вищевикладеного випливає важливе слідство – не можна опанувати науковий метод на «порожньому місці». Для його оволодіння необхідно мати великий обсяг знань, зокрема знання законів розвитку природи та суспільства, мати здатність до аналітичного мислення.

Подамо визначення терміну «науково-дидактичний метод».

*Науково-дидактичний метод* – сукупність технологічно взаємопов'язаних наукових, дидактичних та виховних методів, які використовуються викладачем як для вивчення організації та структури навчального процесу, так і для підвищення ефективності навчання за рахунок використання інноваційного підходу.

*Експеримент* – емпірична основа науково-дидактичного методу. При формуванні даного підрозділу використовувався матеріал наступних робіт.

До методів емпіричного дослідження відносять: спостереження, порівняння, вимір та експеримент.

*СПОСТЕРЕЖЕННЯ* – це систематичне цілеспрямоване сприйняття явищ об'єктивної дійсності, в ході якого дослідник отримує знання про зовнішні сторони, властивості і відносини об'єктів, що вивчаються.

Тут доречно навести слова Дж. Байрона, який у віршованій формі сказав про цей простий метод:

*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.

Розглядаючи ці прості емпіричні методи, багато учасників навчального процесу несвідомо застосовують їх на практиці. Ці методи в процесі навчання застосовуються викладачами та студентами взаємно – викладачі, спостерігаючи за студентами, роблять відповідні висновки про здібності та характер студентів, порівнюють навчальні групи з успішності тощо. У свою чергу студенти цими методами досліджують викладачів, вивчають їх сильні та слабкі сторони, характер, принципівість тощо.

*ВИМІРЮВАННЯ* – це процедура кількісного чи якісного порівняння об'єктів, процесів чи явищ.

Суть цієї процедури полягає у приписуванні об'єктам, процесам або явищам чисел таким чином, щоб у відносинах чисел відображалися відносини між вимірюваними об'єктами, процесами чи явищами.

Теоретично вимірювань поняття шкали визначається як трійка  $\langle ESO, ЧСО, f \rangle$ , де  $ESO$  – емпірична система з відносинами,  $ЧСО$  – числова система з відносинами,  $f$  – деяка функція, гомоморфно що відображає  $ESO$  в  $ЧСО$ .

Розрізняють чотири способи (шкали) вимірювань:

- номінальна шкала;
- порядкова шкала (шкала рангів);
- шкала інтервалів;
- шкала стосунків.

Номінальна шкала та шкала рангів відносяться до неметричних шкал, оскільки безпосередньо чисел об'єктам, процесам чи явищам не приписують.

*Номінальна шкала* – це найпростіша якісна шкала, яка застосовується для опису належності об'єктів до певного класу. Наприклад, студентів можуть класифікувати як відмінників навчання, спортсменів, учасників олімпіад та конкурсів тощо.

У номінальній шкалі числа використовуються лише позначення класів об'єктів. Всім об'єктам, процесам чи явищам одного класу присвоюється те саме число. Відносини підпорядкування між об'єктами не встановлюються.

*Порядкова (рангова) шкала* – це шкала, яка застосовується для вимірювання впорядкованості об'єктів по одній або сукупності ознак. Ця шкала встановлює порядок за рівнем вираженості якості – від об'єкта з найбільш вираженим властивістю до об'єкта з менш вираженим властивістю чи навпаки. Порядок, зазвичай, нумерується числами натурального ряду.

У порядковій шкалі числа використовуються лише визначення порядку прямування об'єктів. Приписані об'єктам числа не дозволяють стверджувати, у скільки або скільки один об'єкт переважніше іншого.

Прикладами порядкової шкали можуть бути рейтинги, які обчислюються у вузах: рейтинг студентів, викладачів, навчально-методичної літератури тощо.

*Шкала інтервалів* застосовується для відображення кількісної різниці між властивостями об'єктів. Ця шкала ґрунтується на припущенні про те, що різниця у прояві ознаки у двох об'єктів відповідає різниці двох чисел, приписаних даним об'єктам. Шкала інтервалів дозволяє говорити про те, на яку величину властивість одного об'єкта перевершує властивість іншого об'єкта.

На відміну від шкали відносин, шкала інтервалів характеризується відсутністю точки об'єктивного нуля. Ця шкала може мати довільні точки відліку. Прикладом застосування шкали інтервалів можуть бути оцінки, виставлені студентам у процесі діагностування їх знань, уміння та навичок на іспитах.

*Шкала відносин* застосовується для відображення кількісної різниці між властивостями об'єктів у разі наявності об'єктивного нуля. У цій шкалі числа відбивають відносини властивостей об'єктів. Шкала відносин ґрунтується на припущенні про те, що відношення (розподіл) ступеня прояву ознаки у двох об'єктів відповідає відношенню (розподілу) двох чисел, приписаних даним об'єктом. Шкала відносин дозволяє говорити про те, «у скільки разів» властивість одного об'єкта перевершує властивість іншого об'єкта.

*Нечітка знаково-числова шкала.* Шкали порядку прості та доступні, проте малоінформативні. Багато викладачів при оцінюванні знань, умінь і навичок студентів «підсилюють» порядкову шкалу додаючи до числа ще знаки «+» і «-»,

тим самим змінюючи шкалу оцінювання на більш досконалу. Знаково-числова система з відносинами в такому випадку набуде наступного вигляду:  $- -1+ +, - -2++,- -3++,- -4++,- -5++$ . Знаки у такій системі відповідають якісним оцінкам, а числа – кількісним.

*ЕКСПЕРИМЕНТ* – це спосіб вивчення об'єкта шляхом активного і цілеспрямованого на нього з допомогою створення штучних умов, необхідні виявлення відповідних властивостей об'єкта.

Залежно від засобів впливу на об'єкт експерименти поділяються на природні та штучні.

*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. Природні експерименти проводяться щодо соціальних процесів і явищ.

*Соціальний експеримент* – це організація у різних масштабах нових форм громадської діяльності з метою їхнього наукового вивчення.

До соціальних експериментів належать і педагогічні експерименти. У цьому посібнику і називатимемо їх дидактичними експериментами, оскільки досвід їх організації та проведення показав велику специфіку і неможливість застосування у процесі дослідження методів теорії планування експериментів. У цій теорії основними її принципами є принцип реплікації та рандомізації. На наш погляд, принцип реплікації (принцип повторення основного експерименту) в більшості випадків не застосовується в педагогіці. Підставою такого твердження є різноманіття та неповторність умов та факторів, що мають суб'єктивний характер при черговій реалізації основного експерименту. Отримати достатню кількість реплік (результатів експерименту) для дослідження навчального процесу з метою обробки їх методами математичної статистики надзвичайно

важко через жорстку «прив'язку» основних елементів навчального процесу до розкладу занять [3–5].

В наш час є велика кількість літератури, в якій пропонується класифікація педагогічних експериментів за різними ознаками. У цьому посібнику, призначеному для студентів та аспірантів, запропонуємо як приклади експерименти, які в наступних підрозділах будуть класифіковані за масштабом їх проведення.

## **ТЕМА 5 НАУКА, ТЕХНОЛОГІЇ, ІНЖЕНЕРІЯ ТА МАТЕМАТИКА**

### **ОСНОВНІ СКЛАДОВІ STEM ПІДХОДУ У ДОСЛІДЖЕННЯХ**

Акронімом STEM позначають підхід до освітнього процесу, згідно з яким основою набуття знань є проста та доступна візуалізація (моделювання) наукових явищ, яка дозволяє легко охопити та отримати знання на основі практики та глибокого розуміння процесів. Ця глибока думка давно сформульована Я. А. Коменським у своїй роботі «Велика дидактика» як дидактичних принципів – наочність, послідовність, систематичність та інших. Інша річ, що об'єднання понять «наука», «технологія», «інженерія» та «математика» відбувається в умовах глобалізації, інформатизації та діджиталізації суспільства. Крім того, враховуючи результати вчення В. І. Вернадського про ноосферу, введено поняття ноогеоматика, яке орієнтує дослідників на вивчення можливості створення глобальних інтелектуальних геоінформаційних систем.

За визначенням наука – діяльність, спрямована на вироблення та систематизацію об'єктивних знань про дійсність. Зазвичай у підході STEM використовують природничі науки. У нашому випадку це географія та астрономія. Основна суть терміна «наука» представлена у вигляді наукового методу.

Терміни «технологія» та «інженерія» розглядатимемо разом, оскільки і в навчанні та предметній галузі, а саме геодезії та землеустрій вони вже об'єднані. В освіті та навчанні використовуються освітні чи педагогічні технології, а у сфері геодезії та землеустрою геоінформаційні технології.

Практика показує, що найбільші труднощі реалізації STEM підходу викликає у студентів математика. Студенти та аспіранти, які займаються дослідженням складних динамічних систем, які можуть мати як природну, так і штучну природу. Відомо, що геодезичні системи використовують сучасні супутникові системи позиціонування, наприклад, GPS.

Складність і різноманітність досліджуваних процесів і явищ зумовлює труднощі вибору математичного апарату їхнього моделювання. Крім того,



навчальні плани навчання багатьох спеціальностей, не винятком є і спеціальність «Геодезія і землеустрій», обмежуються математичними дисциплінами, пов'язаними лише з математичним аналізом та теорією ймовірностей. На жаль, студенти повинні зробити велику роботу для того, щоб підібрати необхідні формалізми для моделювання досліджуваних процесів, а саме самостійно ознайомитися з широким спектром математичних методів та формальних уявлень. У зв'язку з цим, умовно весь математичний апарат представимо трьома складовими – обчислювальною математикою, інтерпретаційною та метаматематикою та поставимо їх у відповідність завданням, які вирішуються на практиці (рис. 3.1).



Рисунок 3. 1 – Узагальнена структура математичних формалізмів та їх прагматична значимість

Тут показано, що формальні уявлення обчислювальної математики, такий як геометрія, математичний аналіз, теорія чисел тощо. Математичні формалізми інтерпретаційної математики, також можуть бути корисні при вирішенні

науково-дослідних завдань, що вимагають побудови логічних процедур та формального представлення даних та знань.

Враховуючи, що студенти здебільшого знайомі з обчислювальною математикою, наведемо на цьому рівні основні визначення з теорії чисел.

*Натуральні числа*, одержувані за природного рахунку; множина натуральних чисел позначається  $N = \{0, 1, 2, 3, \dots\}$ . Натуральні числа замкнуті щодо складання та множення (але не віднімання чи поділу). Натуральні числа комутативні та асоціативні щодо додавання та множення, а множення натуральних чисел дистрибутивно щодо додавання.

*Цілі числа*, які отримують об'єднання натуральних чисел з множиною негативних чисел і нулем, позначаються:  $Z = \{\dots -2, -1, 0, 1, 2, 3, \dots\}$ .

Цілі числа замкнуті для складання, віднімання та множення (але не поділу).

*Раціональні числа* – числа, подані у вигляді дробу  $m/n$  ( $n \neq 0$ ), де  $m$  та  $n$  – цілі числа. Для раціональних чисел  $Q$  визначено всі чотири «класичні» арифметичні дії: додавання, віднімання, множення та поділ (крім поділу на нуль). Для позначення раціональних чисел використовується знак  $Q$ .

*Дійсні (речові) числа* є розширення множини раціональних чисел, замкнене щодо деяких (важливих для математичного аналізу) операцій граничного переходу. Множина дійсних чисел позначається  $R$ . Його можна розглядати як поповнення поля раціональних чисел  $Q$  за допомогою норми, що є звичайною абсолютною величиною. Крім раціональних чисел,  $R$  включає множину ірраціональних чисел, не представлених у вигляді відношення цілих.

Приклади ірраціональних чисел – це  $\sqrt{2}$ ,  $\sqrt[3]{3}$ ,  $\pi$  та інші. Крім поділу на раціональні та ірраціональні, дійсні числа також поділяються на алгебраїчні та трансцендентні. У цьому кожне трансцендентне число є ірраціональним, кожне раціональне число – алгебраїчним.

*Комплексні числа*  $C$  є розширенням множини дійсних чисел. Вони можуть бути записані у вигляді  $z = x + iy$ , де  $i$  – так звана уявна одиниця, для якої виконується рівність  $i^2 = -1$ . Комплексні числа використовуються при вирішенні завдань квантової механіки, гідродинаміки, теорії пружності та ін.

Розкриємо суть інтерпретаційної математики, формалізми якої складають у класичному розумінні дискретну математику, розділи якої складають теорія множин, теорія формальних систем, теорія графів, формальних граматики та ін.

Для формалізації (уявлення) та інтерпретації логіки міркувань людини в дискретну математику введено формальні системи, засновані на булевій алгебрі, що отримали назви «обчислення висловлювань», «обчислення предикатів» та «формальні теорії», які мають власний алфавіт та правила граматики (синтаксичні та ) для запису логічних формул.

У узагальненому вигляді структуру математичних формалізмів дискретної математики проілюструємо рисунком 3.2.

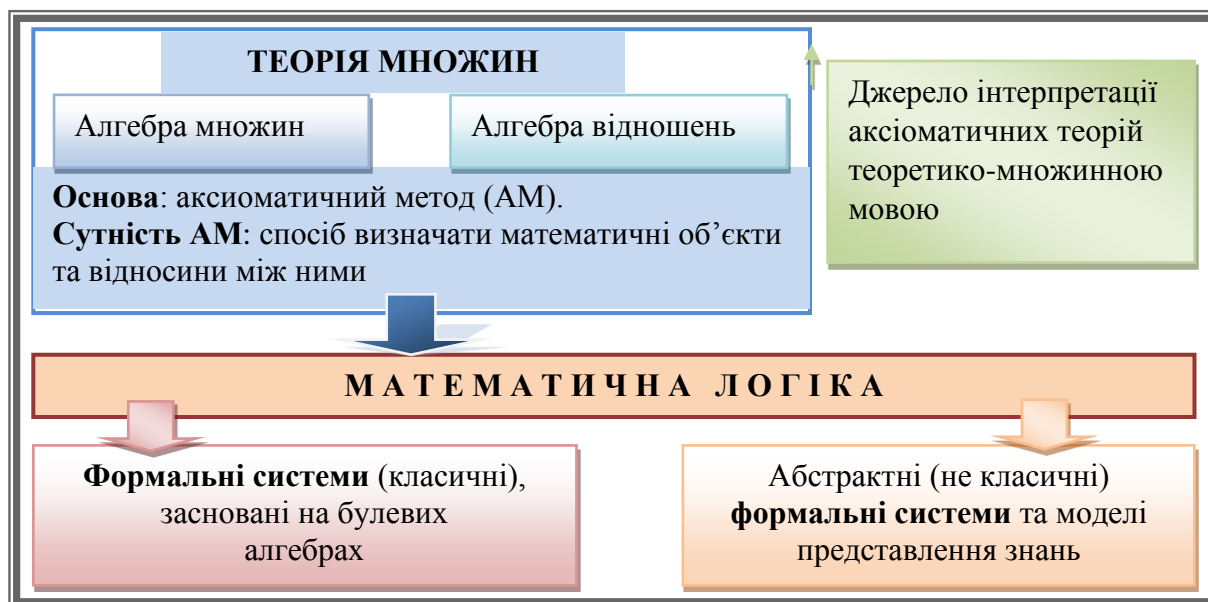


Рисунок 3.2 – Узагальнена схема математичних формалізмів дискретної математики

Формальні уявлення дискретної математики отримали свій розвиток за рахунок припущень, які ввів в теорію множин Лотфі Заде (1965 рік). Він припустив, що індикаторна функція класичної множини може набувати не тільки значення 0 і 1 (істина та брехня), але й проміжні значення в інтервалі  $[0,1]$ .

Теоретично нечітких множин така функція отримала назву функції власності. У нечіткій логіці вона представляє ступінь належності кожного члена простору міркування до цієї нечіткої множини.

Формалізм теорії нечітких множин займають проміжне місце між обчислювальною та інтерпретаційною математикою. Крім того, в наш час набули розвитку такі формалізми, як нечітка логіка, нечіткі регулятори, нечіткі нейронні мережі, генетичні алгоритми, алгоритми розумного інтелекту тощо. Завдання, розв'язувані такого класу методами, виникають у галузі біології, медицини, гуманітарних наук, робастного управління, менеджменту, у тому числі й у галузі геодезії та землеустрою.

Математичні формалізми метаматематики використовуються при побудові складних, ієрархічних, інтелектуальних інформаційних технологій, де необхідно укрупнено побачити та усвідомити логіку та структуру побудови складних систем, у тому числі інтелектуальних інформаційних технологій різного призначення. Основу метаматематики становлять топологічні формалізми.

Розвиток топології обумовлено створенням кібернетики та побудови математичного забезпечення до інтелектуальних та інформаційних систем.

Умовно топологію репрезентують трьома основними розділами (рис. 3.25). *Диференціальна геометрія* вивчає геометричні форми, в першу чергу, криві та поверхні, а також сімейства кривих та поверхонь методами аналізу нескінченно малих. Ґрунтується на дослідженнях Л. Ейлера та К. Гауса.

Методи та геометричні побудови диференціальної геометрії в наш час широко використовуються при побудові моделей підстеляючих поверхонь Землі з урахуванням її кривизни в геоінформаційних системах та технологіях та загалом для створення їх математичного забезпечення.

*Алгебраїчна топологія* вивчає топологічні простори шляхом зіставлення їм різноманітних алгебр. На рисунку 3.3 вони показані як абстрактні, неklasичні формальні системи, наприклад, топологічні булеві алгебри, модальні логіки, логіка присутності та інші логіки. Методи топології алгебри, в основному

формалізації, призначені для інтерпретації інтелектуальних процесів і побудови моделей штучного інтелекту.

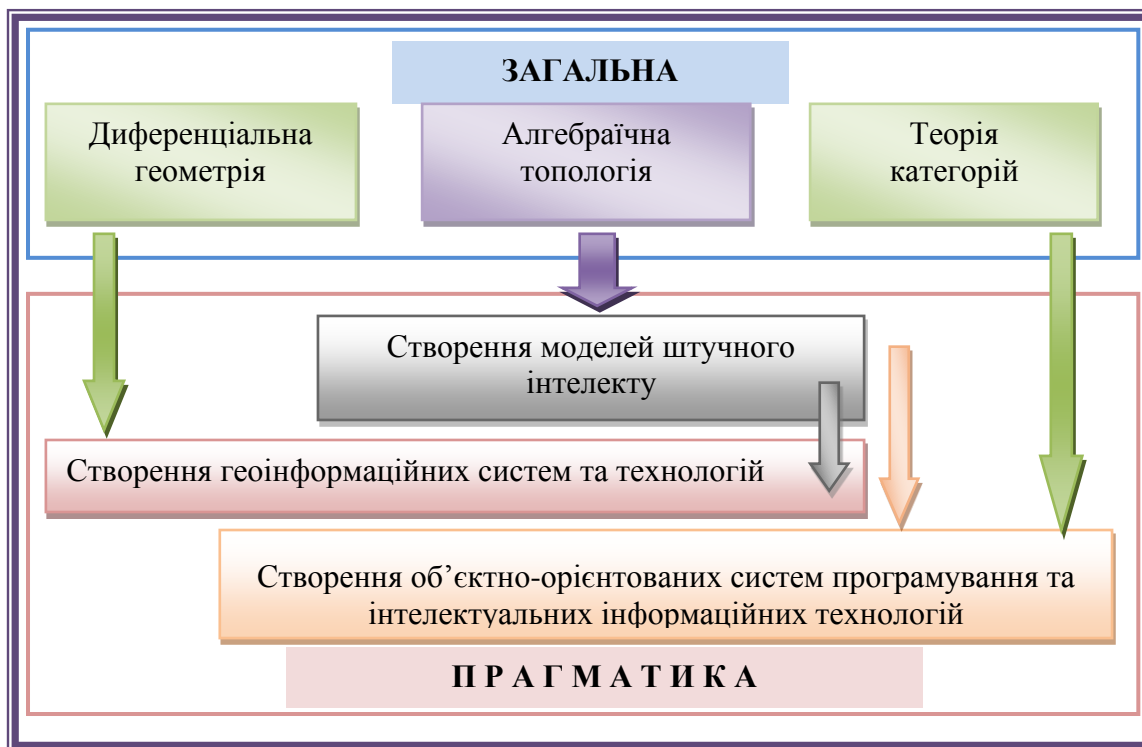


Рисунок 3.3 – Прагматичний аспект загальної топології

*Теорія категорій* – Розділ загальної топології, що вивчає властивості відносин між математичними об'єктами (моделями), що не залежать від внутрішньої структури об'єкта.

Категорію  $\mathbf{C}$ , наприклад, складає клас об'єктів  $Ob_{\mathbf{C}}$ . Прикладами категорій можуть бути: категорія множин **Set**, категорія груп **Group**, категорія векторних просторів над полем  $\mathbf{Vect}_K$  та інші математичні конструкції. Теорія категорій оперує такими поняттями, як категорія, об'єкт, функтор, конус і коконус морфізмів, комутативна діаграма та інші абстрактні поняття. Вона за описовими можливостями перевершує теорію множин і за рахунок високого ступеня узагальнень та абстрактного представлення об'єктів дозволяє представляти зв'язки між складними математичними моделями. Властивості та можливості теорії категорій забезпечили побудову об'єктно-орієнтованих систем програмування високого рівня, а також побудову математичного забезпечення

складних розподілених інтелектуальних систем збирання, обробки та передачі інформації. Абстрактні та описові можливості теорії категорій дозволяють її поставити в один ряд з теорією доказів на вершині «математичної піраміди» та віднести до метаматематики (рис. 3.1 ).

Таким чином, з вищевикладеного випливає, що математика з одного боку є складною ієрархічною системою формальних уявлень і передбачає вивчення правил їх побудови, а з іншого боку, розширює можливості моделювання найрізноманітніших і масштабних об'єктів, процесів і явищ.

## ТЕМА 6 ЕЛЕМЕНТИ ІНТЕЛЕКТУАЛІЗАЦІЇ У STEM ПІДХОДІ

Задамо основним складовим у STEM підходять деякі властивості, які б дозволяли досліджувати процеси та явища інтелектуальної діяльності людини, пов'язаної з геодезією та землеустроєм. Тобто скористаємося інтелектуальними геоінформаційними технологіями, моделі знань у яких видаються евристичними, та логічними методами (рис. 3.4).

До створення моделей знань, тобто. в якомусь сенсі штучного інтелекту людини використовують відомі методи і моделі уявлення знань. Дамо визначення терміна «подання знань».

*Подання знань* – це завдання деякою формальною мовою (мовою уявлення знань) властивостей різних об'єктів і закономірностей процесів чи явищ, використовуваних на вирішення прикладних завдань та організації взаємодії користувача з ПК.

Існує дві групи методів подання знань: декларативні та процедурні. У *декларативних методах* знання після їх перетворення із пропозицій мови вихідного подання на немашинну мову у вигляді відповідних структур інтерпретуються та обробляються спеціальними програмними засобами. Ці засоби не залежать від конкретних особливостей тих чи інших знань та повністю визначаються синтаксисом та семантикою мови уявлення знань.

При використанні *процедурних методів* знання також подаються в пам'яті ПК деякими структурами даних, але при цьому структурами розуміються деякі спеціалізовані процедури. Фактично процедурний метод представлення знань можна як спосіб програмування, який встановлює правила розробки асоційованих процедур під час створення бази знань для інтелектуальної системи.

В основі логічних моделей уявлення знань лежать поняття «формальна система» та «формалізована теорія», які добре відомі в дискретній математиці.

Докладніше розглянемо евристичні моделі уявлення знань.



Рисунок 3.4 – Класифікація моделей представлення знань

*Продукційні системи.* В основу продукційних систем покладено продукційні правила, які описують знання у формі «ЯКЩО умова, ТО дію». Простота і наочність цього способу уявлення знань зумовила його застосування у багатьох інформаційних та інформаційно-керівних інтелектуальних системах.

При організації бази знань як продукційної системи до її складу були внесені елементи проілюстровані на рисунку 3.5.



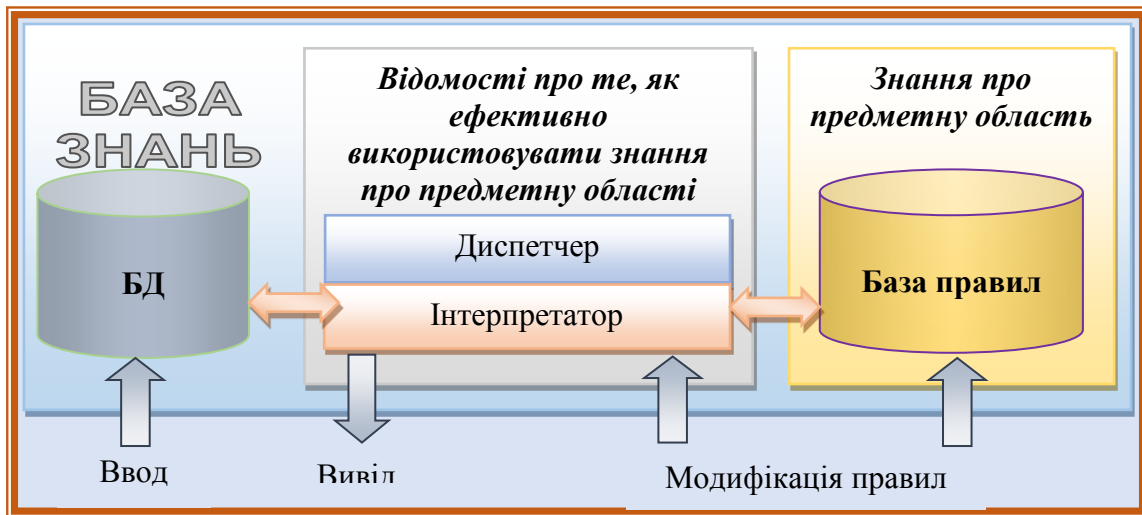


Рисунок 3.5 – Склад бази знань, що базується на продукційній системі

Тут *основа правил* – це область пам’яті ПК, що містить сукупність знань, представлених як правил «**ЯКЩО** умова, **ТО** дію». Ці правила можуть містити кілька умов, з’єднаних зв’язками «**І**» та «**АБО**», наприклад, «**ЯКЩО** умова  $Z_1$  **І** умова  $Z_2$ , **ТО** дію  $A$ ».

*Інтерпретатор* визначає, як застосовувати правила для виведення нових знань, а диспетчер встановлює порядок застосування цих правил. Ці два взаємопов’язані елементи бази знань називають *механізмом виведення*, який забезпечує ефективне використання знань про предметну область.

Пояснимо правила виведення у системі продукцій, спираючись при цьому на визначення прямого виведення, наведене у стандарті ДСТУ 2481–94.

*Прямий висновок* – стратегія виведення, при якій висновок проводиться від вихідних посилок до цільового висновку.

На рисунку 3.6 проілюстрована суть виведення в продукційних системах за допомогою І/АБО графа. Тут правила є відношення висновку, встановлене між вмістом робочої пам’яті, посилання на яке здійснюється з умовної частини, і вмістом, що вказується в заключній частині правил.

На практиці при використанні систем продукцій, що складаються з кількох правил в умовній частині (за потребою), застосовують зв’язки АБО. Процес отримання висновку, який виводиться за допомогою двох правил, проілюстровано на рисунку 3.7.

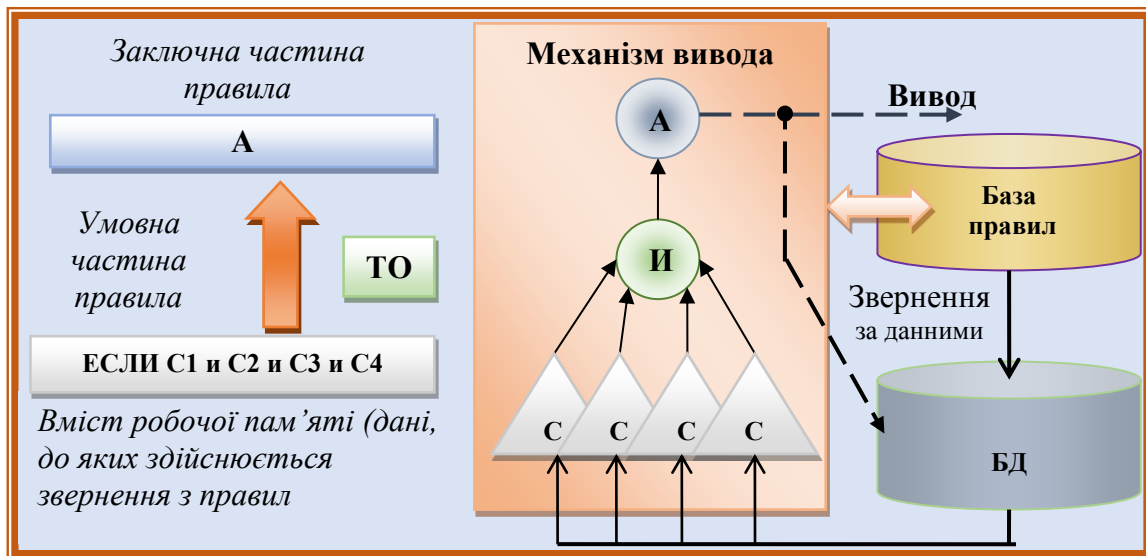


Рисунок 3.6 – Ілюстрація виведення у продукційній системі

Висновок, отриманий за допомогою системи продукцій, можна уявити сукупністю правил, які забезпечують отримання окремих висновків, і даних, виходячи з яких робиться висновок.

З допомогою графів И/АБО зворотний висновок можна як завдання пошуку шляху цьому графі.

*Зворотний висновок* – стратегія виведення, у якому висновок проводиться шляхом підбору відповідних посилок під заданий висновок.

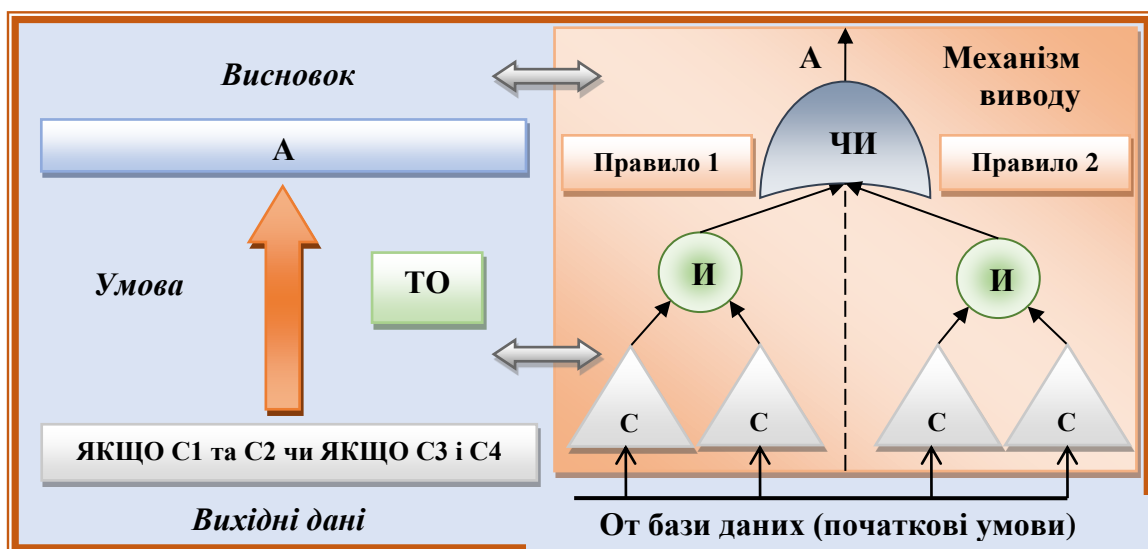


Рисунок 3.7 – Висновок за допомогою двох правил

Для підтвердження однієї посилки зі всіх зв'язків АБО, визначених по відношенню до вузлів графа, що відповідає цій посилці, вибирається одна, і робиться спроба підтвердити всі вузли, які є передумовами.

Важливим моментом ефективного функціонування продукційної системи є організація управління висновком, яку здійснює диспетчер бази знань. Відомо два методи керування висновком. Першим є метод з використанням так званого метаправил, під якими розуміються правила вищого рівня, які забезпечують диспетчеризацію використання основної системи правил.

Другий метод відрізняється від першого тим, що правила попередньо групуються за атрибутами (заклучна частина правила). Для кожної групи вказується умова (форма якої аналогічна умовній частині правила), що формується із приватних умов. Потім проводиться пошук можливості застосування правила тільки з тієї групи, в межах якої виконується ця умова, або вказується група за допомогою заключної частини правила і приймається рішення допускати або забороняти застосування цієї групи.

*Семантичні мережі.* Подання знань, що базуються на апаратні семантичних мереж, полягає в тому, що предметна область розглядається як сукупність об'єктів (сутностей, понять) та зав'язків (стосунків) між ними. Поняття «семантична мережа» стандартизоване і має таке визначення.

*Семантична мережа* – модель представлення знань у мережі вузлів, пов'язаних дугами, де вузли відповідають поняттям чи об'єктам, а дуги – відносинам між вузлами.

Науковими засадами уявлення знань семантичними мережами є методи теорії графів. Апарат семантичних мереж оперує такими самими чи аналогічними поняттями. Крім того, при організації виведення на семантичних мережах використовуються розрізання та склеювання графів. За аналогією з графами семантичні мережі можуть представлятися матрицями суміжності та інцидентності. Деревоподібні графи аналогічні гілкам спадкування у семантичних мережах. Більшою мірою цей математичний апарат можна використовуватиме подання знань однорідними семантичними мережами, де

ребра (дуги) відповідають однотипним відносинам. Семантичні мережі, ребра (дуги) яких відповідають різним відносинам, називаються неоднорідними. Семантичну мережу вершини, якою мають власну структуру, називають ієрархічними.

Прикладом семантичної мережі може бути граф, який відбиває процес теодолітних зніманий і зображений на рисунку 3.8.

Семантична мережа описує можливі відносини між учасниками, обладнанням та складовими теодолітного знімання. Скориставшись відносинами, наведеними на рисунку, можна записати такі приклади сукупності фактів:

1. «Бригадир – несе відповідальність, керує, контролює, підказує бригаді».
2. «Бригада – використовує теодоліт».
3. «Теодоліт – вимірює кути та відстані» та ін.

Дані факти можна подати матричним та графічним методами.

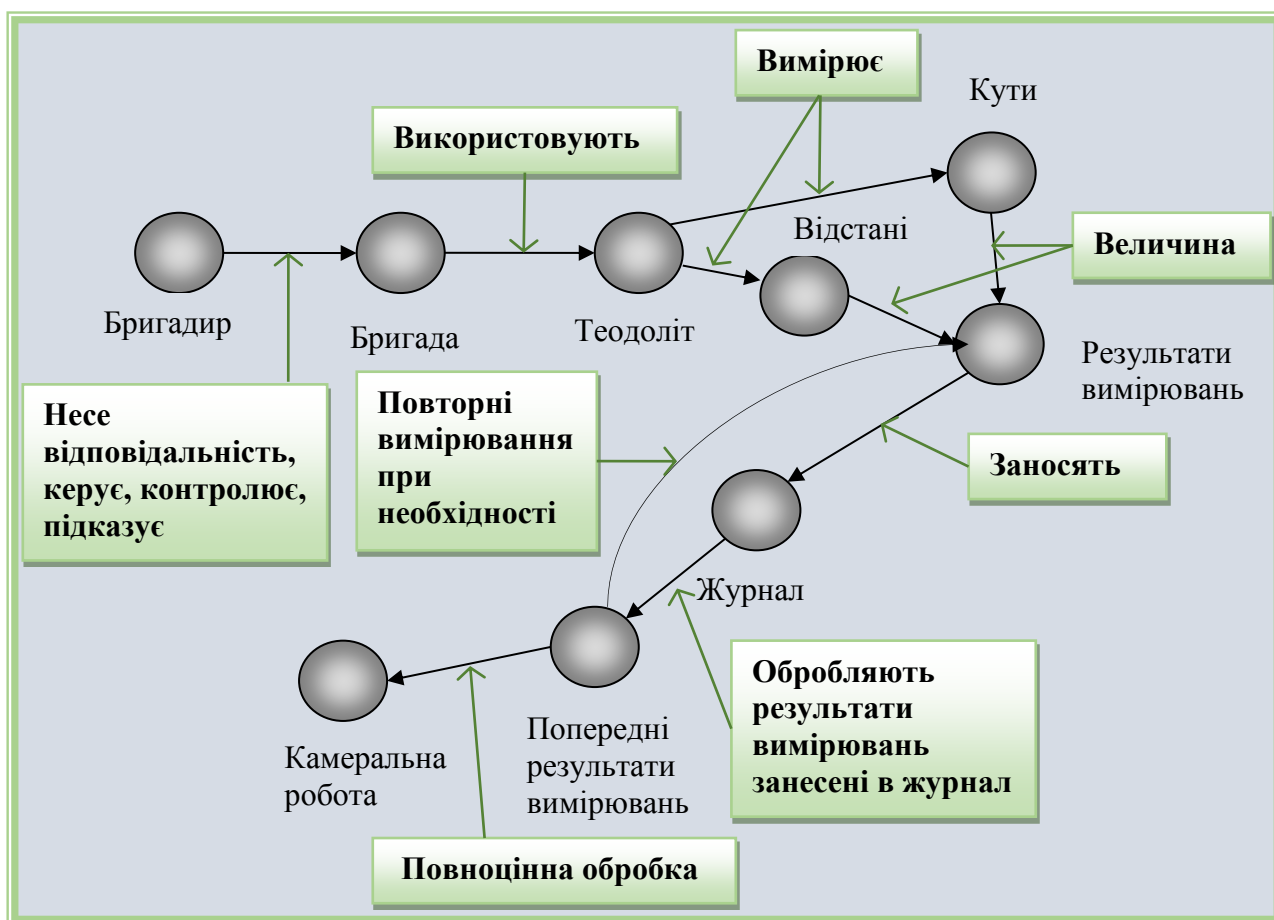


Рисунок 3.8 – Приклад семантичної мережі

Впливає, що концепти мають деяку ієрархію, за допомогою якої можна отримувати *нові факти*, наприклад: «Бригада теодолітом виконує вимірювання кутів». Висновок такого типу називається успадкуванням якості. Підграфи, отримані внаслідок розрізання, називаються гілками успадкування властивостей.

Виходячи з вищесказаного, представимо в узагальненому вигляді базу знань (рис. 3.9).

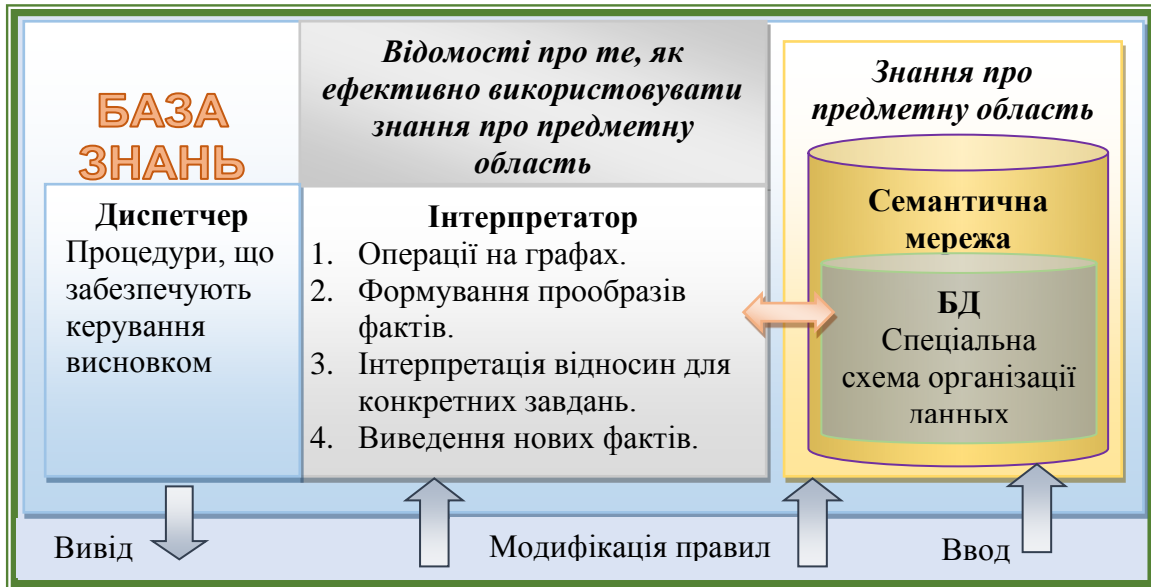


Рисунок 3.9 – Узагальнена схема бази знань, заснованої на семантичній мережі

Перевагами семантичних мереж як засобу уявлення знань є великі виразні можливості, природність і наочність системи знань, представлена графічно, близькість структури мережі, семантичної структури фраз природної мови. Крім того, апарат семантичних мереж має добре апробовану наукову базу як теорії графів.

До недоліків можна віднести відсутність суворих загальних правил маніпулювання знаннями, що потребує розробки спеціальних евристик кожного конкретного завдання. Це зауваження справедливе для складних неоднорідних та ієрархічних семантичних мереж.

*Фреймю.* Прагнення об'єднати переваги продукційних систем та семантичних мереж для представлення знань призвело до створення теорії

фреймів. Її автор визначає кадр як структуру даних або певний образ, який дозволив би шляхом зміни в ній окремих деталей зробити її придатною для розуміння ширшого класу явищ або процесів. В наш час основні поняття теорії фреймів стандартизовані та наведені у роботі ДСТУ 2481–94.

*Фрейм* – модель представлення знань, яка при заповненні її елементів-слотів певними значеннями перетворюється на опис конкретного факту, події, процесу.

*Слот* – складова частина кадру, яка має бути заповнена елементом даних певного типу.

Фреймова структура даних призначена представлення деякої стандартної ситуації. Фрейм зазвичай відповідає уявленню загального поняття із класифікаційною ієрархічною структурою.

Особливість такої ієрархічної структури полягає в тому, що інформація про атрибути, яку містить кадр верхнього рівня, спільно використовується всіма кадрами нижнього рівня, пов'язаних з ним.

Розглянемо складові елементи фрейма-прототипу, попередньо визначивши два важливі стандартизовані поняття.

*Фрейм-екземпляр* – кадр-прототип, у якого значення всіх слотів є константами.

*Фрейм-прототип* ( протофрейм ) – кадр, у якого в частині слотів або у всіх слотах відсутні константні значення.

Представимо кадр у вигляді таблиці (рис. 3.10), яка має назву – унікальне ім'я.

*Ім'я кадру* – це ідентифікатор, який присвоюється кадру. Воно має бути єдиним у цій фреймовій системі (унікальне ім'я). Кожен кадр складається з довільного числа слотів. До них входять службові слоти, що вказують фрейм-батько цього кадру, слот – покажчик дочірніх кадрів, слот для введення імені користувача, дати зміни, тексту коментаря та інші слоти. Кожен слот може бути представлений певною структурою даних.

Ім'я фрейма				
Ім'я слоту	Показчик наслідування	Показчик типу даних	Значення слоту	Домен
Слот 1				
Слот 2				
...	...	...	...	...
Слот n				

Рисунок 3.10 – Структура кадру

*Ім'я слота* – це ідентифікатор, який присвоюється слоту, має унікальне ім'я у структурі кадру. Ім'я слота не несе смислового навантаження і є лише ідентифікатором даного слота, за винятком службових, які використовуються при редагуванні бази знань та управлінні висновком.

*Показники наслідування* застосовуються лише у фреймових системах ієрархічного типу, заснованих на відносинах «абстрактне – конкретне». Вони показують, яку інформацію про атрибути у кадрі верхнього рівня успадковують слоти з такими ж іменами у кадрі нижнього рівня.

*Вказівник типу даних* показує, який тип даних має слот (чисельні значення, текст, приєднана процедура, ім'я іншого кадру та ін.).

*Значення слота* відповідає конкретним даним (інформації). Значення слота повинно збігатися із зазначеним типом даних цього слота. Крім того, має виконуватися умова наслідування.

*Демоном* називається процедура, що автоматично запускається при виконанні певних умов. Демони запускаються при зверненні до відповідного слота. Наприклад, якщо в момент звернення до слота його значення не було встановлено, при підстановці в слот значення тощо. Домен є різновидом приєднаної процедури.

Важливу роль організації управління висновком грають приєднані процедури, які можуть розміщуватися в слоті як його значення і здійснювати функцію прийому (передачі) повідомлень від кадру до кадру. Крім того, вона може ініціювати в інших кадрах приєднані процедури типу «обчислити», «надіслати» та ін.

У фреймових системах використовуються кілька способів керування висновком: приєднані процедури, демон та службові процедури, механізм успадкування.

Найбільш економічним способом керування висновком є механізм успадкування, за допомогою якого здійснюється автоматичний пошук та визначення значень слотів кадру верхнього рівня та приєднаних процедур службового типу. У разі економиться пам'ять і скорочується обсяг робіт під час програмування.

Також ефективним є спосіб об'єднання демона та службових процедур, за допомогою якого можна раціонально організувати будь-який механізм керування висновком.

Базу знань, основою якої покладено фреймова система, можна як узагальненої схеми, наведеної на рисунку 3.11.

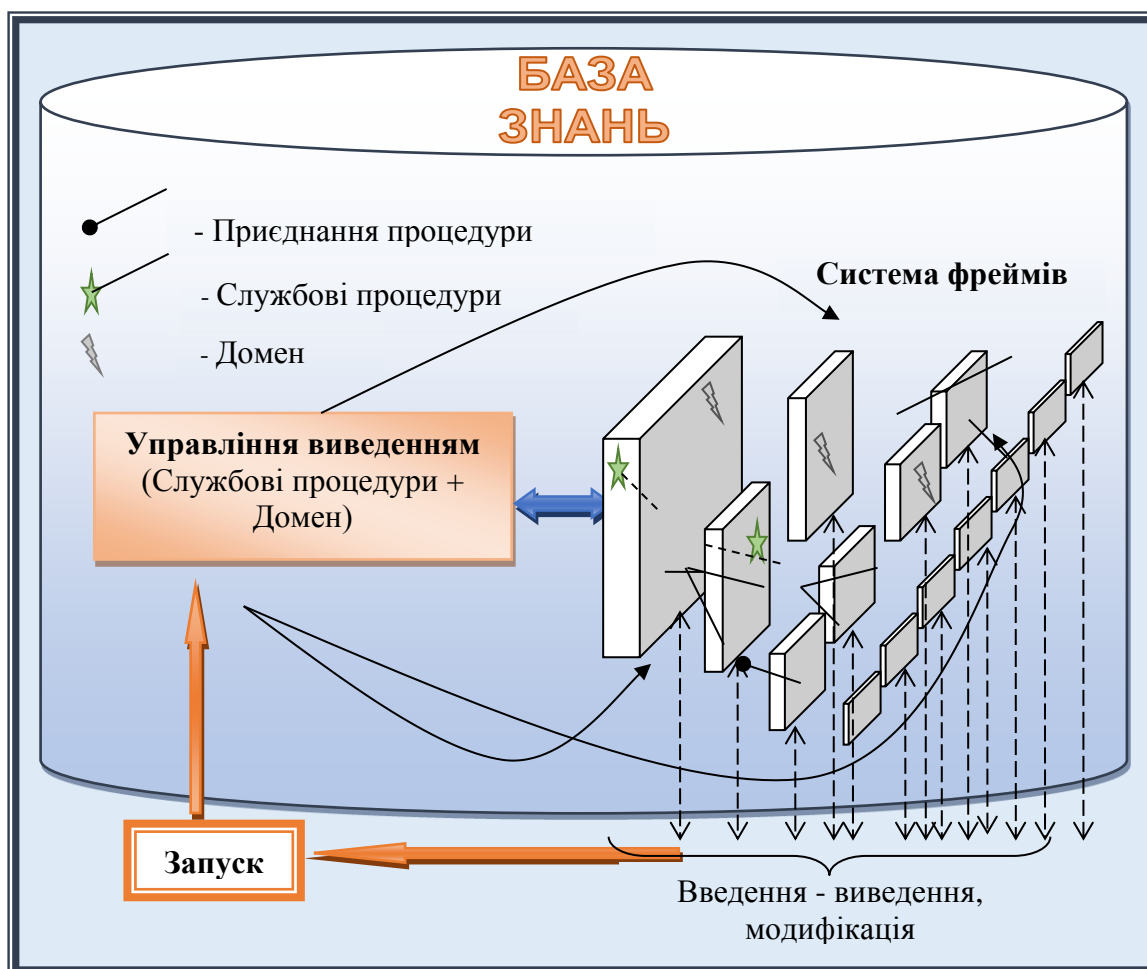


Рисунок 3.11 – Узагальнена схема бази знань, заснована на кадрах



Перевагою фреймового уявлення знань є природність опису предметної області та різноманітність можливих уявлень. Проте з організації великих баз знань із складними взаємозв'язками виникають проблеми описового характеру.

*Подібність та відмінність методів представлення знань.* Вочевидь, що методи уявлення знань, з одного боку, різні, з іншого, вони мають багато спільного, та його відмінності носять концептуальний характер.

Можна зауважити, що логіка висловлювань та предикатів має багато спільного із продукційними правилами. По суті правило продукції, інтерпретуючи його пропозицією логіки предикатів, можна замінити на предикати. Кожну дугу семантичної мережі можна задати предикат як відносини між сутностями (концептами), які описують вершини на кінцях дуги.

Можливість опису деякого уявлення, отриманого одним із методів, означає, що ці уявлення є рівнозначними і їх можна замінити іншими методами уявлення. Однак це не означає, що такі методи уявлення, як продукційні правила, логіка предикатів, семантичні мережі дозволяють отримувати рівнозначні системи уявлень. Це пояснюється тим, що в основі формалізації лежать різні теоретичні системи, які негативно впливають на організацію висновків нових фактів (знань).

Концепція представлення знань як фреймів є окремим випадком представлення знань семантичними мережами. Тому подібність системи кадрів із семантичною мережею очевидна. Крім того, можливість використовувати при керуванні висновком приєднаних процедур дозволяє їх представляти продукційними правилами [5].

Отже, матеріал цієї теми носить як описовий характер. Тут структуровано та узагальнено відомі методи подання знань на основі стандартизованих понять, що використовуються в інтелектуальних інформаційних технологіях.

## ВИСНОВОК

В конспекті були розглянуті загальні відомості про дисципліну, особливості моделювання та візуалізації просторових даних, моделювання знань в галузі геодезії та землеустрою, відомості про інструментальні засоби моделювання, засоби вербального і візуального моделювання. Інструментальні засоби побудови моделей професійних знань в галузі геодезії та землевпорядження, моделювання форм землі та процесів землеустрою як основа пізнавальної діяльності, моделі геодезичних вимірювань та експериментальні дослідження у галузі геодезії та землеустрою, математичне моделювання, як основа проектування складних систем та геопросторових процесів та явищ, моделі подання знань в STEM підході.

Загалом описані методи та принципи дослідження складних систем. Розглянуто можливості графічного представлення складних систем у вигляді моделей.

## СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Шипулін В. Д. Система земельного адміністрування: основи сучасної теорії : навч. посіб. / В. Д. Шипулін ; Харків. нац. унів-т міськ. госп-ва ім. О. М. Бекетова. – Харків : ХНУМГ, 2015. – 287 с.

2. Практикум комплексної систематизації навчальних знань: моделювання і візуалізація : навч. посіб. / К. О. Метешкін, О. Р. Крамаренко, Н. В. Холодна, І. В. Гамаюн ; під ред. К. О. Метешкіна ; Харків. нац. ун-т міськ. госп-ва ім. О. М. Бекетова. – Харків : ХНУМГ ім. О. М. Бекетова, 2021. – 188 с.

3. 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.

4. Земельне адміністрування: особливості формування та сучасні технології реалізації : 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. – Харків : ХНУМГ ім. О. М. Бекетова, 2018. – 356 с.

5. Метешкін К. О. Математична обробка геодезичних вимірів : навч. посіб. / К. О. Метешкін, Д. В. Шаульський ; Харків. нац. акад. міськ. госп-ва. – Харків : ХНАМГ, 2012. – 181 с.

*Електронне навчальне видання*

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

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

**КОНСПЕКТ ЛЕКЦІЙ**

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

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

План 2022, поз. 211Л

---

Підп. до друку 01.05.2023. Формат 60 × 84/16.  
Ум. друк. арк. 5,2.

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.