

Лекція 2.1. Моделі та їх класифікація.

Зміст. Методи моделювання довкілля за даними натурних спостережень. Моделювання стану довкілля на принципах самоорганізації. Моделювання екологічних процесів на основі ідентифікації безперервних функцій.

У процесі пізнання складних еколого-географічних систем важливе місце належить методу моделювання. Моделювання стану довкілля – метод дослідження будови, функціонування, динаміки та розвитку екологічних об'єктів або процесів з використанням моделей, які певною мірою відповідають оригіналові. Основний методологічний принцип моделювання стану довкілля – системний підхід. Моделювання стану довкілля застосовують переважно з іншими методами, зокрема експериментом і спостереженням.

Моделювання – це опосередковане дослідження тих об'єктів пізнання, безпосереднє вивчення яких іншими методами дуже утруднене або неможливе. У генетичному відношенні прості способи моделювання (наприклад, зображення) виникли у результаті багатовікової діяльності людини.

Моделювання, дослідження яких-небудь явищ, процесів або систем об'єктів шляхом побудови й вивчення їх моделей; використання моделей для визначення або уточнення характеристик і раціоналізації способів побудови знову конструювати об'єкти. Моделювання – одна із основних категорій теорії пізнання : на ідеї моделювання базується будь-який метод наукового дослідження – як теоретично (при якому використовуються різноманітні знакові, абстрактні моделі), так і експериментально (використовуючи предметні моделі).

Моделювання включає ряд взаємопов'язаних етапів: 1) формулювання теорії чи гіпотези; 2) розробка екологічної моделі для перевірки цієї теорії; 3) оцінка параметрів обраної моделі; 4) перевірка моделі, статистичні висновки; 5) прогнозування на основі отриманої моделі; 6) застосування моделі (для контролю тощо).

Отже, метод, моделювання завжди передбачає наявність трьох складових елементів – об'єкт пізнання (оригінал), дослідник (суб'єкт), модель.

Взаємозв'язки між ними є не природними, а складними соціальними відношеннями.

Перенесення одержаних результатів на реальний прототип моделі здійснюють на підставі логічних висновків, гіпотез чи теорії досліджуваних явищ, що уточнюють ідею подібності, пов'язану з формалізованою процедурою моделювання. Іноді початковою стадією моделювання стану довкілля є описові (вербальні) еколого-географічні моделі. Виділяють також наочну форму моделювання стану довкілля, яка передбачає просторові зв'язки об'єктів, співвідношення та взаємозв'язок його частин. Наприклад, у графічних моделях такі зв'язки відображають за допомогою геометричних фігур, стрілок тощо.

У залежності від цілей і рівня еколого-географічного дослідження застосовують різні форми, способи і прийоми моделювання: картографічні, статистичні, математичні, абстрактно-логічні та ін.

Картографічне моделювання. Його основою є атласне картографування.

Статистичне моделювання. Цей спосіб поєднує статистичне картографування (картограми, картодіаграми), порівняльні і динамічні статистичні діаграми і графіки. У процесі еколого-географічних досліджень воно не виключає картографічного моделювання, а значно доповнює його. Карти-моделі повинні включати діаграми і графіки. В еколого-географічних дослідженнях може застосовуватись математична статистика на основі якої створюються морфометричні карти-моделі.

Математичне моделювання. Йому належить особливе місце у еколого-географічних дослідженнях. Математичні методи в екології, коли еколого-географічні явища й процеси представляють у вигляді логіко-математичних схем, рівнянь, алгоритмів. Останні є основою машинного моделювання – чисельного (з використанням ЕОМ) або імітаційного (на аналогових машинах).

Абстрактно-логічне моделювання. Воно охоплює поняття й категорії, закони й закономірності, гіпотези й теорії, логічні й графічні моделі.

Терміни “модель”, “моделювання”, “математична модель” і “математичне моделювання” використовуються дуже часто, але при цьому в

них вкладаються різні поняття. В останні роки словом “модель” стали користуватися настільки широко і всюди, в різних ситуаціях, що без жодних пояснень у читача може виникнути неточна уява, про що власне ведеться мова. Виходячи з аналізу значної кількості таких визначень, можна зробити висновок про недоцільність говорити про моделі і про моделювання взагалі, а про конкретні моделі і моделювання в певних галузях.

Лаврин В.В. вважає, що сьогодні більшість математичних моделей, що широко застосовуються в різних галузях природних і суспільних наук, розподіляють на такі два великі класи: 1) математичні (або аналітичні) моделі; 2) імітаційні (або системні) моделі. При цьому вважається, що в математичних моделях застосовуються, в основному, аналітичні методи, зокрема апарат сучасного математичного аналізу та інших розділів математики, а в імітаційних – принципово обов’язковим елементом дослідження

Розглядаючи різноманітні класифікації моделей можна зробити наступні висновки :

1. Вперше систематично поняття модель почало застосовуватись у зв’язку зі створенням неевклідових геометрій, коли повстала проблема представлення таких просторових систем, які було на той час важко продемонструвати натурно.

2. Моделі застосовуються практично в усіх галузях сучасного пізнання і це породжує надзвичайну їх різноманітність. Вони можуть бути статистичними і динамічними, грубими і точними, безперервними і дискретними, дослідницькими і демонстраційними, навчальними, прогностичними, натурними, аналітичними, аналоговими, символічними та ін. Всіх їх об’єднує головне призначення – замінити в процесі отримання інформації про об’єкт сам об’єкт.

3. При моделюванні стану довкілля важливими є такі види моделей : математичні, статистичні, абстрактно-логічні й картографічні.

4. Принцип структурно-функціональної відповідності моделі і об’єкта є основним у моделюванні. Реально існуючому об’єкту, залежно від того, які саме властивості чи функції його цікавлять дослідника, можна поставити у відповідність значну кількість моделей.

Незважаючи на велике різноманіття видів моделей і способів їх побудови та постановки на них експериментів, всі види моделювання мають ряд загальних рис:

1) переорієнтація процесу наукового дослідження з об'єкта, що цікавить дослідника, на деякий проміжний об'єкт-модель;

2) наявність незалежної від суб'єкта дослідження деякої відповідності між моделлю та об'єктом, що моделюється, яка в самому загальному вигляді виражається їх структурно-функціональною спільністю;

3) наявність деякої спільності в певному відношенні між моделлю та об'єктом, що моделюється (об'єктивна сторона моделювання) і, в той же час, міра та форма даної спільності задається тією практичною потребою, задоволення якої здійснює дана операція моделювання (практична, суб'єктивна сторона моделювання)

Впровадження математичних методів в екологію, а також формування математичної екології пов'язані з моделюванням стану довкілля (еколого-географічних об'єктів (утворень, процесів), їх властивостей і відношень).

Математизація екології – це передусім розвиток математико-еколого-географічного моделювання. При цьому виділяють дві самостійні, хоч і взаємопов'язані проблеми: 1) використання формальної (штучної) математичної мови; 2) застосування власне математичних методів. Перше стосується побудови моделей, друге – їх дослідження і використання у числових розрахунках.

Побудова математичних моделей базується тільки за допомогою певних кількісно чітко визначених величин, які у процесі дослідження можуть змінюватись або залишитись незмінними (константами). Тому перш ніж будувати математичну модель або застосовувати уже відомі математичні методи і моделі, необхідно розчленувати об'єкт дослідження на ті елементи (компоненти), які характеризують найбільш істотні властивості даного об'єкта (процесу, явища). Потім кожному елементу утвореної таким чином системи ставиться у відповідність певна кількісна величина. Внаслідок цього одержимо деяку абстрактну систему взаємопов'язаних елементів (компонентів), що представляє (моделює) ту реальну систему або об'єкт, які

ми досліджуємо. Процес (процедура) побудови такої абстрактної спрощеної системи називається математичною формалізацією реального об'єкта, явища або системи. Тому побудована абстрактна система і є певною моделлю реальної системи. Але це ще не математична модель у повному розумінні цього поняття (слова). Необхідно ще встановити зв'язки між окремими елементами системи та між елементами системи і середовищем, в якому функціонує ця система. На етапі встановлення кількісних зв'язків та співвідношень між елементами побудованої системи (моделі) застосування математичних методів можна вважати традиційним. Тут широко використовуються методи математичної статистики, методи побудови емпіричних формул, менше – комбінаторний та логічний аналіз. Статистичний аналіз давно застосовується майже в усіх описових науках і тим більше в еколого-географічних дослідженнях.

Математичне або імітаційне моделювання є однією з найбільш корисних і ефективних форм моделювання, яке виражає (відображає) найістотніші риси реальних об'єктів, процесів, явищ і систем, що вивчаються різними науками.

Створити математичну модель того чи іншого реального процесу або явища в повному розумінні цього поняття, не завжди вдається чітко математично описати реальний об'єкт, процес, явище або, як кажуть, реальну систему. Вихід з даного становища надає імітаційне моделювання. Суть якого полягає в тому, що модель реальної системи будується спочатку словесно (вербально), концептуально, а потім залучаються всі існуючі методи для формалізації і математичного опису моделі, включаючи методи інформатики, системного аналізу і математичного моделювання. Основною умовою побудови імітаційної моделі є використання сучасних електронних обчислювальних машин (ЕОМ). Основою якого є широке використання інтуїції науковця, дослідника чи спеціаліста та їх робота в діалоговому режимі з ЕОМ. Отже, поступаючись в точності математичного опису окремих елементів реальної системи, імітаційна модель, як правило, повинна мати перевагу відносно її інформативності та практичного використання. З огляду на останнє зауваження впливає, що усяка математична модель, яка успішно використовується для розв'язання складних практичних задач і проблем, з повним правом може називатися імітаційною моделлю або імітаційним моделюванням.

Отже, існує різноманітність способів і прийомів математичного моделювання, причому в назві математичної моделі часто відбивається назва того чи іншого математичного методу, що застосовується при побудові моделей. Наприклад, розрізняють моделі дискретні і неперервні, детерміністичні і стохастичні, аналогові і символічні та інше.

Властивості математико-екологічних моделей є те, що вони виступають не лише в ролі посередника між дослідником і об'єктом дослідження, а й проміжним об'єктом між теорією та дійсністю, відбиваючи певну одиничну, індивідуальну систему.

Математична мова у процесі моделювання використовується для опису у більшості випадків сформованої на основі еколого-географічних теорій і концепцій задачі дослідження об'єкта.

Системний аналіз – це методологія дослідження об'єктів з метою визначення найбільш ефективних методів управління ними.

Системи можна представити як упорядковану послідовність елементів, кожен з яких є самостійною підсистемою по відношенню до елементів, розташованих на одній горизонталі є складовими по відношенню до підсистеми більш високого порядку, розташованої вище по вертикалі.

Структурний аналіз передбачає декілька етапів. На першому експерти формулюють мету, уточнюють область дослідження. На другому етапі здійснюють первинну структурування системи – окреслюють межі системи, що досліджується, зовнішнє середовище, прогнозують вплив системи на середовище і навпаки. Якщо система мало залежить від зовнішнього середовища, вона вважається замкненою. Система, яка залежить від зовнішнього середовища, але сама на нього впливає мало, є відкритою. На цьому етапі виділяють окремі складові частини – її елементи.

На третьому етапі формулюють математичну (статичну) модель системи, що досліджується. Вона включає підсистеми і елементи, з яких складається система. Поділ системи на частини є відносним, умовним. Він залежить від мети моделювання. Розрізняють декілька етапів моделювання системи.

Підсистема – компонент системи, більший порівняно з елементом і детальніший, ніж система в цілому. Вона має властивості системи (наприклад, властивість цілісності), чим відрізняється від групи елементів.

Структура системи – це склад її за елементами, взаємовідношення між елементами та їх групами, які мало змінюються при змінах у системі, забезпечують існування системи та її основних властивостей. Найчастіше структуру відображають графічно.

Зв'язок відбиває відношення між елементами системи. Він характеризується напрямом, силою, характером. Розрізняють зв'язки направлені й ненаправлені, сильні й слабкі, підпорядкування, породження, рівноправні, управління, внутрішні й зовнішні, прямі й зворотні тощо.

Стан системи – це її характеристика в певний момент часу.

Поведінка. Якщо система здатна переходити з одного стану в інші (наприклад, $S_1 \rightarrow S_2 \rightarrow S_3$), то кажуть, що вона має поведінку.

Рівновагу системи розглядають як її здатність за відсутності зовнішніх збурюючих дій (або при постійних діях) зберігати свій стан.

Стійкість – здатність системи повертатись до стану рівноваги після того, як вона була з цього стану виведена зовнішніми збурюючими діями. Ця здатність притаманна системі при відхиленнях, що не перевищують певної межі.

Розвиток системи – це її перехід з одного стану в інший.

Метою системи є заздалегідь продуманий результат свідомої діяльності людини. У багатьох детермінованих задачах системного аналізу метою є знаходження оптимуму певного показника.

Навколишнім середовищем для системи є все те, що не входить до її складу.

Рішенням називається будь-який вибір суб'єктом дослідження параметрів. Прийняття рішень є компетенцією осіб, яким надано право остаточного вибору ОПР (особа, що приймає рішення). Поряд з результатами, отриманими в результаті математичних розрахунків.