

**Національний авіаційний університет
Факультет економіки та бізнес-адміністрування
Кафедра економічної кібернетики**

Ю.П. Бойко

**Опорний конспект лекцій
з дисципліни
«Моделювання в цифровій економіці»**

**Київ
2019**

Тема1. Основні положення моделювання. Предмет та об'єкт моделювання в цифровій економіці. Процес моделювання як циклічна структура.

Мета лекції полягає у формуванні в студентів теоретичних знань з питань сутності моделювання та його методологічних засад, поняття та процесу побудови моделей.

План лекції

1. Предмет, об'єкт, завдання та методологічні засади моделювання цифрових систем.
2. Поняття імітаційного моделювання.
3. Класифікація моделей.

Навчальне обладнання, презентація тощо: ноутбук, проектор, мультимедійна презентація.

ВИКЛАД МАТЕРІАЛУ ЛЕКЦІЇ

Дана навчальна дисципліна є теоретичною та практичною основою сукупності знань та вмінь, що формують профіль фахівця в сфері цифрової економіки.

Метою викладання дисципліни є формування у студентів знань з основ моделювання, дослідження й організації процесів управління в економічних системах із застосуванням інформаційних технологій.

Завданнями вивчення навчальної дисципліни є:

- вивчення та засвоєння основних принципів цифрової трансформації економіки;
- вивчення та засвоєння основних процесів в цифровій економіці;
- вивчення та засвоєння основних методів моделювання та розробки інформаційних систем.

Об'єктом вивчення навчальної дисципліни "Моделювання в цифровій економіці" є різні (технічні, фізичні та ін.) системи (явища, процеси), з якими пов'язана людська діяльність.

Предметом вивчення навчальної дисципліни "Моделювання в цифровій економіці" є загальновизнані методології і сучасні технології моделювання складних систем.

Навчальне завдання дисципліни: вивчення практичних підходів до моделювання систем, оволодіння методами моделювання із застосуванням CASE-засобів.

Інформаційні системи (ІС) не виникають самі по собі. Вони створюються в процесі колективної праці фахівців різних предметних областей для окремого (локального) або універсального застосування. У ряді окремих випадків або ж універсальних рішеннях можна адаптувати для застосування в різних організаціях і процесах.

Діяльність, спрямована на створення ІС, називається розробкою ІС. Вона зазвичай здійснюється поетапно з урахуванням можливого життєвого циклу інформаційних продуктів і послуг.

Головна складова життєвого циклу ІС (ЖЦ ІС) існує для формування моделі створення та функціонування ІС.

Для розробки ІС використовують різні моделі і методи. Моделювання ІС може здійснюватися з використанням унікальних і універсальних методів. Так, наприклад, послідовність розробки ІС здійснюється з використанням таких самих методів моделювання, що і використовуються при визначенні ЖЦ ІС.

Розглянемо методи моделювання, що застосовуються при розробці інформаційних систем.

Модель (лат. “Modulus” – міра) – об’єкт-замінник об’єкта-оригіналу, що забезпечує вивчення деяких властивостей останнього; спрощене уявлення системи для її аналізу і передбачення, а також отримання якісних і кількісних результатів, необхідних для прийняття правильного управлінського рішення.

При вирішенні конкретної задачі, коли необхідно виявити певну властивість досліджуваного об’єкта, модель виявляється не тільки корисною, але і часом єдиним інструментом дослідження. Один і той же об’єкт може мати безліч моделей, а різні об’єкти можуть описуватися однією моделлю. Єдина класифікація видів моделей складна в умовах багатозначності поняття “модель” в науці і техніці. Її можна проводити за різними підставами: за характером моделей і об’єктів, що моделюються; за сферами застосування та багато ін.

Моделювання – уявлення об’єкта моделлю для отримання інформації про нього шляхом проведення експериментів з його моделлю.

Під терміном “моделювання” зазвичай розуміють процес створення точного опису системи; метод пізнання, що складається в створенні і дослідженні моделей.

Моделювання полегшує вивчення об’єкта з метою його створення, подальшого перетворення і розвитку. Використовується моделювання для дослідження існуючої системи, коли реальний експеримент проводити недоречно через значні фінансові витрати і трудові ресурси, а також при необхідності проведення аналізу проектованої системи, тобто яка ще фізично не існує в даній організації.

Для формування моделі використовуються:

- структурна схема об’єкта;
- структурно-функціональна схема об’єкта;
- алгоритми функціонування системи;
- схема розташування технічних засобів на об’єкті;
- схема зв’язку та ін.

Всі моделі можна розподілити на два великі класи: предметні (матеріальні) і знакові (інформаційні).

Для проектування ІС використовують інформаційні моделі, що представляють об’єкти і процеси в формі рисунків, схем, креслень, таблиць, формул, текстів і т.п.

Інформаційна модель – це модель об’єкта, процесу або явища, в якій представлені інформаційні аспекти модельованого об’єкта, процесу або явища.

Вона є основою розробки моделей ІС.

Для створення описових текстових інформаційних моделей зазвичай використовують природні мови.

Поряд з природними мовами (англійська, українська, російська, і т.д.) розроблені і використовуються формальні мови: системи числення, алгебра висловлювань, мови програмування та ін.

Основна відмінність формальних мов від природних полягає в наявності у формальних мов не тільки жорстко зафіксованого алфавіту, але і суворих правил граматики і синтаксису.

За допомогою формальних мов будують інформаційні моделі певного типу – формально-логічні моделі.

При вивченні нового об'єкта спочатку зазвичай будується його описова модель, потім вона формалізується, тобто виражається з використанням математичних формул, геометричних об'єктів і т.д.

Процес побудови інформаційних моделей за допомогою формальних мов називають **формалізацією**.

Моделі, побудовані з використанням математичних понять і формул, називають математичними моделями.

Модель повинна враховувати як можна більше число факторів. Однак реалізувати такий стан важко особливо в слабо структурованих системах. Тому найчастіше прагнуть створювати моделі досить простих елементів, з урахуванням їх мікро – і макро зв'язків. Це дозволяє отримувати доступні для огляду результати. Фрагмент класифікації методів моделювання представлений на рис.



Рис. Класифікація методів моделювання.

Зазвичай розрізняють реальне (матеріальне, предметне) і уявне (ідеалізоване, концептуально-методологічне) моделювання.

Концептуально-методологічне моделювання являє собою процес встановлення відповідності реальному об'єкту деякої абстрактної конструкції, що дозволяє отримати характеристики об'єкта. Дана модель, як і будь-яка інша, описує реальний об'єкт лише з деякою мірою наближення до дійсності.

Концептуальне моделювання являє собою структурований процес створення систем, що складається з наступних етапів:

1. Аналіз,
2. Проектування,
3. Програмування,
4. Тестування,

5. Впровадження.

Найважливішою формою системного аналізу складних систем є **імітаційне моделювання** на ЕОМ, що описує процеси функціонування систем у вигляді алгоритмів. Його застосовують у випадках, коли необхідно врахувати велику різноманітність вихідних даних, вивчити протікання процесів в різних умовах. Процес імітації на будь-якому етапі може бути припинений для проведення наукового експерименту на вербальному (описовому) рівні, результати якого після оцінки та обробки можуть бути використані на наступних етапах імітації.

Тема2. Процеси в цифровій економіці.

Мета лекції полягає у формуванні в студентів теоретичних знань з питань цифровізації та цифрової трансформації процесів в економіці.

План лекції

1. Процеси в цифровій економіці.
2. Цифрова трансформація.
3. Принципи цифровізації..

Навчальне обладнання, презентація тощо: ноутбук, проектор, мультимедійна презентація.

ВИКЛАД МАТЕРІАЛУ ЛЕКЦІЇ

Для підприємств під переходом у цифрову економіку розуміється процес докорінного перетворення глобальних ланцюгів створення вартості способом гнучкого поєднання віртуальних і фізичних систем виробництва для створення новітніх бізнес-моделей з метою автоматизації процесу прийняття складних рішень та отримання позитивних синергетичних мережевих ефектів за рахунок змішання різноманітних технологій фізичного, цифрового та біологічного світів на базі єдиної цифрової платформи.

Отже, цифровізація економіки – це трансформація існуючих бізнес-моделей операційного типу в інноваційні цифрові моделі діяльності, які підтримують повну автоматизацію, роботизацію, комп'ютеризацію всіх функціональних областей, роботу з великими масивами даних та є підґрунтям для створення над-складних і надпотужних систем управління з елементами штучного інтелекту.

Цифрова економіка — це тип економіки, де ключовими факторами та засобами виробництва є цифрові дані (бінарні, інформаційні тощо) та мережеві транзакції, а також їх використання як ресурсу, що дає змогу істотно збільшити ефективність та продуктивність діяльності та цінність для отриманих продуктів та послуг.

Цифрова трансформація (цифровізація) — це перетворення наявних аналогових (іноді електронних) продуктів, процесів та бізнес-моделей організації, в основі якої лежить ефективне використання цифрових технологій.

Цифрові технології (згідно з аналітичними звітами Давоського економічного форуму): Інтернет речей, роботизація та кіберсистеми, штучний

інтелект, великі дані, безпаперові технології, адитивні технології (3D-друк), хмарні та туманні обчислення, безпілотні та мобільні технології, біометричні технології, квантові технології, технології ідентифікації, блокчейн (перелік не є вичерпним та доповнюється).

Перехід у цифрову економіку отримав назву Industry 4.0 – Четверта промислова (індустріальна)

Цифрова трансформація означає інтеграцію цифрових технологій у всі сфери бізнесу. Ця інтеграція призводить до принципових змін у тому, як діють громадяни, підприємства та організації, як вони забезпечують цінність для себе, своїх працівників, клієнтів, партнерів, досягаючи власних та спільних, економічних та соціальних цілей швидше, дешевше та з новою якістю.

Цифровізація — це насичення фізичного світу електронно-цифровими пристроями, засобами, системами та налагодження електронно-комунікаційної взаємодії між ними.

Індустрія 4.0 — це цифрова трансформація виробничих процесів (цифровізація на підприємствах).

Цифрові інфраструктури — комплекс технологій, продуктів та процесів, що забезпечують обчислювальні, телекомунікаційні та мережеві можливості електронної взаємодії, обміну даними, сигналами тощо. Цифрові інфраструктури є основою цифрової економіки. Вони поділяються на опорні (тверді) та сервісні (м'які).

Опорні (тверді) інфраструктури:

- фіксована інфраструктура широкопasmового доступу до Інтернету (ШСД): магістральні, дистрибуційні та локальні мережі, точки обміну трафіком тощо;
- мобільна інфраструктура зв'язку та широкопasmового доступу (3G, 4G, 5G);
- радіоінфраструктура (LoRaWan тощо) для проектів Інтернету речей (сенсори, датчики тощо);
- радіоінфраструктура (насамперед Wi-Fi на рівні міст, селищ, різних закладів туристичних об'єктів тощо.);
- інфраструктура супутникового зв'язку;
- обчислювальна інфраструктура (т. з. хмарна, або віртуалізована, інфраструктура);
- інфраструктура кібербезпеки.

Сервісна (м'яка) інфраструктура:

- інфраструктура ідентифікації та довіри (citizen ID, Bank ID, mobile ID);
- інфраструктура відкритих даних;
- інфраструктура державних послуг (e-government);
- інфраструктура інтероперабельності (API, стандарти європейської ISA);
- інфраструктура е-комерції та е-бізнесу (e-contract, e-invoicing, e-logistics);
- транзакційно-процесингова інфраструктура (онлайн-платежі, інструменти cashless, сервіси fintech);

- інфраструктура життєзабезпечення (цифрові медичні, освітянські, транспортні, логістичні та інші системи, системи громадської безпеки);
- геоінформаційна інфраструктура (прив'язки цифрових даних до просторових об'єктів);
- промислові цифрові інфраструктури (Індустрія 4.0).

Широкозмугвий доступ до Інтернету (ШСД) — доступ до Інтернету з високою швидкістю передачі даних.

Цифровий розрив (цифрова нерівність) — нерівність у доступі до можливостей в економічній, соціальній, культурній, освітній галузях, які існують або поглиблюються в результаті неповного, нерівномірного або недостатнього доступу до комп'ютерних, телекомунікаційних та цифрових технологій. Цифровий розрив може бути, зокрема, штучним, тобто таким, що стався внаслідок надзвичайної події, наприклад через вандалські дії в телекомунікаційній інфраструктурі оператора.

Цифровий стрибок — це стрибкоподібний розвиток, що означає швидку зміну, здійснену організацією, суспільством, сферою або країною для переходу на вищий рівень розвитку завдяки технологіям, минаючи проміжні стадії, які є природними в інших випадках.

Sharing economy (спільна економіка) — це спільне використання ресурсів, сервісів, можливостей.

Digital by default — це принцип, згідно з яким цифрова (електронна) версія процесу, системи стає основною, водночас відповідна аналогова перестає супроводжуватися або існувати взагалі.

Data у цифровій економіці — це ресурс та засіб виробництва, який може стати фактором капіталізації як власного (віртуального), так і аналогового контуру, що призводить до «ресурсотворення» та появи доданої вартості (а не лише використання, на прикладі природних ресурсів). Більше даних — більше ресурсів.

Network effect — феномен зростання споживчої цінності мережі у міру зростання числа її вузлів, масштаб та «зв'язки», мережевий ефект.

Open systems — відкриті стандарти та доступність, масштабованість.

Integration (Digital Twin) — інтегральна взаємодія віртуального, фізичного, біо (кіберфізичні, кібербіосистеми).

Цифрове суспільство — це суспільство, яке інтенсивно та продуктивно використовує цифрові технології для власних потреб — самореалізації, роботи, відпочинку, навчання, дозвілля, а також для досягнення та реалізації спільних економічних, суспільних та громадських цілей.

Принципи цифровізації

Цифровізацію варто розглядати як інструмент, а не як самоціль. За системного державного підходу цифрові технології стимулюватимуть створення робочих місць, підвищення продуктивності, темпів економічного зростання та якості життя громадян України.

Так, у «Цифровій адженді України» та Концепції розвитку цифрової економіки та суспільства України сформульовано основні принципи цифровізації. Дотримання цих принципів є визначальним для створення й

реалізації переваг, що їх надають цифрові технології, та користування цими перевагами.

Принцип 1. Цифровізація повинна забезпечувати кожному громадянину рівний доступ до послуг, інформації та знань, що надаються на основі інформаційно-комунікаційних та цифрових технологій.

Принцип 2. Цифровізація повинна бути спрямована на створення переваг у різних сферах повсякденного життя. Цей принцип передбачає підвищення якості надання послуг з охорони здоров'я та отримання освіти, створення нових робочих місць, розвитку підприємництва, сільського господарства, транспорту, захисту навколишнього природного середовища, сприяння подоланню бідності, запобігання катастрофам, гарантування громадської безпеки тощо.

Принцип 3. Цифровізація є інструментом економічного зростання шляхом підвищення ефективності, продуктивності та конкурентоздатності завдяки використанню цифрових технологій. Цей принцип передбачає досягнення цифрової трансформації галузей економіки, сфер діяльності, набуття ними нових конкурентних якостей та властивостей.

Принцип 4. Цифровізація повинна сприяти розвитку інформаційного суспільства та засобів масової інформації. Створення контенту, насамперед українського, відповідно до національних або регіональних потреб сприяє соціальному, культурному та економічному розвитку, а також зміцненню інформаційного суспільства та демократії в цілому.

Принцип 5. Цифровізація повинна орієнтуватися на міжнародне, європейське та регіональне співробітництво з метою інтеграції України до ЄС, виходу на європейський і світовий ринок.

Принцип 6. Стандартизація є основою цифровізації, одним із головних чинників її успішної реалізації.

Побудова лише на українських стандартах цифрових систем, платформ та інфраструктур, які мають бути використані громадянами, бізнесом та державою для участі, конкуренції та успіху у глобальній економіці та на відкритих ринках, неприпустима. Винятком можуть бути відповідні програми у сфері оборони та безпеки, в яких застосування інших стандартів (національних, міждержавних) є аргументованим.

Принцип 7. Цифровізація повинна супроводжуватися підвищенням рівня довіри й безпеки.

Інформаційна безпека, кібербезпека, захист персональних даних, недоторканність особистого життя та прав користувачів цифрових технологій, зміцнення та захист довіри у кіберпросторі є, зокрема, передумовами одночасного цифрового розвитку та відповідного запобігання супутнім ризикам, їх усунення та управління ними.

Принцип 8. Цифровізація як об'єкт фокусного та комплексного державного управління.

Основними завданнями держави на шляху до цифровізації країни є корегування вад ринкових механізмів, подолання інституційних та законодавчих бар'єрів, започаткування проектів цифрових трансформацій

національного рівня та залучення відповідних інвестицій, стимулювання розвитку цифрових інфраструктур.

Держава має взяти на себе ролі лідера й експериментатора; регулятора й захисника; популяризатора цифрових трансформацій в Україні.

Тема3. Основні поняття моделювання. Види моделей, їх класифікація. Вимоги до моделей.

Мета лекції полягає у формуванні в студентів теоретичних знань з питань класифікації моделей та вимог до них.

План лекції

1. Основні поняття моделювання.
2. Види моделей, їх класифікація.
3. Вимоги до моделей.

Навчальне обладнання, презентація тощо: ноутбук, проектор, мультимедійна презентація.

ВИКЛАД МАТЕРІАЛУ ЛЕКЦІЇ

Для того щоб визначити види моделей, перш за все, потрібно вказати ознаки класифікації.

Якщо враховувати, що моделювання – це метод пізнання дійсності, то основною ознакою класифікації можна назвати спосіб подання моделі. За цією ознакою розрізняють абстрактні і реальні моделі (рис. 1). Під час моделювання можливі різні абстрактні конструкції, проте, основною є віртуальна (уявна) модель, що відображає ідеальне уявлення людини про навколишній світ, який фіксується у свідомості через думки і образи. Віртуальна модель може представлятися у вигляді наглядної моделі за допомогою графічних образів і зображень.

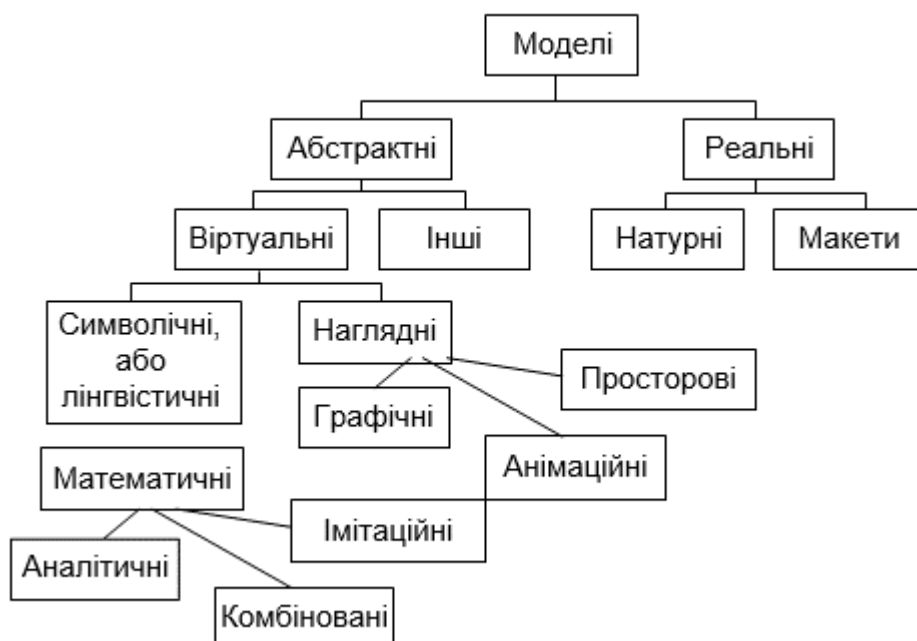


Рис. 1. Основні типи моделей

Наглядні моделі залежно від способу реалізації можна поділити на дво- або тривимірні графічні, анімаційні і просторові. Графічні й анімаційні моделі широко використовуються для відображення процесів, які відбуваються в модельованій системі. Графічні моделі застосовуються в системах автоматизованого проектування (computer-aided design, CA). Для відтворення тривимірних моделей за допомогою комп'ютера існує багато графічних пакетів, найбільш поширені з яких: Corel DRAW, 3D Studio Max і Maya. Графічні моделі є базою всіх комп'ютерних ігор, а також застосовуються під час імітаційного моделювання для анімації.

Щоб побудувати модель у формальному вигляді, створюють символічну, або лінгвістичну, модель, яка відповідає б високому рівню абстрактного опису, як це було вказано вище. На базі її отримують інші рівні опису.

Основним видом абстрактної моделі є математична модель. Її вид залежить як від природи реального об'єкта, так і від задач дослідження об'єкта та необхідної достовірності і точності розв'язку цієї задачі. Будь-яка математична модель, як і всяка інша, описує реальний об'єкт лише з деякою мірою наближення до дійсності. За видом математичні моделі для дослідження характеристик процесу функціонування систем можна розділити на аналітичні, імітаційні і комбіновані.

Для аналітичної моделі характерно те, що процеси функціонування елементів системи записуються у вигляді деяких функціональних співвідношень (алгебри, інтегрально-диференціальних, кінцево-різницевих і т. п.) або логічних умов. Аналітична модель може бути досліджена такими методами:

- а) аналітичним, коли прагнуть отримати в загальному вигляді явні залежності для шуканих характеристик;
- б) чисельним, коли, не вміючи розв'язувати рівняння в загальному вигляді, прагнуть отримати числові результати при конкретних початкових даних;
- в) якісним, коли, не маючи розв'язку в явному вигляді, можна знайти деякі властивості розв'язку (наприклад, оцінити сталість розв'язку).

Якнайповніше дослідження процесу функціонування системи можна провести, якщо відомі явні залежності, що пов'язують шукані характеристики з початковими умовами, параметрами і змінними системи S . Проте такі залежності вдається отримати тільки для порівняно простих систем. При ускладненні систем дослідження їх аналітичним методом нашоується на значні труднощі, які часто бувають нездоланими. Тому, бажаючи використовувати аналітичний метод, в цьому випадку йдуть на суттєве спрощення початкової моделі, аби мати можливість вивчити хоча б загальні властивості системи. Таке дослідження на спрощеній моделі аналітичним методом допомагає отримати орієнтовні результати для визначення точніших оцінок іншими методами. Чисельний метод дозволяє досліджувати порівняно з аналітичним методом ширший клас систем, але при цьому отримані розв'язки

носять приватний характер. Чисельний метод особливо ефективний при використанні комп'ютерів.

В окремих випадках дослідника системи можуть задовольнити і ті висновки, які можна зробити при використанні якісного методу аналізу математичної моделі. Такі якісні методи широко використовуються, наприклад, в теорії автоматичного управління для оцінки ефективності різних варіантів систем управління.

В імітаційній моделі відтворюється процес функціонування системи S у часі, причому імітуються елементарні явища, що складають процес, із збереженням їх логічної структури і послідовності протікання в часі, що дозволяє за початковими даними отримати зведення про стани процесу в певні моменти часу, які дають можливість оцінити характеристики системи S .

Основною перевагою використання імітаційних моделей порівняно з аналітичними моделями є можливість розв'язання складніших задач. Імітаційні моделі дозволяють досить просто враховувати такі фактори, як наявність дискретних і безперервних елементів, нелінійні характеристики елементів системи, численні випадкові дії тощо, які часто створюють труднощі при аналітичних дослідженнях. Нині імітаційне моделювання – найбільш ефективний метод дослідження великих систем, а часто і єдиний практично доступний метод отримання інформації про поведінку системи, особливо на етапі її проектування.

Коли результати, отримані при відтворенні на імітаційній моделі процесу функціонування системи S , є реалізаціями випадкових величин і функцій, тоді для знаходження характеристик процесу потрібне його багаторазове відтворення з подальшою статистичною обробкою інформації і доцільно як метод машинної реалізації імітаційної моделі використовувати метод статистичного моделювання. Спочатку був розроблений метод статистичних випробувань, що є чисельним методом, який застосовувався для моделювання випадкових величин і функцій, імовірнісні характеристики яких співпадали з розв'язками аналітичних задач (така процедура отримала назву метода Монте-Карло). Потім цей прийом почали застосовувати і для машинної імітації з метою дослідження характеристик процесів функціонування систем, схильних до випадкових дій, тобто з'явився метод статистичного моделювання.

Таким чином, методом статистичного моделювання надалі називатимемо метод машинної реалізації імітаційної моделі, а методом статистичних випробувань (Монте-Карло) називатимемо чисельний метод розв'язання аналітичних задач.

Метод імітаційного моделювання дозволяє розв'язувати задачі аналізу великих систем S , включаючи задачі оцінки: варіантів структури системи, ефективності різних алгоритмів управління системою, впливу зміни різних параметрів системи. Імітаційне моделювання може бути покладене також в основу структурного, алгоритмічного і параметричного синтезу великих систем, коли потрібно створити систему із заданими характеристиками при

певних обмеженнях, яка є оптимальною за деякими критеріями оцінки ефективності.

Використання комбінованих (аналітико-імітаційних) моделей при аналізі і синтезі систем дозволяє об'єднати переваги аналітичних й імітаційних моделей. При побудові комбінованих моделей проводиться попередня декомпозиція процесу функціонування об'єкта на складові підпроцеси, і для тих з них, де це можливо, використовуються аналітичні моделі, а для решти підпроцесів будуються імітаційні моделі. Такий комбінований підхід дозволяє охопити якісно нові класи систем, які не можуть бути досліджені з використанням тільки аналітичного й імітаційного моделювання окремо.

На відміну від абстрактних, реальні моделі існують у природі, і з ними можна експериментувати. Реальні моделі – це такі моделі, в яких хоча б один компонент є фізичною копією реального об'єкта. Залежно від того, в якому співвідношенні перебувають властивості системи і моделі, реальні моделі можна поділити на натурні і макетні.

Натурні (фізичні) моделі – це існуючі системи (або їх частини), на яких ведуться дослідження. Натурні моделі повністю адекватні реальній системі, що дає можливість отримувати високу точність і достовірність результатів моделювання. Істотні недоліки натурних моделей – це неможливість моделювання критичних й аварійних режимів їх роботи і висока вартість.

Макетні моделі – це реально існуючі моделі, що відтворюють модельовану систему в певному масштабі. Іноді такі моделі називаються масштабними. Параметри моделі і системи відрізняються між собою. Числове значення цієї відмінності називається масштабом моделювання, або коефіцієнтом схожості. Ці моделі розглядаються в рамках теорії схожості, яка в окремих випадках передбачає геометричну схожість оригінала і моделі для відповідних масштабів параметрів. Прості макетні моделі – це пропорційно зменшені копії існуючих систем, які відтворюють основні властивості системи або об'єкта залежно від мети моделювання. Макетні моделі широко використовуються під час вивчення фізичних та аеродинамічних процесів, гідротехнічних споруд і багатьох інших технічних систем.

Залежно від можливості змінювати в часі свої властивості моделі поділяються на статичні і динамічні. Статичні моделі, на відміну від динамічних, не змінюють своїх властивостей в часі. Динамічні моделі, як правило, є імітаційними.

Залежно від того, яким чином відтворюються в часі стани моделі, розрізняють дискретні, неперервні і дискретно-неперервні (комбіновані) моделі.

Відповідно до співвідношень між станами системи і моделі розрізняють детерміновані і стохастичні моделі. Останні, на відміну від детермінованих моделей, враховують імовірнісні явища і процеси, що відбуваються в системі.

Тема4. Основні положення системного аналізу і моделювання.

Мета лекції полягає у формуванні в студентів теоретичних знань з питання системного аналізу проблеми при побудові моделей систем.

План лекції

1. Принципи і етапи системного аналізу.
2. Системний аналіз проблем.
3. Загальні вимоги, яким повинна задовольняти правильно побудована модель.

Навчальне обладнання, презентація тощо: ноутбук, проектор, мультимедійна презентація.

ВИКЛАД МАТЕРІАЛУ ЛЕКЦІЇ

Системний аналіз виник у відповідь на вимоги практики, яка поставила аналітиків перед необхідністю вивчати і проектувати складні системи, управляти ними в умовах неповноти інформації, обмеженості ресурсів, дефіциту часу. До теперішнього часу тривають суперечки, чи можна вважати системний аналіз наукою, мистецтвом або «технологічним ремеслом». Особливо гостро дискутуються додатки системного аналізу до проблем, пов'язаних з «соціотехнічними системами», автоматизованими системами управління, тобто системами, в яких вирішальну роль відіграють люди. При вирішенні таких проблем істотними виявляються не тільки питання побудови та використання моделей, не тільки пошуки рішення слабоструктурованих, в повному обсязі формалізованих задач, а й суто психологічні аспекти людських взаємин, що ще більше «видаляє» системний аналіз від «чистих наук» типу фізики і математики.

Однак розвивається бурхливими темпами загальна теорія систем поступово стає наукою, без врахування висновків та рекомендацій якої вивчення і осмислення процесів, що протікають в технічних, організаційно-технічних, організаційних та інших системах, суттєво ускладнюється. Загальна теорія систем - відносно молода наука. Проте вже зараз жодна прикладна дисципліна при спробі опису найбільш загальних для неї категорій не обходиться без допомоги цієї науки. Істотно, що сам посыл про розгляд будь-якого питання системно означає необхідність звернення хоча б до основних понять теорії систем.

Разом з тим сама система в даній теорії розуміється абстрактно, безвідносно до її фізичному змісту. Очевидно, що це має свої мінуси і плюси. Негативно те, що за абстрактністю, абсолютної формалізацією втрачається бачення системи як матеріального, реально існуючого об'єкта. Це, як правило, негативно відбивається на практичних висновках і рекомендаціях, одержуваних за результатами системного аналізу. Однак не можна заперечувати і того позитивного ефекту, який має місце в разі розгляду будь-якої системи як теоретично існуючого об'єкта. Це дає можливість з загальнонаукових позицій встановлювати закономірності становлення, розвитку і вмирання систем практично будь-якої природи. Крім того,

загальносистемні питання дозволяють не упустити істотного при вивченні об'єкта, найбільш повно відобразити його різноманіття.

Якщо задана сукупність об'єктів, кожен з яких є системою в широкому сенсі, тобто володіє такими системоутворюючими властивостями, як цілісність і подільність, наявність істотних зв'язків і цілі, організація елементів і емерджентність, то очевидно, що для дослідження наявної сукупності необхідний єдиний науково-методичний апарат, який дозволяв би з найбільш загальних позицій аналізувати кожен об'єкт незалежно від його сутності.

В силу принципів відмінностей фізичних сутностей, що становлять кожен елемент системи, на перший погляд, здається, що не існує універсального механізму дослідження цих систем. Однак неважко помітити, що всім перерахованим системам властиві системоутворюючі властивості. Отже, апарат, який дає можливість оцінювати ці властивості, не звертаючи особливої уваги на природу системи, є методологічна основа системного аналізу.

Структура - найважливіша категорія в теорії систем. Поняття структури володіє такою ж спільністю, що і поняття самої системи. З цієї точки зору структура - та субстанція, яка є загальною для самого широкого класу систем. Дійсно, і система рівнянь, і система управління мають свої структури, які покликані відбивати внутрішній устрій (будова) даної системи. З цього випливає, що моделювання структур також має носити, по можливості, найбільш загальний характер. Іншими словами, формальні математичні моделі і механізми їх побудови не повинні залежати від природи тієї чи іншої системи. У такій постановці методи і процедури системного аналізу представляються найбільш перспективними в дослідженнях складних систем.

Слід зазначити, що сучасний системний аналіз вже не є емпіричним збором філософських установок, корисних порад і рецептів, забезпечених арсеналом допоміжних математичних та інструментальних засобів, із залученням знань з будь-яких предметних наук, які мають відношення до даної проблеми. Все це об'єднано в систему, організовану відповідно до єдиної ідеї. Такою ідеєю є діалектика. Тому системний аналіз, що розглядається як методологія, є прикладна діалектика.

Діалектика - це метод пізнання, що забезпечує узгодження системності знань і системності світу на будь-якому рівні абстракції. Системний аналіз в його сучасному розумінні реалізує діалектичний метод при розгляді прикладних задач. Сила і ефективність прикладної діалектики найбільш яскраво проявляються при аналізі дійсно складних завдань, що і спостерігається в практиці системного аналізу.

Тема 5. Принципи та етапи побудови моделей.

Мета лекції полягає у формуванні в студентів теоретичних знань з питання принципів та етапів побудови моделей.

План лекції

1. Принципи побудови моделей.

2. Етапи побудови моделей.

Навчальне обладнання, презентація тощо: ноутбук, проектор, мультимедійна презентація.

ВИКЛАД МАТЕРІАЛУ ЛЕКЦІЇ **Основні принципи моделювання**

Принципи визначають загальні вимоги, яким повинна задовольняти правильно побудована модель. Розглянемо ці принципи.

1. Адекватність. Цей принцип передбачає відповідність моделі цілям дослідження за рівнем складності і організації, а також відповідність реальній системі щодо обраного безлічі властивостей. До тих пір, поки не вирішено питання чи правильно відображає модель досліджувану систему, цінність моделі незначна.

2. Відповідність моделі розв'язуваної задачі. Модель повинна будуватися для вирішення певного класу задач або конкретного завдання дослідження системи. Спроби створення універсальної моделі, націленої на рішення великого числа різноманітних завдань, призводять до такого ускладнення, що вона виявляється практично непридатною. Досвід показує, що при вирішенні кожної конкретної задачі потрібно мати свою модель, яка відобразатиме ті аспекти системи, які є найбільш важливими в даній задачі. Цей принцип пов'язаний з принципом адекватності.

3. Спрощення при збереженні істотних властивостей системи. Модель повинна бути в деяких відносинах простіше прототипу - в цьому сенс моделювання. Чим складніше розглянута система, тим по можливості більш спрощеним має бути її опис, навмисне перебільшую типові і ігнорує менш істотні властивості. Цей принцип може бути названий принципом абстрагування від другорядних деталей.

4. Відповідність між необхідною точністю результатів моделювання і складністю моделі. Моделі за своєю природою завжди носять наближений характер. Виникає питання, яким має бути це наближення. З одного боку, щоб відобразити всі скільки-небудь істотні властивості, модель необхідно деталізувати. З іншого боку, будувати модель, що наближається за складністю до реальної системи, очевидно, не має сенсу. Вона не повинна бути настільки складною, щоб знаходження рішення виявилось занадто складним. Компроміс між цими двома вимогами досягається нерідко шляхом проб і помилок. Практичними рекомендаціями щодо зменшення складності моделей є:

- зміна природи змінних параметрів. Змінні параметри розглядаються в якості постійних, дискретні - як безперервних і т.д. Так, умови поширення радіохвиль в моделі радіоканалу для простоти можна прийняти постійними;

- зміна функціональної залежності між змінними. Нелінійна залежність замінюється зазвичай лінійною, дискретна функція розподілу ймовірностей - безперервною;

- зміна обмежень (додавання, винятки або модифікація). При знятті обмежень виходить оптимістичне рішення, при внутрішньовенному введенні -

песимістичний. Варіюючи обмеженнями можна знайти можливі граничні значення ефективності. Такий прийом часто використовується для знаходження попередніх оцінок ефективності рішень на етапі постановки завдань;

- обмеження точності моделі. Точність результатів моделі не може бути вище точності вихідних даних.

5. Баланс похибок різних видів. Відповідно до принципу балансу необхідно домагатися, наприклад, балансу систематичної похибки моделювання за рахунок відхилення моделі від оригіналу і похибки вихідних даних, точності окремих елементів моделі, систематичної похибки моделювання і випадкової похибки при інтерпретації та осередненні результатів.

6. Багатоваріантність реалізацій елементів моделі. Різноманітність реалізацій одного і того ж елемента, які відрізняються за точністю (а отже, і за складністю), забезпечує регулювання співвідношення

«Точність / складність».

7. Блокова будова. При дотриманні принципу блочної будови полегшується розробка складних моделей і з'являється можливість використання накопиченого досвіду і готових блоків з мінімальними зв'язками між ними. Виділення блоків проводиться з урахуванням поділу моделі по етапах і режимам функціонування системи. Наприклад, при побудові моделі Для системи радіорозвідки можна виділити модель роботи випромінювачів, модель виявлення випромінювачів, модель пеленгування і т.д.

Залежно від конкретної ситуації можливі такі підходи до побудови моделей:

- безпосередній аналіз функціонування системи;
- проведення обмеженого експерименту на самій системі;
- використання аналога;
- аналіз вихідних даних.

Є цілий ряд систем, які допускають проведення безпосередніх досліджень з виявлення істотних властивостей і стосунків між ними. Потім або застосовуються відомі математичні моделі, або вони модифікуються або пропонується нова модель. Таким чином, наприклад, можна вести розробку моделі для направлення зв'язку в умовах мирного часу.

При проведенні експерименту виявляється значна частина істотних властивостей і їх вплив на ефективність системи. Таку мету переслідують, наприклад, все командно-штабні ігри та більшість навчань.

Якщо метод побудови моделі системи не ясний, але її структура очевидна, то можна скористатися схожістю з більш простою системою, модель для якої існує.

До побудови моделі можна приступити на основі аналізу вихідних даних, які вже відомі або можуть бути отримані. Аналіз дозволяє сформулювати гіпотезу про структуру системи, яка потім апробується. Так з'являються перші моделі нового зразка іноземної техніки при наявності попередніх даних про їх технічні параметри.

Розробники моделей знаходяться під дією двох взаємно суперечливих тенденцій: прагнення до повноти опису і прагнення до отримання необхідних результатів максимально простими засобами. Досягнення компромісу ведеться зазвичай шляхом побудови серії моделей, що починаються з гранично простих і висхідних до високої складності (існує відоме правило: починай з простих моделей, а далі ускладнюй). Прості моделі допомагають глибше зрозуміти досліджувану проблему. Ускладнені моделі використовуються для аналізу впливу різних чинників на результати моделювання. Такий аналіз дозволяє виключати деякі фактори з розгляду.

Складні системи вимагають розробки цілої ієрархії моделей, що розрізняються рівнем відображуваних операцій. Виділяють такі рівні, як вся система, підсистеми, що керують об'єкти і ін.

Основні принципи математичного моделювання

Варіаційні принципи. Ще один підхід до побудови моделей, по своїй широті і універсальності порівняний з можливостями, що даються фундаментальними законами, полягає в застосуванні так званих варіаційних принципів. Вони являють собою досить загальні твердження про даному об'єкті (системі, явище) і свідчать, що з усіх можливих варіантів його поведінки (руху, еволюції) вибираються лише ті, які задовольняють певній умові. Зазвичай згідно цій умові деяка пов'язана з об'єктом величина досягає екстремального значення при його переході з одного стану в інший.

Застосування аналогій при побудові моделей. У величезному числі випадків при спробі побудувати модель будь-якого об'єкта або неможливо прямо вказати фундаментальні закони або варіаційні принципи, яким він підпорядковується, або, з точки зору наших сьогоднішніх знань, взагалі немає впевненості в існуванні подібних законів, що допускають математичне формулювання. Одним з плідних підходів до такого роду об'єктів є використання аналогій з уже вивченими явищами. Що, здавалося б, спільного між радіоактивним розпадом і динамікою популяцій, зокрема зміною чисельності населення нашої планети? Однак на найпростішому рівні така аналогія цілком проглядається, про що свідчить одна з найпростіших моделей популяцій, звана моделлю Мальтуса.

Ієрархічний підхід до отримання моделей. Лише в рідкісних випадках буває зручним і виправданим побудова математичних моделей навіть щодо простих об'єктів відразу у всій повноті, з урахуванням всіх факторів, істотних для його поведінки. Тому природний підхід, який реалізує принцип "від простого - до складного", коли наступний крок робиться після досить докладного вивчення не дуже складної моделі. При цьому виникає ланцюжок (ієрархія) все більш повних моделей, кожна з яких узагальнює попередні, включаючи їх в якості окремого випадку.

Про нелінійності математичних моделей. Простота розглянутих вище моделей багато в чому пов'язана з їх лінійністю. В математичному плані це важливе поняття означає, що справедливий принцип суперпозиції, т. Е. Будь-яка лінійна комбінація рішень (наприклад, їх сума) також є вирішенням завдання. Користуючись принципом суперпозиції, неважко, знайшовши

рішення в будь-якому окремому випадку, побудувати рішення в більш загальній ситуації. Тому про якісні властивості загального випадку можна судити за властивостями приватного - відмінність між двома рішеннями носить лише кількісний характер. Наприклад, в разі лінійних моделей відгук об'єкта на зміну якихось умов пропорційна величині цієї зміни.

Для нелінійних явищ, математичні моделі яких не підкоряються принципу суперпозиції, знання про поведінку частини об'єкта ще не гарантує знання поведінки всього об'єкта, а його відгук на зміну умов може якісно залежати від величини цієї зміни.

Більшість реальних процесів і відповідних їм математичних моделей нелінійних. Лінійні ж моделі відповідають вельми окремим випадкам і, як правило, служать лише першим наближенням до реальності.

Етапи побудови моделей. Процес побудови моделей може бути умовно розбитий на наступні етапи.

1. Конструювання моделі починається зі словесно-сислового опису об'єкта або явища. Крім відомостей загального характеру про природу об'єкта і цілі його дослідження ця стадія може містити також деякі припущення (невагомий стрижень, товстий шар речовини, прямолінійне поширення світлових променів і т.д.). Даний етап можна назвати формулюванням предмоделі.

2. Наступний етап - завершення ідеалізації об'єкта. Відкидаються всі фактори і ефекти, які подаються не найсуттєвішими для його поведінки. Наприклад, при складанні балансу матерії не враховувався, зважаючи на його малість, дефект мас, яким супроводжується радіоактивний розпад. По можливості ідеалізують припущення записуються в математичній формі, з тим щоб їх справедливість піддавалася кількісному контролю.

3. Після виконання перших двох етапів можна переходити до вибору або формулюванні закону (варіаційного принципу, аналогії і т.п.), якому підпорядковується об'єкт, і його записи в математичній формі. При необхідності використовуються додаткові відомості про об'єкт, також записуються математично (наприклад, сталість величини з для всіх траєкторій променів світла, що впливає з геометрії завдання). Слід мати на увазі, що навіть для простих об'єктів вибір відповідного закону аж ніяк не тривіальна задача.

4. Завершує формулювання моделі її "оснащення". Наприклад, необхідно задати відомості про початковий стан об'єкта (швидкість ракети і її масу в момент $t = 0$) або інші його характеристики, без знання яких неможливо визначити поведінку об'єкта. І, нарешті, формулюється мета дослідження моделі (знайти закон заломлення світла, досягти розуміння закономірностей зміни популяції, визначити вимоги до конструкції ракети, яка запускає супутник, і т. Д.).

5. Побудована модель вивчається всіма доступними досліднику методами, в тому числі зі взаємної перевіркою різних підходів. На відміну від розглянутих найпростіших випадків, більшість моделей не піддаються чисто теоретичному аналізу, і тому необхідно широко використовувати

обчислювальні методи. Ця обставина особливо важливо при вивченні нелінійних об'єктів, так як їх якісне поведінку заздалегідь, як правило, невідомо.

б. В результаті дослідження моделі не тільки досягається поставлена мета, але і повинна бути встановлена всіма можливими способами (порівнянням з практикою, зіставленням з іншими підходами) її адекватність - відповідність об'єкту і сформульованим припущенням. Неадекватна модель може дати результат, як завгодно відрізняється від істинного, і повинна бути або відкинута, або відповідним чином модифікована.

Тема 6. Поняття математичної моделі в цифровій економіці.

Мета лекції полягає у формуванні в студентів теоретичних знань з питання математичних методів моделювання в цифровій економіці.

План лекції

1. Ідентифікація параметрів математичної моделі в цифровій економіці.

2. Основні принципи математичного моделювання в ЦЕ.

Навчальне обладнання, презентація тощо: ноутбук, проектор, мультимедійна презентація.

ВИКЛАД МАТЕРІАЛУ ЛЕКЦІЇ

Економіко-математична модель - це виражена у формально-математичних термінах економічна абстракція, логічна структура якої визначається як об'єктивними властивостями предметами опису, так і суб'єктивним цільовим чинником дослідження, для якого цей опис робиться.

Між моделлю та її прототипом не може існувати взаємооднозначної відповідності, тому що модель - це абстракція, пов'язана з узагальненнями й втратами. Адекватність реальної дійсності - основна вимога, що ставиться до моделі.

Конструктивно кожна математична модель представляє собою сукупність взаємопов'язаних математичних залежностей, що відображають певні групи реальних економічних залежностей.

Математичні моделі в цифровій економіці - це, перш за все, аналоги відомих моделей економіки, які враховують алгебраїчні властивості інформації.

Особливе місце серед них займають моделі міжгалузевого балансу і загальної рівноваги, де всі змінні або частина змінних представляють «знання».

Вживання слова «знання» замість «інформація» не повинно бентежити або вводити в оману. В абстрактних математичних моделях це всього лише дійсні або бульові змінні, але до них замість звичайного додавання застосовується операція максимуму. При побудові математичних моделей такого типу ідемпотентність додавання змінних, що представляють інформацію або знання, завжди була постулатом. Раніше це уявлялося деякою

натяжкою, але сьогодні цифрова дійсність «підтяглася» до моделей. Вони стали більш точно відображати реальність саме тому, що реальність змінилася.

Так як операція максимуму ідемпотентна, операція віднімання виявляється невизначеною. Звідси впливають всі чудові властивості інформації і знань, що роблять те й інше суспільними благами, що поставляються в приватному порядку.

Наприклад, з аналізу математичної моделі рівноваги з цифровими продуктами слід, що оптимальні ціни на них повинні бути індивідуалізовані або, як мінімум, диференційовані в залежності від категорії споживача. Звідси випливає, що антимонопольна політика практично всіх країн будується на помилкових уявленнях про користь конкуренції і однакових для всіх цін.

Економісти поступово приходять до таких думок на основі конкретних прикладів і парадоксів, але той же висновок логічно випливає з математичної моделі як прямий наслідок оптимальності рівноваги в моделі з цифровими продуктами. Проблема полягає в тому, як організувати торгівлю цифровими продуктами і послугами за цінами, близькими до оптимальних, на практиці. Але і тут вже є істотні просування на основі так званих «розумних ринків знань».

Також з ідемпотентності цифрових продуктів випливає, хоч і не у вигляді теореми, що дефіцитним ресурсом стає не продукт або послуга, а увага цільової аудиторії. Примітно, що цей дефіцитний ресурс спочатку знаходиться не у виробника цифрових продуктів і послуг, а у їх споживача або, точніше, споживачів. Строго кажучи, цей факт не є відкриттям, він виявлений практиками і активно ними використовується. Примітно те, що такий ефект може бути виявлений без звернення до емпірики, шляхом логічного аналізу моделі, тобто він передбачуваний і міг бути передбачений.

Основні принципи математичного моделювання

Принципи визначають загальні вимоги, яким повинна задовольняти правильно побудована модель. Розглянемо ці принципи.

1. Адекватність. Цей принцип передбачає відповідність моделі цілям дослідження за рівнем складності і організації, а також відповідність реальній системі щодо обраного безлічі властивостей. До тих пір, поки не вирішено питання чи правильно відображає модель досліджувану систему, цінність моделі незначна.

2. Відповідність моделі розв'язуваної задачі. Модель повинна будуватися для вирішення певного класу задач або конкретного завдання дослідження системи. Спроби створення універсальної моделі, націленої на рішення великого числа різноманітних завдань, призводять до такого ускладнення, що вона виявляється практично непридатною. Досвід показує, що при вирішенні кожної конкретної задачі потрібно мати свою модель, яка відображатиме ті аспекти системи, які є найбільш важливими в даній задачі. Цей принцип пов'язаний з принципом адекватності.

3. Спрощення при збереженні істотних властивостей системи. Модель повинна бути в деяких відносинах простіше прототипу - в цьому сенс моделювання. Чим складніше розглянута система, тим по можливості більш

спрощеним має бути її опис, навмисне перебільшують типові і ігнорують менш істотні властивості. Цей принцип може бути названий принципом абстрагування від другорядних деталей.

4. Відповідність між необхідною точністю результатів моделювання і складністю моделі. Моделі за своєю природою завжди носять наближений характер. Виникає питання, яким має бути це наближення. З одного боку, щоб відобразити всі скільки-небудь істотні властивості, модель необхідно деталізувати. З іншого боку, будувати модель, що наближається за складністю до реальної системи, очевидно, не має сенсу. Вона не повинна бути настільки складною, щоб знаходження рішення виявилось занадто складним. Компроміс між цими двома вимогами досягається нерідко шляхом проб і помилок. Практичними рекомендаціями щодо зменшення складності моделей є:

- зміна природи змінних параметрів. Змінні параметри розглядаються в якості постійних, дискретні - як безперервних і т.д. Так, умови поширення радіохвиль в моделі радіоканалу для простоти можна прийняти постійними;

- зміна функціональної залежності між змінними. Нелінійна залежність замінюється зазвичай лінійною, дискретна функція розподілу ймовірностей - безперервною;

- зміна обмежень (додавання, винятки або модифікація). При знятті обмежень виходить оптимістичне рішення, при внутрішньовенному введенні - песимістичний. Варіюючи обмеженнями можна знайти можливі граничні значення ефективності. Такий прийом часто використовується для знаходження попередніх оцінок ефективності рішень на етапі постановки завдань;

- обмеження точності моделі. Точність результатів моделі не може бути вище точності вихідних даних.

5. Баланс похибок різних видів. Відповідно до принципу балансу необхідно домагатися, наприклад, балансу систематичної похибки моделювання за рахунок відхилення моделі від оригіналу і похибки вихідних даних, точності окремих елементів моделі, систематичної похибки моделювання і випадкової похибки при інтерпретації та осередненні результатів.

6. Багатоваріантність реалізацій елементів моделі. Різноманітність реалізацій одного і того ж елемента, які відрізняються за точністю (а отже, і за складністю), забезпечує регулювання співвідношення

«Точність / складність».

7. блочне будова. При дотриманні принципу блочного будови полегшується розробка складних моделей і з'являється можливість використання накопиченого досвіду і готових блоків з мінімальними зв'язками між ними. Виділення блоків проводиться з урахуванням поділу моделі по етапах і режимам функціонування системи. Наприклад, при побудові моделі Для системи радіорозвідки можна виділити модель роботи випромінювачів, модель виявлення випромінювачів, модель пеленгування і т.д.

Залежно від конкретної ситуації можливі такі підходи до побудови моделей:

- безпосередній аналіз функціонування системи;
- проведення обмеженого експерименту на самій системі;
- використання аналога;
- аналіз вихідних даних.

Є цілий ряд систем, які допускають проведення безпосередніх досліджень з виявлення істотних властивостей і стосунків між ними. Потім або застосовуються відомі математичні моделі, або вони модифікуються або пропонується нова модель. Таким чином, наприклад, можна вести розробку моделі для направлення зв'язку в умовах мирного часу.

При проведенні експерименту виявляється значна частина істотних властивостей і їх вплив на ефективність системи. Таку мету переслідують, наприклад, все командно-штабні ігри та більшість навчань.

Якщо метод побудови моделі системи не ясний, але її структура очевидна, то можна скористатися схожістю з більш простою системою, модель для якої існує.

До побудови моделі можна приступити на основі аналізу вихідних даних, які вже відомі або можуть бути отримані. Аналіз дозволяє сформулювати гіпотезу про структуру системи, яка потім апробується. Так з'являються перші моделі нового зразка іноземної техніки при наявності попередніх даних про їх технічні параметри.

Розробники моделей знаходяться під дією двох взаємно суперечливих тенденцій: прагнення до повноти опису і прагнення до отримання необхідних результатів максимально простими засобами. Досягнення компромісу ведеться зазвичай шляхом побудови серії моделей, що починаються з гранично простих і висхідних до високої складності (існує відоме правило: починай з простих моделей, а далі ускладнюй). Прості моделі допомагають глибше зрозуміти досліджувану проблему. Ускладнені моделі використовуються для аналізу впливу різних чинників на результати моделювання. Такий аналіз дозволяє виключати деякі фактори з розгляду.

Складні системи вимагають розробки цілої ієрархії моделей, що розрізняються рівнем відображуваних операцій. Виділяють такі рівні, як вся система, підсистеми, об'єкти та ін.

Тема 7. Моделі розрахункових процесів і управління.

Мета лекції полягає у формуванні в студентів теоретичних знань з питання побудови математичних моделей процесів функціонування систем.

План лекції

1. Моделі розрахункових процесів і управління.
2. Поняття «математичної схеми».

Навчальне обладнання, презентація тощо: ноутбук, проектор, мультимедійна презентація.

ВИКЛАД МАТЕРІАЛУ ЛЕКЦІЇ

Початковою інформацією при побудові математичних моделей процесів функціонування систем служать дані про призначення і умови роботи досліджуваної (проектованої) системи S . Ця інформація визначає основну мету моделювання системи S і дозволяє сформулювати вимоги до математичної моделі M , що розробляється. Причому рівень абстрагування залежить від кола тих питань, на які дослідник системи хоче отримати відповідь за допомогою моделі, і якоюсь мірою визначає вибір математичної схеми.

Введення поняття математична схема дозволяє розглядати математиків не як метод розрахунку, а як метод мислення, як засіб формулювання понять, що є найбільш важливим при переході від словесного опису системи до формального подання процесу її функціонування у вигляді деякої математичної моделі (аналітичної або імітаційної).

Математичну схему можна визначити як ланку (концептуальну модель) при переході від змістовного до формального опису процесу функціонування системи з урахуванням дії зовнішнього середовища, тобто має місце ланцюжок "описова модель – математична схема – математична (аналітична або (і) імітаційна) модель".

Кожна конкретна система S характеризується набором властивостей, під якими розуміються величини, що відображають поведінку модельованого об'єкта (реальної системи) і враховують умови її функціонування у взаємодії із зовнішнім середовищем (системою) E . При побудові математичної моделі системи необхідно вирішити питання про її повноту. Повнота моделі регулюється, в основному, вибором межі "система S – середовище E ". Також має бути вирішене завдання спрощення моделі, яка допомагає виділити основні властивості системи, відкинувши другорядні. Причому віднесення властивостей системи до основних або другорядних суттєво залежить від мети моделювання системи (наприклад, аналіз імовірно-часових характеристик процесу функціонування системи, синтез структури системи і т. д.). Модель об'єкта моделювання, тобто системи, можна представити у вигляді множини величин, що описують процес функціонування реальної системи і створюють у загальному випадку такі підмножини:

- сукупність вхідних дій на систему (якими, як правило, управляють)
- сукупність дій зовнішнього середовища (за якими спостерігають)

- сукупність внутрішніх (власних) параметрів системи
- сукупність вихідних характеристик системи

На практиці моделювання об'єктів у галузі системотехніки і системного аналізу на початкових етапах дослідження системи раціональніше використовувати типові математичні схеми: диференціальні рівняння, скінченні й імовірнісні автомати, системи масового обслуговування і т. д..

Не маючи такого ступеня спільності, як розглянуті моделі, типові математичні схеми мають переваги простоти і наглядності, але при суттєвому звуженні можливостей застосування. Як детерміновані моделі, коли при дослідженні випадкові фактори не враховуються, для представлення систем, що функціонують у неперервному часі, використовуються диференціальні, інтегральні, інтегродиференціальні й інші рівняння, а для представлення систем, що функціонують у дискретному часі, – скінченні автомати і кінцево-різницеві схеми. Як стохастичні моделі (при врахуванні випадкових факторів) для представлення систем з дискретним часом використовуються імовірнісні автомати, а для представлення систем з неперервним часом – системи масового обслуговування і т. д.

Перелічені типові математичні схеми, природно, не можуть претедувати на можливість опису на їх базі всіх процесів, що відбуваються у великих інформаційно-управляючих системах, до яких належать АСУ. Для таких систем у ряді випадків перспективнішим є застосування агрегативних моделей [11].

Агрегативні моделі (системи) дозволяють описати широке коло об'єктів дослідження з відображенням системного характеру цих об'єктів. Саме при агрегативном описі складний об'єкт (система) розчленовується на скінченне число частин (підсистем), зберігаючи при цьому зв'язки, що забезпечують взаємодію частин.

Таким чином, при побудові математичних моделей процесів функціонування систем можна виділити такі основні підходи: неперервно-детермінований (наприклад, диференціальні рівняння); дискретнодетермінований (скінченні автомати); дискретно-стохастичний (імовірнісні автомати); неперервно-стохастичний (системи масового обслуговування); узагальнений або універсальний (агрегативні системи).

Тема8. Поняття імітаційного моделювання.

Мета лекції полягає у формуванні в студентів теоретичних знань з питання імітаційного моделювання систем.

План лекції

1. Побудова імітаційної моделі системи.
2. Загальні вимоги, яким повинна задовольняти правильно побудована модель.
3. Моделі систем масового обслуговування.

Навчальне обладнання, презентація тощо: ноутбук, проектор, мультимедійна презентація.

ВИКЛАД МАТЕРІАЛУ ЛЕКЦІЇ

Різноманітні економіко-математичні методи і моделі – потужний, теоретично і практично розроблений апарат економіко-математичного аналізу. Проте цей арсенал прийомів і математичних методів не дозволяє охопити всі задачі планування й управління, які представляють практичний інтерес і розв'язання яких може бути засноване на аналізі кількісних показників. Мова в даному випадку йде про характер задач, аналіз яких за допомогою згаданих методів або їх складніших модифікацій дійсно виявляється ефективним. Багато дуже важливих практичних задач, у тому числі й оптимізаційних, не можуть бути розв'язані з використанням економіко-математичних методів, або ж отримані з їх допомогою розв'язки виявляються недостатньо ефективними.

Серед основних об'єктивних причин цього явища можна відзначити обмежені роздільні здатності різних економіко-математичних моделей за такими основними аспектами, як рівень деталізації модельованих систем і процесів, а також забезпеченість ефективними обчислювальними методами аналітичного розв'язання. Як правило, математичні моделі, що використовуються для дослідження економічних систем, володіють досить високим рівнем абстракції, що й обумовлює їх універсальність.

З розвитком автоматизованих систем управління, розширенням сфер застосування засобів обчислювальної техніки значно різноманітніше стає коло економічних і управлінських завдань, які необхідно вирішувати. Практика вимагає постановки і вирішення все більш складних (комплексних) завдань. У цих умовах побудова адекватних моделей завдань і розробка методів їх рішення стають все більш насущними проблемами. Особливо це стосується таких завдань, в яких необхідно одночасно враховувати фактори невизначеності, динамічну взаємну обумовленість поточних рішень, наступних подій, комплексну взаємозалежність між досліджуваними факторами. Як правило, такі практичні завдання мають велику розмірність, мають велику кількість внутрішніх взаємозв'язків, тому їх не вдається звести до відомих моделей типу математичного програмування або застосувати для їх вирішення інші традиційні методи математичного моделювання. Для вирішення таких завдань розробляється, а останніми роками отримав особливо широкий розвиток метод імітаційного моделювання на ЕОМ. Щоб з'ясувати, що ж є методом імітаційного моделювання, розглянемо деякі принципові особливості цього економіко-математичного аналізу.

За одним із визначень, **імітація – це чисельний метод проведення на ЕОМ експериментів з математичними моделями, що описують поведінку складних систем протягом тривалих періодів часу.** Таке уявлення про метод імітації в економіко-математичному аналізі засноване на використанні властивості наслідування, тобто відтворення процесів, що протікають у досліджуваній складній системі, штучними засобами за допомогою математичних моделей, що реалізуються на ЕОМ.

Математичні моделі, які використовуються в імітації, можуть суттєво

відрізнятися від традиційних.

Позначимо ці відмінності детальніше. При цьому виходитимемо з того, що дослідження реальної системи за допомогою математичних методів є реалізацією низки послідовних етапів і пов'язується, як правило, з досягненням певної мети досліджень: вивчення діючої реальної системи, аналізу гіпотетичної системи або проектування досконалішої системи.

Можна виділити декілька основних етапів моделювання:

1. Постановка задачі дослідження, вивчення модельованої системи, збирання емпіричної інформації, виділення основних проблем моделювання.

2. Формування математичної моделі, вибір структури і принципів опису моделі та її підмоделей, допустимих спрощень, вимірюваних параметрів і критеріїв оцінки якості моделі.

3. Розробка програмного забезпечення розв'язання моделі або імітаційного алгоритму, генерація чи складання машинних програм.

4. Оцінка адекватності математичної моделі і перевірка достовірності та придатності моделюючого алгоритму за ступенем погодженості і допустимості результатів контрольних експериментів з вхідними даними.

5. Планування багатоваріантних експериментів, вибір функціональних характеристик системи, що вивчається, для дослідження, визначення методів обробки результатів експериментів.

6. Робота з моделлю, проведення розрахунків і експериментів.

7. Аналіз результатів, формулювання висновків за даними моделювання і практичне використання результатів.

Поряд з аналітичними і чисельними методами розв'язування, орієнтованими на традиційні математичні моделі, для використання імітаційних моделей застосовується спосіб моделювання процесів на ЕОМ. Такий підхід передбачає використання в дослідженні специфічного різновиду математичних моделей – імітаційних моделей. Важливою особливістю імітаційного моделювання процесів на ЕОМ є те, що математичну модель, яка є вираженими в тій або іншій формі взаємозв'язками між параметрами і змінними досліджуваної системи, не обов'язково спеціально перетворювати до задалегідь визначеного вигляду.

Для імітаційного моделювання характерне відтворення явищ, що описуються моделлю, із збереженням їх логічної структури, послідовності чергування в часі, а інколи і фізичного змісту. Таке відтворення явищ виконується за допомогою спеціальних моделюючих установок (апаратурне моделювання) або засобів обчислювальної техніки. В останньому випадку забезпечується високий ступінь подібності між математичними (кількісними) характеристиками реальних процесів і їх модельними відображеннями в ЕОМ. Причому, на противагу аналітичному і чисельному методам зміст операцій, що виконуються при роботі з імітаційною моделлю, майже не залежить від того, які величини вибрані як шукані.

Найважливішою особливістю методу імітаційного моделювання є те, що імітаційні моделі можуть застосовуватися для опису і дослідження досить складних процесів практично на межі можливої формалізації. Вони

використовуються і тоді, коли частина процесів досліджуваної системи взагалі не формалізується. Останнє характерне для таких процесів, які реалізуються в досліджуваній системі за участю людини, що ухвалює рішення.

Застосування методів імітації для дослідження системи, формування імітаційної моделі ґрунтуються на використанні максимального обсягу доступної інформації про систему як таку, яка може бути представлена в деякому формальному вигляді за допомогою математичних співвідношень і залежностей, так і таку, яка може бути виражена у вигляді функції розподілу ймовірності випадкової величини й інших прийомів.

Реалізація імітаційного алгоритму в ЕОМ є модельним відтворенням кількісних характеристик елементарних явищ, характерних для досліджуваного реального процесу. У даному випадку немає не обхідності не тільки перетворювати початкову математичну модель досліджуваної системи у форму, що допускає аналітичне або чисельне розв'язання, але і підбирати для її вирішення деякий дуже далекий за своєю структурою від самої моделі аналітичний або чисельний метод.

Системи масового обслуговування, їх класифікація та основні характеристики

Теорія масового обслуговування (ТМО) – галузь прикладної математики, що використовує методи теорії випадкових процесів. Поняття "система масового обслуговування" пов'язане з явищем очікування. Стимулом до розвитку теорії масового обслуговування послужили спроби передбачити потреби, які випадково змінюються, за результатами спостережень і на основі цього організувати обслуговування, що характеризується прийнятним часом очікування. Теорія масового обслуговування дозволяє розкрити природу черг, що забезпечує можливість кращого управління процесом.

Основними поняттями теорії масового обслуговування є:

вимога – кожен окремий запит на виконання якої-небудь роботи або послуг;

джерело вимог – частина обслуговуваної системи, яка у будь-який момент часу може надіслати лише одну вимогу;

обслуговування – задоволення запиту, що надійшов в обслуговуючу систему, на виконання послуг;

обслуговуючий апарат – частина обслуговуючої системи, яка здатна в будь-який заданий момент часу задовольняти лише одну вимогу (обслуговуюча система – це сукупність однорідних обслуговуючих апаратів, причому під однорідністю розуміється здатність задовольняти однакові вимоги);

потік вимог – послідовність появи вимог у часі;

час обслуговування – час, протягом якого задовольняється запит, тобто період від початку обслуговування (а не від моменту надходження вимоги в систему) і до його завершення.

Системи масового обслуговування можна класифікувати, базуючись

на наявності тієї чи іншої ознаки.

1. За характером надходження замовлень у систему.
2. За кількістю замовлень, які надходять за одиницю часу.
3. За зв'язком між замовленнями.
4. За характером поведінки замовлень у системі: системи з відмовами, з обмеженим очікуванням і з очікуванням без обмеження.
5. За способом вибору замовлень на обслуговування.
6. За характером обслуговування замовлень.
7. За кількістю каналів обслуговування.
8. За кількістю етапів обслуговування.
9. За однорідністю замовлень, які надходять на обслуговування.
10. За обмеженістю потоку замовлень.

Кількісні показники якості функціонування систем масового обслуговування залежать від виду системи, а також від величин, що характеризують основні її параметри. Тому метою теорії масового обслуговування є розробка математичних методів для відшукування основних показників процесів масового обслуговування, що характеризують якість функціонування системи масового обслуговування при різних варіантах її організації.

Тема9. Формальні методи побудови моделей інформаційних систем.

Мета лекції полягає у формуванні в студентів теоретичних знань з питання формального моделювання систем.

План лекції

1. Модель, яка придатна для досягнення цілей розробки системи.
2. Формальні підходи: кібернетичний, системна динаміка, теоретико-множинний.
3. Процес створення моделі інформаційних систем.

Навчальне обладнання, презентація тощо: ноутбук, проектор, мультимедійна презентація.

ВИКЛАД МАТЕРІАЛУ ЛЕКЦІЇ

Розглядаючи сфери застосування моделей, можна констатувати, що за допомогою моделі можна досягти *двох основних цілей: описової*, якщо модель призначена для пояснення і кращого розуміння об'єкта, або *приписуючої*, коли модель дає можливість передбачити або відтворити характеристики об'єкта чи визначити його поведінку. Таким чином, *модель є описовою*, якщо вона призначена зображати поведінку (функціонування) або властивості існуючої чи типової системи (наприклад, масштабна модель або письмовий опис, який дає можливість знайти потенційних покупців з фізичними і робочими характеристиками комп'ютера). Протилежність – *приписуюча модель*, яка відображає необхідну поведінку або властивості запропонованої системи (наприклад, масштабна модель або письмовий опис, представлений постачальникові комп'ютерів, з фізичними і робочими характеристиками потрібного замовникові комп'ютера).

Приписуюча модель може бути описовою, але не навпаки. Тому існує різний ступінь корисності моделей, які використовуються в технічних і соціальних науках. Це значною мірою залежить від методів і засобів, застосовуваних під час побудови моделей, а також від кінцевої мети. У соціальних науках моделі призначені для пояснення існуючих систем, а в техніці вони є допоміжними засобами для створення нових або досконаліших моделей. Модель, яка придатна для досягнення цілей розробки системи, повинна також пояснювати (тлумачити) її.

При побудові моделей застосовуються фундаментальні закони природи, варіаційні принципи, аналогії, ієрархічні ланцюжки. Процес створення моделі включає такі етапи.

1. Словесно-смісловий опис об'єкта або явища – формулювання описової моделі, призначеної для сприяння кращому розумінню об'єкта моделювання.

2. Числове вираження модельованої реальності для виявлення кількісної міри і меж відповідних якостей; з цією метою ведеться математико-статистична обробка емпіричних даних, пропонується кількісне формулювання якісно встановлених фактів і узагальнень.

3. Перехід до вибору або формулювання моделей явищ і процесів (варіаційного принципу, аналогії і т. п.) і його запису у формалізованій формі; це рівень структурних теоретичних схем, таких, як системи масового обслуговування, мережі Петрі, скінченні або імовірнісні автомати, діаграми фонд-потік тощо.

4. Завершення формулювання моделі її "оснащенням" – задавання початкового стану і параметрів об'єкта.

5. Вивчення моделі за допомогою доступних методів (зокрема із застосуванням різних підходів і обчислювальних методів).

У результаті дослідження моделі досягається поставлена мета. У цьому випадку повинна бути встановлена всіма можливими способами (шляхом порівняння з практикою, порівнянням з іншими підходами) її адекватність, тобто відповідність об'єкта сформульованим умовам.

При побудові моделей зазвичай використовують такі формальні підходи: кібернетичний, системна динаміка, теоретико-множинний.

Кібернетичний підхід

Систему можна вивчати й аналізувати, змінюючи вхідні впливи і спостерігаючи за виходами. Це кібернетичний підхід, згідно з яким система розглядається як "чорний ящик".

Саму систему S можна представити у вигляді "чорного ящика", зображеного на рис. 1, де зовнішні відношення зв'язують елементи системи із зовнішнім середовищем за допомогою входів системи. При проведенні досліджень над системою можна впливати на її входи і спостерігати за її виходами. Вхідні змінні, які дослідник може змінювати, проводячи експеримент, називаються управляючими змінними, а ті, які неможливо змінювати, – спостережуваними змінними. Під час моделювання звісно можна змінювати всі вхідні змінні.

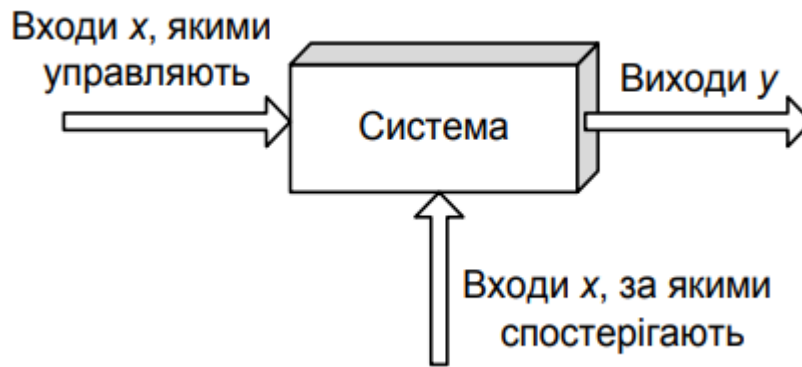


Рис. 1. Кібернетична модель системи

Метод "чорного ящика" широко використовується під час моделювання систем, коли для дослідника важливо отримати інформацію про поведінку системи, а не про її будову.

Дослідник не може зробити однозначний висновок про структуру "чорного ящика", спостерігаючи лише за його входами і виходами, оскільки поведінка модельованої системи нічим не відрізняється від поведінки ізоморфних їй систем.

Для побудови моделі використовуються методи **теорії ідентифікації**.

Системна динаміка

Для формального представлення моделей неперервних систем Дж. Форрестер у 1960 році запропонував підхід, названий **системною динамікою**, який дає можливість будувати моделі динамічних взаємо- зв'язаних систем за допомогою причинних діаграм циклів і схем виду "фонд-потік". Він же запропонував для чисельного моделювання таких систем мову Динамо. Модель будується як система диференціально- різницевих рівнянь, а мова Динамо дає можливість автоматизувати процес їх написання. Практично всі сучасні засоби неперервного і неперервно-дискретного моделювання базуються на цій мові для побудови моделей. На відміну від математичного розв'язання системи таких рівнянь у замкнутому вигляді використовується чисельне розв'язання з дискретним кроком часу, що дає можливість моделювати на деякому проміжку часу динамічні зміни фондів, пов'язаних з точкою часу, і потоків. Фонди і потоки пов'язані між собою через змінні.

Фонд можна трактувати як деяку кількість чого-небудь, що вимірюється в певних одиницях (наприклад, фізичних, грошових та ін.). Фонди можуть акумулювати одиниці фонду. Краще всього їх представляти як резервуари, ресурси або буфера. Фонди поповнюються через вхідні потоки і спорожняються через вихідні. Як буфер фонд може використовуватися для забезпечення балансування швидкості накопичення і витрачання.

Потік – це процес, що протікає неперервно в часі, оцінити який можна в деяких кількісних одиницях за певний проміжок часу. Залежно від характеристики використання потоки діляться на: обмежені і необмежені, одно- і двонаправлені, конвертовані і неконвертовані. Потік, як правило, обмежується фондом. Поток можна керувати, тобто збільшувати або

зменшувати його інтенсивність за допомогою деяких виразів алгебри.

Існує багато різних способів пов'язувати в динамічних моделях причини і наслідки, не розглядаючи конкретні методи. В їх основі лежить декілька підходів. Розглянемо три з них, наведених на рис. 2.

Перший підхід (**ізольоване уявлення**) полягає в тому, що наслідок виникає з деякої причини і взаємозв'язок між різними причинами відсутній. Такий підхід, наприклад, використовують економісти під час розрахунків. Як правило, для цього застосовують статичні і статистичні моделі.

Другий підхід (**лінійний зв'язок**) передбачає, що між причинами і наслідками існує лінійний зв'язок у вигляді ланцюжка. Такий підхід підтримують інженери і науковці, які вважають, що всі події у всесвіті залежать одна від одної. Маючи достатню кількість інформації, можна побудувати залежності в часі для всіх подій у майбутньому. Системні мислителі, які застосовують цю парадигму, користуються діаграмами впливу і моделями лінійних рівнянь та вважають, що завжди можна логічно прослідкувати, "що є на вході і що буде на виході".

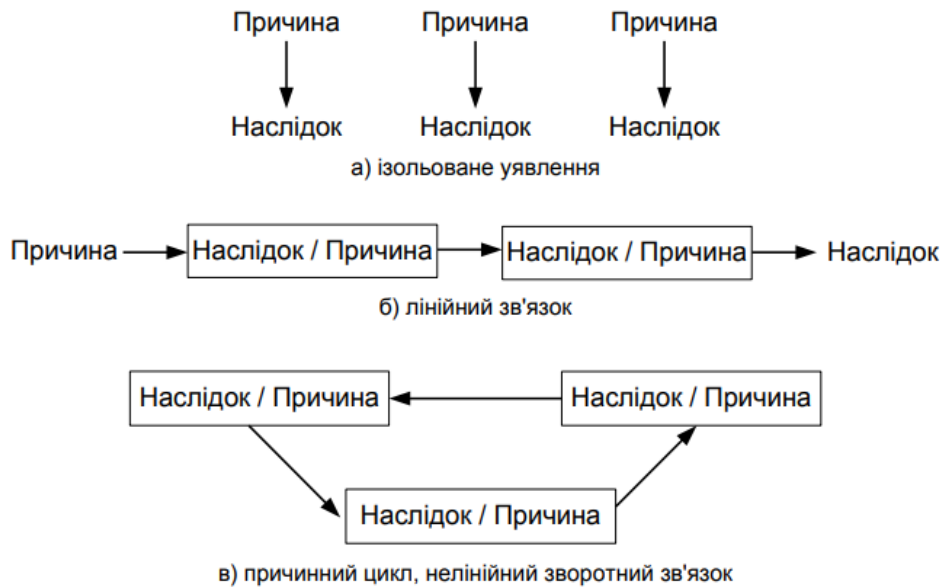


Рис. 2. Три підходи до пов'язування причин і наслідків для побудови моделі

Згідно з третім підходом (**причинний цикл**) всесвіт розглядається як система з зворотними зв'язками, тобто ланцюжки причин і наслідків циклічно пов'язані між собою. Таке уявлення підтримують кібернетики, прибічники нелінійної динаміки і хаосу. Вони вважають, що всесвіт значною мірою хаотичний, і передбачити майбутнє, враховуючи його минуле, неможливо. Ці системні мислителі використовують циклічні причинні моделі, нелінійні рівняння в кінцевих різницях. Часто поведінка таких моделей далека від реальності й інтуїтивного уявлення і може бути де в чому неочікуваною для дослідника.

На рис. 3 зображена проста причинна циклічна модель для деякої популяції, яка має два цикли. Лівий цикл, додатній, свідчить про приріст популяції в разі збільшення народжуваності, яка у свою чергу збільшує

народжуваність. Правий цикл, від'ємний, свідчить про зменшення популяції в разі збільшення смертності, яка у свою чергу зменшує смертність. Такі пари причинних циклів можуть використовуватися під час побудови складніших динамічних моделей.

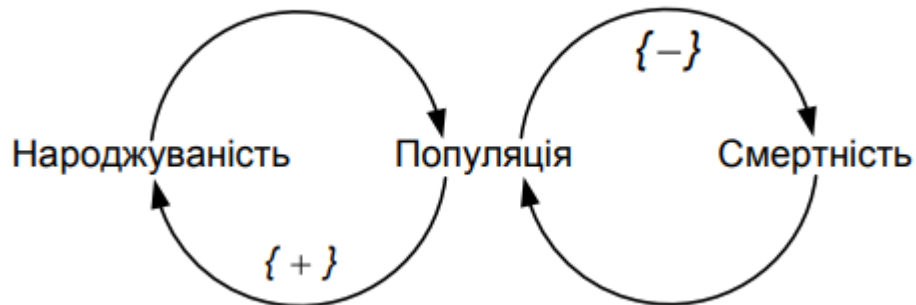


Рис. 3. Найпростіша причинна модель циклу популяції

Тема10. Моделі розробки інформаційних систем.

Мета лекції полягає у формуванні в студентів теоретичних знань з питання розробки моделей інформаційних систем.

План лекції

1. Моделі розробки інформаційних систем.
2. Загальносистемні принципи та етапи створення інформаційних систем.

Навчальне обладнання, презентація тощо: ноутбук, проектор, мультимедійна презентація.

ВИКЛАД МАТЕРІАЛУ ЛЕКЦІЇ

При створенні й розвитку ПЗ рекомендується застосовувати такі загальносистемні принципи:

- принцип включення, який передбачає, що вимоги до створення, функціонування та розвитку ПЗ визначаються з боку більш складної системи, що включає його в себе;
- принцип системної єдності, який полягає в тому, що на всіх стадіях створення, функціонування та розвитку ПЗ його цілісність буде забезпечуватися зв'язками між підсистемами, а також функціонуванням підсистеми управління;
- принцип розвитку, який передбачає в ПЗ можливість його нарощування та вдосконалення компонентів і зв'язків між ними;
- принцип комплексності, який полягає в тому, що ПЗ забезпечує зв'язаність обробки інформації, як окремих елементів, так і для всього обсягу даних в цілому на всіх стадіях обробки;
- принцип інформаційної єдності, тобто у всіх підсистемах, засобах забезпечення і компонентах ПЗ використовуються єдині терміни, символи, умовні позначення і способи подання;
- принцип сумісності полягає в тому, що мова, символи, коди та засоби програмного забезпечення узгоджені, забезпечують спільне

функціонування всіх підсистем і зберігають відкритою структуру системи в цілому;

- принцип інваріантності визначає інваріантність підсистем і компонентів ПЗ до оброблюваної інформації, тобто вони є універсальними або типовими.

У процесі створення ПЗ можна виділити 4 базових етапи/стадії :

Специфікація – визначення основних вимог.

Розроблення – створення ПЗ відповідно до специфікацій.

Тестування – перевірка ПЗ на відповідність вимогам клієнта.

Супровід/Модернізація – розвиток ПЗ відповідно до змін потреб замовника.



Етапи створення програм

1. Системний аналіз.

У рамках цього етапу здійснюється аналіз вимог, що пред'являються до програмної системи. Він проводиться на основі первинного дослідження всіх потоків інформації при традиційному проведенні робіт і здійснюється в наступній послідовності:

- уточнення видів і послідовності всіх робіт;
- визначення цілей, які повинні бути досягнуті програмою, що розробляється;
- виявлення аналогів, що забезпечують досягнення подібних цілей,

їх переваг та недоліків.

2. Зовнішнє специфікування.

Полягає у визначенні зовнішніх специфікацій, тобто описів вхідної та вихідної інформації, форм її подання і способів обробки інформації. Реалізується у такій послідовності:

- постановка завдання на розробку нової програми;
- оцінка цілей розроблюваного програмного продукту.

При необхідності, етапи 1-2 можуть бути повторені до досягнення задовільного вигляду програмної системи з описом виконуваних нею функцій і деякої ясності реалізації її функціонування.

3. Проектування програми.

На цьому етапі проводиться комплекс робіт із формування опису програми. Вихідними даними для цієї фази є вимоги, викладені у специфікації, розробленої на попередньому етапі. Приймаються рішення, що стосуються способів задоволення вимогам специфікації.

Цю фазу розробки програми поділяють на два етапи:

- архітектурне проектування;
- робоче проектування.

Архітектурне проектування.

Являє собою розробку опису програми у найзагальнішому вигляді. Цей опис містить відомості про можливі варіанти структурної побудови програмного продукту (або у вигляді кількох програм, або у вигляді кількох частин однієї програми), а також про основні алгоритми, і структури даних.

Результатом цієї роботи є остаточний варіант архітектури програмної системи, вимоги до структури окремих програмних компонентів і організації файлів для міжпрограмного обміну даними.

Робоче проектування.

На цьому етапі архітектурний опис програми деталізується до такого рівня, який робить можливими роботи з її реалізації (кодування і збірці). Для цього здійснюється складання і перевірка специфікацій модулів, складання описів логіки модулів, складання остаточного плану реалізації програми.

4. Кодування і тестування. Ці види діяльності здійснюються для окремих модулів і сукупності готових модулів до отримання готової програми.

5. Комплексне тестування.

6. Розробка експлуатаційної документації.

7. Прийомо-здавальні та інші види випробувань.

8. Коригування програм. Проводиться за результатами попередніх випробувань.

9. Здавання замовнику. Здійснюється остаточна здача програмного продукту замовнику.

10. Тиражування.

11. Супровід програми.

До поняття "супровід" входять усі технічні операції, необхідні для використання даної програми у робочому режимі. Сюди входить не тільки виправлення помилок. На цьому етапі також здійснюється модифікація

програми, внесення виправлень у робочу документацію, вдосконалення програми та інше. Внаслідок широких масштабів подібних операцій супровід є ітеративним процесом, який бажано здійснювати не стільки після, скільки до випуску програмного продукту для широкого використання. Роботи із супроводу часто поглинають більше половини витрат, що припадають на весь життєвий цикл програмної системи у вартісному вираженні.

Сучасні технології проектування програмного забезпечення спрямовані на часткову автоматизацію описаних вище етапів і на суміщення їх у часі з метою скорочення термінів виконання проектів.

Тема 11. Моделі життєвого циклу інформаційних систем..

Мета лекції полягає у формуванні в студентів теоретичних знань з питання моделей життєвого циклу інформаційних систем.

План лекції

1. Поняття життєвого циклу інформаційної системи.
2. Водоспадна (каскадна), інкрементна, спіральна, еволюційна

моделі життєвого циклу..

Навчальне обладнання, презентація тощо: ноутбук, проектор, мультимедійна презентація.

ВИКЛАД МАТЕРІАЛУ ЛЕКЦІЇ

Поняття життєвого циклу займає центральне місце в методологіях програмування. Воно утворює базу для природної систематизації інструментів і методів, ресурсів і результатів на різних етапах розробки та використання програмних систем. Поняття це не є специфічним для програмування. Воно виникло і розвивалося спочатку стосовно до технічних систем.

Зокрема, ще недавно наші економісти висловлювали занепокоєння з приводу того, що закордонний споживач порівняно дешевих радянських тракторів воліє канадські, ціна яких у кілька разів вище. Виявилось, що повна вартість останніх з урахуванням витрат за повний "життєвий цикл існування машин" (включаючи їхнє технічне обслуговування та ремонт) виходить у кілька разів меншою. Не випадково питання технологічності з точки зору не тільки виготовлення, але і подальшої експлуатації має в техніці першорядне значення.

Поняття життєвого циклу програмного забезпечення з'явилося, коли програмістське співтовариство усвідомило необхідність переходу від кустарних ремісничих методів розробки програм до більш технологічного мануфактурного, а в перспективі й до промислового їх виробництва. Особливість програмної індустрії полягає у тому, що співробітник, який відповідає в традиційній схемі мануфактурного виробництва некваліфікованому робітнику, повинен мати кваліфікацію і працювати на рівні як мінімум техника, а кваліфікований робітник - вже на тому рівні, який в техніці відповідає інженеру. Як зазвичай відбувається в подібних ситуаціях, програмісти насамперед спробували перенести досвід інших індустріальних виробництв у свою сферу. Зокрема, було запозичене і модифіковано під

реальний досвід програмування поняття життєвого циклу технічної системи.

Основні причини, які спонукають вивчати питання моделювання життєвого циклу програмного забезпечення, можна сформулювати наступним чином.

Це знання навіть для непрофесійного програміста допомагає зрозуміти, на що можна розраховувати при замовленні або придбанні програмного забезпечення і що нереально вимагати від нього. Зокрема, незручні моменти роботи з програмою, її помилки і недоробки зазвичай усуваються в ході триваючої розробки, і є підстави очікувати, що наступні версії будуть кращими. Однак кардинальні зміни концепцій програми - завдання іншого проекту, який зовсім необов'язково буде у всіх відношеннях кращим за дану систему.

Моделі життєвого циклу - основа знання методологій програмування та інструментарію, що підтримує їх. Програміст завжди використовує у своїй роботі інструменти, але кваліфікований програміст знає, де, коли і як їх застосовувати. У цьому йому допомагають поняття моделювання життєвого циклу: будь-яка методологія базується на певних уявленнях про життєвий цикл, вибудовує свої методи та інструменти навколо фаз та етапів життєвого циклу.

Загальні знання про те, як розвивається програмний проект, дають найбільш надійні орієнтири для його планування, дозволяють економніше витратити ресурси, досягати більш високої якості управління. Все це відноситься до сфери професійних обов'язків керівника програмного проекту.

Загальні знання допомагають менеджеру проекту вибудовувати надійну аргументацію при відстоюванні своєї точки зору перед замовником, перед керівництвом фірми, перед іншими зацікавленими особами.

Нарешті, знання технологічних функцій, які на різних етапах повинні виконувати розробники, що виконують ті чи інші ролі, сприяє правильному розподілу обов'язків співробітників.

Під життєвим циклом ПЗ розуміється весь період його розробки та експлуатації, починаючи з моменту виникнення задуму ПЗ і закінчуючи припиненням всіх видів його застосування.

Життєвий цикл охоплює досить складний процес створення та використання ПЗ, може бути організований по-різному для різних класів ПЗ і залежно від особливостей колективу розробників.

Як і будь-яка модель, модель ЖЦ є абстракцією реального процесу, в якій відсутні деталі, несуттєві з точки зору призначення моделі.

Поняття ЖЦ виникло під впливом потреби у систематизації робіт у процесі розроблення ПЗ. Систематизація була першим етапом на шляху до автоматизації процесу розроблення ПЗ. Наступними кроками переходу до автоматизації процесу розроблення ПЗ були такі:

- ✓ встановлення технологічних маршрутів діяльності розробників ПЗ,
- ✓ визначення можливості їх автоматизації та виявлення ризиків,
- ✓ розроблення інструментів для автоматизації.

Модель життєвого циклу відображає різні стани системи, починаючи з моменту виникнення необхідності в даній інформаційній системі і закінчуючи моментом її повного виходу з ужитку.

Модель життєвого циклу - структура, що містить процеси, дії і завдання, які здійснюються в ході розробки, функціонування та супроводу програмного продукту протягом всього життя системи, від визначення вимог до завершення її використання.

Модель життєвого циклу - це схема виконання робіт і задач у рамках процесів, що забезпечують розробку, експлуатацію і супровід програмного продукту. Ця схема відображає еволюцію ПС, починаючи від формулювання вимог і закінчуючи припиненням користування нею.

Історично така схема робіт містить у собі:

- розробку вимог або технічного завдання;
- розробку ескізного або технічного проекту;
- програмування або робоче проектування;
- дослідну експлуатацію;
- супровід і поліпшення;
- зняття з експлуатації.

Основне призначення моделей ЖЦ є таким:

- планування і розподіл робіт і ресурсів між розробниками, керування програмним проектом;
- забезпечення взаємодії між розробниками проекту і замовником;
- спостереження і контроль робіт, оцінка проміжних продуктів ЖЦ;
- узгодження проміжних результатів із замовником;
- перевірка правильності кінцевого продукту;
- оцінка відповідності характеристик якості отриманого продукту заданим вимогам;
- обговорення використовуваних процесів ЖЦ з метою оцінки їх потенційних можливостей і недоліків;
- визначення напрямів удосконалення або модернізації ЖЦ.

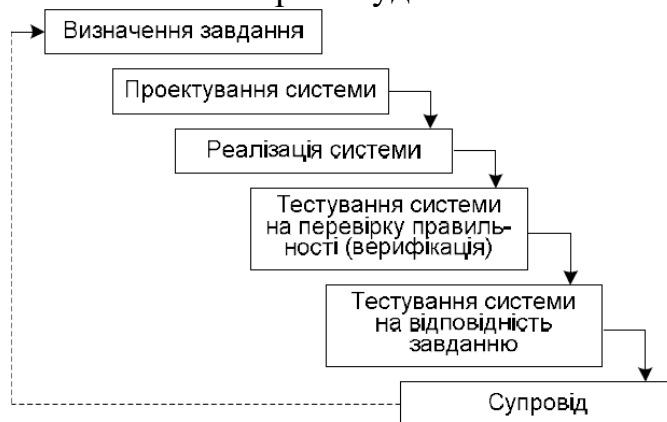


Рис.1. Каскадна модель ЖЦ програмних систем.

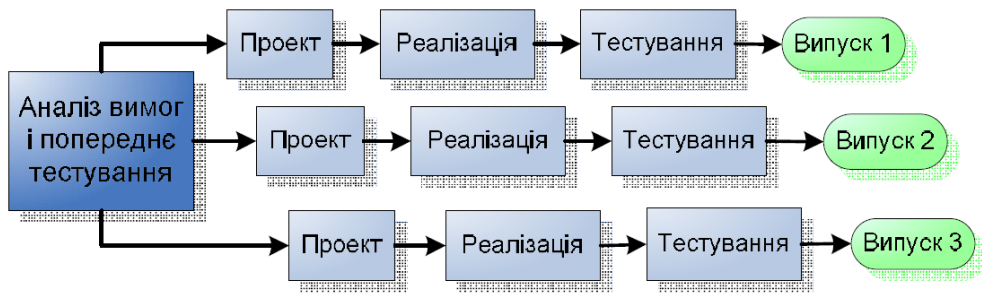


Рис.2. Інкрементна модель ЖЦ програмних систем.

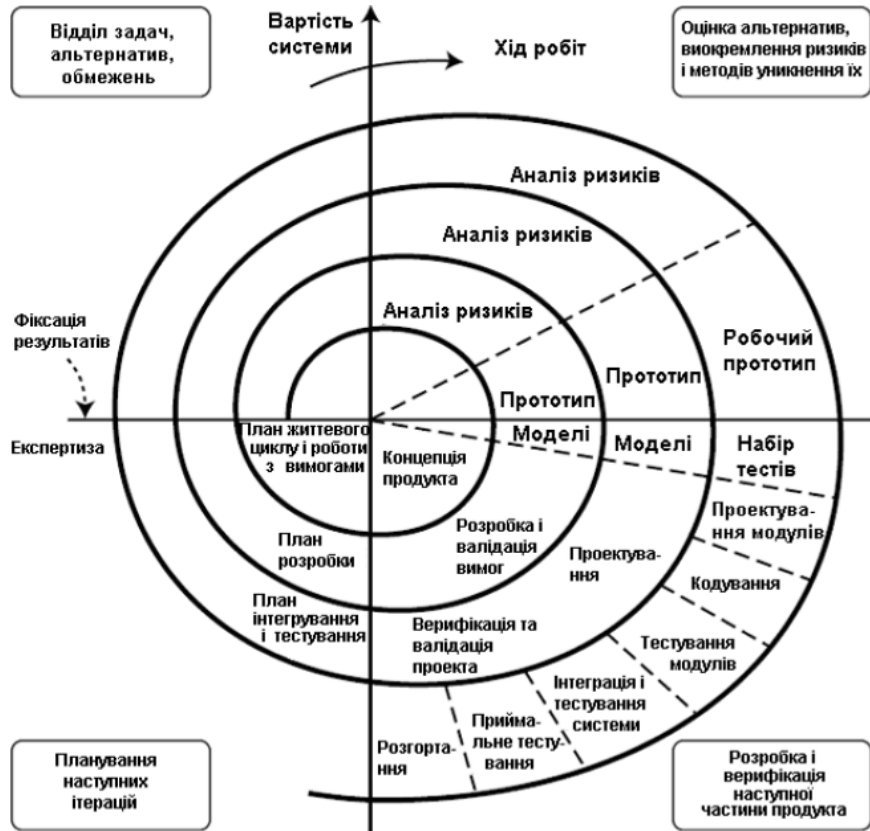


Рис.3. Спіральна модель ЖЦ програмних систем.

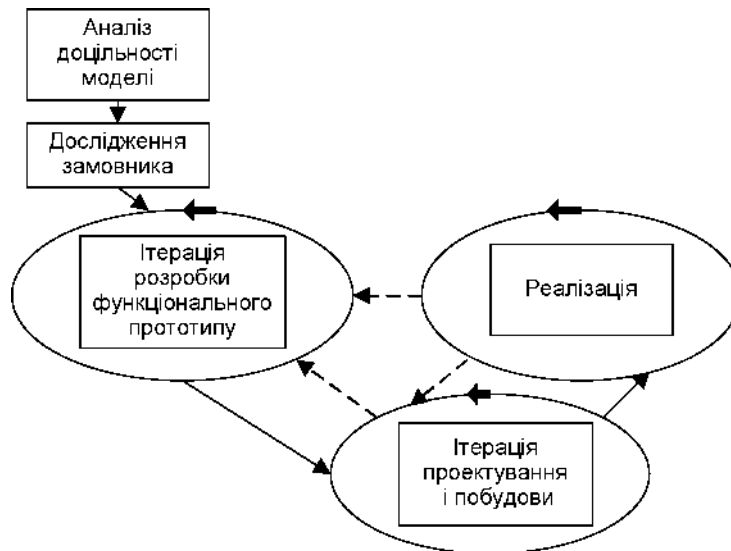


Рис.4. Модель еволюційного прототипування.

Тема12. Технологія Model Driven Development..

Мета лекції полягає у формуванні в студентів теоретичних знань з питання застосування підходів Model Driven Development для підвищення ефективності розробки інформаційних систем..

План лекції

1. Застосування підходів Model Driven Development для підвищення ефективності розробки інформаційних систем.

Навчальне обладнання, презентація тощо: ноутбук, проектор, мультимедійна презентація.

ВИКЛАД МАТЕРІАЛУ ЛЕКЦІЇ

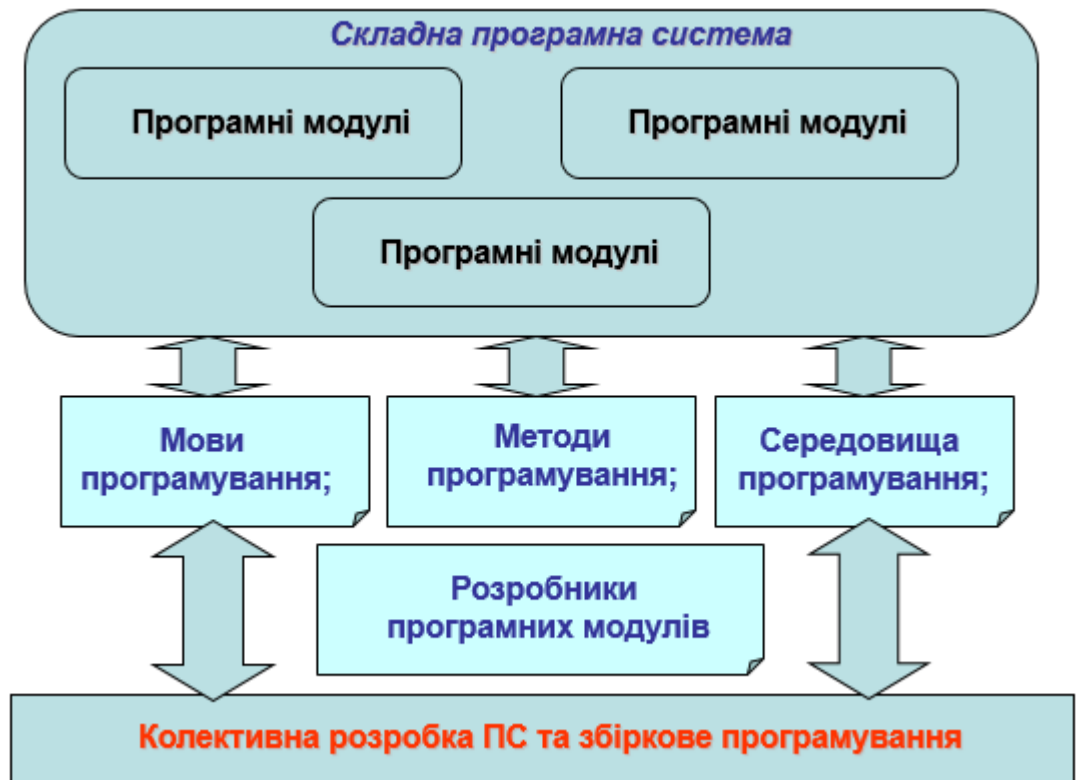
Розробка, керована моделями, (англ. Model-driven development) - це стиль розробки програмного забезпечення, коли моделі стають основними артефактами розробки, з яких генерується код та інші артефакти.

Модель - це абстрактне опис програмного забезпечення, яке приховує інформацію про деякі аспекти з метою представлення спрощеного опису інших.

Модель може бути вихідним артефактом в розробці, якщо вона фіксує інформацію у формі, придатній для інтерпретацій людьми і обробки інструментами.

Модель визначає нотацію і метамодель. Нотація є сукупність графічних елементів, які застосовуються в моделі і можуть бути інтерпретовані людьми.

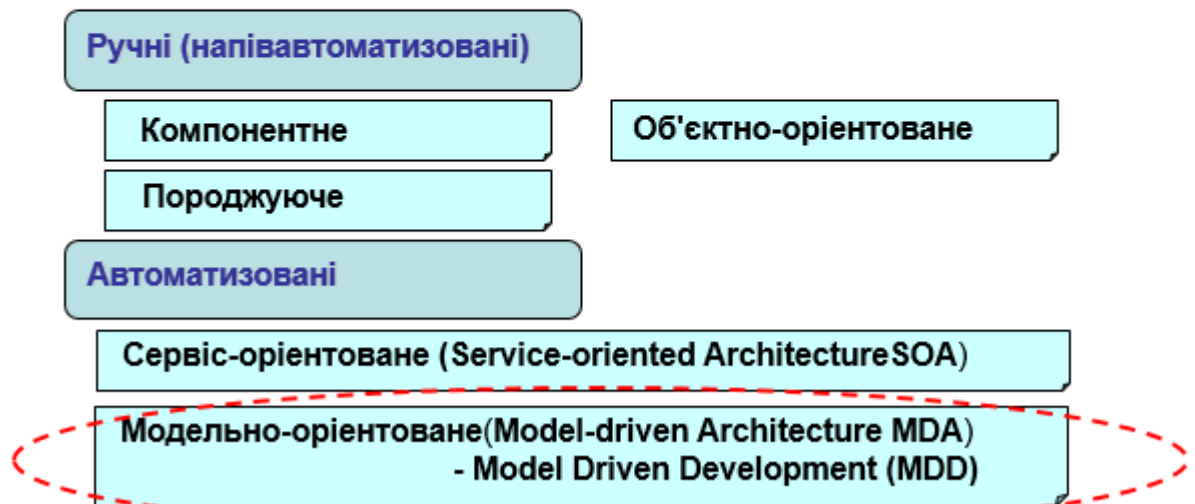
Метамодель описує поняття використовуються в моделі і фіксує інформацію у вигляді метаданих, які можуть бути оброблені інструментами.



Збіркове програмування.

Головне завдання збіркового програмування – об'єднати в єдину програмну систему окремі програмні модулі, що виготовлені різними розробниками, можливо на різних мовних, технологічних та програмних засобах.

Узагальнена класифікація методів збіркового програмування.



Model Driven Development (MDD) – розробка, що керується моделями - це стиль розробки програмного забезпечення, який вважається альтернативою традиційному стилю програмування.

Підхід зосереджується на побудові моделей програмної системи. Ці моделі, як правило, формуються за допомогою схемних позначень дизайну -

UML.

Ідея полягає в тому, щоб використати діаграми моделей для реалізації структурно-логічної схеми побудови програмної системи після чого генерується код на будь-якій мові програмування.

MDD - це методологія розробки програмного забезпечення, яка автоматично створює початковий код і обчислення, використовуючи ці типи моделей для проведення аналізу і проектування. Цей процес відрізняється від існуючих методів розробки на основі коду, оскільки він заснований на процесі створення призначених для користувача моделей.

В MDD розробка програмного забезпечення визначається як моделі, які не залежать від платформи розробки і підрозділяються на програмну архітектуру. MDD складається з абстрактних моделей і технологій перетворення між моделями. Ця абстрактна характеристика дозволяє спростити і стандартизувати системи і автоматизувати створення початкового коду, виробництва і тестування документів.

MDD ділить IT-технологію і робоче навантаження за допомогою спрощених моделей і спрощує обмін інформацією між експертами в області і IT-фахівцями з використанням моделей при розробці програмного забезпечення. Перевага в тому, що він може розробляти програмне забезпечення, тільки змінюючи необхідні моделі без зміни всього програмного забезпечення навіть при зміні робочого навантаження і IT-технології.

Взаємозв'язок між MDA (модельно-орієнтована архітектура), MDD (розробка з використанням моделі) і MDE (модельна інженерія) і «інженерія моделей» (MBE). MDD - це парадигма розвитку, яка використовує моделі як основний артефакт процесу розробки. Звичайно в MDD реалізація (частково) автоматично генерується з моделей. MDA - особливе бачення відносно MDD по рівню абстракції. Тому MDA можна розглядати як підмножину MDD. З іншого боку, MDE буде надмножиною MDD, тому що виходить за рамки чистих дій у області розвитку і охоплює інші завдання на основі моделі повного процесу розробки програмного забезпечення (наприклад, еволюція моделі на основі моделі системи або керована моделлю зворотна інженерія успадкованої системи).

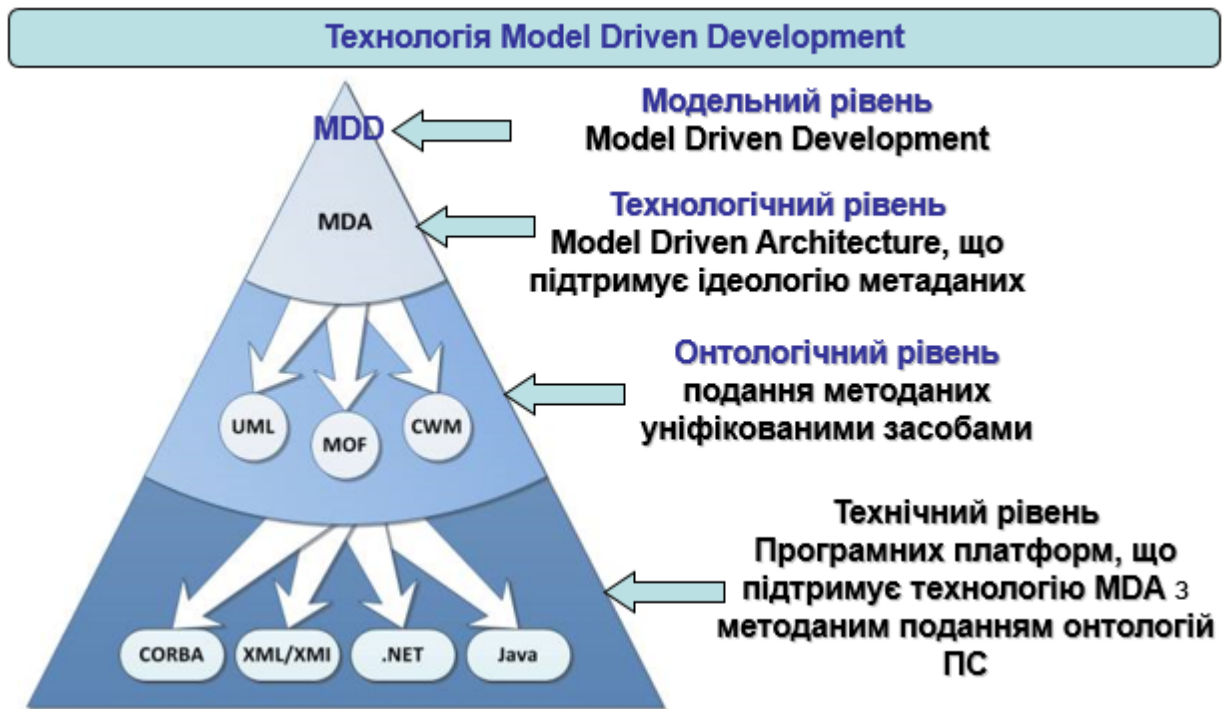
Модель – подоба реального об'єкта.

Інформаційна модель - модель об'єкту, представлена у вигляді інформації, що описує істотні для даного розгляду параметри і змінні величини об'єкту, зв'язки між ними, входи і виходи об'єкту, що дозволяє шляхом подачі на модель інформації про зміни вхідних величин моделювати можливі стани об'єкту.

Структурна модель – являє собою сукупність структурних елементів та взаємозв'язків між ними.

Функціональна модель – взаємозв'язок елементів характеризує їх функціональну належність.

Інфологічна модель – взаємозв'язок причин та наслідків – факторів, показників, критеріїв.



Тема13. Парадигми моделювання і проектування інформаційних систем.

Мета лекції полягає у формуванні в студентів теоретичних знань з питання застосування парадигми моделювання і проектування інформаційних систем.

План лекції

1. Парадигми моделювання і проектування інформаційних систем: структурна (процесно-орієнтована) та об'єктно-орієнтована.
2. Методології структурного аналізу SADT.
3. Об'єктно-орієнтований аналіз (OOAD).

Навчальне обладнання, презентація тощо: ноутбук, проектор, мультимедійна презентація.

ВИКЛАД МАТЕРІАЛУ ЛЕКЦІЇ

Існують дві головні парадигми проектування, що реалізують два різних підходи до опису систем:

- структурна (процесно-орієнтована);
- об'єктно-орієнтована.

Перша концепція має в основі на каскадну модель ЖЦ інформаційної системи. Друга концепція заснована на ітеративній моделі ЖЦ.

Структурний аналіз (від англ. Structured Analysis або SA) і структурне проектування (або SD, від англ. Structured Design) бере свій початок від структурного програмування і класичного системного аналізу.

Система розбивається на функціональні підсистеми, які, в свою чергу, діляться на підфункції, підфункції - на задачі і т.д. до конкретних процедур

Процес розбиття триває до рівня деталізації процедур. До того ж автоматизована система зберігає цілісне уявлення, коли всі складові

компоненти взаємопов'язані та мають загальне підґрунтя.

Під час розробки системи у напрямку «знизу-догори», тобто від окремих завдань до всієї системи цілісність втрачається, виникають проблеми у разі інформаційного стикування окремих компонентів.

Основні принципи структурного підходу

- принцип «Розділяй і володай»
- принцип ієрархічного упорядкування
- принцип абстрагування
- принцип формалізації
- принцип несуперечності

принцип структурування даних

Методології структурного аналізу використовують каскадну модель життєвого циклу інформаційної системи.

У структурному аналізі використовуються дві головні групи засобів, що ілюструють функції системи та співвідношення між даними. Кожній групі засобів відповідають певні моделі (діаграми). Найпоширенішими серед них є такі:

- SADT (Structured Analysis and Design Technique), – моделі й відповідні функціональні діаграми;
- DFD (Data Flow Diagrams) – діаграми потоків даних;
- ERD (Entity-Relationship Diagrams) – діаграми «сутність-зв'язок».

На стадії проектування ІС моделі розширюються, уточнюються і доповнюються діаграмами, що відображають структуру програмного забезпечення: архітектуру ПЗ, структурні схеми програм і діаграми екранних форм.

Вказані моделі в сукупності дають повне описання ІС незалежно від того, чи вона є існуючою чи тільки розробляється. Склад діаграм у кожному конкретному випадку залежить від рівня повноти описання системи.

Об'єктно-орієнтований аналіз або OOAD – це підхід до інженерії програмного забезпечення, що розглядає систему як групу взаємодіючих об'єктів. Об'єктно-орієнтований аналіз (Object-oriented analysis, OOA) використовує методи об'єктного моделювання для аналізу функціональних вимог до системи.

Об'єктно-орієнтоване проектування, ООП (Object-oriented design, OOD) має за мету розробити аналітичні моделі процесів для подальшого створення специфікацій для їхньої реалізації.

Однією з найважливіших серед таких специфікацій є технічне завдання (ТЗ).

Концептуальною основою ООП є об'єктна модель, яка будується з урахуванням принципів абстрагування, інкапсуляції, модульності, ієрархії, типізації, паралелізму, стійкості.

Тема14. Універсальна мова моделювання UML (Unified Modeling Language).

Мета лекції полягає у формуванні в студентів теоретичних знань з питання проектування інформаційних систем за допомогою мови UML.

План лекції

1. Основні поняття проектування з використанням UML
2. Основні елементи мови UML

Навчальне обладнання, презентація тощо: ноутбук, проектор, мультимедійна презентація.

ВИКЛАД МАТЕРІАЛУ ЛЕКЦІЇ

Сучасне виробництво в усіх сферах характеризується високою складністю та різноманіттям технологічних процесів. Воно вже неможливе без створення систем керування, які забезпечують його ефективність, надійність та безпеку.

Система – це сукупність взаємопов'язаних між собою складових частин, яка характеризується спільною метою функціонування.

Проектування систем керування – складний багатоетапний процес, у якому беруть участь фахівці різного профілю і кваліфікації. Тому одна з головних проблем проектування – забезпечення спільної мови фахівців, яка дозволяє однозначно, чітко і зрозуміло сформулювати основні концепції проекту. Така мова була створена в ході розв'язання задач управління проектами і автоматизації розробки програмного забезпечення, але її основні засоби можуть бути застосовані для проектування будь-яких комп'ютеризованих систем, які містять як програмні, так і апаратні засоби. Тому ця мова отримала назву UML – Universal Modeling Language. Наразі мова UML стала міжнародним стандартом проектування комп'ютеризованих систем. Зрозумілість і прозорість проектів, які описані мовою UML забезпечується використанням графічних засобів – так званих UML-діаграм. Такий підхід виправляє розповсюджений у останні десятиріччя стиль проектування з мінімізацією використання графічних зображень.

Процес проектування з використанням UML-діаграм ґрунтується на двох базових принципах: орієнтації на об'єктне подання системи (тобто уявленні про систему як сукупність окремих об'єктів, які взаємодіють один з одним) і ітераційності проектування (тобто відмові від намагання з першого кроку передбачити усі функції, властивості і характеристики системи, а уточнення і розвиток системи в процесі розробки)

Уніфікована мова моделювання UML – це відкритий стандарт, що використовує графічні позначення для створення абстрактної моделі системи (зокрема UML-моделі).

Методи описання результатів аналізу та проектування UML семантично близькі до методів програмування на сучасних об'єктно-орієнтованих мовах.

На підставі UML-моделей можлива генерація програмного коду. Крім того, на UML можна розробити докладний план системи, що містить системні функції і бізнес-процеси, схеми баз даних, програмні компоненти багаторазового використання тощо.

Розробка і використання моделей мови UML здійснюється в рамках загальної концепції об'єктно-орієнтованого аналізу і проектування, яка, в свою чергу є узагальненням методології об'єктно-орієнтованого програмування.

Об'єктно-орієнтований аналіз і проектування (ООАП, Object-Oriented Analysis/Design) - технологія розробки програмних систем, в основу якої покладена об'єктно-орієнтована методологія подання предметної області у вигляді об'єктів, що є екземплярами відповідних класів.

Методологія ООАП тісно пов'язана з концепцією автоматизованої розробки програмного забезпечення (Computer Aided Software Engineering, CASE).

На ринку CASE-засобів представлені десятки програмних інструментів, що підтримують нотацію мови UML і забезпечують інтеграцію, включаючи пряму і зворотну генерацію коду програм, з найбільш поширеними мовами і середовищами програмування, такими як MS Visual C++, Java, Object Pascal/Delphi, Power Builder, MS Visual Basic, Forte, Ada, Smalltalk.

Мова UML є досить строгим і потужним засобом моделювання, яка може бути ефективно використана для побудови концептуальних, логічних і графічних моделей складних систем різного цільового призначення.

До базових засобів відноситься пакет, який служить для групування елементів моделі. При цьому самі елементи моделі, в тому числі довільні елементи, віднесені до одного пакету, виступають в ролі єдиного цілого. При цьому всі різновиди елементів графічної нотації мови UML організовані в пакети.