

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ДЕРЖАВНИЙ ВИЩИЙ НАВЧАЛЬНИЙ ЗАКЛАД
ДОНЕЦЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
КАФЕДРА ПРИКЛАДНОЇ МАТЕМАТИКИ ТА ІНФОРМАТИКИ

СХЕМОКОНСПЕКТ ЛЕКЦІЙ

з навчальної дисципліни

«Системний аналіз та моделювання систем»

для студентів денної та заочної форм навчання
галузі знань F Інформаційні технології
спеціальності F3 Комп'ютерні науки

Дрогобич, 2025

УДК 004.451-047.58(042.3)

С 92

Схемоконспект лекцій з навчальної дисципліни «Системний аналіз та моделювання систем» для студентів денної та заочної форм навчання галузі знань F Інформаційні технології спеціальності F3 Комп'ютерні науки / уклад. Т.В. Алтухова. – Дрогобич: ДонНТУ, 2025. – 385 с.

Навчальна дисципліна «Системний аналіз та моделювання систем» є актуальною і затребуваною в контексті підготовки висококваліфікованих фахівців у галузі знань F Інформаційні технології спеціальності F3 Комп'ютерні науки. Схемоконспект лекцій охоплює основні питання в сфері системного аналізу і моделювання різноманітних систем, тим самим дозволить забезпечити студентам необхідну допомогу під час вивчення ними ключових положень базових тем курсу. Схематична форма конспекту акцентує увагу студентів на закріпленні основних фахових знань, формуванні відповідних умінь та навичок і в цілому отриманні ними кваліфікаційних компетентностей.

Укладач: Тетяна АЛТУХОВА, канд. техн. наук, доцент кафедри ПМІ ДВНЗ «ДонНТУ»

Рецензент: Ганна ШЕЇНА, канд. техн. наук, доцент, доцент кафедри ЕТКІ ДВНЗ «ДонНТУ»

Відповідальний за випуск: Ярослав ДОРОГИЙ, д-р. техн. наук, проф., в.о завідувача кафедри ПМІ ДВНЗ «ДонНТУ»

Затверджено навчально-методичним відділом ДонНТУ, протокол № 6 від 29.04.2025 р.

Розглянуто на засіданні кафедри ПМІ ДВНЗ «ДонНТУ» протокол №4 від 03.04.2025 р.

© ДВНЗ «ДонНТУ», 2025

ЗМІСТ

ВСТУП	5
Тема №1. ВСТУПНІ ПОЛОЖЕННЯ СИСТЕМНОГО АНАЛІЗУ ТА МОДЕЛЮВАННЯ СИСТЕМ	9
1.1 Сутність викладання дисципліни. Системний підхід до розв'язання проблем.	10
1.2 Розвиток системних уявлень та необхідність виникнення системного підходу.	13
1.3 Моделювання як метод наукового пізнання.	31
1.4 Моделювання при дослідженні та проектування систем.	32
Тема №2. БАЗОВІ ПОНЯТТЯ ТА ВИЗНАЧЕННЯ ЗАГАЛЬНОЇ ТЕОРІЇ СИСТЕМ ТА СИСТЕМНОГО АНАЛІЗУ	35
2.1 Визначення сутності терміну «система». Понятійний базис	36
2.2 Аналіз властивостей систем	41
2.3 Огляд класифікації систем	44
2.4 Визначення концептуальних питань теорії систем	56
2.5 Основні принципи опису систем та їх формалізація	57
Тема №3. ПРИНЦИПИ ТА РІЗНОВИДИ СИСТЕМНОГО ПІДХОДУ	60
3.1 Визначення принципів системного підходу.	61

3.2 Основи ієрархічного та об'єктно-орієнтованого підходів.	64
3.3 Загальні напрями розвитку сучасного системного мислення. Огляд нових парадигм в науці.	74
Тема №4. НАПРЯМКИ ТА ТЕХНОЛОГІЇ СИСТЕМНОГО АНАЛІЗУ	76
4.1 Загальні засади системного аналізу	77
4.2 Огляд логічних основ СА	88
4.3 Методологія системного аналізу	95
4.4 Визначення основних напрямків системного аналізу.	99
4.5 Методи СА та їх класифікація. Якісні методи та методи формалізованого представлення систем.	103
4.6 Характеристика підходів у СА	130
4.7 Огляд видів СА	135
4.8 Визначення основних етапів системного аналізу, їх послідовність і зміст.	139
4.9 Аналіз структури СА	151
Тема №5. ОСНОВНІ ПОЛОЖЕННЯ ТА ЗАГАЛЬНІ АСПЕКТИ МОДЕЛЮВАННЯ СИСТЕМ	155
5.1 Аналіз сутності поняття «моделювання». Цілі і завдання моделювання.	156
5.2 Огляд історії появи моделювання.	163

5.3 Огляд видів та принципів моделювання.	166
Тема №6. МОДЕЛЬ: ВИЗНАЧЕННЯ, ВЛАСТИВОСТІ, СТРУКТУРА, АСПЕКТИ РОЗРОБКИ	169
6.1 Визначення сутності терміну «модель». Аналіз властивостей і узагальненої структури моделі.	170
6.2 Огляд класифікації моделей за різними ознаками та характеристиками.	173
6.3 Визначення принципів та способів побудови моделей. Базові вимоги та стадії розробки моделей.	179
Тема №7. АНАЛІЗ МЕТОДІВ ТА ПРОЦЕСУ МОДЕЛЮВАННЯ СИСТЕМ	184
7.1 Визначення сутності поняття «метод моделювання».	185
7.2 Аналіз і дослідження існуючих методів моделювання систем.	188
7.3 Розуміння технології моделювання систем: етапи процесу моделювання та їх характеристика. Узагальнена технологія математичного моделювання.	192
Тема №8. СУТНІСТЬ КОМП'ЮТЕРНОГО АНАЛІЗУ ТА МОДЕЛЮВАННЯ СИСТЕМ	201
8.1 Понятійний апарат комп'ютерного аналізу та моделювання, його сутність і особливості.	202

8.2 Сфери практичного застосування комп'ютерного аналізу та моделювання.	209
8.3 Інструментальні засоби для комп'ютерного аналізу та моделювання.	211
8.4 Засоби моделювання ІТ-ринку	218
Тема №9. МОДЕЛЮВАННЯ СИСТЕМ ЗА ДОПОМОГОЮ АПАРАТУ МЕРЕЖ ПЕТРІ	241
9.1 Поняття і сутність мережі Петрі. Складові елементи та властивості мережі Петрі.	242
9.2 Імітаційне моделювання мережі Петрі з часовими затримками.	258
9.3 Функціонування мереж Петрі	265
9.4 Аналіз мереж Петрі	270
9.5 Найбільш вживані фрагменти мереж Петрі при моделюванні дискретних систем (мережі Петрі з конфліктними переходами, з багатоканальними переходами та з інформаційними зв'язками)	273
Тема №10. МЕТОДОЛОГІЯ IDEF3	292
10.1 Методологія подієвого моделювання IDEF3	293
10.2 Синтаксис і семантика моделей IDEF3	295
10.3 Вимоги IDEF3 до опису процесів	313

Тема №11. МЕТОДОЛОГІЯ DFD	319
11.1 Сутність і складові елементи синтаксису технології DFD	320
11.2 Побудова діаграм DFD	324
11.3 Контекстна діаграма і деталізація процесів	327
Тема №12. ІМІТАЦІЙНЕ МОДЕЛЮВАННЯ СИСТЕМ	332
12.1 Поняття імітаційного моделювання та імітаційної моделі	333
12.2 Етапи розвитку імітаційного моделювання та сфери їх застосування	338
12.3 Імітаційне моделювання систем як окремий випадок математичного моделювання	343
12.4 Переваги застосування машинної імітації	347
12.5 Методи проєктування імітаційних моделей	355
12.6 Програмна реалізація імітаційної моделі	358
Тема №13. ТЕОРІЯ МАСОВОГО ОБСЛУГОВУВАННЯ. GPSS-МОДЕЛЮВАННЯ СИСТЕМ	359
13.1 Базові поняття теорії масового обслуговування. Класифікації систем масового обслуговування	360
13.2 Система кодування СМО	364
13.3 GPSS-Моделювання систем	369
СПИСОК РЕКОМЕНДОВАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ	384

ВСТУП

Сьогоднішній темп розвитку інформаційного суспільства передбачає застосування сучасних методів та засобів аналізу та можливостей моделювання різноманітних систем із залученням новітніх інформаційних технологій, тому питанням системного аналізу та моделюванню систем необхідно приділяти значну увагу через їх специфіку. З огляду на це, *метою* викладання даної дисципліни є *формування системи теоретичних знань і практичних навичок із теорії систем і принципів їх аналізу та моделювання, побудови статичних та динамічних моделей з використанням сучасних програмних засобів*.

В результаті *опанування* дисципліни «Системний аналіз та моделювання систем» студент повинен:
Знати: основні поняття теорії загальної теорії систем і моделювання, класифікацію систем та моделей, області їх використання, задачі системного аналізу та моделювання; методи моделювання та аналізу систем; принципи побудови систем та моделей.

Вміти: обґрунтовано застосовувати положення системного аналізу, вибирати метод моделювання та оцінки поведінки систем; будувати адекватну модель системи або процесу з використанням сучасних комп'ютерних засобів; інтерпретувати і аналізувати результати моделювання.

При вивченні курсу «Системного аналізу та моделювання систем» передбачено опанування студентами 13 тем, що поділені на декілька змістовних тематичних питань. Стисло, але вичерпне подання матеріалу забезпечить студентам можливість зосередитися на основних ключових поняттях, проблемах, методах, підходах в сфері системного аналізу і моделювання систем та, в цілому, сприятиме формуванню в них необхідних для кваліфікаційного рівня «Бакалавр» знань, умінь і компетентностей. Отримані знання та вміння є основою при опануванні інших дисциплін спеціальності F3 Комп'ютерні науки.

Тема №1. ВСТУПНІ ПОЛОЖЕННЯ СИСТЕМНОГО АНАЛІЗУ ТА МОДЕЛЮВАННЯ СИСТЕМ

Тематичний план

- 1.1 Сутність викладання дисципліни. Системний підхід до розв'язання проблем.*
- 1.2 Розвиток системних уявлень та необхідність виникнення системного підходу.*
- 1.3 Моделювання як метод наукового пізнання.*
- 1.4 Моделювання при дослідженні та проєктування систем.*

1.1 СУТНІСТЬ ВИКЛАДАННЯ ДИСЦИПЛІНИ. СИСТЕМНИЙ ПІДХІД ДО РОЗВ'ЯЗАННЯ ПРОБЛЕМ

Мета викладання дисципліни «Системний аналіз та моделювання систем»:

- ознайомити студентів із методологією дослідження таких властивостей та відношень на об'єктах комп'ютеризації, які важко спостерігаються шляхом представлення цих об'єктів у вигляді цілеспрямованих систем;
- надати практичні навички застосування системної методології для аналізу, моделювання та проєктування складних об'єктів, побудови комп'ютерних інформаційних систем (KIC), розв'язування інформаційних проблем в них;
- розвинути навички використання практичних методологій системного аналізу (СА) для моделювання та проєктування KIC;
- сформувати у майбутніх спеціалістів системне мислення.

На *формування* загальної теорії систем, системного підходу та системного аналізу вирішальний вплив мали роботи Людвіга фон Берталанфі (1901-1972).

З середини 50-х років ідеї системного аналізу набувають визнання та поширення особливо в США.

Переваги «системного підходу»:

- можливість формулювати, ставити і розв'язувати, по можливості, дві задачі:
- розширити і поглибити особисте уявлення про «механізм» взаємодії об'єктів в системі, вивчити і, можливо, відкрити нові його властивості;
- підвищити ефективність системи в тому плані її функціонування, який цікавить більш за все.

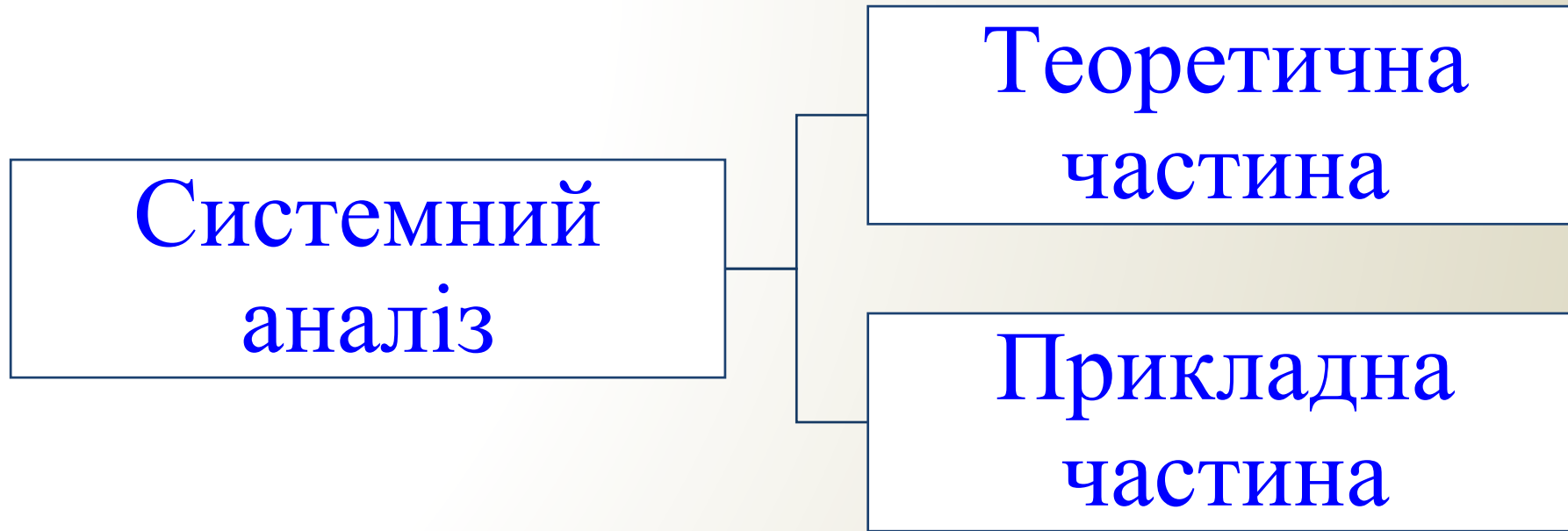
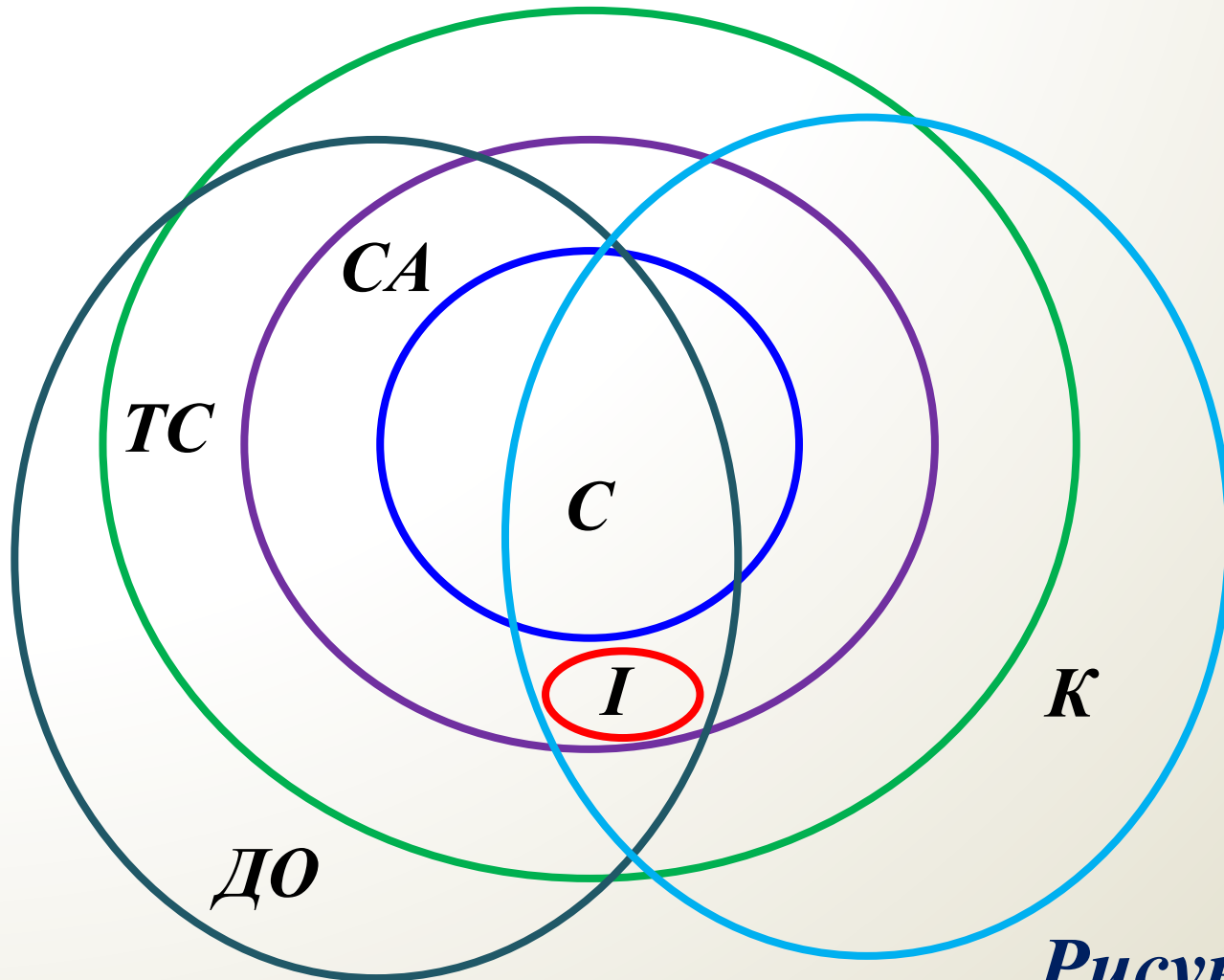


Рисунок 1.1

Сучасний системний аналіз є прикладною дисципліною, спрямованою на з'ясування причин реальних складностей, а також на вироблення варіантів їх усунення.

1.2 РОЗВИТОК СИСТЕМНИХ УЯВЛЕНЬ ТА НЕОБХІДНІСТЬ ВИНИКНЕННЯ СИСТЕМНОГО ПІДХОДУ



І – інформатика
С – системотехніка
СА – системний аналіз
ТС – теорія систем
ДО – дослідження
операцій
К – кібернетика

Рисунок 1.2

Кібернетика – вивчає системи зі зворотнім зв'язком і аспект керування інформацією в цих системах, розглядаючи при цьому строго формалізовані задачі.

Інформатика – займається дослідженням процесів збереження, накопичення, перетворення, передачі даних та інформації із застосуванням комп'ютерної техніки.

Дослідження операцій – вивчає методи прийняття рішень при цьому переважно розглядаються формалізовані задачі.

Системотехніка – наука, яка вивчає застосування методів системного аналізу для дослідження технічних схем.

Системний аналіз – це сукупність методологічних засобів, які використовуються для підвищення ступеня обґрунтованості рішень у складних (слабко-структурованих) проблемах політичного, військового, наукового, соціального і економічного характеру. **Системний аналіз передбачає розгляд об'єктів як систем.**

Історія розвитку системних уявлень

- Питання про науковий підхід до керування складними системами вперше в конкретному вигляді було поставлене М.А. Ампером (1834 р. – 1843 р.), в якій була виділена наука про керування державою, названа кібернетикою.
- Польський вчений Броніслав Трентовський, видав в 1843 р. в Познані польською мовою книгу «Ставлення філософії до кібернетики як до мистецтва керування народом», де представлено відображення наукових основ практичної діяльності керівника – «гібернета».
- Наступний етап у вивченні системності як самодостатнього предмета пов'язаний з прізвищем О. О. Богданова (справжнє прізвище – Малиновський), який протягом 1911-1925 р.р. видав 3 томи книги «Всеобщая организационная наука (тектология)».
- Відчутний вплив на усвідомлення деяких аспектів поняття системності та особливо керування мають роботи Н. Вінера, в 1948 р. визначає кібернетику як «науку про управління та зв'язок в тваринах та машинах».
- Виникнення загальної теорії систем (ЗТС) пов'язують з іменем австрійського фізіолога Людвіга фон Берталанфі.

Основні напрямки системних досліджень

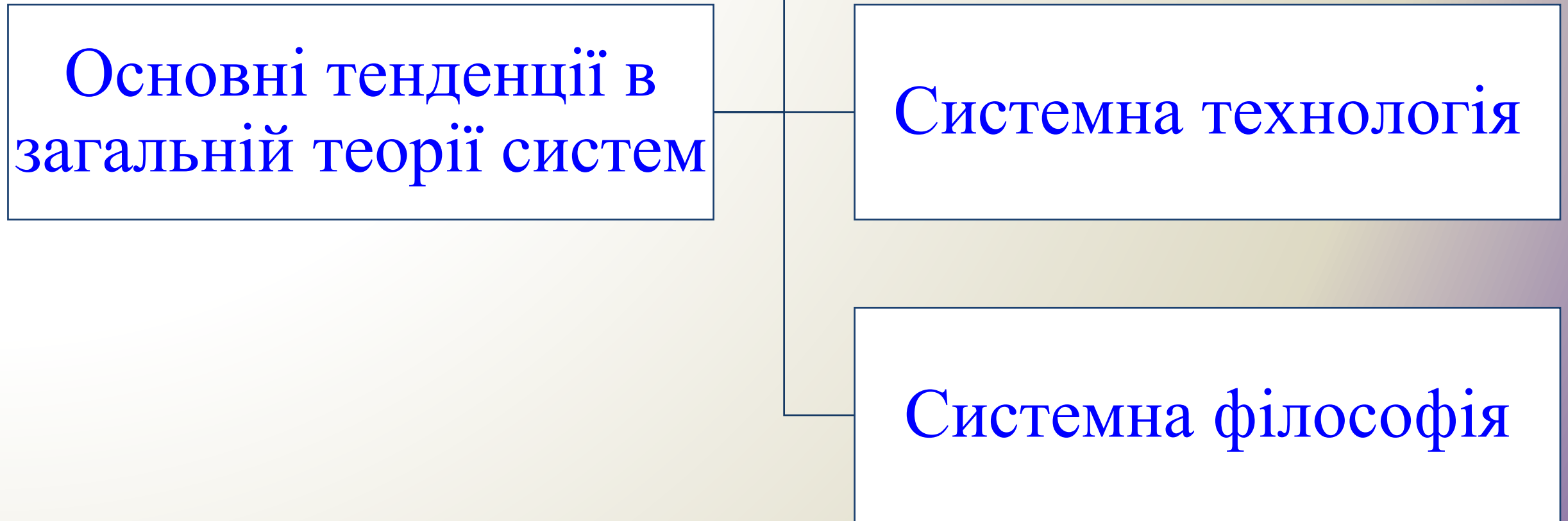


Рисунок 1.3

Системотехніка виникла у США на початку 50-х років і описує своєрідні «правила поведінки» інженера, що конструює складні системи.

Основними завданнями системотехніки є:

- виявлення та опис найзагальніших системних характеристик і закономірностей, що не залежать від конкретного типу технічних комплексів;
- розроблення експериментальних методів, що дозволяють з достатнім рівнем достовірності та за умови прийнятнього об'єму ресурсів оцінити теоретичні концепції;
- розроблення методів реалізації принципів системотехніки при створенні та використанні конкретних систем.

Системологія – це комплекс понять і концепцій, що стосуються і системного підходу, і системного аналізу, і загальної теорії систем, і системотехніки, і теорії ієрархічних систем.

Зародження системного аналізу пов'язують з 2-ю світовою війною та діяльністю в області планування розвитку озброєнь.

Суттєвим в системному аналізі є наступне:

- аналіз систем є способом розгляду проблеми;
- наявні такі елементи, як ціль (цілі), альтернативи (засоби досягнення цілей), витрати чи ресурси (те, що необхідно витратити для реалізації кожної з альтернатив), модель, критерії, згідно з якими обирається альтернатива.



Рисунок 1.4

Системний підхід *синтезує* індуктивний та дедуктивний спосіб мислення з залученням інтуїтивних підходів.

Призначення системного аналізу:

- правильний відбір системного інструментарію для розв'язання поставленої проблеми
- декомпозиція мети
- формування критеріїв відбору засобів для досягнення цілей
- обґрунтування вибору рішення

Призначення системи, створеної людьми, спочатку визначається тими, хто її проєктував, а пізніше користувачі пристосовують систему відповідно до своїх цілей.

Система може мати різні призначення в залежності від точки зору спостерігача.

Поява та розвиток методів СА викликані новими рисами в тих проблемах, які людина повинна розв'язувати в сучасних умовах:

- зрослий масштаб проблем, які підлягають вирішенню;
- зростання взаємного впливу проблем одна на іншу;
- великий ризик неефективних витрат та втрат, а це приводить до вимоги старанно обґрунтовувати рішення;
- необхідність правильної постановки цілей, формування програми їх досягнення

Проблеми породжуються та розв'язуються людьми, а тому поняття «проблема» має людські риси сприйняття, що породжує наступні труднощі:

- неясність розуміння проблеми;
- складнощі постановки проблем на віддалену перспективу;
- складність класифікації проблем і, як наслідок, вибір неадекватних засобів їх розв'язання;
- спотворена оцінка проблем;
- неправильна оцінка значимості проблем внаслідок вузькопрофесійної точки зору;
- змішування цілей, які необхідно досягнути, з засобами їх досягнення.

Методологічні принципи СА:

- органічна єдність суб'єктивного та об'єктивного;
- структурність системи, що визначає цілісність та стійкість характеристик системи;
- динамізм систем;
- міждисциплінарний характер системних досліджень;
- органічна єдність формального та неформального при проведенні СА.

Системний аналіз обмежують дві наступні особливості:

- системні аналітики вивчають лише штучно створені системи, в яких людині належить надзвичайно важлива, а в багатьох випадках і вирішальна роль;
- головна задача СА – прийняття рішень і управління.

Системний аналіз – це методологія дослідження таких властивостей і відношень в об'єктах, які важко спостерігаються та важко розуміються, за допомогою представлення цих об'єктів у вигляді цілеспрямованих систем та вивчення властивостей цих систем та взаємних відношень як відношень між цілями та засобами їх реалізації.

Системний аналіз відрізняється від інших методів дослідження тим, що:

- враховує принципову складність об'єкта; бере до уваги розгалужені та стійкі взаємні зв'язки його з оточенням; враховує неможливість спостереження ряду властивостей об'єкта та оточуючого середовища
- реальні явища, їх властивості та зв'язки з оточенням переводяться далі в абстрактні категорії теорії систем
- дозволяє виявити нові конкретні властивості та взаємні зв'язки конкретного об'єкта дослідження
- включає як один з важливих етапів визначення об'єкта, його знаходження чи конструювання
- орієнтується на створення правильної постановки задачі, вибір відповідних методів для її розв'язання;
- основне знайти шлях, яким можна перетворити складну проблему в простішу проблему перетворити в послідовність задач, для яких існують методи їх розв'язання;
- СА завжди конкретний

Проблеми розрізняються за ступенем структурованості проблем:

- добре структуровані та сформульовані кількісно;
- слабо структуровані, в яких зустрічаються як кількісні, так і якісні оцінки;
- неструктуровані, якісні проблеми.

Потреба в СА виникає в тому випадку, коли виникають наступні ситуації:

- розв'язується нова проблема;
- розв'язання проблеми передбачає координацію цілей з множиною засобів їх досягнення;
- проблема має розгалужені зв'язки і прийняття рішення в таких випадках потребує врахування сукупної ефективності та повних затрат;
- існують варіанти розв'язання проблеми або досягнення взаємно пов'язаного комплексу цілей, які важко порівняти;
- створюються нові складні системи;
- здійснюється вдосконалення, реконструювання виробництва, необхідна реінженерія бізнеспроцесів;
- при створенні інформаційних систем та комп'ютеризованих систем керування;
- коли важливі рішення повинні прийматися за наявності невизначеності та ризику та (або) на достатньо віддалену перспективу.

Місце системного аналізу серед наукових дисциплін. Основна мета системного аналізу.

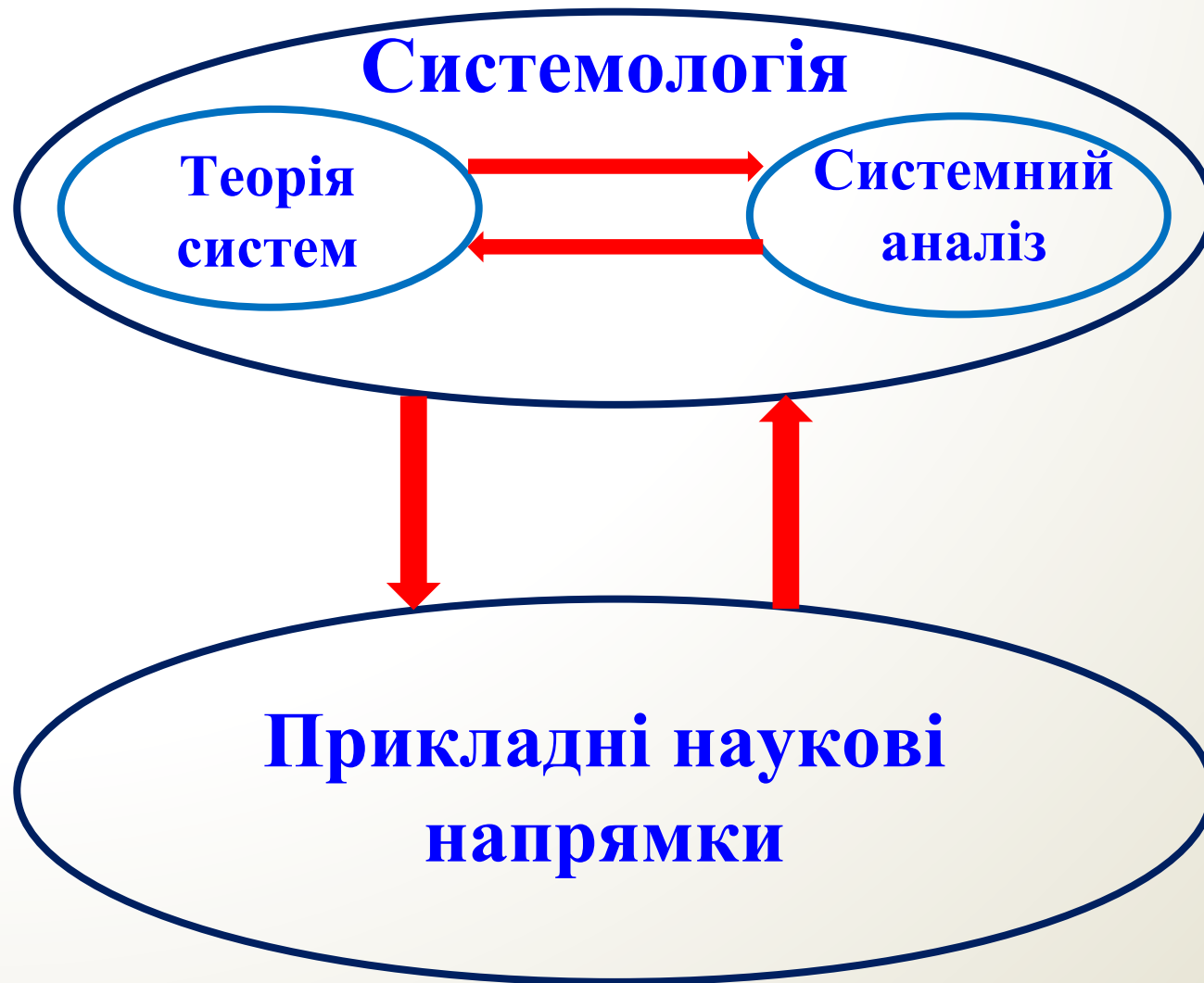
Термін «система» означає множину елементів і відносин між ними.

Термін «відносини» включає наступний набір родинних понять: структура, організація, зв'язок, взаємозалежність, кореляція, обмеження і т. п.

Класифікацію всіх наукових напрямків можна здійснити за допомогою одного з двох фундаментальних критеріїв відмінності:

- виділення напрямків, які базуються на певних типах елементів;
- виділення напрямків, які базуються на певних типах відносин.

Характерною особливістю системології є те, що її знання і методологія можуть бути використані у всіх без винятку розділах традиційної науки.



Системний аналіз – це сукупність формалізованих, слабо формалізованих і неформалізованих методів й процедур, що дозволяють реалізувати системний підхід до управління системою діяльністю людини і функціонуванням складних систем на різних етапах життєвого циклу.

Рисунок 1.5 Зв'язок системології із іншими науками

Практична цінність системного аналізу полягає в тому, що він є методикою і практикою цілеспрямованого перетворення як самої людини, так і навколишнього світу.

Процедури системного аналізу спрямовані на виявлення альтернативних варіантів вирішення проблеми, виявлення масштабів невизначеності по кожному з варіантів і зрівняння варіантів по тим чи іншим критеріям ефективності.

Основною метою системного аналізу є побудова узагальненої моделі взаємодії даного об'єкту з навколишнім середовищем в конкретній ситуації і вироблення рекомендацій щодо досягнення цим об'єктом певної мети.

1.3 МОДЕЛЮВАННЯ ЯК МЕТОД НАУКОВОГО ПІЗНАННЯ

Модель – це об'єкт-замінник об'єкта-оригіналу, що забезпечує вивчення деяких властивостей оригіналу.

Моделювання – це заміщення одного об'єкта іншим з метою отримання інформації про найважливіші властивості об'єкта-оригіналу за допомогою об'єкта-моделі або як представлення об'єкта моделлю для отримання інформації про цей об'єкт шляхом проведення експериментів з його моделлю.

Теорія моделювання – це теорія заміщення одних об'єктів (оригіналів іншими об'єктами (моделями) і дослідження властивостей об'єктів на їх моделях.

1.4 МОДЕЛЮВАННЯ ПРИ ДОСЛІДЖЕНІ ТА ПРОЄКТУВАННЯ СИСТЕМ

Інформаційні системи відносяться до класу великих систем, етапи проєктування, впровадження, експлуатації та еволюції яких на теперішній час неможливі без використання різних видів моделювання.

На всіх перелічених етапах необхідно враховувати наступні особливості:

- складність структури та стохастичність зв'язків між елементами, неоднозначність алгоритмів поведінки при різних умовах;
- велику кількість параметрів та змінних, неповноту та недетермінованість початкової інформації;
- різноманіття та ймовірнісний характер впливів зовнішнього середовища.

Незалежно від розбиття системи на підсистеми, необхідно при проєктуванні кожної підсистеми виконувати **зовнішнє проєктування (мактопроєктування)** та **внутрішнє проєктування (мікропроєктування)**.

На стадії макропроєктування повинна бути розроблена загальна модель процесу функціонування складної системи, яка дозволить розробнику отримати відповіді на питання щодо ефективності різних стратегій управління об'єктом під час його взаємодії з зовнішнім середовищем.

Стадію зовнішнього проєктування можна поділити на **аналіз** і **синтез**.

Аналіз передбачає вивчення об'єкту управління, побудову моделі впливів зовнішнього середовища, визначення критеріїв оцінки ефективності, наявних ресурсів, необхідних обмежень для забезпечення наступної мети – побудови моделі об'єкта управління для оцінки його характеристик.

Синтез передбачає вирішення задачі вибору стратегії управління на основі моделі об'єкта моделювання.

На стадії мікропроектування розроблюється модель з метою створення ефективних підсистем. *Вибір методу моделювання та необхідна деталізація моделей суттєво залежать від етапу розробки складної системи.*

На етапах обстеження об'єкта управління моделі носять описовий характер та переслідують мету якнайкращого представлення в компактній формі інформації про об'єкт.

На етапах розробки проєктів систем моделі окремих підсистем деталізуються та моделювання використовується для вирішення конкретних задач проєктування, тому зачасту використовуються моделі синтезу.

На етапі впровадження та експлуатації складних систем моделювання передбачає «програвання» можливих ситуацій для прийняття обґрунтованих рішень з управління об'єктом (імітація).

Модель, що реалізована на ЕОМ, відтворює поведінку об'єкта управління та зовнішнього середовища, а людина в певні моменти часу приймає рішення стосовно управління даним об'єктом.

Тема №2. БАЗОВІ ПОНЯТТЯ ТА ВИЗНАЧЕННЯ ЗАГАЛЬНОЇ ТЕОРІЇ СИСТЕМ ТА СИСТЕМНОГО АНАЛІЗУ

Тематичний план

- 2.1 Визначення сутності терміну «система». Понятійний базис*
- 2.2 Аналіз властивостей систем*
- 2.3 Огляд класифікації систем*
- 2.4 Визначення концептуальних питань теорії систем*
- 2.5 Основні принципи опису систем та їх формалізація*

2.1 ВИЗНАЧЕННЯ СУТНОСТІ ТЕРМІНУ «СИСТЕМА». ПОНЯТІЙНИЙ БАЗИС

Термін «система» – це фундаментальне поняття системного аналізу та безлічі супутніх дисциплін, а також є одним з ключових термінів в теорії і практиці моделювання об'єктів, процесів і явищ.

Змістові аспекти терміну «Система»:

- «інженерне» розуміння системи – це взаємозв'язаний набір елементів і способів їх з'єднання;
- у «конструкторському» розумінні «система» – це проектування та створення певного комплексу методів і засобів;
- в науково-дослідницькому трактуванні «система» – це загальна методологія дослідження процесів і явищ;
- у теоретико-пізнавальному аспекті «система» – це спосіб мислення.

Термін «система» передбачає

Наявність об'єкта

Наявність суб'єкта дослідження

Наявність завдання

Наявність зв'язку між об'єктом, суб'єктом
та завданням

Рисунок 2.1



Рисунок 2.2 Умова існування системи

Формальне визначення системи:

$$S \rightarrow {}^n_l \Omega(e, r)^p \quad (2.1)$$

S – система; n – суб'єкт; l – мова опису; p – завдання; e – множина підоб'єктів; r – множина відношень між ними; Ω – оператор відображення.

У теоретико-пізнавальному аспекті можна виділити *три можливі аспекти розгляду систем*:

- система розглядається як взаємопов'язаний комплекс матеріальних об'єктів;
- система включає, з одного боку, набір матеріальних об'єктів, а з іншого – інформацію про їхній стан;
- система розглядається чисто в інформаційному аспекті як комплекс відношень, зв'язків, інформації.

Рівні абстрактного опису систем: символічний (лінгвістичний); теоретико-множинний; абстрактно-алгебраїчний; топологічний; логіко-математичний; теоретико-інформаційний; динамічний; евристичний.

Апаратний базис
теорії
систем і
системного
аналізу

Підсистема

Надсистема

Елемент системи

Зв'язки

Зворотні зв'язки

Властивості системи

Структура системи

Декомпозиція системи

Ієрархічність системи

Функція системи

Зовнішнє середовище

Вхід системи

Вихід системи

Мета системи

Стан системи

Поведінка (рух) системи

Рівновага системи

Стійкість системи

Стійкий стан рівноваги системи

Управління системою

Кібернетичні системи

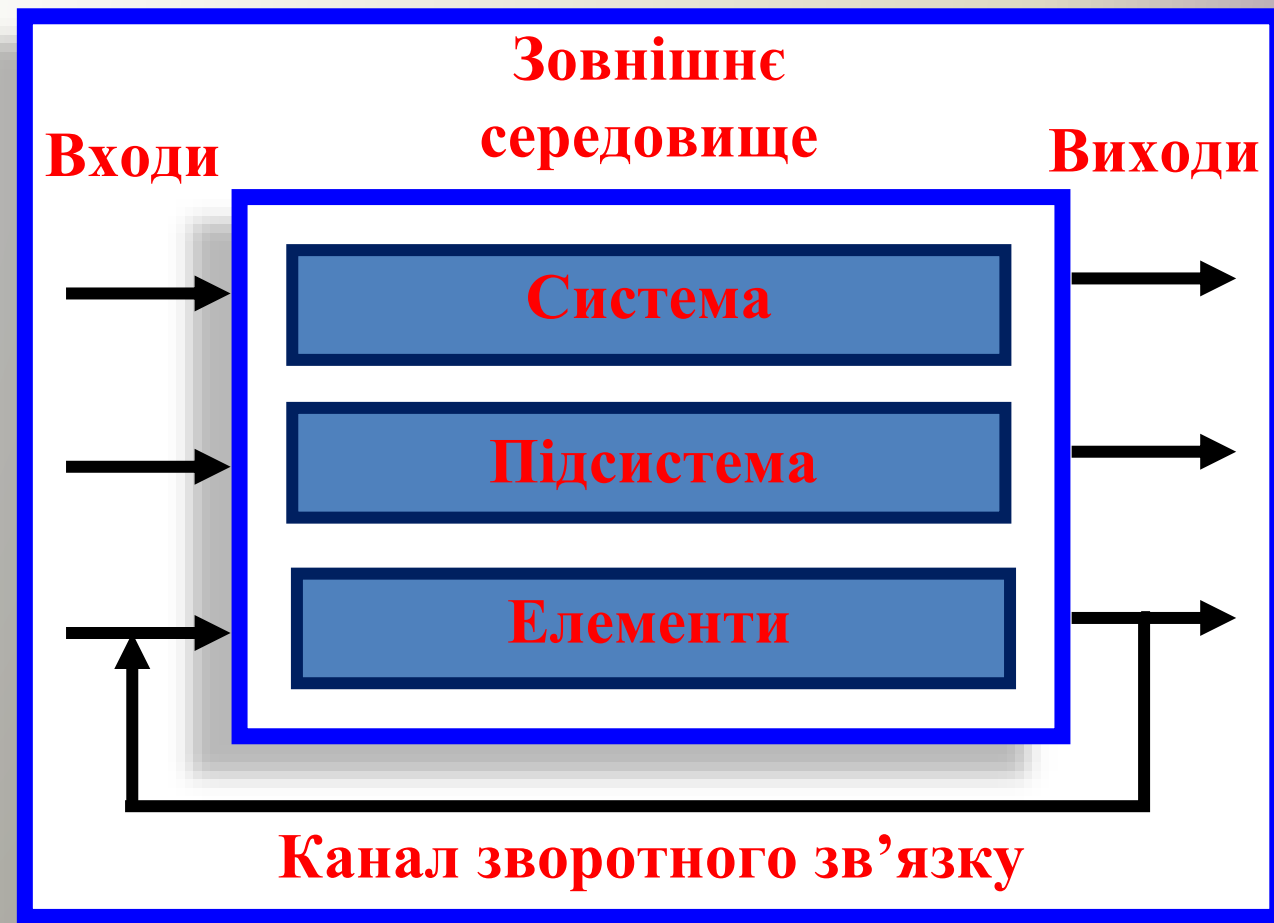


*Рисунок 2.3 Загальне графічне
подання системи*

2.2 АНАЛІЗ ВЛАСТИВОСТЕЙ СИСТЕМ



Рисунок 2.4

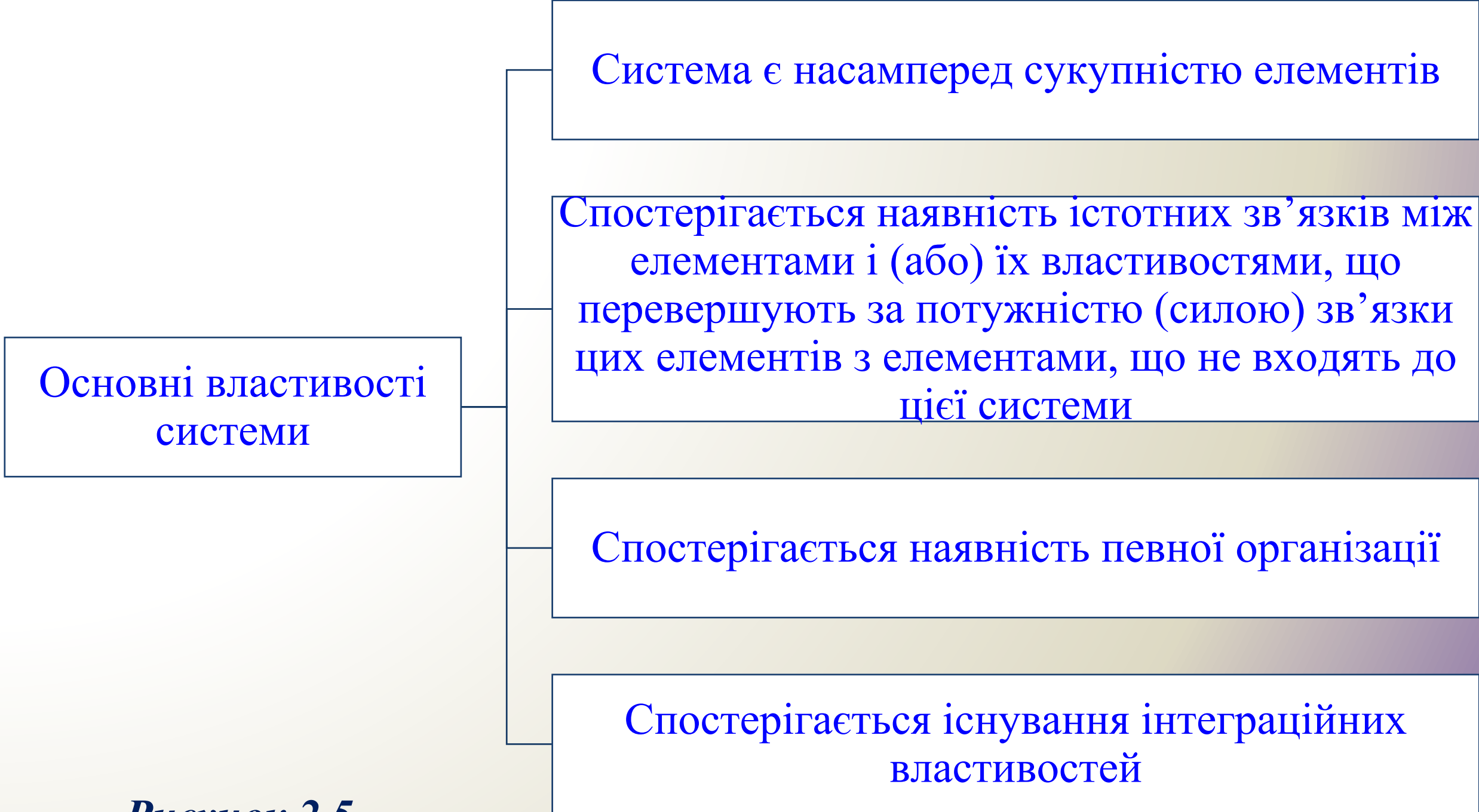


Рисунок 2.5

Групи властивостей системи:

- 1. Властивості, пов'язані з цілями і функціями системи:* синергічність, пріоритет інтересів системи ширшого (глобального) рівня перед інтересами її компонентів, емерджентність, мультиплікативність, цілеспрямованість, альтернативність шляхів функціонування і розвитку.
- 2. Властивості, які пов'язані зі структурою системи:* цілісність і подільність, неадитивність, структурність і організація, ієрархічність, зв'язність.
- 3. Властивості, які пов'язані з ресурсами і особливостями взаємодії з середовищем:* комунікативність, взаємодія і взаємозалежність системи й зовнішнього середовища, адаптивність, надійність, інтерактивність.
- 4. Інші властивості системи:* інтегративність, еквіфінальність, спадковість, розвиток, порядок, самоорганізація.

2.3 ОГЛЯД КЛАСИФІКАЦІЇ СИСТЕМ

Загальні підходи до класифікації систем ґрунтуються на наступних ознаках:

- структурою;
- призначення;
- ступінь взаємодії із зовнішнім середовищем;
- походження;
- спосіб організації;
- тип та характер взаємодії між елементами;
- спосіб керування;
- принципи функціонування.

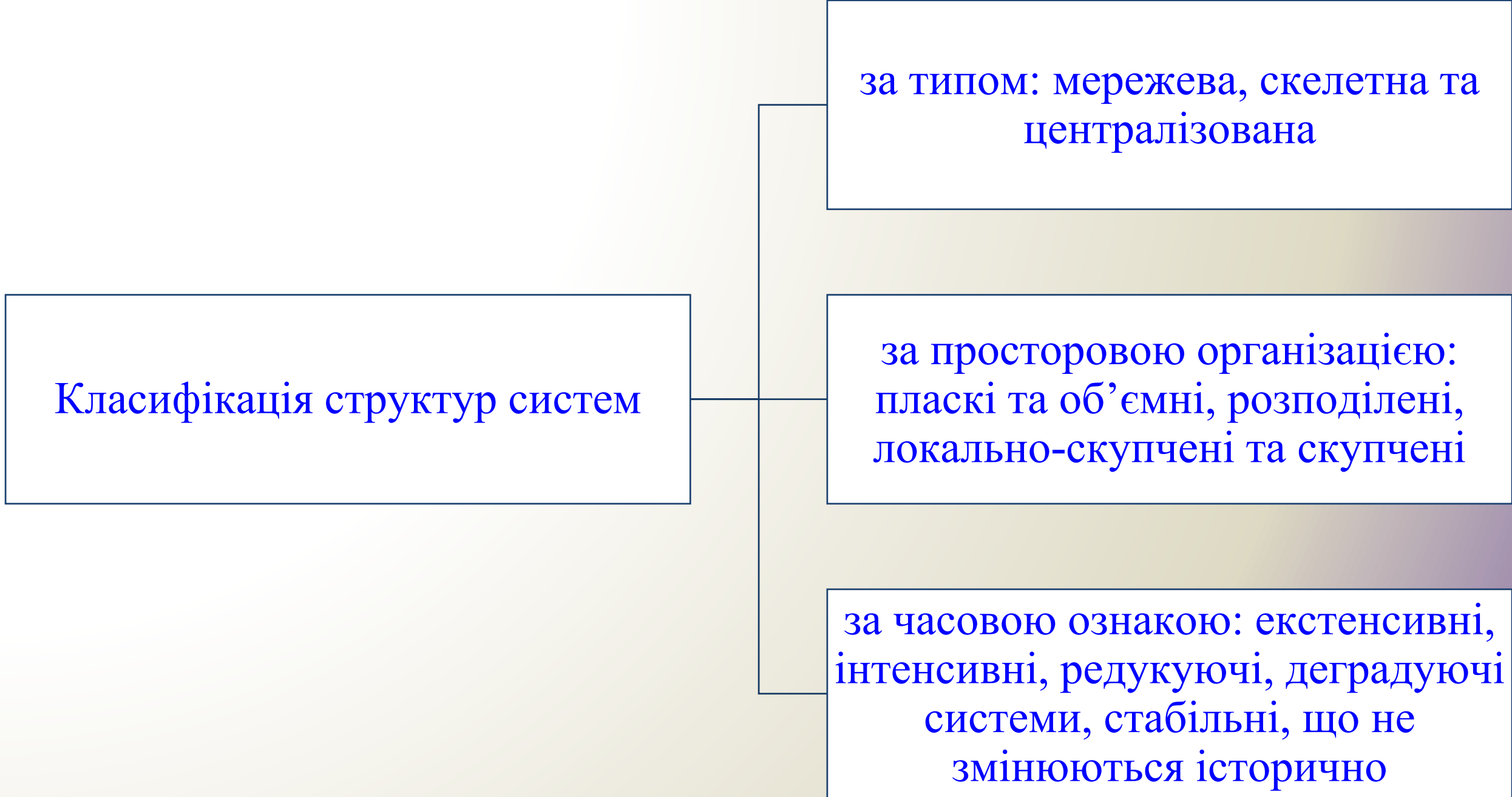


Рисунок 2.6

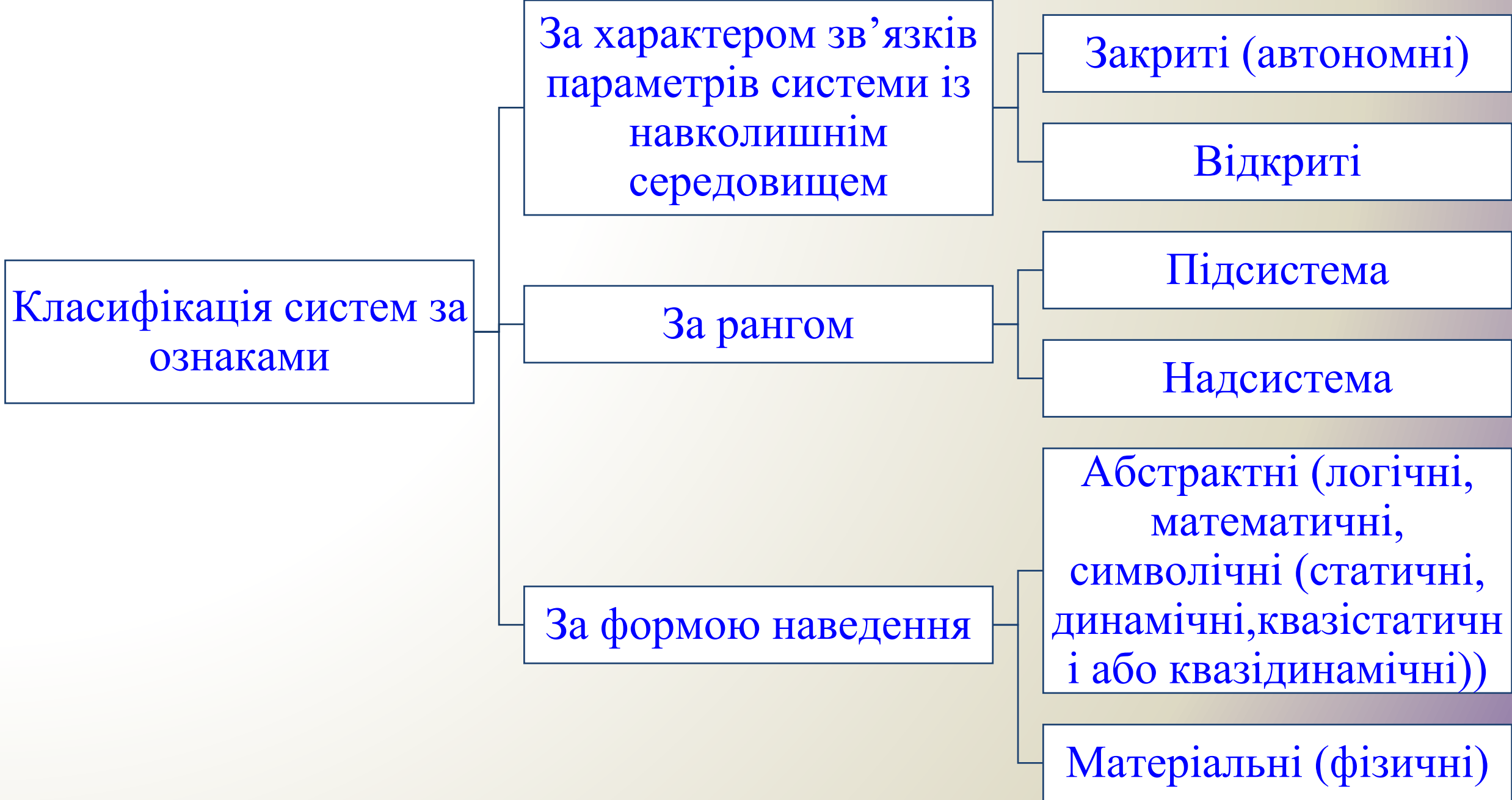


Рисунок 2.7



Рисунок 2.8



Рисунок 2.9



Рисунок 2.10



Рисунок



Рисунок 2.12

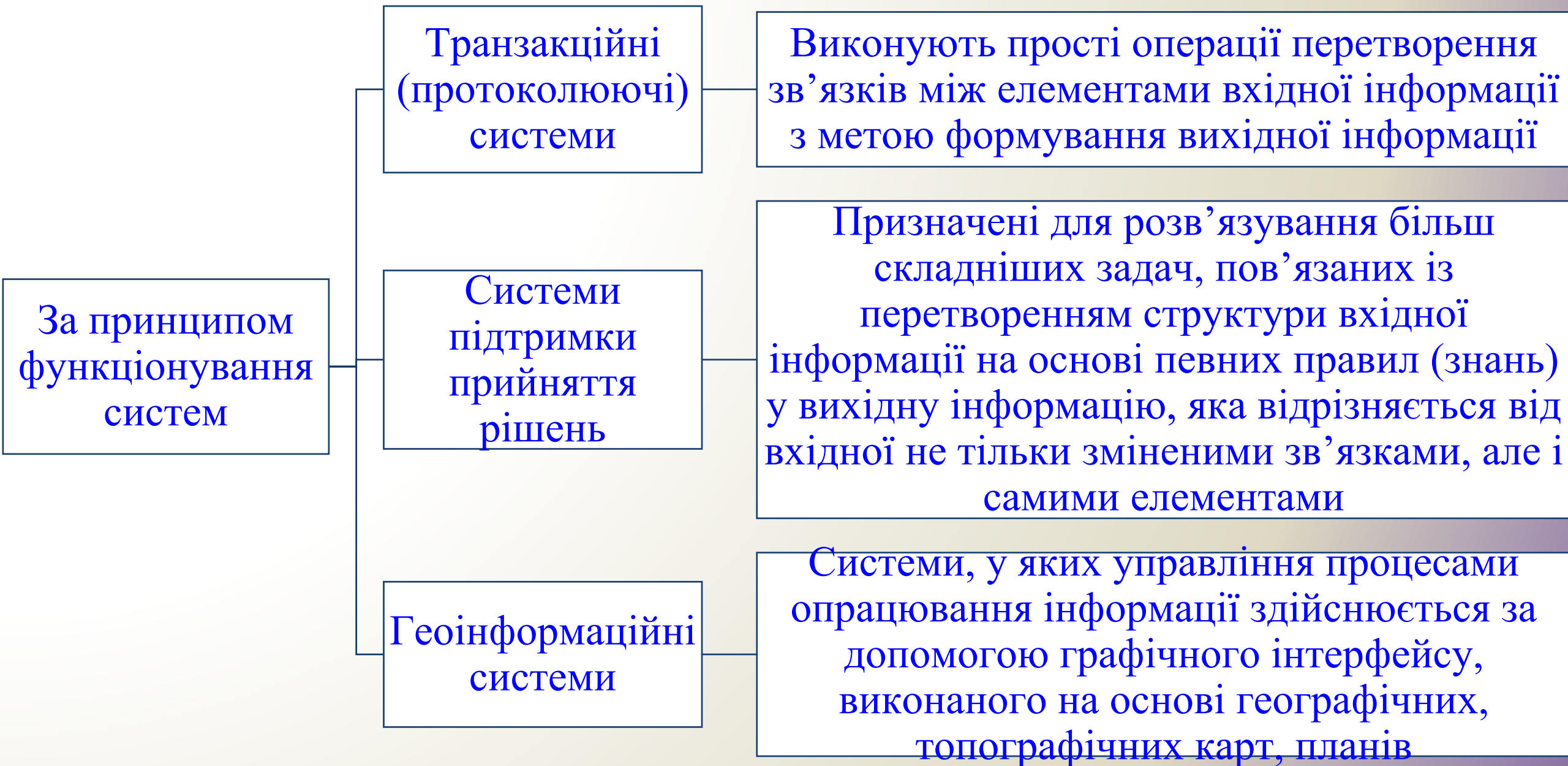


Рисунок 2.13

Поняття складності та масштабності систем

Статична складність – це внутрішня складність системи.

Динамічна складність – це складність керування системою.

Для вимірювання складності кількісно використовують наступні концепції:

- алгоритмічна концепція
- обчислювальна концепція
- інформаційна концепція
- статистична концепція
- теоретико-множинна, інтервальна концепція
- логічна концепція
- множинна концепція

За масштабністю і складністю системи розділяються на великі і малі та на складні і прості.

Великі системи – це системи, які обов’язково розглядаються як сукупність підсистем.

Для дослідження великих систем використовуються два шляхи:

- *Композиція* – це є дослідження від елементів, підсистем до системи.
- *Декомпозиція* – коли нова інформація отримується зі знання системи загалом.

Складні системи – це цілеспрямовані для розв’язування багатоцільових задач і для їх опису використовують взаємопов’язаний комплекс моделей.



Рисунок 2.14

2.4 ВИЗНАЧЕННЯ КОНЦЕПТУАЛЬНИХ ПИТАНЬ ТЕОРІЇ СИСТЕМ

Три основних концептуальних питання теорії систем:

- *Першим концептуальним питанням* є внутрішня мінливість системи, яка обумовлюється як мінливістю цілей досліджень, так і розвитком системи в часі.
- *Другим концептуальним питанням* є питання про те, хто визначає цілі досліджень, способи опису її функціонування і критерії оцінки діяльності системи.
- *Третім концептуальним питанням* є питання про те, хто повинен передбачати внесення відповідних змін до характеру діяльності і структуру системи, хто і яким чином коригує цілі системи, визначає критерії, розробляє і реалізує стратегію на виділений (або заданий) часовий інтервал

2.5 ОСНОВНІ ПРИНЦИПИ ОПИСУ СИСТЕМ ТА ЇХ ФОРМАЛІЗАЦІЯ

До основних принципів опису систем:

- **принцип мети**, що стверджує, що будь-який складний об'єкт повинен розглядатися тільки з точки зору вирішення певної задачі, що стоїть перед дослідником або особою, яка приймає рішення;
- **принцип багаторівневого опису**, число рівнів опису визначається цілями і необхідною для їх досягнення глибиною аналізу (мінімально необхідне число рівнів опису системи – три, а саме об'єкт повинен бути описаний як елемент системи вищого порядку або рівня; як цілісна структура, яка припускає представлення у вигляді пов'язаного набору параметрів; як деяка складна структура);
- **принцип інформаційної єдності**, суть якої полягає в тому, що кожне поняття, кожен процес в ієрархії опису є результат узагальнення понять нижчого рівня опису.

Опис системи на кожному ієрархічному рівні має бути структурованим та відображати:

- цілі і завдання дослідження;
- чисельні критерії оцінки повноти і якості виконання цільової функції;
- місце досліджуваної системи в системі більш високого порядку, міру або ступінь залежності від зовнішнього середовища, форму і механізм реалізації цієї залежності;
- функції системи в досягненні мети системою більш високого порядку;
- основні показники функціонування системи;
- структуру системи і функціональне призначення елементів;
- зміст інформаційних зв'язків;
- структуру управління і організацію цілеспрямованої поведінки системи;
- цілі системи, декомпозицію цілей в завдання;
- гіпотезу про механізм функціонування системи;
- аналіз функціонування та прогнозування розвитку системи на основі виявлених цілей і завдань системи і механізму її функціонування.

Формалізація надає можливість будувати наукові мови з точно встановленою структурою і заданими правилами перетворення одних виразів в інші.

Формалізований підхід вимагає однозначності понять, суворої логіки і висновків, фіксації сенсу перетворень, що відбивають розглянуті закономірності.

Формалізація – це етап системного дослідження, на якому сформульована в змістовному описі основна гіпотеза про механізм досліджуваного процесу функціонування системи і його закономірності набуває сувору логічну і кількісну форму причиннонаслідкових відносин.

Етапи формалізації:

- побудова (синтез) формальної схеми структури системи, що містить знаковий опис системи та процесу її функціонування;
- побудова моделей системи, тобто відображення схеми функціонування системи в термінах обраних мов, тобто параметрів різного рівня опису системи.

Тема №3. ПРИНЦИПИ ТА РІЗНОВИДИ СИСТЕМНОГО ПІДХОДУ

Тематичний план

3.1 Визначення принципів системного підходу.

3.2 Основи ієрархічного та об'єктно-орієнтованого підходів.

3.3 Загальні напрями розвитку сучасного системного мислення. Огляд нових парадигм в науці.

3.1 ВИЗНАЧЕННЯ ПРИНЦИПІВ СИСТЕМНОГО ПІДХОДУ



Рисунок 3.1

Системний підхід – це конкретно-науковий метод діалектичноматеріалістичної наукової методології, що має загальнонаукове значення

Принципи системного підходу є загальними положеннями, що відображають абстраговані від конкретного змісту прикладних проблем відношення.

Для конкретної системи чи проблемної ситуації принципи системного підходу повинні бути конкретизовані.

Наповнення принципів конкретним змістом виконується системним аналітиком.

Послідовності дій для реалізації системного підходу:

- формулювання завдання дослідження, з якого має бути зрозуміло, що потрібно робити і на підставі чого це робити;
- виділення об'єкта дослідження, як системи, з навколишнього середовища;
- встановлення внутрішньої структури системи і виявлення зовнішніх та внутрішніх зв'язків;
- визначення (або постановка) цілей перед елементами, виходячи з очікуваного (або того, що проявиться) результату і всієї системи в цілому;
- розробка моделі системи і проведення на ній досліджень.

3.2 ОСНОВИ ІЄРАРХІЧНОГО ТА ОБ'ЄКТНО-ОРІЄНТОВАНОГО ПІДХОДІВ

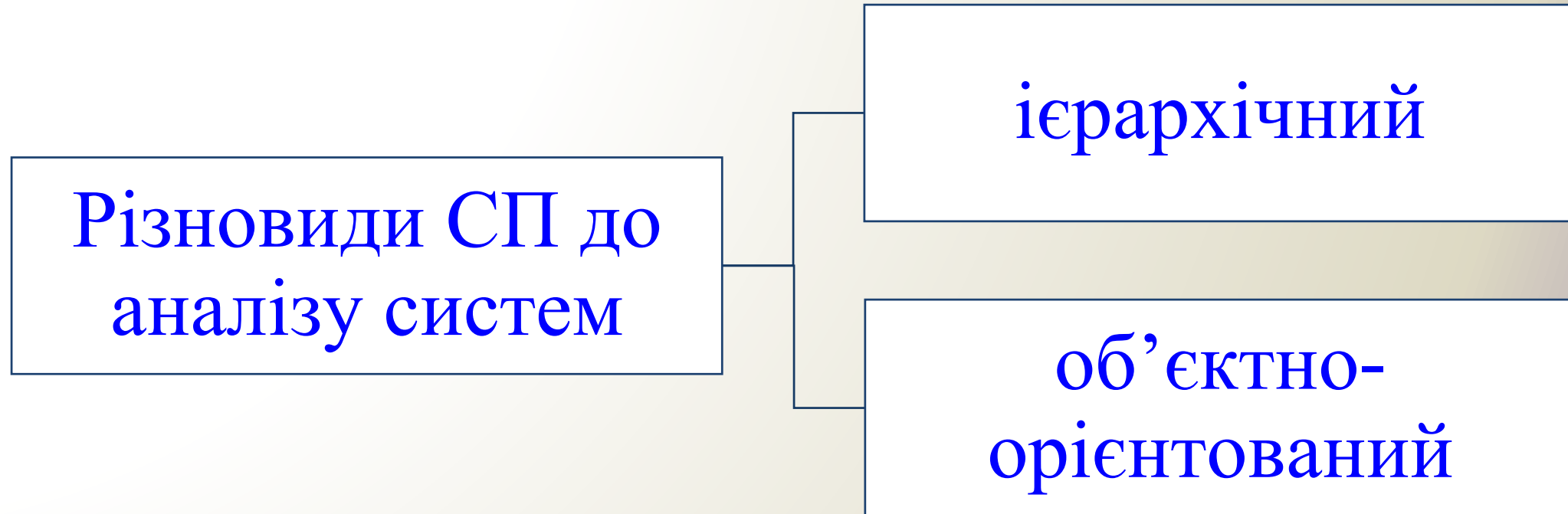


Рисунок 3.2

Ієрархічний підхід.

Проектування складних систем і методологія їх аналізу традиційно використовують ієрархічний підхід для розбиття формально описаної системи на рівні.

На вищих рівнях ієрархії використовуються найбільш загальні представлення, що відображують тільки самі загальні риси та особливості системи.

На подальших рівнях ступінь деталізації зростає, при цьому система розглядається не в цілому, а окремими блоками.

Одна з переваг БІП полягає в тому, що складна задача великої розмірності розбивається на групи задач малої розмірності, що вирішуються послідовно.

На кожному рівні вводяться свої ознаки про систему і її елементи. Елемент k -го рівня є системою для рівня $k-1$.

Рух від рівня до рівня має строгу спрямованість, що визначається стратегією аналізу – *дедуктивною* чи *індуктивною*.

Підставою для припинення декомпозиції чи навпаки композиції об'єктів у системі є досягнення настільки високого рівня, що його терміни виходять за рамки даної системи, або настільки низького рівня, що подальша його деталізація наповнить систему зайвою, не використовуваною інформацією.

Кількість рівнів деталізації має значення. Якщо воно менше 4, вважають, що система розглянута поверхово і такий аналіз не можна вважати закінченим.

В блочно-ієрархічному підході і побудованому на його основі структурному аналізі розроблені та використовуються велика кількість засобів представлення і проєктування систем.

Об'єктно-орієнтований підхід.

ООП побудований на наступних ключових поняттях:

- об'єкти об'єднуються в класи, які, в свою чергу, є об'єктами для класів вищого ступеня абстракції;
- об'єкти всередині класу поєднані спільною структурою та однією чи декількома спільними властивостями, що відрізняють один клас від іншого;
- між класами і їх об'єктами встановлені відносини ієрархії та наслідування;
- структура відносин об'єктів всередині класу поліморфна — об'єкти можуть бути взаємозамінні в межах свого класу.

ООП містить свою базу позначень, логічних і фізичних моделей для побудови складних систем при їх проєктуванні, що дозволяє використовувати при створенні чи зміні системи окремі уніфіковані блоки, які вільно узгоджуються і взаємодіють один з одним.

Ключові
постулати
ООП

системність

абстрагування

ієрархія

типізація

модульність

показовість та
простота опису

Рисунок 3.3

В основі об'єктно-структурного аналізу (ОСА) знаходиться алгоритм заповнення так званої матриці ОСА, рядки якої називаються стратами, а стовпці – рівнями.

Алгоритм ОСА поділяється на дві послідовні процедури аналізу.

Процедура 1. Глобальний або вертикальний аналіз, що розбиває предметну область досліджень на рівні. В результаті заповнюється перший стовпець матриці ОСА.

Процедура 2. Аналіз страт або горизонтальний, що фактично полягає в дедуктивній або індуктивній декомпозиції певної категорії знань за рівнями ієрархії.

Глобальний аналіз.

Страти, які виділяються в ході глобального аналізу — це фактично окремі питання, на які відповідають при аналізі об'єктів чи систем.

Частіше за все виділяють *вісім страт*.

Мінімальний набір страт, що розглядаються — *три* (s_3, s_4, s_7), максимальний — *практично необмежений*.

Таблиця 2.1 – Стратифікація знань відносно предметної області

Страта	Питання	Вид аналізу
S1	НАВІЩО	<i>Стратегічний аналіз:</i> призначення і функції системи
S2	ХТО	<i>Організаційний аналіз:</i> хто працює з системою і для кого вона призначена
S3	ЩО	<i>Концептуальний аналіз:</i> визначення термінів, їх зв'язків, понятійної бази
S4	ЯК	<i>Функціональний аналіз:</i> принципи функціонування системи, методи роботи
S5	ДЕ	<i>Просторовий аналіз:</i> оточення системи, умови її існування, вхідні і вихідні дані
S6	КОЛИ	<i>Часовий аналіз:</i> часові характеристики та обмеження роботи системи, оцінка життєвого циклу системи і його етапів
S7	ЧОМУ	<i>Казуальний або причинно-наслідковий аналіз:</i> формування підсистеми пояснення дій системи та її реакцій
S8	СКІЛЬКИ	<i>Економічний аналіз:</i> перелік ресурсів, витрат, ефектів, результатів у матеріальному вимірі

Аналіз страт.

Кожна зі старт піддається горизонтальному аналізу з використанням дедуктивної чи індуктивної стратегії.

Рівні ієрархії:

- рівень всієї предметної області, до якої відноситься система;
- рівень системи, що розглядається;
- рівень проблеми, що вирішується;
- рівень підсистем, що можуть бути виділені в системі;
- рівень задач, які вирішує та чи інша підсистема в системі;
- рівень підзадач, які можуть бути вирішені в межах глобальної задачі

Мінімальна припустима кількість рівнів – 3.

3.3 ЗАГАЛЬНІ НАПРЯМИ РОЗВИТКУ СУЧАСНОГО СИСТЕМНОГО МИСЛЕННЯ. ОГЛЯД НОВИХ ПАРАДИГМ В НАУЦІ

Застосування системного підходу здійснюється в двох напрямках:

- системний підхід має вплив на розвиток усіх наук;
- інженерно-організаційний напрямок.

Холістична (цілісна) парадигма з'явилася в результаті розвитку загальної теорії систем і застосування системного підходу в науці та суттєво відрізняється від традиційної, основи якої закладені ще в часи Р.Декарта, І.Ньютонна та Ф.Бекона.

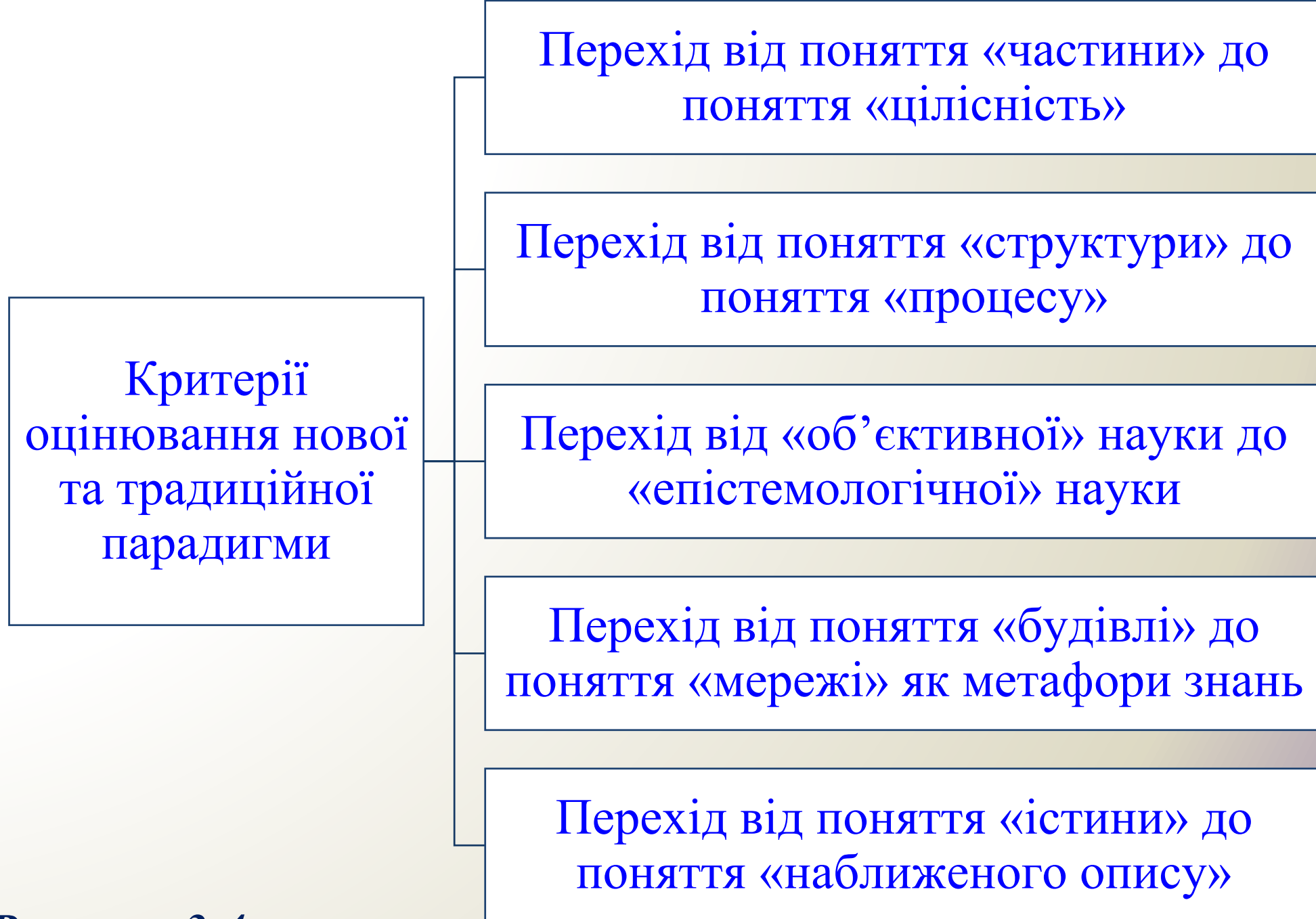


Рисунок 3.4

Тема №4. НАПРЯМКИ ТА ТЕХНОЛОГІЇ СИСТЕМНОГО АНАЛІЗУ

Тематичний план

- 4.1 Загальні засади системного аналізу*
- 4.2 Огляд логічних основ СА*
- 4.3 Методологія системного аналізу*
- 4.4 Визначення основних напрямків системного аналізу.*
- 4.5 Методи СА та їх класифікація. Якісні методи та Методи формалізованого представлення систем.*
- 4.6 Характеристика підходів у СА*
- 4.7 Огляд видів СА*
- 4.8 Визначення основних етапів системного аналізу, їх послідовність і зміст.*
- 4.9 Аналіз структури СА*

4.1 ЗАГАЛЬНІ ЗАСАДИ СИСТЕМНОГО АНАЛІЗУ

Системний підхід — це напрямок методології спеціально-наукового пізнання і соціальної практики, в основі якого лежить дослідження об'єктів як систем.

Специфіка системного підходу: орієнтує дослідження на розкриття цілісності об'єкта і забезпечуючих її механізмів, на виявлення різноманітних типів зв'язків складного об'єкта і зведення їх у єдину теоретичну картину.

Основні принципи системного підходу:

- вивчення феномена цілісності і встановлення складу цілого, його елементів;
- дослідження закономірностей з'єднання елементів у систему, тобто структури об'єкта, що складає ядро системного підходу;
- вивчення функцій системи і її складових у тісному зв'язку з вивченням структури, тобто структурно-функціональний аналіз системи;
- дослідження генезису системи, її границь і зв'язків з іншими системами.

Системний аналіз — методологія дослідження таких властивостей і відносин в об'єктах, які важко спостерігати і важко розуміти, за допомогою представлення об'єктів у вигляді систем і вивчення властивостей цих систем і взаємин між цілями і засобами їх реалізації.

Головна ідея системного аналізу: складне перетворити в просте, важко розв'язувану і незрозумілу проблему перетворити в чітку послідовність завдань, для яких або існує тривіальний розв'язок, або які можна легко розв'язати відомими методами.

Перша частина процедури СА: розбиття цілісної проблеми на більш доступні для розв'язання складових частини та використання найбільш підходящих спеціальних методів для розв'язання окремих підпроблем (аналіз).

Друга частина процедури СА: об'єднання окремих розв'язків в загальний розв'язок проблеми (синтез).

Підходи до системного аналізу:

- підхід, який базувався головним чином на застосуванні складних математичних прийомів, зокрема теорії оптимізації і дослідження операцій (математичний підхід);
- підхід, в основу якого була покладена логіка системного аналізу

Логічний системний аналіз доповнюється в тій чи іншій мірі математичними, статистичними і логічними методами.

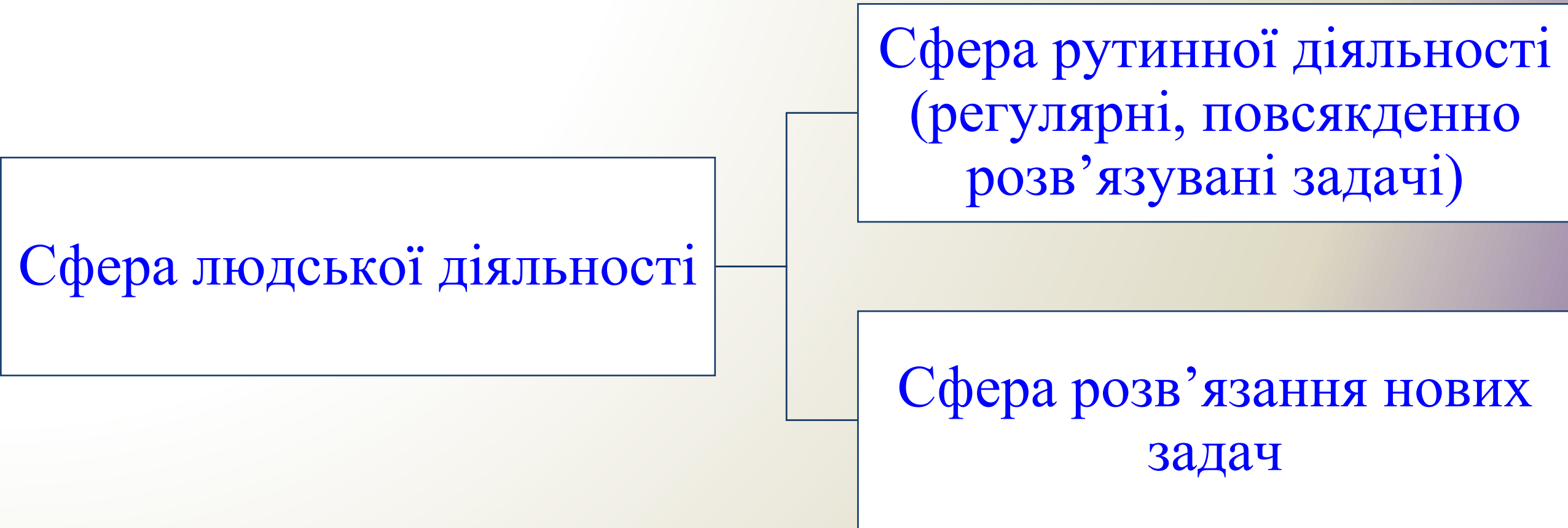


Рисунок 4.1

Проблеми СА

```
graph LR; A[Проблеми СА] --- B[Добре структуровані або кількісно сформульовані проблеми]; A --- C[Неструктуровані або якісно виражені проблеми]; A --- D[Погано структуровані або змішані проблеми];
```

Добре структуровані або
кількісно сформульовані
проблеми

Неструктуровані або якісно
виражені проблеми

Погано структуровані або
змішані проблеми

Рисунок 4.2

Для розв'язання добре *структурованих проблем* використовується методологія дослідження операцій.

В *неструктурованих проблемах* традиційним є евристичний метод, який полягає в тому, що досвідчений спеціаліст збирає максимум різних відомостей про розв'язувану проблему, вживається в неї та на основі інтуїції і досвіду вносить пропозиції про доцільні заходи.

Системний аналіз застосовують для вирішення проблем третього класу – *погано структурованих*.



Рисунок 4.3

Альтернативні варіанти вирішення проблем.

Застосування методів системного аналізу для вирішення зазначених проблем необхідно насамперед тому, що в процесі прийняття рішень доводиться здійснювати вибір в умовах невизначеності, яка зумовлена наявністю факторів, що не піддаються строгій кількісній оцінці.

Процедури і методи системного аналізу спрямовані саме на висування альтернативних варіантів вирішення проблеми, виявлення масштабів невизначеності за кожним із варіантів і співставлення варіантів за тим або іншим критерієм ефективності.

Систематично на всіх етапах життєвого циклу будь-якої технічної системи здійснюється співставлення альтернатив, по можливості в кількісній формі, на основі логічної послідовності кроків, які можуть бути відтвореними і перевіреними іншими.

Системний аналіз дозволяє глибоко і краще осмислити сутність системи, її структуру, організацію, завдання, закономірності розвитку, оптимальні шляхи і методи управління.

4.2 ОГЛЯД ЛОГІЧНИХ ОСНОВ СА

Системний аналіз має власну логіку, яка впливає:

- 1) із особливостей задач, розв'язуваних з його допомогою;
- 2) підходу, реалізованого у системному аналізі.

Специфіка логіки СА: розв'язання погано структурованих задач.

Істотні риси системного аналізу, те, на чому концентрується його увага.

Е.Квейд: «Аналіз систем є спосіб розгляду проблеми. Математичний апарат і використання обчислювальних машин при цьому можуть бути необхідними чи навіть корисними, але можуть такими і не бути. Іноді може бути достатньо серйозного обмірковування проблеми. Але в будь-якому аналізі, пов'язаному з підготовкою рішення при наявності невизначеностей, незалежно від його складності присутні певні елементи. Ці елементи – ціль або цілі, альтернативи або засоби для досягнення цих цілей, ресурси або все, що необхідно затратити для забезпечення кожної альтернативи, модель або опис залежності між альтернативами і тим, що вони роблять і скільки коштують, і критерії, за якими вибирається краща альтернатива, – присутні в будь-якому аналізі, метою якого є вплив на вибір способу дії».

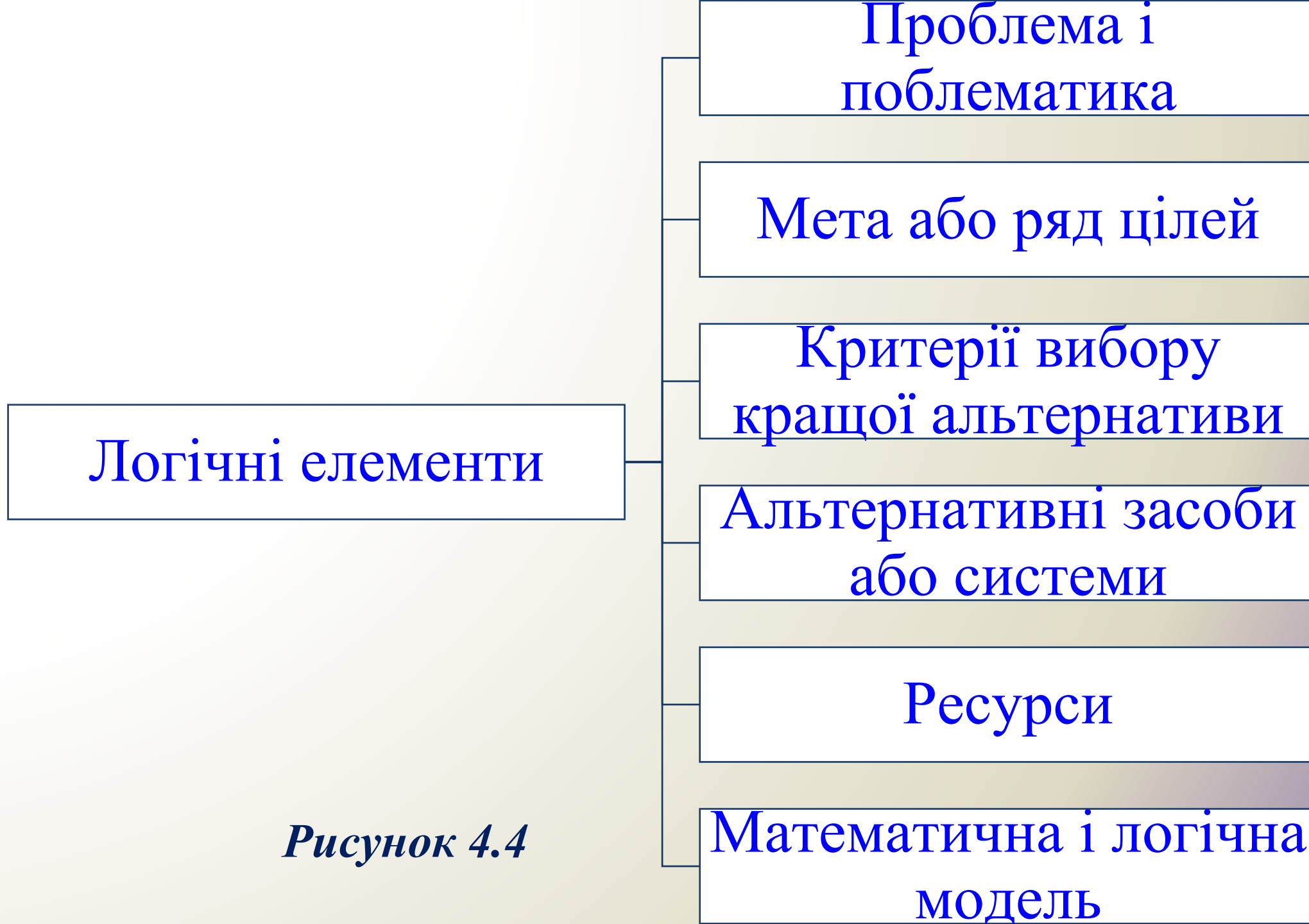


Рисунок 4.4

Проблема і проблематика.

Проблема — невідповідність між необхідним (бажаним) і фактичним станом справ.

Проблемний аналіз дозволяє правильно і чітко формулювати проблему, заради якої створюється система.

Етап формулювання проблеми полягає у визначенні проблематики.

Системне дослідження будь-якої проблеми починається з її розширення до проблематики, тобто до знаходження системи проблем, які суттєво пов'язані із досліджуваною проблемою і без врахування яких вона не може бути розв'язана

Виявлення цілей.

Проблеми повинні бути приведені до вигляду, коли вони стають задачами вибору потрібних засобів для досягнення заданих цілей.

Етап аналізу визначає, що потрібно зробити для зняття проблеми.

Головна складність виявлення цілі пов'язана з тим фактом, що цілі є своєрідним антиподом проблеми.

Складність полягає в тому, що можливих напрямків багато, а вибрати потрібно один, дійсно правильний.

Критерії та обмеження.

Критерієм якості альтернативи може служити будь-яка ознака, значення якої можна зафіксувати на порядковій або більш сильній шкалі.

Критерій можна розглядати як кількісну модель якісних цілей.

Критерій – це апроксимація цілі, її модель.

Модель проблемної ситуації включає три взаємодіючі системи:

- система, яка містить проблему і для якої дана ситуація є проблемою;
- система, яка може так вплинути на хід подій, що проблема або послаблюється, або зникає зовсім;
- оточуюче середовище, в якому існують і з яким взаємодіють обидві системи.

Альтернативи.

Вибір оптимальної альтернативи із множини із врахуванням обмежень та критерію оптимальності є питанням чисто технічним.

Найбільш творчим етапом системного аналізу є генерування альтернатив. Більше того, завдання полягає у необхідності згенерувати якомога більшу їх кількість.

4.3 МЕТОДОЛОГІЯ СИСТЕМНОГО АНАЛІЗУ.

Методологія системного дослідження – сукупність системних методів і засобів, спрямованих на розв’язання складних і комплексних проблем.

Методики СА представляють різні варіанти методик, побудованих на принципах єдиної методології.

Основа методології СА: закономірності, виявлені частково шляхом узагальнення досвіду і теоретичних досліджень, що ґрунтуються на об’єктивних законах людської діяльності.

Застосування системного аналізу для розв'язання проблеми являє собою досить *складну процедуру*, яка включає представлення об'єктів досліджень у вигляді систем, їх аналіз, організацію процесу колективного прийняття рішення з використанням різних методів моделювання і методів активізації інтуїції осіб, які приймають рішення.

Для організації потрібно виділити послідовність етапів, рекомендувати методи для виконання цих етапів, передбачити, за необхідності, повернення до попередніх етапів.

Послідовність певним чином виділених і впорядкованих етапів з рекомендованими методами або прийомами їх виконання представляє собою *методику системного аналізу*.

Приклади виділення етапів у перших методиках системного аналізу:

- *за С. Оптнером методика включає 13 етапів*, а саме: ідентифікація симптомів, визначення актуальності проблеми, визначення мети, розкриття структури системи і її дефектних елементів, визначення структури можливостей, знаходження альтернатив, оцінка альтернатив, вибір альтернатив, складання рішення, виконання рішення колективом виконавців і керівників, запуск процесу реалізації рішення, управління процесом рішення, оцінка реалізації і її наслідків.
- *за Е. Квейдом методика включає 5 етапів*, а саме: постановка задачі (визначення сутності проблеми, цілей і меж задачі), пошук (збір необхідної інформації та даних, визначення альтернативних засобів досягнення цілей), тлумачення (побудова моделі і її застосування), рекомендація (визначення альтернативи або напрямку дій, яки буде надаватися перевага), підтвердження (експериментальна перевірка розв'язку).

➤ *за С. Янгом методика включає 10 етапів*, а саме: визначення цілей організації, виявлення проблем організації, дослідження проблем і постановка діагнозу, пошук розв'язку проблеми, оцінка всіх альтернатив і вибір оптимальної (найкращої) з них, погодження розв'язку в організації, затвердження рішення, підготовка до введення, управління використанням рішення, перевірка ефективності рішення.

Кожна методика системного аналізу — це модель (модель процесу проведення аналізу), яка має специфіку, закладену їхніми авторами. Для більш чіткої організації робіт при реалізації методик, виникає необхідність більшої деталізації етапів шляхом розкладання їх на підетапи.

4.4 ВИЗНАЧЕННЯ ОСНОВНИХ НАПРЯМКІВ СИСТЕМНОГО АНАЛІЗУ

До системного аналізу можна відносити:

- як всі напрямки, що забезпечують рішення комплексних проблем;
- так і методи, які використовуються при плануванні та управлінні.

Об'єктом СА є будь-які системи та процеси, кожен з яких є не що інше, як система правил, процедур і методів.

Предметом СА є загальносистемні характеристики об'єктів, що розглядаються, та взаємодія системи з її оточенням.

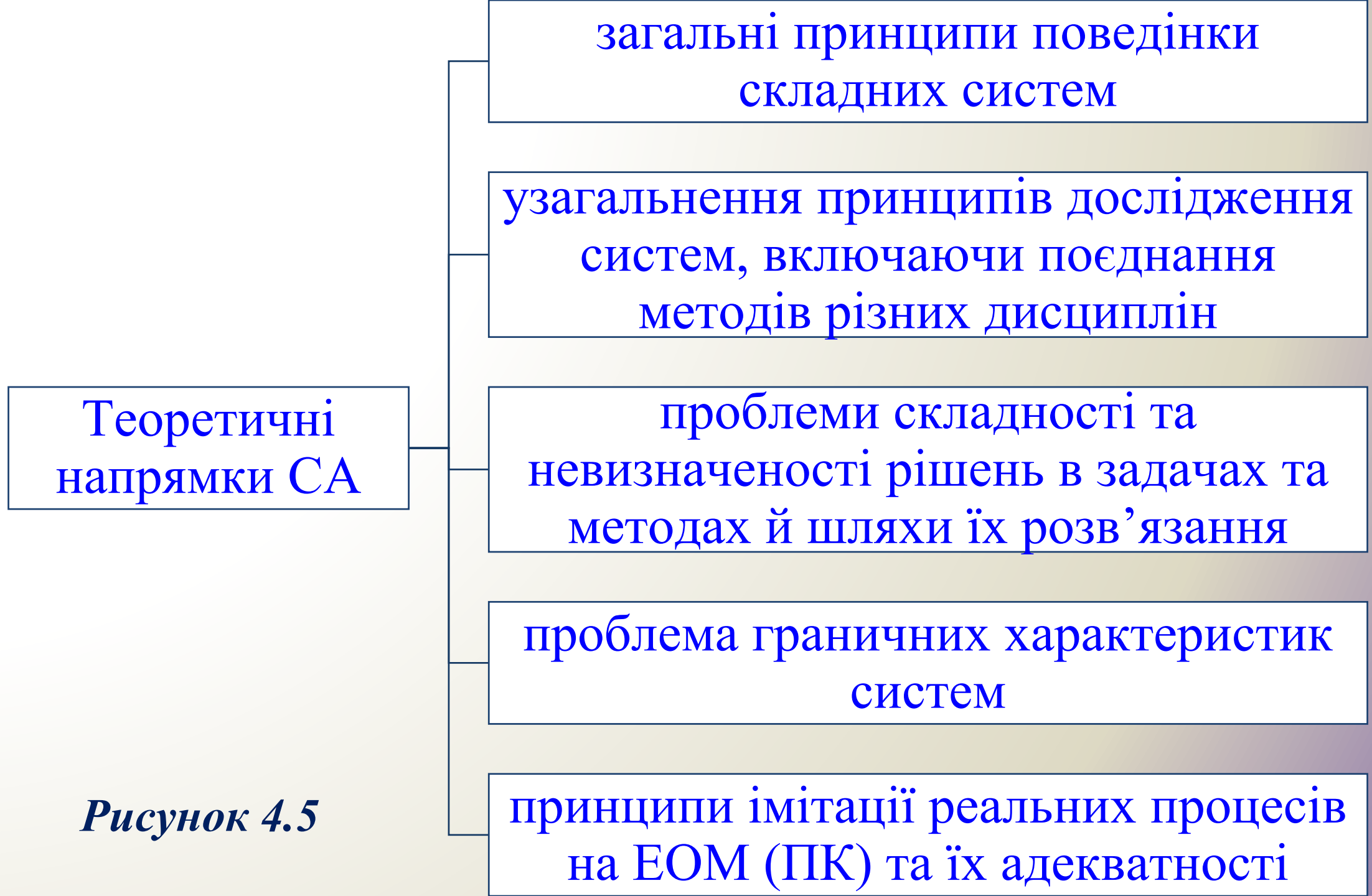


Рисунок 4.5

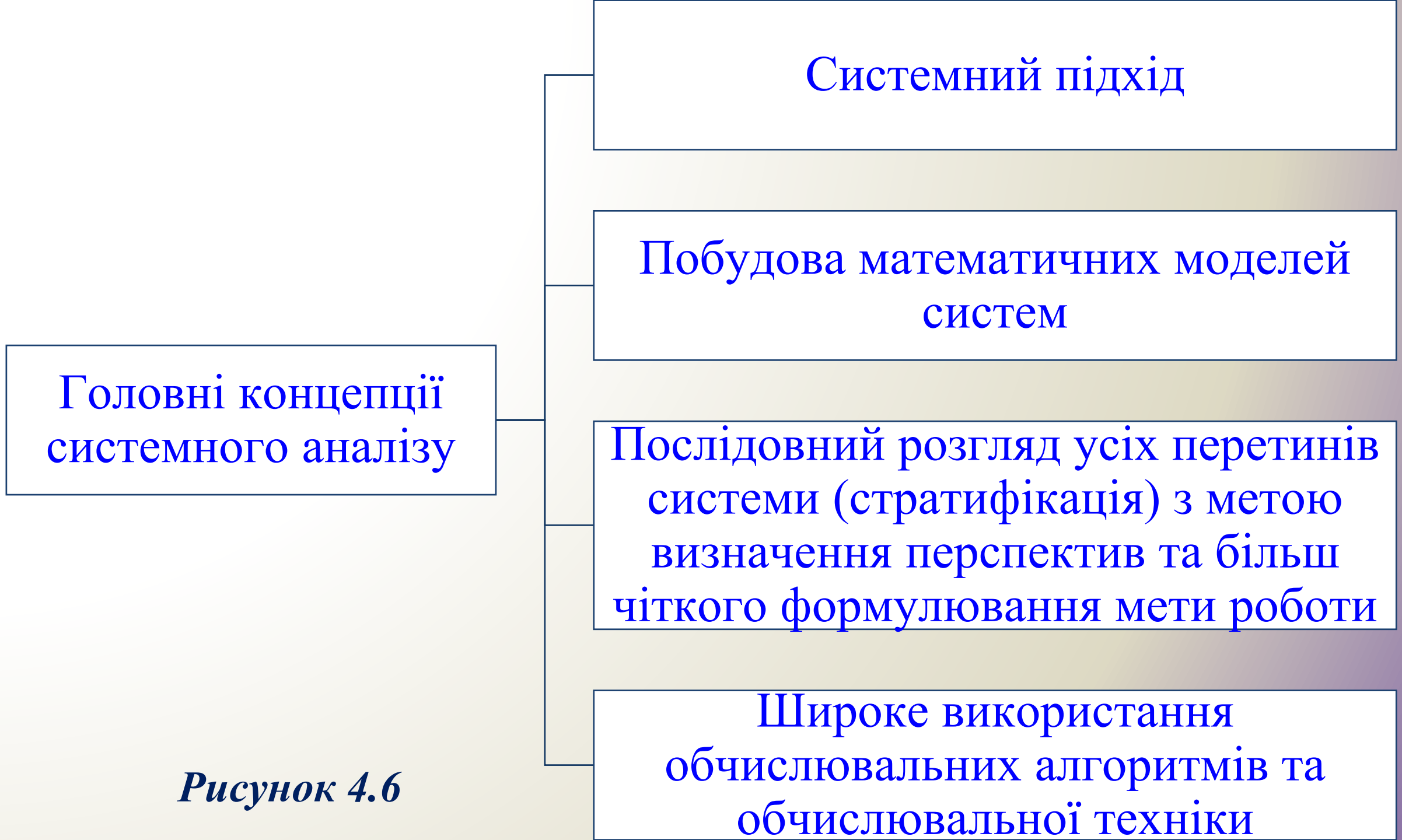


Рисунок 4.6

Системний аналіз – це науковий напрямок, що забезпечує на основі системного підходу розробку методів і процедур рішення слабоструктурованих проблем при наявності суттєвої невизначеності.

Найважливішою, якщо не головною складовою частиною методології системного аналізу виступають *методи*.

4.5 МЕТОДИ СА ТА ЇХ КЛАСИФІКАЦІЯ. ЯКІСНІ МЕТОДИ ТА МЕТОДИ ФОРМАЛІЗОВАНОГО ПРЕДСТАВЛЕННЯ СИСТЕМ

Системний аналіз є каркасом, який об'єднує необхідні наукові знання, методи та дії для розв'язання складних проблем.

Роль методології СА зводиться до максимально точного формулювання задачі на кожному етапі і добору на кожному етапі методу, який в найбільшій мірі відповідній змісту задачі.

Принциповою особливістю СА є використання **формальних** та **якісних** методів.

Нове, що дає системна методологія – це підхід не від методу, а від задачі, вимога комплексного використання цілої серії методів, або їхнього системного використання для вирішення різних частин і етапів проблеми.

Цілий ряд неформалізованих методів був породжений розвитком системної методології і потребами системного аналізу проблем – неструктурованих або погано структурованих.

До числа власних інструментальних досягнень системної методології відносяться методи сценаріїв, «Делфі», побудови й аналізу дерев цілей і інші. Тісно пов'язані з розвитком системного аналізу також і діагностичні методи.

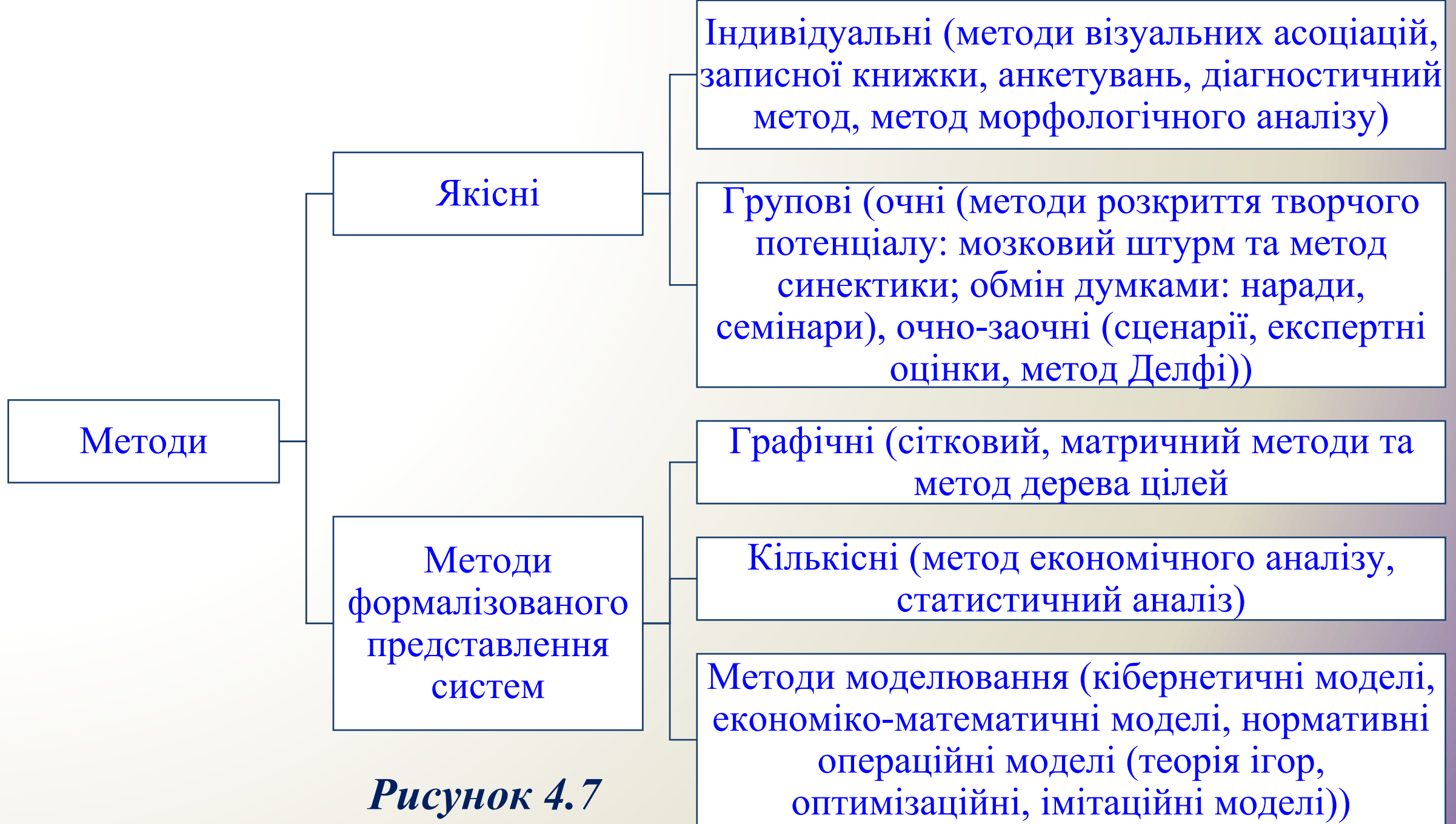


Рисунок 4.7

ЯКІСНІ МЕТОДИ

Метод вільних асоціацій полягає в наступному: береться аркуш паперу і на ньому пишеться слово чи фраза, що має відношення до розглядуваної проблеми. Кожне нове слово додавало якусь нову грань усьому розумовому процесу і саме тоді поступово виникає ланцюжок ідей, серед яких можуть виявитися досить продуктивні.

Метод записної книжки: у записну книжку заноситься формулювання проблеми та всі відомі факти, що мають відношення до її вирішення. Потім починаєте обмірковувати всі можливі шляхи вирішення проблеми, щоразу заносячи в книжку нові ідеї. Щодня розгляду проблеми присвячується певний час. З дня на день зростає кількість запропонованих варіантів. Наприкінці місяця робите ревізію записам і складаєте список кращих ідей.

Складання анкет: анкети складають для певних категорій працівників для поглиблення та розширення розуміння ними професійних проблем. Система запитань допомагає упорядкувати процес розгляду проблеми, деталізує і тим самим ніби спрощує його.

Діагностичні методи є досить добре відпрацьованими прийомами масового обстеження підприємств і органів управління з метою удосконалення форм і методів їхньої роботи. Діагностичні методи застосовуються спеціально на етапі діагностики обстежуваного об'єкта, але можуть використовуватися також і на інших етапах для одержання необхідної інформації.

Методи морфологічного аналізу.

Методи морфологічного аналізу запроваджені швейцарським астрономом Ф.Цвіккі, і довгий час морфологічний підхід дослідження складних систем був відомий як метод Цвіккі.

Головна ідея морфологічного підходу – систематично знаходити або перебирати найбільше число, а по можливості – всі можливі варіанти вирішення поставленої проблеми шляхом комбінування основних структурних елементів системи та їхніх ознак.

Ф.Цвіккі запропонував ряд способів морфологічного моделювання:

- метод систематичного покриття поля;
- метод заперечення та конструювання (МЗК);
- метод морфологічного ящика (ММЯ);
- метод екстремальних ситуацій;
- метод зіставлення досконалого з дефектним;
- метод узагальнення.

МЗК ґрунтується на принципах, які Ф.Цвіккі сформулював у такий спосіб:
«На шляху конструктивного прогресу стоять догми та компромісні або диктаторські обмеження. Отже, є зміст їх заперечити. Однак одного цього недостатньо. Те, що отримаємо із заперечення, необхідно конструктивно переробити».

МЗК розбивається на три етапи:

- формування сукупності висловлювань (положень, тверджень, аксіом і т.п.), які відповідають сучасному рівню розвитку досліджуваної галузі знань;
- заміна одного, кількох або всіх сформульованих висловлювань на протилежні;
- побудова всеможливих наслідків, які впливають із такого заперечення та перевірка на наявність суперечностей нових і тих, які не змінилися, висловлювань.

МЗК може бути реалізований у формі одного з варіантів «мозкової атаки» – методу «суду».

Ідея ММЯ полягає у визначенні всіх можливих параметрів, від яких може залежати вирішення проблеми, і представлення їх у вигляді матриць-рядків, а потім у визначенні в цій морфологічній «матриці-ящику» (МЯ) всіх можливих поєднань параметрів по одному з кожного рядка.

Побудова і дослідження МЯ згідно Ф.Цвіккі здійснюється в п'ять етапів:

- 1) точне формулювання поставленої проблеми;
- 2) визначення параметрів (класифікаційних ознак) P , від яких залежить вирішення проблеми (процедура аналізу може бути ітераційною з уточненням або зміною набору P в міру уточнення уявлень про досліджуваний об'єкт);
- 3) визначення всеможливих значень параметрів P та представлення їх у вигляді матриць-рядків; далі формуються набори значень (по одному з кожного рядка) різних параметрів; кожне таке поєднання являє собою можливий варіант розв'язку проблеми;
- 4) оцінка всіх наявних у МЯ варіантів;
- 5) Вибір з МЯ оптимального варіанта розв'язання проблеми.

Методи типу «мозкової атаки» або «колективної генерації» ідей.
Концепція мозкової атаки одержала широке поширення з початку 50-х років як метод систематичного тренування творчого мислення, спрямований на генерування нових ідей і досягнення згоди групи людей на основі інтуїтивного мислення.

Методи відомі під назвами **мозкового штурму, мозкової атаки (МА), конференцій ідей, колективної генерації ідей.**

Метод МА заснований на припущенні, що серед великого числа ідей можлива поява кількох досить продуктивних.

Одна з головних умов МА – в жодному разі не критикувати будь-яку висловлену, хай навіть божевільну, ідею.

Робота за методом МА проводиться в два етапи:

- на першому етапі учасники дискусії пропонують будь-які, нехай навіть найавантюрніші і найнеймовірніші варіанти рішень;
- на другому етапі всі рішення піддаються колективній критиці та аналізу.

В залежності від прийнятих правил і жорсткості їхнього виконання, розрізняють пряму мозкову атаку, метод обміну думками, методи типу комісій, метод суду.

Останнім часом зустрічаються випадки, коли МА проводять у формі *ділової гри*.

Метод синектики.

На думку У. Гордона, найбільш вірні рішення можуть пропонувати аж ніяк не фахівці, а навіть навпаки – дилетанти з досліджуваних проблем. Роль самих експертів зводиться до визначення наукового та практичної цінності кожної запропонованої ідеї.

Процес синектики багато в чому нагадує МА – на початковому етапі відбувається генерування якомога більшої кількості можливих рішень, найчастіше альтернативних; для цього використовуються так називані синектори – ведучі дискусії, що керують її ходом.

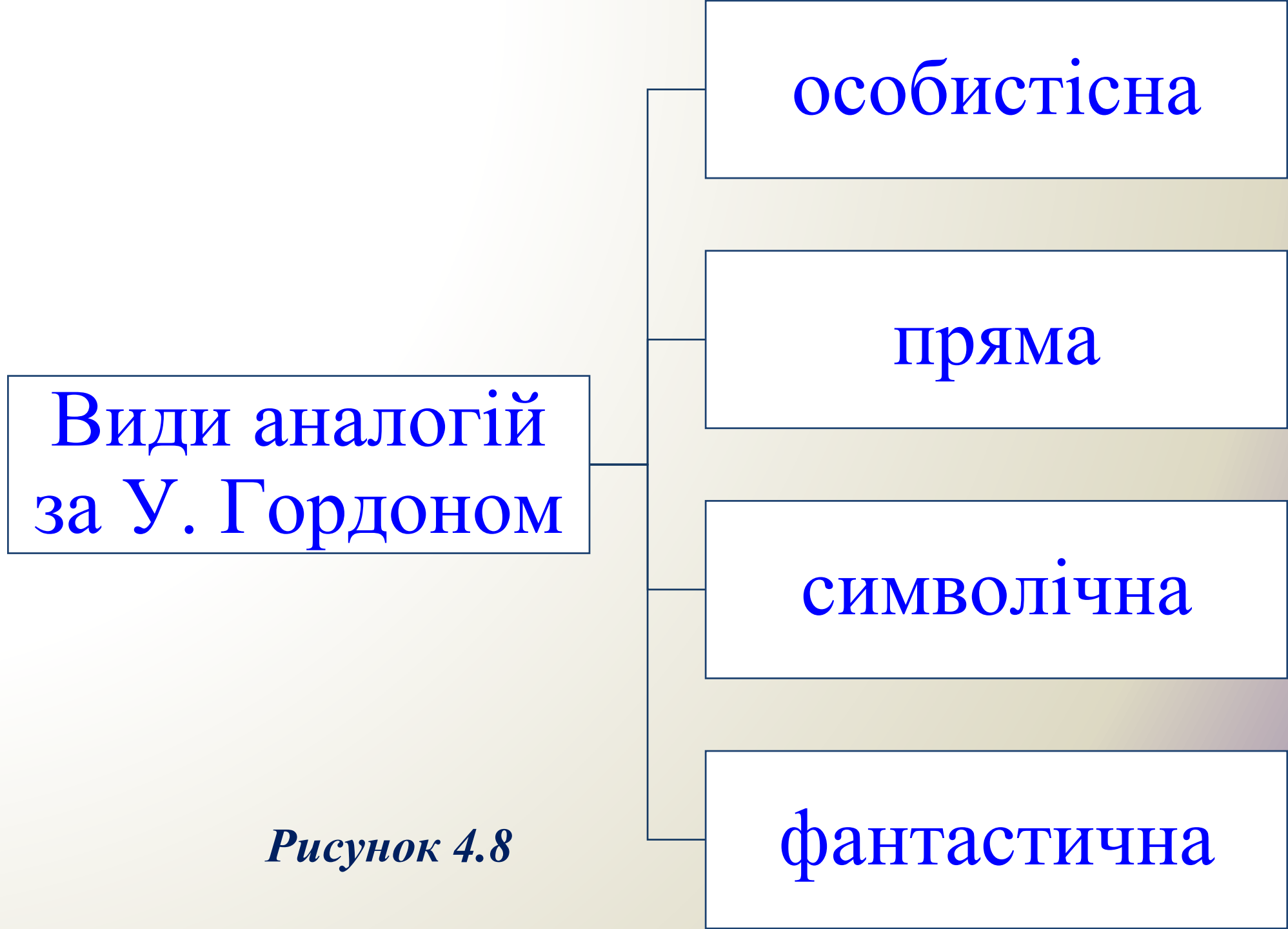


Рисунок 4.8

Наради та семінари.

Методики нарад і семінарів належать до категорії низькоефективних способів організації роботи експертів і вкрай низькопродуктивних з точки зору вироблення нових ідей щодо поставленої проблеми. Наради не лише не дозволяють повністю використати потенціал експертів, але й навпаки – гальмують їхню інтелектуальну творчість.

Нарада переважно складається з двох частин – доповідей та їх обговорень.

Доповіді, що мають на меті ознайомлення присутніх з потрібною інформацією, насправді призводять до значних втрат часу. Обговорення також не належить до процесів генерування нових ідей.

Метод сценаріїв є засобом початкового впорядкування проблеми та засобом одержання і збору інформації про взаємозв'язки даної проблеми з іншими та можливі (ймовірні) напрямки майбутнього розвитку.

Методи підготовки та узгодження уявлень про проблему або аналізований об'єкт, викладені в письмовій формі, називаються **сценарієм**.

Особлива увага в сценарії звертають на чинник часу і наявність зв'язків між подіями, а також на критичні точки розгалужень (або сідлові точки), в яких малі впливи можуть зробити величезний вплив на кінцевий результат.

Сценарій допомагає одержати відповідь на такі питання:

- як саме, крок за кроком, може виникнути та чи інша прогнозована ситуація;
- які можливості існують на кожному етапі для кожної діючої особи, щоб впливати на процес, змінюючи його хід.

Аналітики виділяють *песимістичні, ймовірні й оптимістичні* сценарії.

Ймовірний сценарій — це те, на чому звичайно засновуються рішення і розробка стратегії.

Крайні ж варіанти допомагають ідентифікувати чинники, які не можна не брати до уваги при плануванні.

Дві головні переваги сценаріїв:

- сценарії є одним із найбільш ефективних засобів послаблення традиційності мислення
- сценарії змушують дослідника займатися деталями і процесами, які він міг би легко упустити, якби обмежився тільки загальними міркуваннями.

Методи експертних оцінок: розглядається форми експертного опитування, підходи до оцінювання, методи опрацювання результатів опитувань, вимоги до експертів і формування експертних груп, питання тренування експертів, оцінки їхньої компетентності, методики організації експертних опитів.

Метод «Делфі» передбачає попереднє ознайомлення експертів, що залучаються, із ситуацією за допомогою якоїсь моделі. У системному аналізі основною формою моделі, що підлягає удосконаленню і насиченню інформацією за допомогою експертних оцінок, є, як правило, **дерево цілей**.

Фахівцям пропонується оцінити структуру моделі в цілому і дати пропозиції про включення в неї не врахованих зв'язків.

Використовується *анкетний метод* з уніфікованими формами запитань, відповідей і оцінок.

Результати кожного етапу опитування і систематизація його результатів доводяться знову до відома всіх експертів, що дозволяє їм далі коригувати свої судження на основі отриманої інформації.

Інформація зіставляється й аналізується на основі використання даних експертами кількісних оцінок.

У системному аналізі метод «Делфі» використовується на етапі оцінювання сучасного стану тих чинників, що не піддаються безпосередній кількісній оцінці, на етапі одержання й опрацювання прогнозної інформації.

Найчастіше в спрощеному вигляді організується послідовність повторень (циклів) мозкової атаки.

В більш складному варіанті розробляється програма послідовних індивідуальних опитувань за допомогою анкет, які виключають контакти між експертами, але передбачають між турами їх ознайомлення з думками інших.

МЕТОДИ ФОРМАЛІЗОВАНОГО ПРЕДСТАВЛЕННЯ СИСТЕМ

Сіткові методи. Елементи нижніх рівнів дерева цілей, перегруповані за ознакою часових логічних взаємозв'язків перетворюються в сітку, а надалі відбувається їх аналіз для подальшого коригування дерева цілей.

Метод дерева цілей. Дерево цілей являє собою зв'язний граф, вершини якого інтерпретуються як цілі, а ребра (дуги) як зв'язки між цілями.

Формується таке «дерево» шляхом поділу загальної цілі на підцілі, а їх, у свою чергу, – на більш детальні складові, які називають підцілями нижчих рівнів або, починаючи з деякого рівня, – функціями.

Матричні форми представлення й аналізу інформації. Матриця є не тільки надзвичайно наочною формою представлення інформації, але і формою, що у багатьох випадках розкриває внутрішні зв'язки між елементами, допомагає з'ясувати і проаналізувати частини структури, які не спостерігаються. Матриці використовуються для представлення й аналізу систем і їхніх структур.

Методи економічного аналізу: задачі структуризації і введення суб'єктивних оцінок перетворення системи в деякий комплекс завдань.

Статистичні методи. В системному аналізі надають перевагу в одержанні інформації про майбутнє менш трудомісткими та більш ефективними процедурами експертних оцінок. Статистичні методи використовуються лише за наявності заздалегідь підготовленого статистичного матеріалу.

Кібернетичні моделі, що відображають процеси управління в системах, повинні використовуватися щоразу, коли дані процеси є предметом системного аналізу. У кібернетичних моделях можуть використовуватися найрізноманітніші виразні, відносно прості засоби – схеми, блок-схеми, таблиці, діаграми.

Економіко-математичні моделі описового типу є найважливішим засобом представлення систем у процесі системного аналізу в тій їхній частині, де достатня кількісна інформація. Найбільше практичне застосування знаходять при цьому добре відпрацьовані і відносно прості моделі матричного типу.

Нормативні операційні економіко-математичні моделі служать для знаходження оптимальних і наближено оптимальних рішень. Системний аналіз є допоміжним засобом для економіко-математичних методів, але засобом надзвичайно важливим, оскільки вирішує *ключові проблеми* економіко-математичного моделювання:

- ув'язка економіко-математичних моделей у системи моделей за посередництвом установалення взаємозв'язків їхніх критеріїв на різних рівнях ієрархії і різних аспектів економічної діяльності;
- трансформація неструктурованої і погано структурованої інформації в строго класифіковані та кількісно оцінені показники.

Класифікація методів СА



Рисунок 4.9

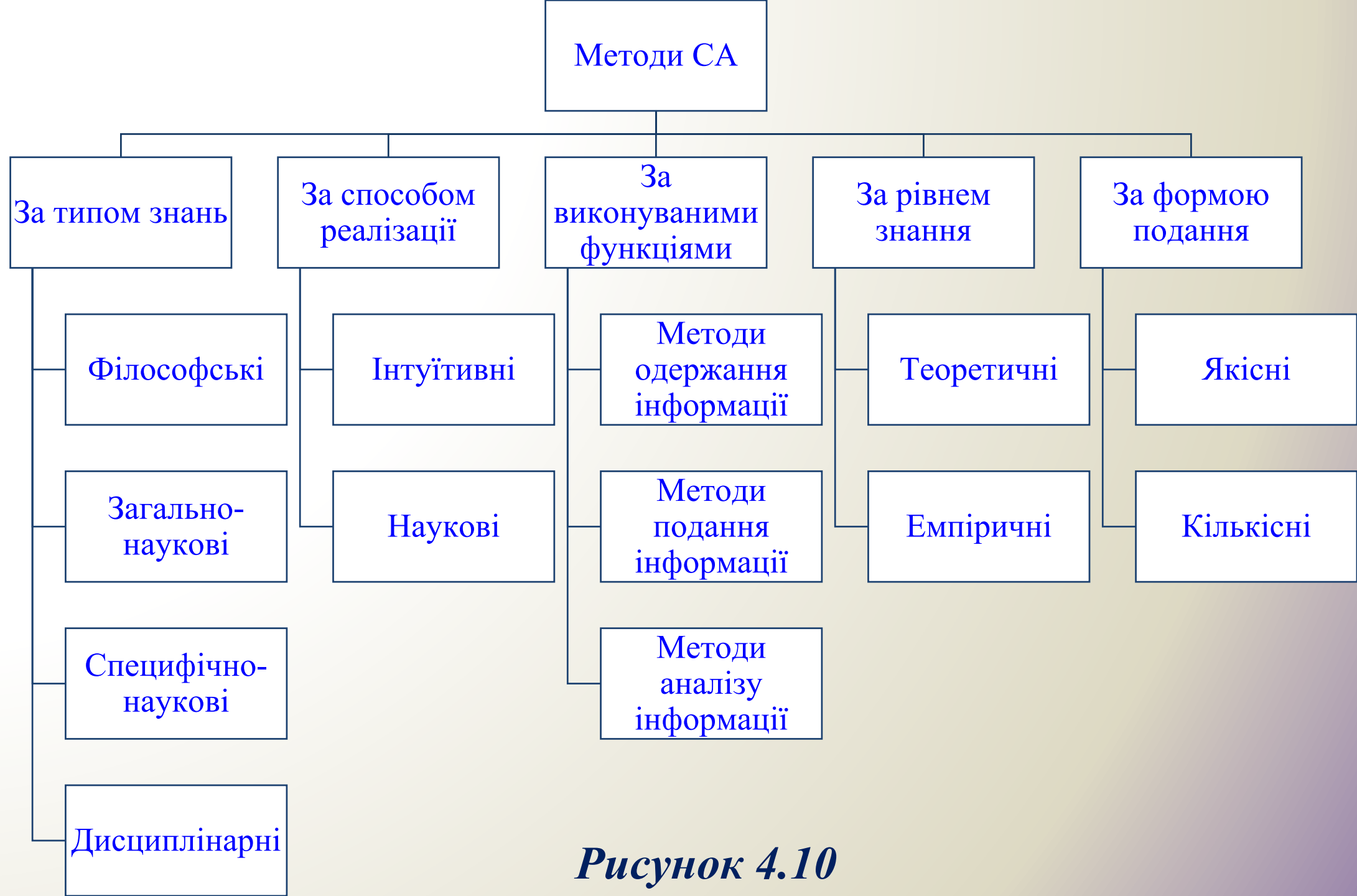


Рисунок 4.10

Відмінність імітаційного моделювання від математичного

полягає в тому, що математичне моделювання намагається якомога точніше описати аналітично поведінку системи або об'єкта в усіх можливих режимах чи ситуаціях. Імітаційне ж моделювання має за мету лише повторення створеною моделлю поведінки реального об'єкту в усіх режимах і ситуаціях.

При імітаційному моделюванні важливо щоб модель поводи́ла себе як реальний об'єкт

При математичному – щоб опис максимально відповідав реальному об'єкту

Переваги імітаційного моделювання:

- замість того, щоб проводити експерименти в реальних умовах, їх можна проводити на моделі;
- моделювати ситуацій, які є теоретично можливими, але раніше не спостерігались на даних об'єктах;
- більш широке використання в процесі досліджень інтуїції та знань експертів з можливістю їх перевірки;
- можливість змінювати час експериментів в широких межах;
- забезпечення стабільності умов експерименту;
- отримання максимальної кількості альтернатив поведінки системи.

Недоліки імітаційного моделювання:

- реальний об'єкт вже існує, а його модель необхідно створювати, використовуючи час, людські та машинні ресурси;
- навіть у спеціалістів високого рівня досить високим є відсоток можливості хибної імітації, коли модель не продемонструє якусь з властивостей реального об'єкта, або навпаки – покаже властивість, якої насправді не існує;
- далеко не кожен алгоритм, логічний або математичний опис можуть бути реалізовані, а потім змодельовані на ЕОМ через свою складність або невизначеність;
- якщо виявляється похибка або вада моделі – її зміна або виправлення віднімає часто-густо більше часу, аніж процес

4.6 ХАРАКТЕРИСТИКА ПІДХОДІВ У СА

Системний підхід у СА:

1. Незводимість властивостей цілого до суми властивостей елементів.
2. Поводження системи визначається як особливостями окремих елементів, так й особливостями її структури.
3. Існує залежність між внутрішніми й зовнішніми функціями системи.
4. Система перебуває у взаємодії із зовнішнім середовищем, володіє відповідної їй внутрішнім середовищем.
5. Система являє собою цілісність, що розвивається.

Структурно-функціональний підхід у СА:

1. Виявлення структури (або функцій) системи.
2. Установлення залежності між структурою й функціями системи.
3. Побудова відповідно функцій (або структури) системи.

Конструктивний підхід у СА:

1. Реалістичний аналіз проблеми.
2. Аналіз всіх можливих варіантів вирішення проблеми.
3. Конструювання системи, дія з вирішення проблеми.

Комплексний підхід у СА:

1. Розгляд всіх сторін, властивостей, різноманіття структур, функцій системи, її зв'язків із середовищем.
2. Розгляд їх у єдності.
3. З'ясування ступеня значимості взятих у єдності характеристик системи в її сутності.

Проблемний підхід у СА:

1. Виділення проблеми як протиріччя між якими-небудь сторонами об'єкта, що визначають його розвиток.
2. Визначення типу проблеми, її оцінка.
3. Вироблення способів вирішення проблеми.

Ситуаційний підхід у СА:

1. Виділення проблемного комплексу, що лежить в основі ситуації.
2. Виділення основних характеристик ситуації.
3. Установлення причин виникнення ситуації й наслідків їх розгортання.
4. Оцінка ситуації, її прогнозування.
5. Розробка програми діяльності в даній ситуації

Інноваційний підхід у СА:

1. Констатація проблеми відновлення.
2. Формування моделі нововведення, що забезпечує вирішення проблеми.
3. Впровадження нововведення.
4. Керування нововведенням, його освоєння й реалізація.

Нормативний підхід у СА:

1. Констатація проблеми системи.
2. Установлення раціональних норм системи.
3. Перетворення системи відповідно до норм.

Цільовий підхід у СА:

1. Визначення цілі системи.
2. Декомпозиція цілі на прості складові.
3. Обґрунтування цілей.
4. Побудова «дерева цілей».
5. Оцінка експертами всіх «галузей» «дерева цілей» щодо часу й ресурсів досягнення.

Діяльностний підхід у СА:

1. Визначення проблеми.
2. Визначення об'єкта діяльності.
3. Формулювання цілей і завдань діяльності.
4. Визначення суб'єкта діяльності.
5. Формування моделі діяльності.
6. Здійснення діяльності.

Програмно-цільовий підхід у СА:

1. Визначення проблеми.
2. Формування цілей.
3. Побудова програми досягнення цілей

Морфологічний підхід у СА:

1. Максимально точне визначення проблеми.
2. Знаходження найбільшого числа в межах всіх можливих варіантів вирішення проблеми.
3. Реалізація системи шляхом комбінування основних структурних елементів або ознак.
4. Застосування методів морфологічного моделювання: систематичного покриття поля; заперечення й конструювання; морфологічного ящика; зіставлення зробленого з дефектним, узагальнення й ін.

4.7 ОГЛЯД ВИДІВ СА

Підстави розвитку СА:

- призначення системного аналізу;
- спрямованість вектора аналізу;
- спосіб його здійснення;
- час та аспект системи;
- галузь знання й характер відбиття життя системи.

Таблиця 4.1 – Характеристика різновидів системного аналізу

№ зп	Основа класифікації	Види СА	Характеристика
1	Призначення системного аналізу	Дослідницький системний	Аналітична діяльність будується як дослідницька діяльність, результати використовуються в науці.
		Прикладний системний	Аналітична діяльність являє собою специфічний різновид практичної діяльності, результати використовуються в практиці
2	Направленість вектора аналізу	Дескриптивний або описовий	Аналіз системи починається зі структури і йде до функцій і мети.
		Конструктивний	Аналіз системи починається з її мети і йде через функції до структури
3	Спосіб здійснення аналізу	Якісний	Аналіз системи з погляду якісних властивостей, характеристик
		Кількісний	Аналіз системи з погляду формального підходу, кількісного подання характеристик

Продовження таблиці 4.1

№ зп	Основа класифікації	Види СА	Характеристика
4	Час системи	Ретроспективний	Аналіз систем минулого і їх впливу на минуле та історію
		Актуальний (ситуаційний)	Аналіз систем у ситуаціях сьогодення і проблем їх стабілізації
		Прогностичний	Аналіз систем майбутнього й шляхів їх досягнення
5	Аспекти системи	Структурний	Аналіз структури
		Функціональний	Аналіз функцій системи, ефективності її функціонування
		Структурно-функціональний	Аналіз структури і функцій, а також їх взаємозалежності

Продовження таблиці 4.1

№ зп	Основа класифікації	Види СА	Характеристика
1	Масштаб системи	Макросистема	Аналіз місця й ролі системи в більших системах, які її включають
		Мікросистема	Аналіз систем, які містять у собі дану й впливають на властивості даної системи
2	Галузь знання	Загальний системний	Спирається на загальну теорію систем, здійснюється із загальних системних позицій.
		Спеціальний системний	Спирається на спеціальні теорії систем, ураховує специфіку природи систем
3	Відображення життя системи	Вітальний	Припускає аналіз життя системи, основних етапів її життєвого шляху
		Генетичний	Аналіз генетики системи, механізмів спадкування

4.8 ВИЗНАЧЕННЯ ОСНОВНИХ ЕТАПІВ СИСТЕМНОГО АНАЛІЗУ, ЇХ ПОСЛІДОВНІСТЬ І ЗМІСТ

Таблиця 4.2 – Послідовність проведення системного аналізу

Етапи СА	Наукові інструменти СА
І. Аналіз проблеми	
1. Виявлення проблеми. 2. Точне формулювання проблеми. 3. Аналіз логічної структури проблеми. 4. Аналіз розвитку проблеми (у минулому й майбутньому). 5. Визначення зовнішніх зв'язків (з іншими проблемами). 6. Виявлення принципової можливості розв'язання проблеми.	Методи: сценаріїв, діагностичні, «дерева цілей», економічного аналізу

Етапи СА	Наукові інструменти СА
II. Визначення системи	
1. Специфікація завдання. 2. Визначення позиції спостерігача. 3. Визначення об'єкта. 4. Виділення елементів (визначення границь розбивки системи). 5. Визначення підсистем. 6. Визначення середовища.	Методи: матричні, кібернетичні моделі

Етапи СА	Наукові інструменти СА
ІІІ. Аналіз структури системи	
1. Визначення рівнів ієрархії. 2. Визначення аспектів і мов. 3. Визначення процесів функцій. 4. Визначення й специфікація процесів керування і каналів інформації. 5. Специфікація підсистем. 6. Специфікація процесів, функцій поточної діяльності (рутинних) і розвитку (цільових).	Методи: діагностичні, матричні, мережні, морфологічні, кібернетичні моделі

Етапи СА	Наукові інструменти СА
IV. Формулювання загальної цілі й критерію системи	
1. Визначення цілей, вимог надсистеми. 2. Визначення цілей й обмежень середовища. 3. Формулювання загальної цілі. 4. Визначення критерію. 5. Декомпозиція цілей і критеріїв по підсистемах. 6. Композиція загального критерію із критеріїв підсистем.	Методи: експертних оцінок («Дельфі»), «дерева цілей», економічного аналізу, морфологічний, кібернетичні моделі, нормативні операційні моделі (оптимізаційні, імітаційні, гральні)

Етапи СА	Наукові інструменти СА
V. Декомпозиція цілі, виявлення потреб у ресурсах і процесах	
1. Формулювання цілей – верхнього рангу. 2. Формулювання цілей – поточних процесів. 3. Формулювання цілей – ефективності. 4. Формулювання цілей – розвитку. 5. Формулювання зовнішніх цілей й обмежень. 6. Виявлення потреб у ресурсах і процесах.	Методи: «дерево цілей», мережні, описові моделі, моделювання

Етапи СА	Наукові інструменти СА
VI. Виявлення ресурсів і процесів, композиція цілей	
1. Оцінка існуючих технологій і потужностей. 2. Оцінка сучасного стану ресурсів. 3. Оцінка реалізованих і запланованих проєктів. 4. Оцінка можливостей взаємодії з іншими системами. 5. Оцінка соціальних факторів. 6. Композиція цілей.	Методи: експертних оцінок («Дельфі»), «дерева цілей», економічного аналізу

Етапи СА	Наукові інструменти СА
VII. Прогноз й аналіз майбутніх умов	
1. Аналіз стійких тенденцій розвитку системи. 2. Прогноз розвитку й зміни середовища. 3. Пророкування появи нових факторів, що роблять сильний вплив на розвиток системи. 4. Аналіз ресурсів майбутнього. 5. Комплексний аналіз взаємодії факторів майбутнього розвитку. 6. Аналіз можливих зрушень цілей і критеріїв.	Методи: сценаріїв, експертних оцінок («Дельфі»), «дерева цілей», мережні, економічного аналізу, статистичний, описові моделі

Етапи СА	Наукові інструменти СА
VIII. Оцінка цілей і засобів	
1. Обчислення оцінок за критерієм. 2. Оцінка взаємозалежності цілей. 3. Оцінка відносної важливості цілей. 4. Оцінка дефіцитності й вартості ресурсів. 5. Оцінка впливу зовнішніх факторів. 6. Обчислення комплексних розрахункових оцінок	Методи: експертних оцінок («Дельфі»), економічного аналізу, морфологічний метод

Етапи СА	Наукові інструменти СА
ІХ. Відбір варіантів	
1. Аналіз цілей на сумісність і входимість. 2. Перевірка цілей на повноту. 3. Відсікання надлишкових цілей. 4. Планування варіантів досягнення окремих цілей. 5. Оцінка й порівняння варіантів. 6. Сполучення комплексу взаємозалежних варіантів	Методи: «дерева цілей», матричні, економічного аналізу, морфологічний

Етапи СА	Наукові інструменти СА
Х. Діагноз існуючої системи	
1. Моделювання технологічного й економічного процесів. 2. Розрахунок потенційної й фактичної потужностей. 3. Аналіз втрат потужності. 4. Виявлення недоліків організації виробництва й керування. 5. Виявлення й аналіз заходів.	Методи: діагностичні, матричні, економічного аналізу, кібернетичні моделі

Етапи СА	Наукові інструменти СА
XI. Побудова комплексної програми розвитку	
1. Формулювання заходів, проєктів і програм. 2. Визначення черговості цілей і заходів щодо їх досягнення. 3. Розподіл сфер діяльності. 4. Розподіл сфер компетенції. 5. Розробка комплексного плану заходів у рамках обмежень по ресурсах у часі. 6. Розподіл по відповідальних організаціях, керівникам і виконавцям	Методи: матричні, мережні, економічного аналізу, описові моделі, нормативні операційні моделі

Етапи СА	Наукові інструменти СА
ХІІ. Проєктування організації для досягнення цілей	
1. Призначення цілей організації. 2. Формулювання функцій організації. 3. Проєктування організаційної структури. 4. Проєктування інформаційних механізмів. 5. Проєктування режимів роботи. 6. Проєктування механізмів матеріального й морального стимулювання.	Методи: діагностичні, «дерева цілей», матричні, мережні методи, кібернетичні моделі

4.9 АНАЛІЗ СТРУКТУРИ СА

Об'єкт системного аналізу — реальні об'єкти природи й суспільства, розглянуті як системи, тобто системний аналіз припускає споконвічно системне бачення об'єкта.

Предмет системного аналізу — різноманітні характеристики системності, найбільш важливі серед них:

- склад системи;
- структура системи;
- організація системи;
- організація, типологія організації;
- функціонування системи;
- положення системи в середовищі;
- розвиток системи

Таблиця 4.3 – Структура системного аналізу

№ зп	Підстава класифікації	Види СА	Характеристика
1	Структурний	Макроструктурний	Виділення системи з середовища, визначення факторів, які на неї впливають, і того, частиною якої системи є дана система
		Мікроструктурний	Вивчення побудови системи
2	Функціональний	Внутрішній	Виділення внутрішніх функцій системи
		Зовнішній	З’ясування впливу зовнішніх функцій системи
3	Факторний	Макрофакторний	Виділення факторів впливу макросередовища
		Мікрофакторний	Виділення факторів впливу мікросередовища

Продовження таблиці 4.3

№ зп	Підстава класифікації	Види СА	Характеристика
4	Генетичний	Макроаналіз	Дослідження походження системи з точки зору макрохарактеристик
		Мікроаналіз	Дослідження походження системи з точки зору мікрохарактеристик
5	Тимчасовий	Прогностичний	З'ясування майбутнього системи та її складових
		Історичний	Дослідження минулих станів системи

Тема №5. ОСНОВНІ ПОЛОЖЕННЯ ТА ЗАГАЛЬНІ АСПЕКТИ МОДЕЛЮВАННЯ СИСТЕМ

Тематичний план

- 5.1 Аналіз сутності поняття «моделювання». Цілі і завдання моделювання.*
- 5.2 Огляд історії появи моделювання.*
- 5.3 Огляд видів та принципів моделювання.*

5.1 АНАЛІЗ СУТНОСТІ ПОНЯТТЯ «МОДЕЛЮВАННЯ». ЦІЛІ І ЗАВДАННЯ МОДЕЛЮВАННЯ

Експеримент:

- сукупність дослідів, об'єднаних однією системою їх постановки, взаємозв'язком результатів і способом їх обробки; унаслідок експерименту отримується сукупність результатів, які допускають їхню сумісну обробку і зіставлення;
- спроба, дослід, що потребують підтвердження чи спростування;
- форма пізнання;
- один з основних методів наукового дослідження, в якому вивчення явищ відбувається в доцільно вибраних або штучно створених умовах, що забезпечують появу тих процесів, спостереження яких необхідне для встановлення закономірних зв'язків між явищами

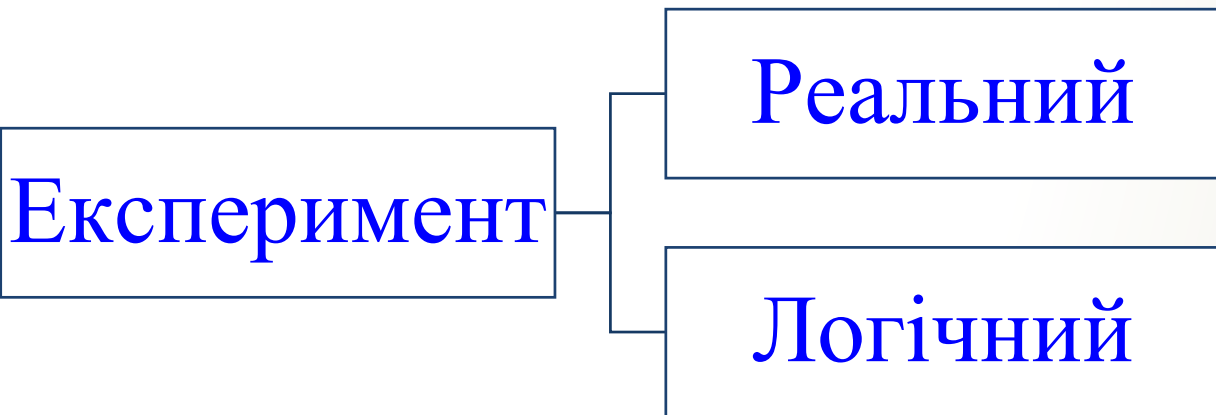


Рисунок 5.1

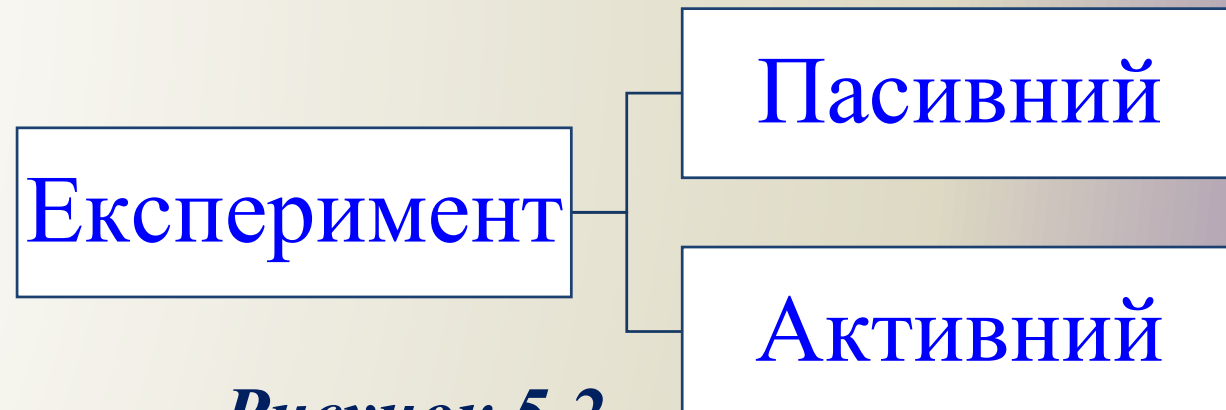


Рисунок 5.2

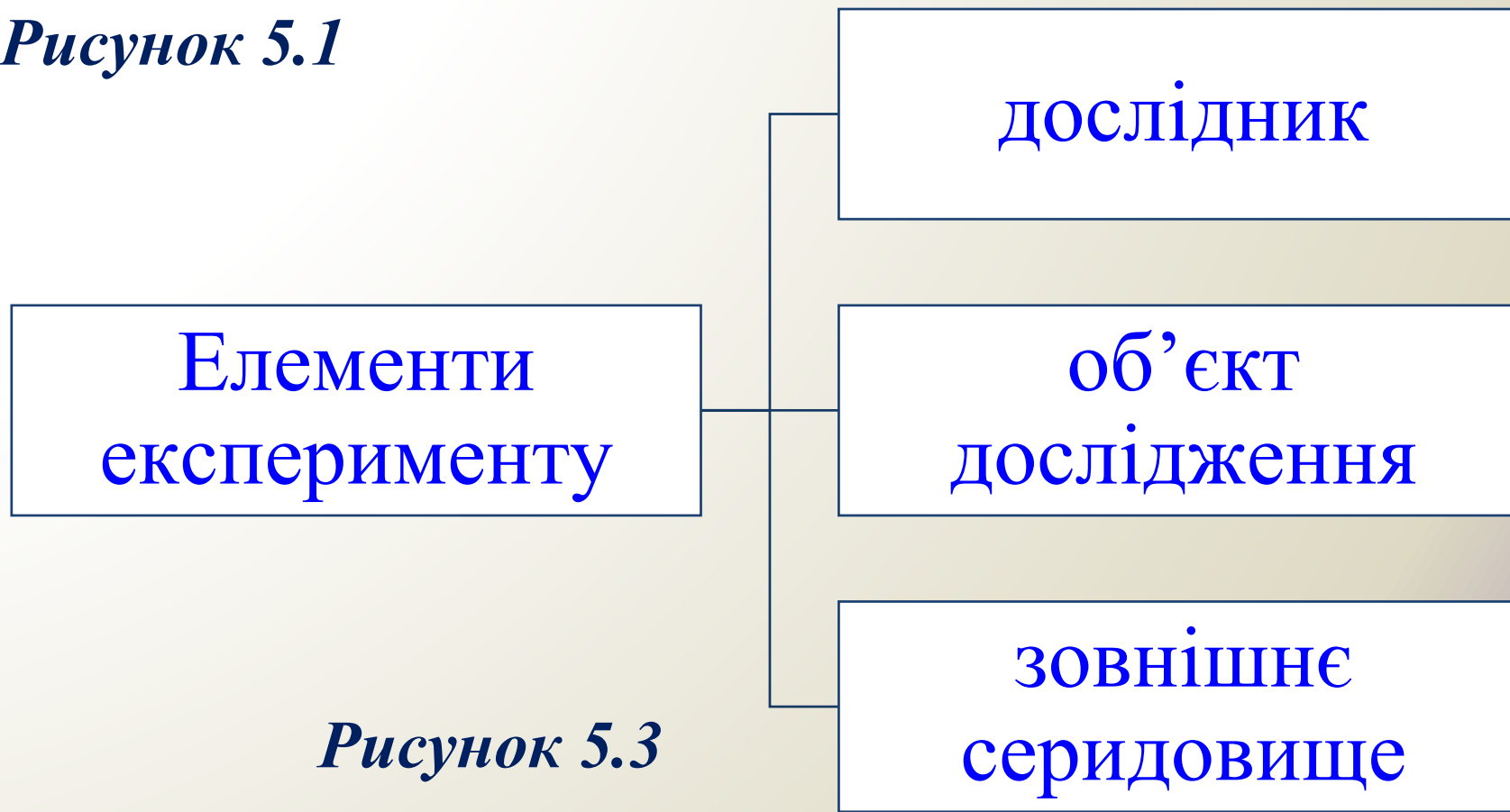


Рисунок 5.3

Моделювання:

- використовується у всіх областях людської діяльності;
- є найбільш ефективним способом дослідження складних систем різного призначення;
- заміщення одного об'єкта іншим;
- подання об'єкта моделлю.

Теорія моделювання – це теорія заміщення одних об'єктів (оригіналів) іншими об'єктами (моделями) і дослідження властивостей об'єктів на їх моделях.

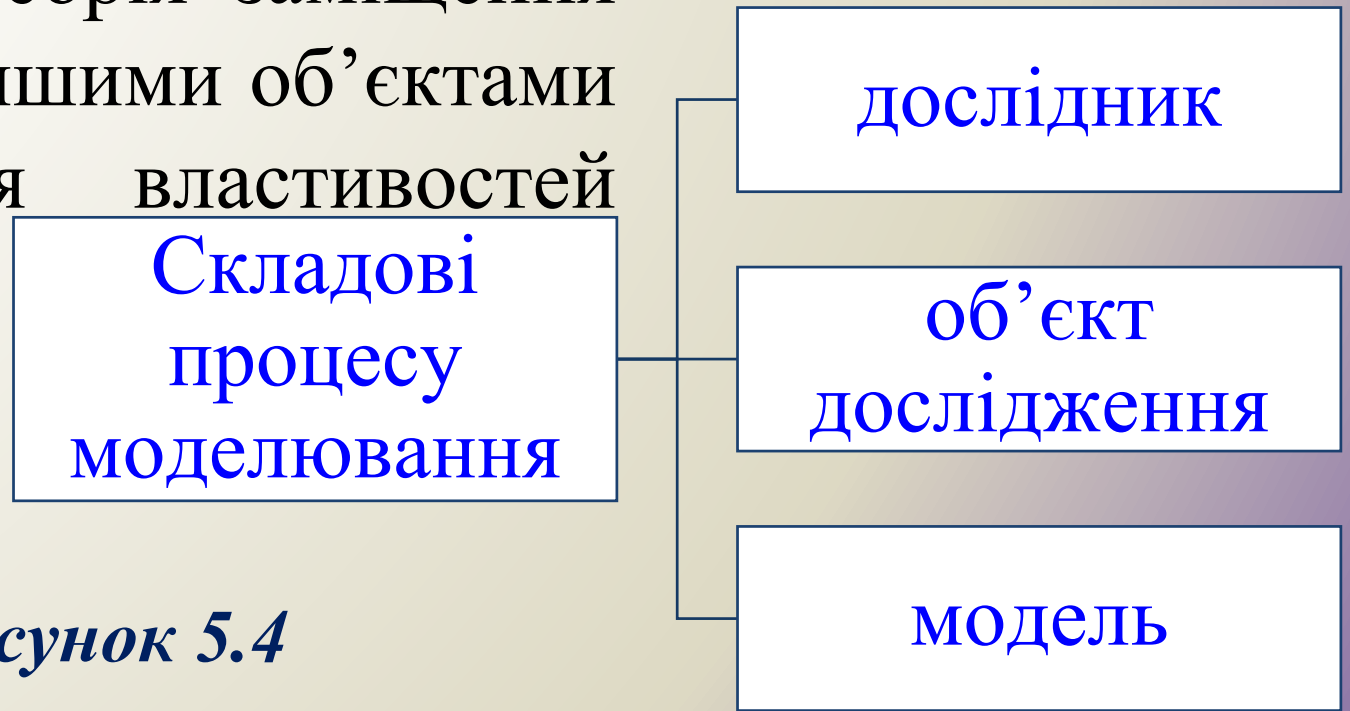


Рисунок 5.4

Проект із моделювання не може бути успішно реалізований без участі експерта, який повинен:

- володіти базовими знаннями, необхідними для розуміння принципів функціонування визначених класів систем;
- володіти методами системного аналізу і керування проектами, необхідними для коректної постановки задачі моделювання й організації робіт з реалізації та використання моделей;
- володіти методами моделювання;
- бути обізнаним і ознайомленим із сучасними інформаційними технологіями, що забезпечують інтеграцію моделей у системи проектування, планування і керування;

- бути спроможним приймати рішення за результатами моделювання;
- знати основні класи моделей і методи моделювання систем, а також принципи побудови моделей процесів функціонування систем, методи та етапи їх формалізації й алгоритмізації;
- вміти вибирати та використовувати методи моделювання при проектуванні та експлуатації складних систем, розробляти схеми алгоритмів для моделювання технічних, технологічних, організаційних, інформаційних систем та їх об'єктів, реалізовувати моделюючі програми на комп'ютері;
- мати уявлення про сучасний стан і перспективи розвитку методів моделювання в галузі інформаційних технологій.

Мета моделювання – це здобуття, обробка, представлення і використання інформації про об'єкти, які взаємодіють між собою і зовнішнім середовищем.

Основне призначення моделі – прогноз реакції об'єкту на впливи.

Задача моделювання полягає в тому, що для заданого об'єкта потрібно підібрати такий опис, який у повній мірі відображав би оригінал з точки зору заданої мети моделювання.



Рисунок 5.5

5.2 ОГЛЯД ІСТОРІЇ ПОЯВИ МОДЕЛЮВАННЯ

Моделювання стало застосовуватися ще в глибокій давнині і поступово захопило всі нові області наукових пізнань: технічне конструювання, будівництво і архітектуру, астрономію, фізику, хімію, біологію і суспільні науки.

Історично першою всеохоплюючою математичною моделлю була класична механіка І. Ньютона, який поклав початок моделюванню як методу теоретичних досліджень.

Термін «модель» походить від латинських слів *modus*, *modulus*, які означають міра, образ, спосіб.

Моделями стали називати речі, виготовлені на основі вимірів, які відтворювали існуючі об'єкти або були зразками для нових — ще не існуючих.

Моделлю почали називати уявну або матеріальну структуру, що зображує у зручній формі стан деякої системи, процеси в якій мають бути вивчені.

У ХІХ-ХХ ст. метод математичного моделювання входив до сфери наукового експерименту. Дж. К. Максвелл давав формулювання методу моделювання, використовував модель як евристичний засіб побудови теорії, на основі чого створив теорію електромагнітного поля.

З 1952 року існує всесвітнє добровільне товариство міжнародного комп'ютерного моделювання – SCS, основними завданнями якого є вивчення, розповсюдження, використання й удосконалення методів комп'ютерного моделювання для вирішення реальних проблем.

В Європі існує федерація європейських товариств моделювання – EUROSIM, товариство моделювання та технології імітації – EUROSIS, а також інститути науки моделювання – McLeod.

5.3 ОГЛЯД ВИДІВ ТА ПРИНЦИПІВ МОДЕЛЮВАННЯ

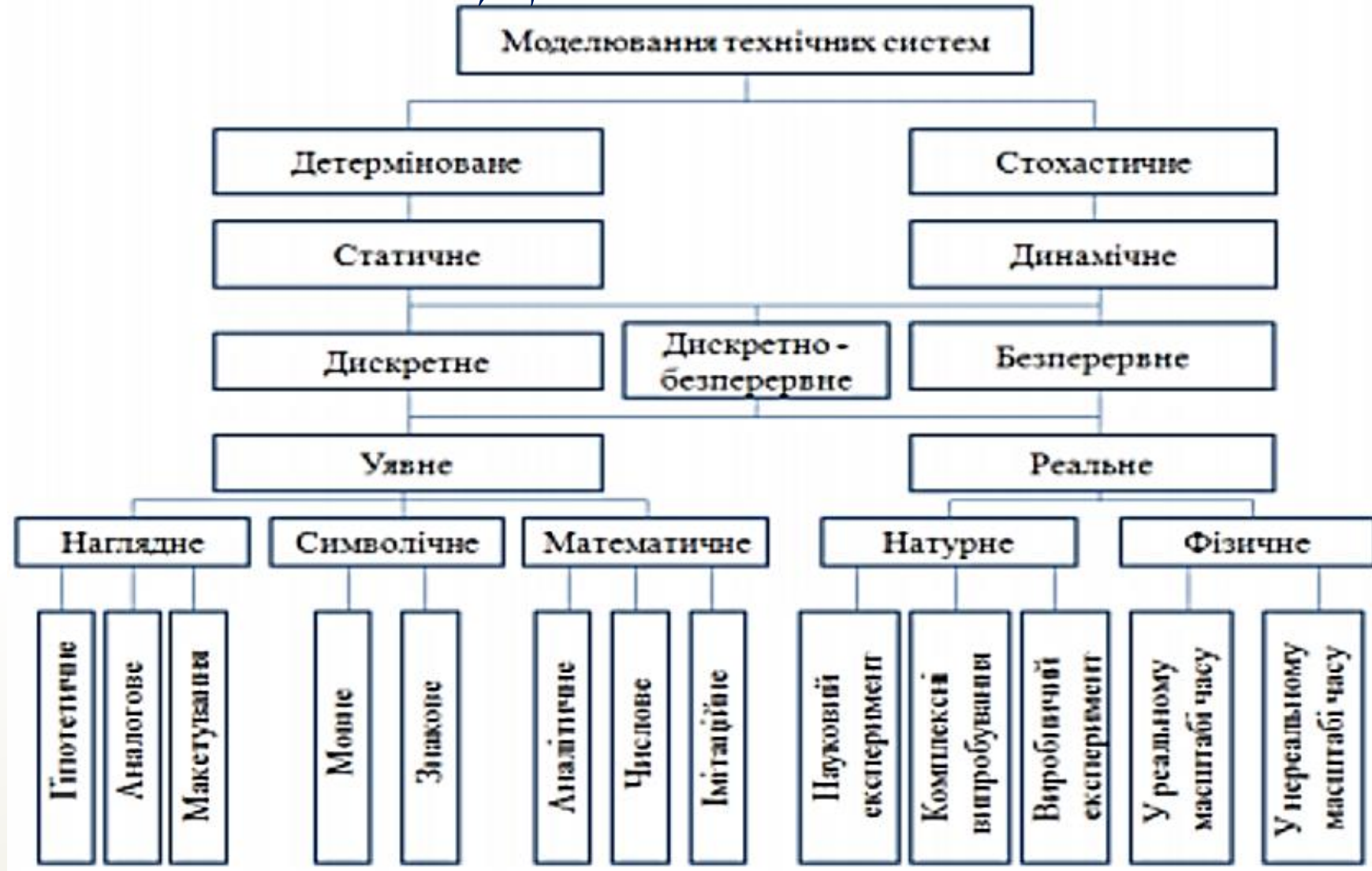


Рисунок 5.6



Рисунок 5.7

Системний підхід передбачає послідовний перехід від загального до конкретного.

Системний підхід служить методом комплексного вивчення складних об'єктів і процесів з точки зору устрою та взаємозв'язку їх підсистем, функціонування підсистем і об'єкта в цілому, а також характеру взаємодії з навколишнім зовнішнім середовищем.

Тема №6. МОДЕЛЬ: ВИЗНАЧЕННЯ, ВЛАСТИВОСТІ, СТРУКТУРА, АСПЕКТИ РОЗРОБКИ

Тематичний план

- 6.1 Визначення сутності терміну «модель». Аналіз властивостей і узагальненої структури моделі.*
- 6.2 Огляд класифікації моделей за різними ознаками та характеристиками.*
- 6.3 Визначення принципів та способів побудови моделей. Базові вимоги та стадії розробки моделей.*

6.1 ВИЗНАЧЕННЯ СУТНОСТІ ТЕРМІНУ «МОДЕЛЬ». АНАЛІЗ ВЛАСТИВОСТЕЙ І УЗАГАЛЬНЕНОЇ СТРУКТУРИ МОДЕЛІ

Термін ***«модель»***:

- будь-який уявний або умовний аналог певного об'єкта, процесу, явища;
- допоміжний засіб, який в певній ситуації замінює систему/явище/об'єкт/процес при дослідженні властивостей.

Форми представлення моделі:

- у вигляді фізичного об'єкту, подібного до оригіналу;
- описом об'єкта у вигляді математичних формул, тексту, комп'ютерної програми тощо.

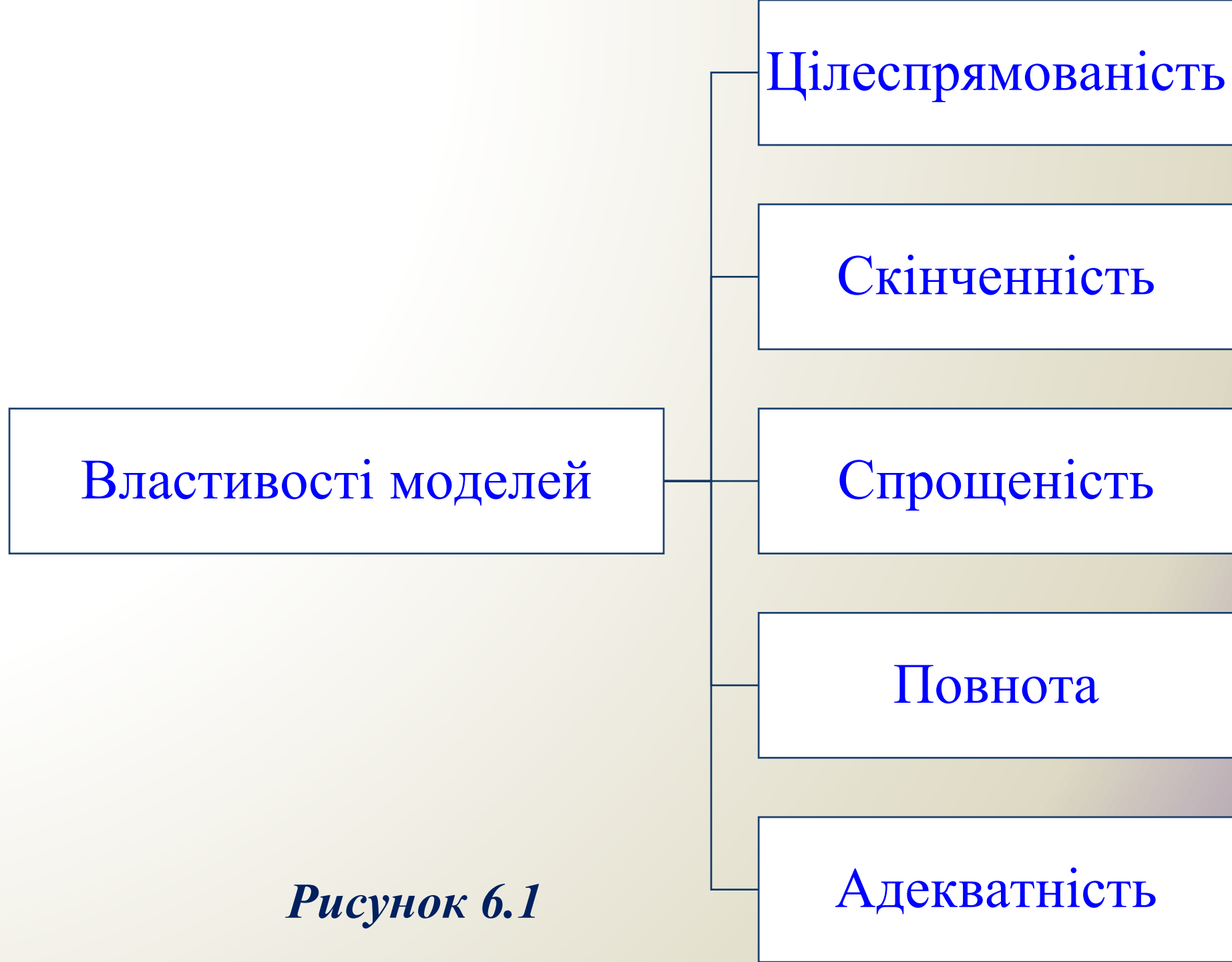


Рисунок 6.1

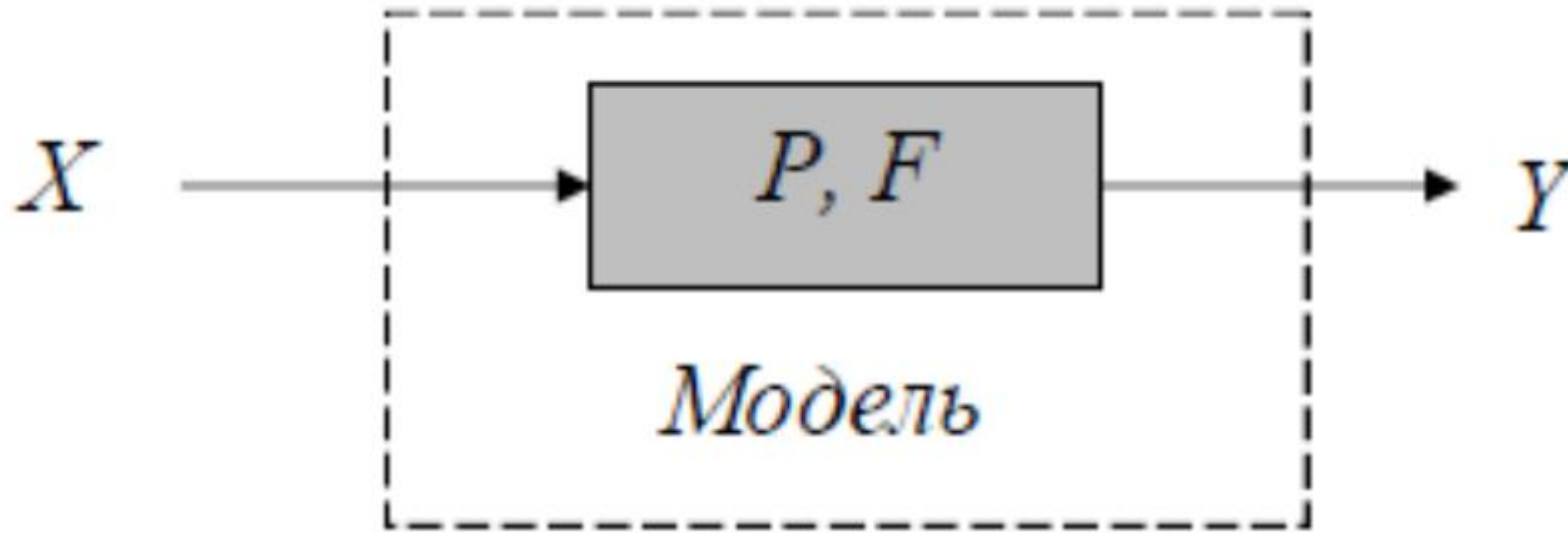


Рисунок 6.2 Узагальнена структура моделі

План дій під час побудови моделі:

- сформулювати цілі вивчення системи;
- вибрати ті чинники, компоненти і змінні, які є найбільш істотними для поставленого завдання та сформульованої мети;
- врахувати сторонні, не включені в модель, чинники;
- здійснити оцінку результатів, перевірку моделі, оцінку повноти моделі

6.2 ОГЛЯД КЛАСИФІКАЦІЇ МОДЕЛЕЙ ЗА РІЗНИМИ ОЗНАКАМИ ТА ХАРАКТЕРИСТИКАМИ

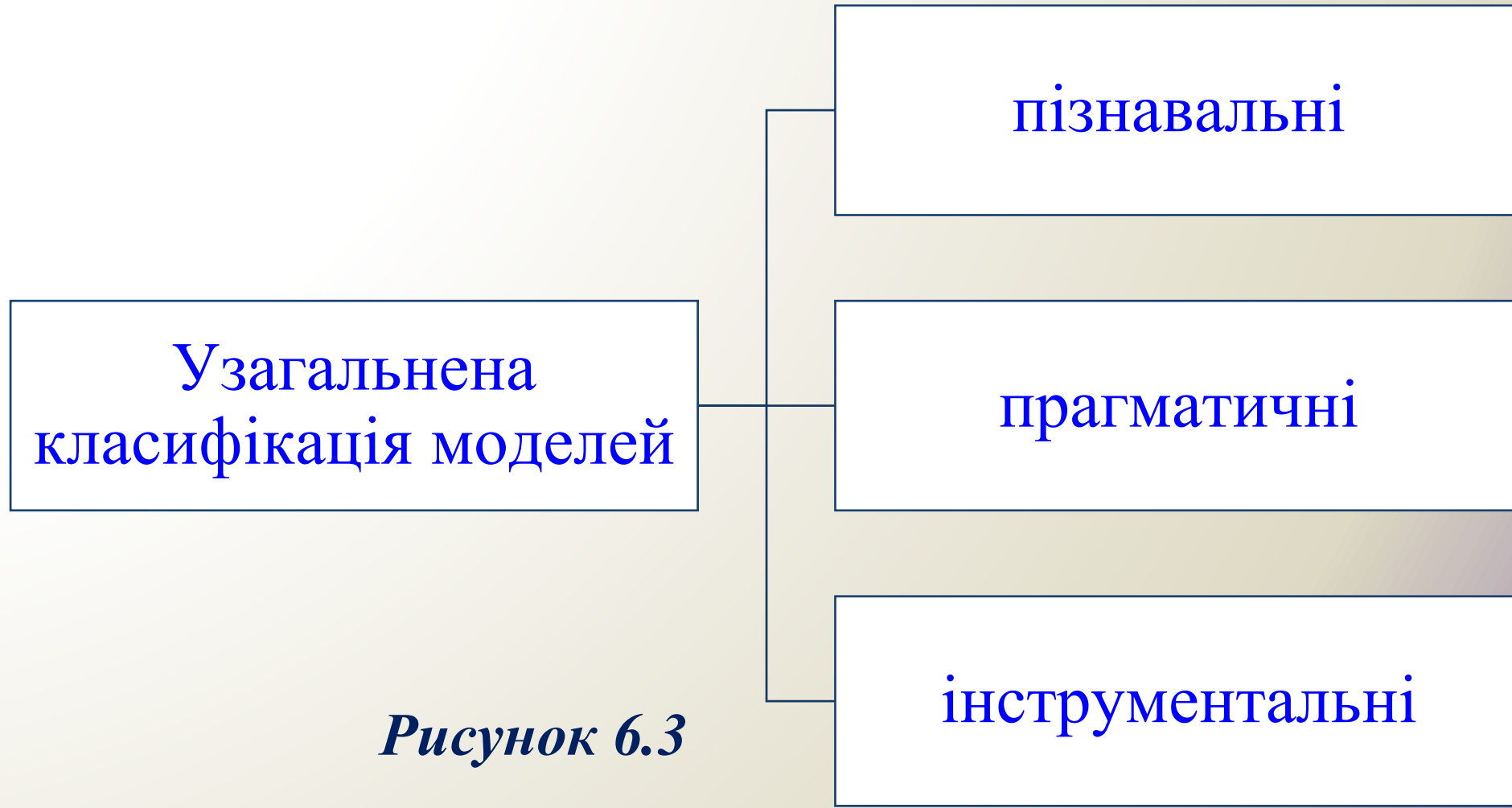


Рисунок 6.3

Класифікація моделей з точки зору вихідної змінної моделі

статичні

Динамічні

неперервні

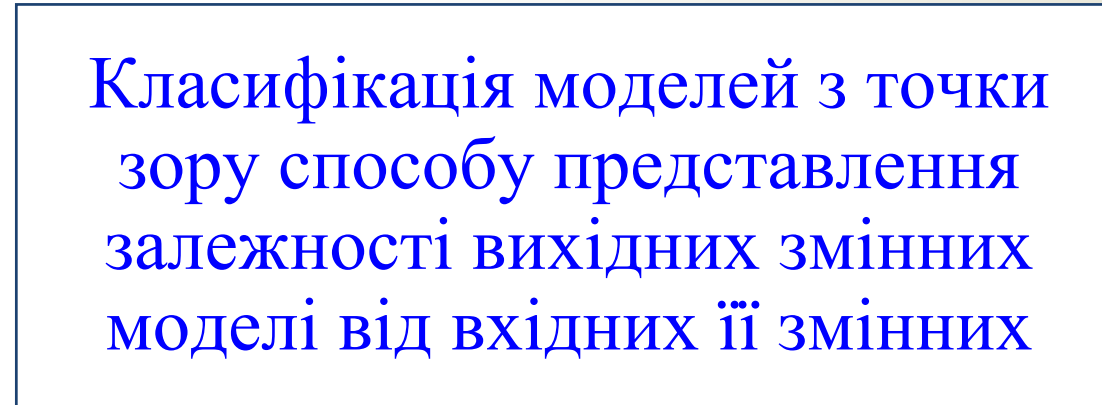
дискретні

Детерміновані

стохастичні

Рисунок 6.4

Рисунок 6.5

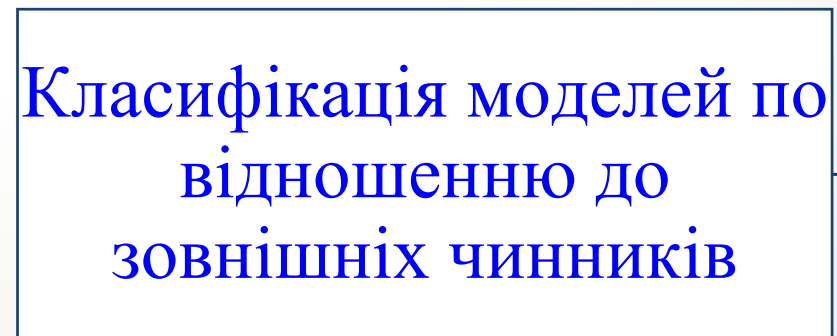


Алгебраїчні

Диференціальні

Аналітичні

Імітаційні



Замкнуті

Відкриті

Рисунок 6.6

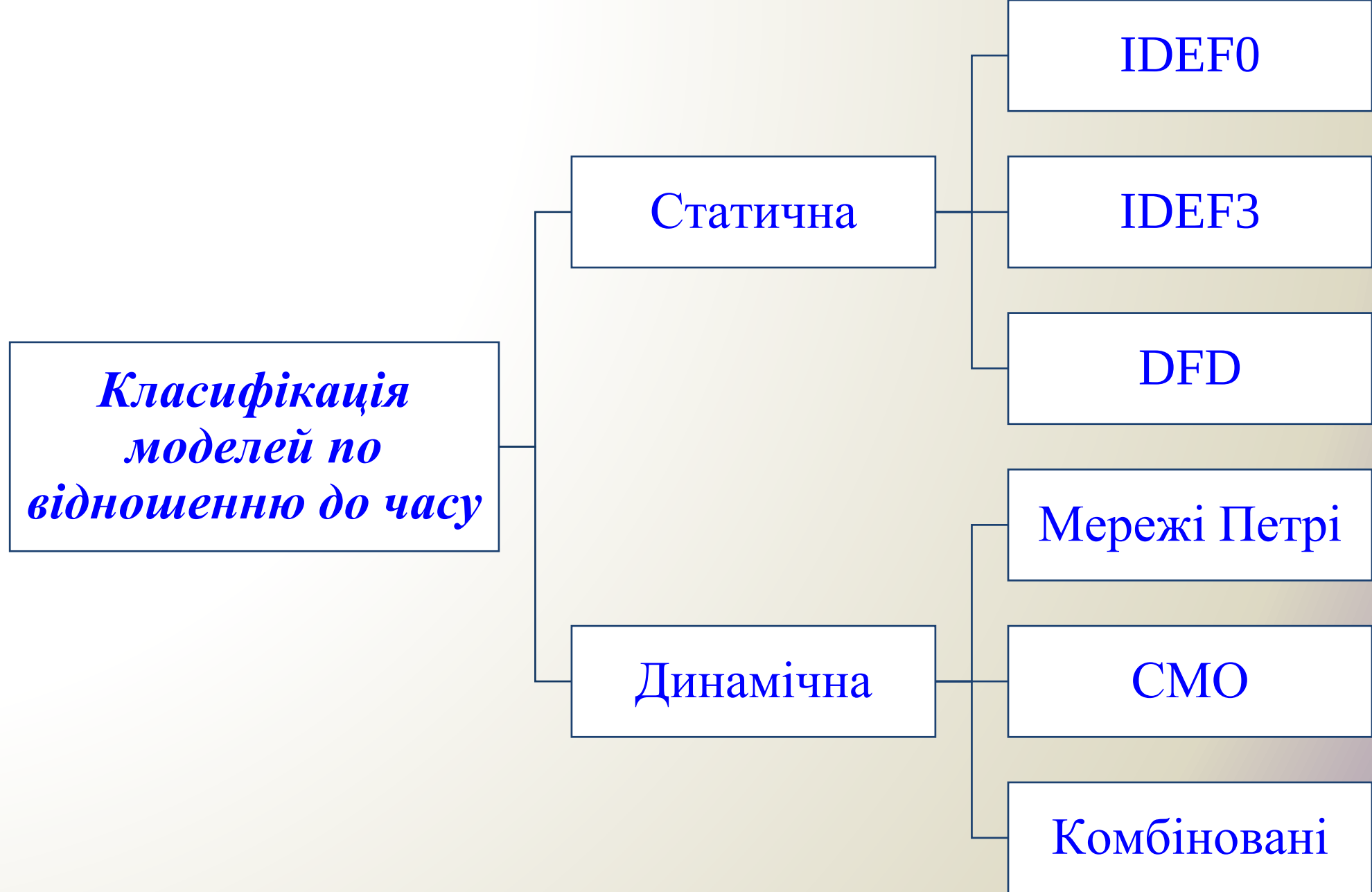


Рисунок 6.7



Рисунок 6.8

Класифікація математичних моделей	за належністю до ієрархічного рівня	Модель мікрорівня Модель макрорівня Модель метарівня
	за ступенем стійкості	Стійкі Нестійкі
	за характером відображуваних властивостей об'єкта	Структурна (мережева та ієрархічна) Функціональна
	за способом подання властивостей об'єкта	Аналітична Алгоритмічна Імітаційна
	за способом отримання моделі	Теоретична Емпірична
	за формою подання властивостей об'єкта	Логічна Теоретико-множинна Графова

6.3 ВИЗНАЧЕННЯ ПРИНЦИПІВ ТА СПОСОБІВ ПОБУДОВИ МОДЕЛЕЙ. БАЗОВІ ВИМОГИ ТА СТАДІЇ РОЗРОБКИ МОДЕЛЕЙ

Способи побудови моделей:

- при першому способі в результаті ретельного вивчення системи встановлюються закони функціонування системи, які потім відтворюються за допомогою моделі
- при другому способі без усякого фізичного обґрунтування припускається вид залежності F , невідомі параметри якої P потім відшукуються за даними спостережень за змінними системи X , Y .

Вимоги, які потрібно врахувати під час побудови моделі:

- незалежність результатів розв'язання задач від конкретної фізичної інтерпретації елементів моделі;
- змістовність;
- дедуктивність;
- індуктивність.

Недоцільно розробляти модель, якщо її не можна буде використовувати.

Ступінь деталізації моделі потрібно вибирати з урахуванням цілей моделювання, можливості отримання необхідних входних даних для моделі і враховуючи наявні ресурси для її створення.

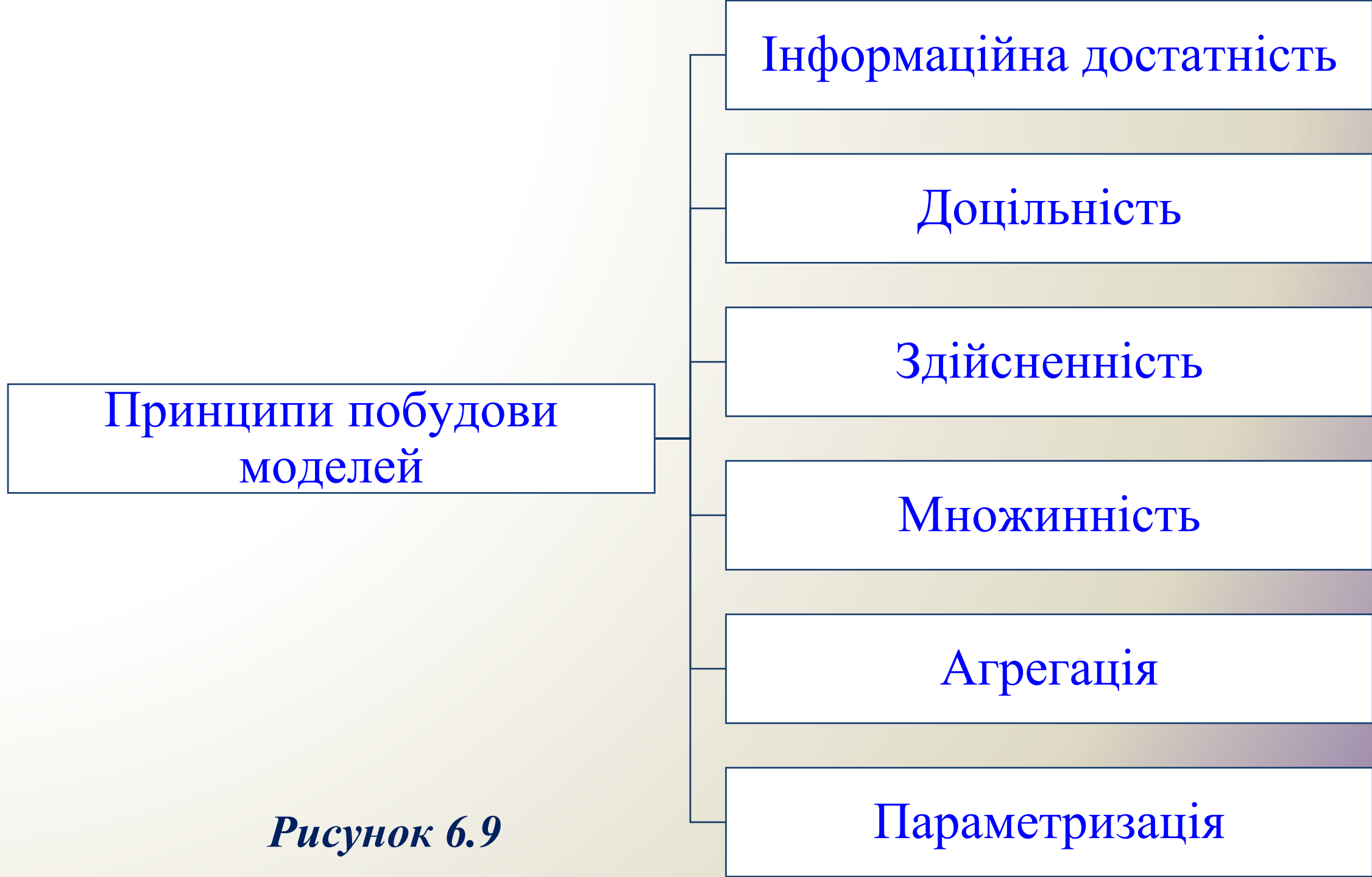


Рисунок 6.9

Основні стадії проєктування:

- *Макропроєктування*, де на основі даних про реальну систему і зовнішнє середовище будується модель зовнішнього середовища, виявляються ресурси і обмеження для побудови моделі системи, вибирається модель системи і критерії, що дозволяють оцінити адекватність моделі реальної системи.
- *Мікропроєктування*, яка залежить від конкретного типу обраної моделі.

Незалежно від типу моделі при її побудові необхідно керуватися рядом принципів системного підходу:

- пропорційно-послідовне просування етапами і напрямками створення моделі;
- узгодження інформаційних, ресурсних, надійних та інших характеристик;
- правильне співвідношення окремих рівнів ієрархії в системі моделювання;
- цілісність окремих відокремлених стадій побудови моделі.

Тема №7. АНАЛІЗ МЕТОДІВ ТА ПРОЦЕСУ МОДЕЛЮВАННЯ СИСТЕМ

Тематичний план

- 7.1 Визначення сутності поняття «метод моделювання».*
- 7.2 Аналіз і дослідження існуючих методів моделювання систем.*
- 7.3 Розуміння технології моделювання систем: етапи процесу моделювання та їх характеристика. Узагальнена технологія математичного моделювання.*

7.1 ВИЗНАЧЕННЯ СУТНОСТІ ПОНЯТТЯ «МЕТОД МОДЕЛЮВАННЯ»

Метод — це спосіб досягнення поставленої мети; об'єднує суб'єктивні та об'єктивні аспекти пізнання.

Метод є **об'єктивним**, оскільки дозволяє відображати дійсність та її взаємозв'язки.

Метод є **суб'єктивним**, оскільки є знаряддям думки дослідника та включає в себе його суб'єктивні особливості.

Моделювання — це метод дослідження різних явищ і процесів, вироблення варіантів рішень.

Метод моделювання:

- метод, яким описуються структура об'єкта (статична модель), процес його функціонування та розвитку (динамічна модель);
- це такий загальнонауковий метод дослідження, при якому вивчається не сам об'єкт пізнання, а його зображення у вигляді так званої моделі, однак результат дослідження переноситься з моделі на об'єкт.

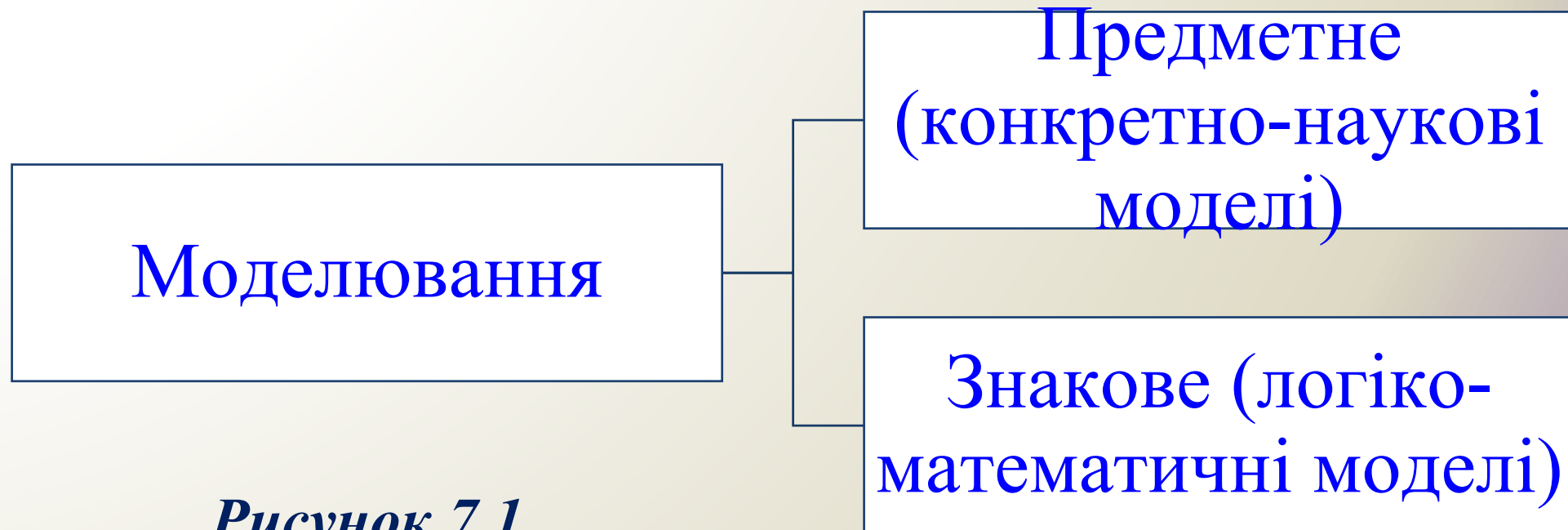


Рисунок 7.1

Гносеологічний зміст моделювання утворює основу для переносу результатів, одержаних у ході вивчення моделей, на оригінал.

Метод моделювання є незамінним засобом і при прогнозуванні різних явищ, де неможливо точно аналізувати всі обставини чи проводити спостереження і вимірювання.

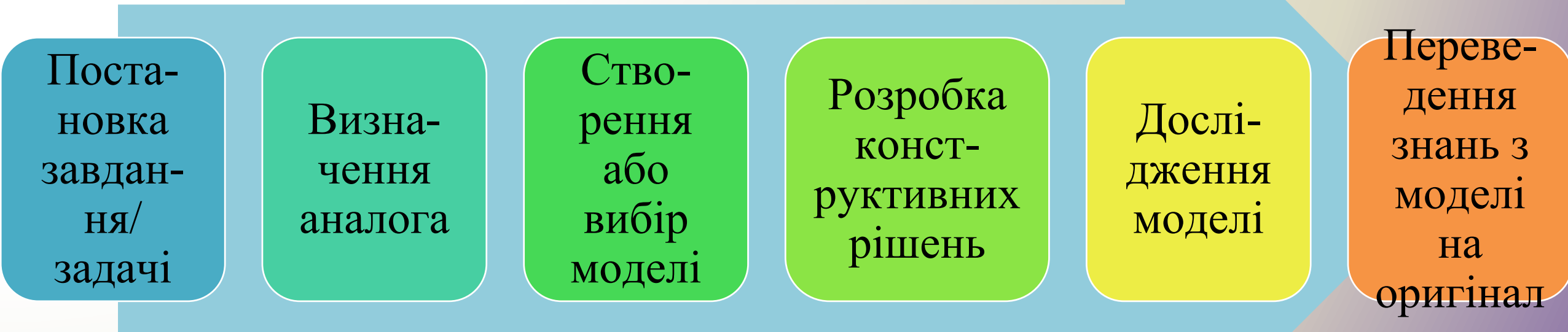


Рисунок 7.2

7.2 АНАЛІЗ І ДОСЛІДЖЕННЯ ІСНУЮЧИХ МЕТОДІВ МОДЕЛЮВАННЯ СИСТЕМ

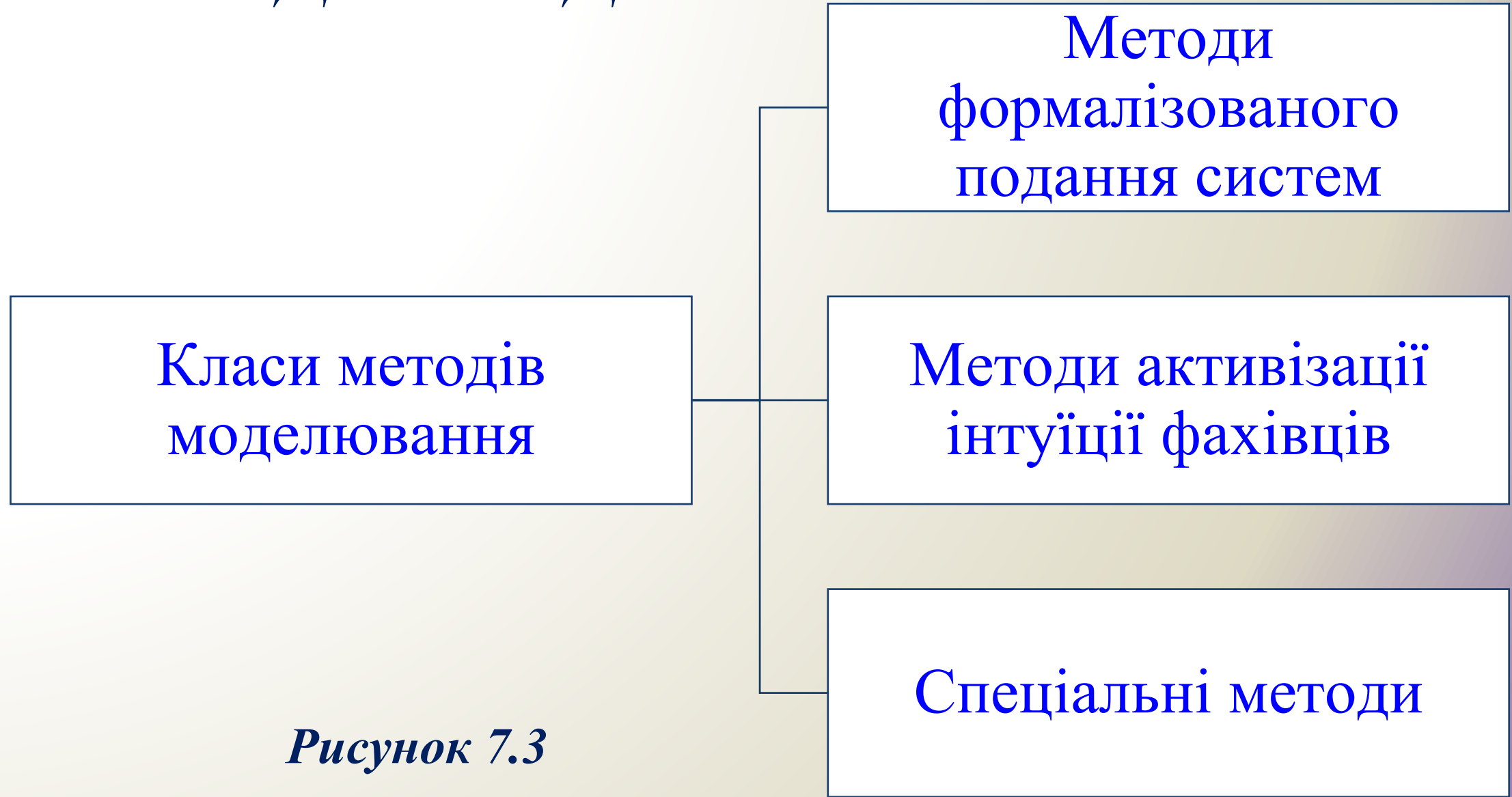


Рисунок 7.3



Рисунок 7.4



Рисунок 7.5



Рисунок 7.6

7.3 РОЗУМІННЯ ТЕХНОЛОГІЇ МОДЕЛЮВАННЯ СИСТЕМ: ЕТАПИ ПРОЦЕСУ МОДЕЛЮВАННЯ ТА ЇХ ХАРАКТЕРИСТИКА. УЗАГАЛЬНЕНА ТЕХНОЛОГІЯ МАТЕМАТИЧНОГО МОДЕЛЮВАННЯ

Ефективність застосування методу моделювання оцінюється рядом наступних критеріїв:

- точністю і достовірністю результатів моделювання;
- часом побудови і роботи з моделлю;
- затратами машинних ресурсів (часу і пам'яті);
- вартістю розробки та експлуатації моделі

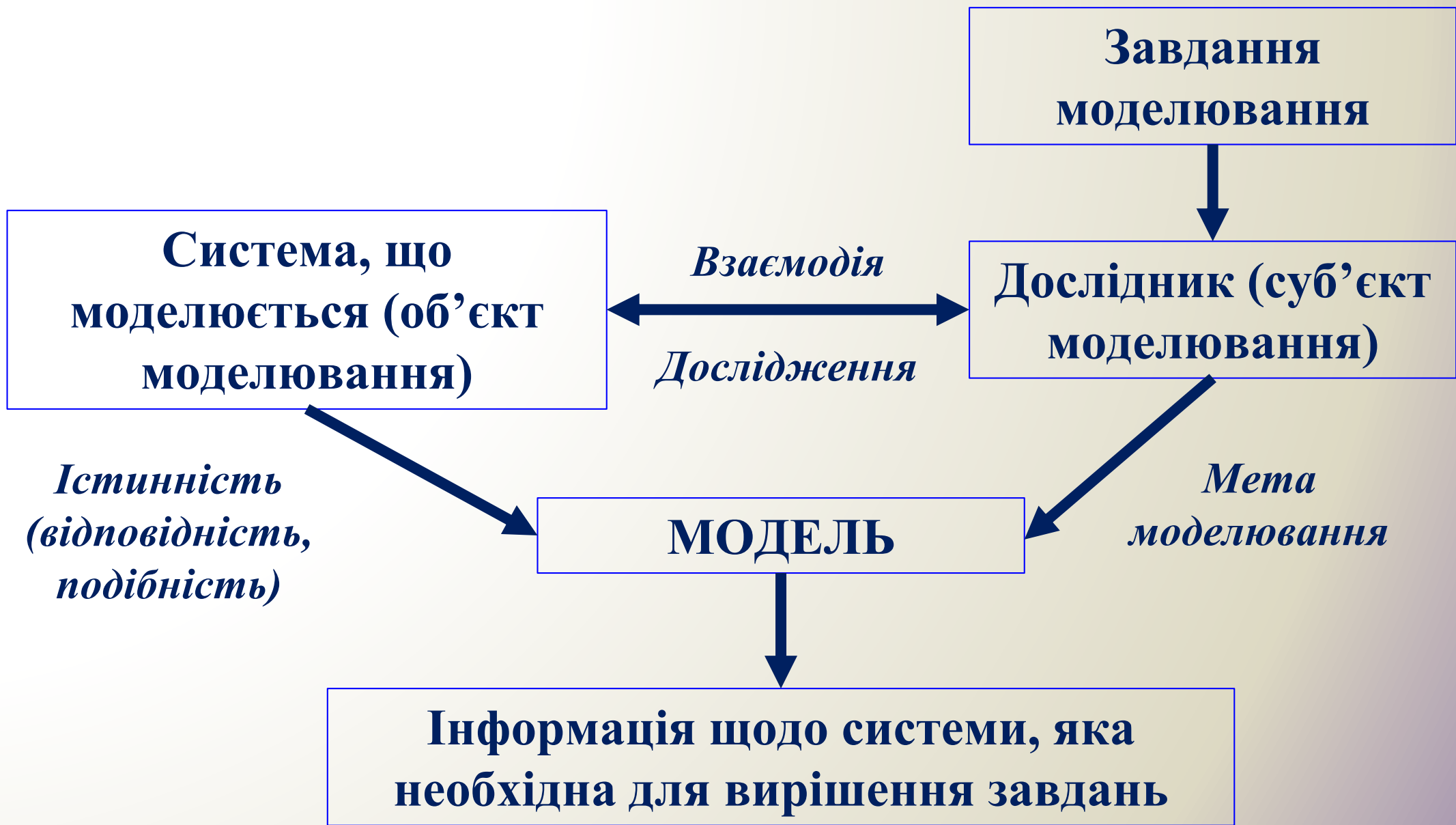


Рисунок 7.7



Рисунок 7.8 Процес моделювання

Етапи технології моделювання систем (за Томашевським В.М.):

1. Формулювання проблеми та змістовна постановка задачі.
2. Розробка концептуальної моделі
3. Розробка програмної реалізації моделі, що включає: вибір засобів програмування для реалізації моделі; розробку структурної схеми моделі та складання опису її функціонування; програмну реалізацію моделі.
4. Перевірка адекватності моделі.
5. Організація та планування проведення експериментів, що включає оцінювання точності результатів моделювання.
6. Інтерпретація результатів моделювання та прийняття рішень.
7. Оформлення результатів дослідження.

Математичне моделювання можна розглядати як засіб вивчення реальної системи шляхом її заміни зручнішою для експериментального дослідження системою (моделлю), що зберігає істотні риси оригіналу.

При моделюванні здійснюється апроксимація функції опису більш простою і зручною для практичного аналізу функцією-моделлю. Математичні моделі потребують для свого створення значних інтелектуальних, фінансових і часових затрат.

Дослідження об'єкта моделювання та складання його математичного опису полягає у встановленні зв'язків між характеристиками процесу, виявленні його граничних і початкових умов та формалізації процесу у вигляді системи математичних співвідношень.



Рисунок 7.9

Дії етапу дослідження об'єкта моделювання:

- аналіз взаємодії об'єкта з зовнішнім середовищем, виділення характеристик вхідних впливів та реакції об'єкта, класифікація їх на вимірні та невимірні, керувальні реакції та перешкоди;
- проведення декомпозиції та дослідження внутрішньої структури об'єкта;
- дослідження порядку функціонування об'єкта, виявлення зв'язку між входом та виходом, формування множини станів об'єкта;
- збір та перевірка існуючих експериментальних даних про об'єкти-аналоги, проведення, за необхідності, додаткових експериментів;
- класифікація об'єкта моделювання на стаціонарний чи нестаціонарний, визначення міри впливу випадкових факторів на об'єкт та порядку нелінійності зв'язків між характеристиками об'єкта;
- аналітичний огляд літературних джерел, аналіз та порівняння побудованих раніше моделей подібних об'єктів;
- аналіз та узагальнення всього накопиченого матеріалу, розроблення загального плану створення математичної моделі.

Змістовна постановка моделювання:

- мета моделювання;
- тип моделі;
- вимоги до адекватності моделі та якості розв'язку.

Концептуальна постановка задачі моделювання — це сформульований в термінах конкретних дисциплін (фізики, хімії, біології тощо) список основних питань, а також сукупність гіпотез відносно особливостей та поведінки об'єкта моделювання.

Математична постановка задачі моделювання — це сукупність математичних співвідношень, які описують поведінку та характеристики об'єкта моделювання.

Математична модель є *коректною*, якщо для неї отримано позитивний результат у всіх контрольних перевірках: розмірності, порядку, характеру залежностей, граничних умовах, фізичному сенсі тощо.

Адекватність — це відтворення моделлю з необхідною повнотою всіх властивостей об'єкта, важливих для цілей даного дослідження.

Відмінність значень виходу моделі та об'єкта може бути зумовлена наступними причинами:

- спрощеність моделі;
- похибка чисельних методів;
- похибка вимірювальних пристроїв;
- обчислювальна похибка, пов'язана з переходом від десяткової і двійкової систем числення та особливостями комп'ютерних обчислень.

Якщо модель не задовольняє критеріям адекватності, необхідно крок за кроком перевірити коректність розробки на всіх етапах:

- умови проведення експерименту та правильність вимірювання і фіксування його результатів;
- правильність програмної реалізації алгоритмів;
- адекватність результатів параметричної ідентифікації;
- обґрунтованість вибору методу розв'язання моделі;
- коректність математичного опису явищ та характеристик об'єкта;
- адекватність концептуальної моделі.

Тема №8. СУТНІСТЬ КОМП'ЮТЕРНОГО АНАЛІЗУ ТА МОДЕЛЮВАННЯ СИСТЕМ

Тематичний план

- 8.1 Понятійний апарат комп'ютерного аналізу та моделювання, його сутність і особливості.*
- 8.2 Сфери практичного застосування комп'ютерного аналізу та моделювання.*
- 8.3 Інструментальні засоби для комп'ютерного аналізу та моделювання.*
- 8.4 Засоби моделювання ІТ-ринку*

8.1 ПОНЯТІЙНИЙ АПАРАТ КОМП'ЮТЕРНОГО АНАЛІЗУ ТА МОДЕЛЮВАННЯ, ЙОГО СУТНІСТЬ І ОСОБЛИВОСТІ



Рисунок 8.1

Мета моделювання – це здобуття, обробка, представлення та використання інформації про об’єкти, які взаємодіють між собою і зовнішнім середовищем.

Засіб аналізу та моделювання – це засіб, що забезпечує процес моделювання та аналізу/оцінки його результатів.



Рисунок 8.2

Комп'ютерна модель складної системи має відбивати всі основні фактори й взаємозв'язки, що характеризують реальні ситуації, критерії та обмеження.

Структурно-функціональна комп'ютерна модель – це умовний образ об'єкта чи деякої системи об'єктів (або процесів), описаних за допомогою взаємозалежних комп'ютерних таблиць, схем, діаграм, графіків, малюнків, анімаційних фрагментів, гіпертекстів і т. ін., що відбивають структуру та взаємозв'язки між елементами об'єкта чи системи.

Імітаційна комп'ютерна модель – це окрема програма, сукупність програм чи програмний комплекс, що дає змогу керувати виконанням послідовності обчислень з подальшим графічним відображенням їх результатів, відтворювати (імітувати) процеси функціонування об'єкта (системи об'єктів), що функціонує під впливом різних, як правило випадкових, факторів.

Графічна комп'ютерна модель – це модель, що реалізується і досліджується з використанням програм, у яких можна будувати і змінювати графічне зображення об'єкта або процесу.

Ознаки класифікації КМ

За характером процесу

За змінами

За характером функції

За характером динаміки

За характером наявності
розподілених обчислень

Рисунок 8.3

Комп'ютерне (цифрове) моделювання — дослідження об'єктів за допомогою комп'ютерних моделей на ЕОМ.

Комп'ютерне моделювання — метод розв'язування задачі аналізу або синтезу складної системи, що ґрунтується на використанні її комп'ютерної моделі.

Комп'ютерний експеримент — це дослідження моделі об'єкта з використанням комп'ютерного моделювання.

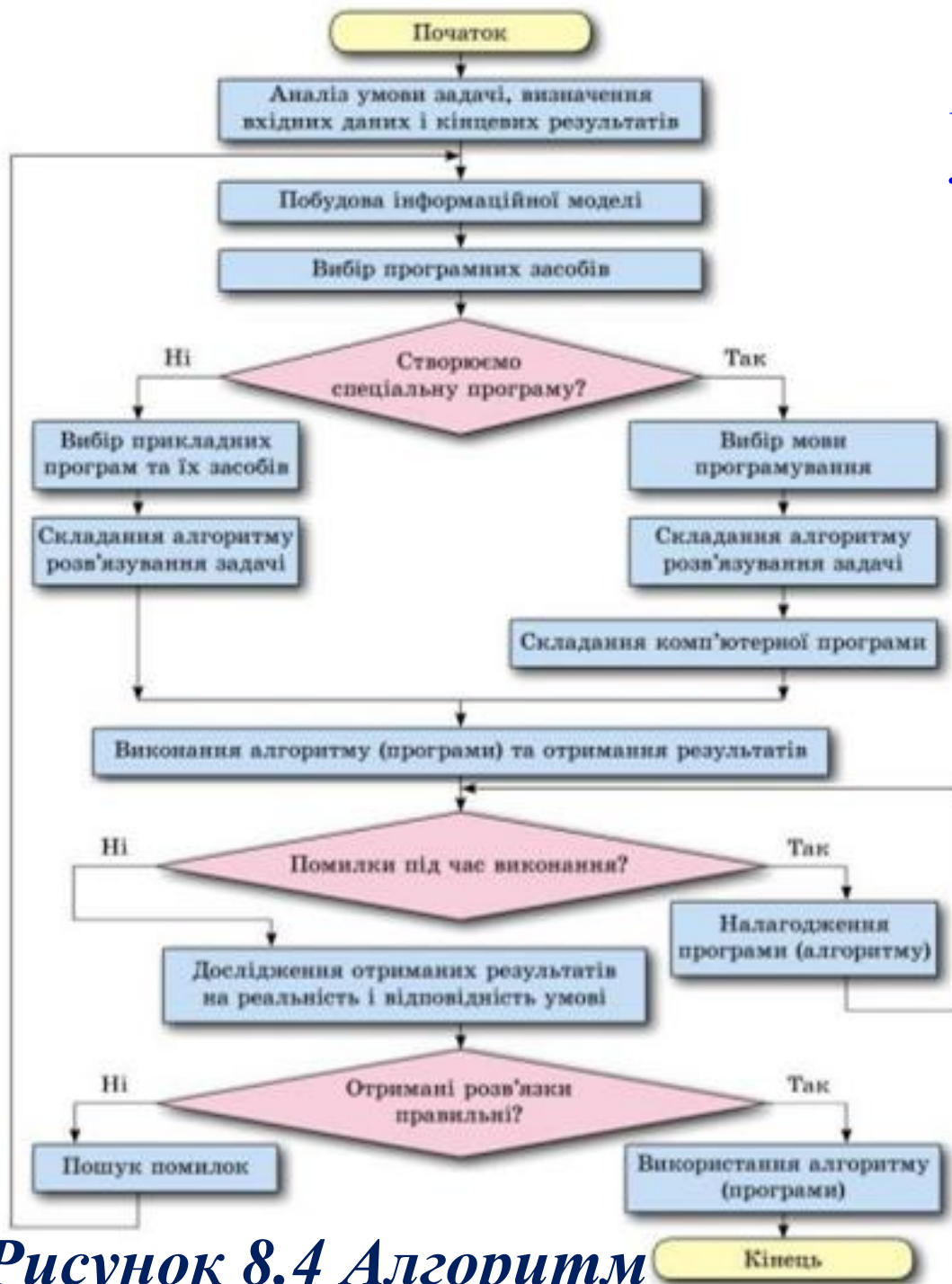
Метою комп'ютерного експерименту є отримання даних, на основі яких можна приймати рішення, робити висновки про властивості об'єкта моделювання або прогнозувати його поведінку в тій чи іншій ситуації.

Сутність комп'ютерного моделювання — це відшукування кількісних і якісних результатів із залученням наявної моделі.

Якісні висновки, зроблені на підставі такого дослідження, дають змогу розкривати невідомі досі властивості складної системи: її структуру, динаміку розвитку, стійкість, цілісність тощо.

Кількісні висновки мають переважно характер прогнозу майбутніх чи пояснення минулих значень змінних, що характеризують систему.

Предмет комп'ютерного моделювання — це економічна діяльність фірми, банку, промислового підприємства; інформаційно-обчислювальна мережа; технологічний процес; будь-який реальний



Переваги застосування комп'ютерного моделювання:

- прискорює процес створення та вивчення моделей об'єктів;
- можливість використання для вивчення об'єктів та явищ, які неможливо, дорого або небезпечно відтворювати в реальних умовах;
- дозволяє економити матеріальні ресурси, зберігати екологічні умови існування людини, уникати можливих шкідливих або руйнівних наслідків проведення випробувань;
- виступає єдиним інструментом для дослідження швидкоплинних або надповільних процесів;
- можна моделювати та вивчати, використовуючи комп'ютерні моделі, такі явища, які не відбувалися або невідомо, чи відбудуться взагалі коли-небудь у реальному житті.

Рисунок 8.4 Алгоритм

Комп'ютерне моделювання



```
graph TD; A[Комп'ютерне моделювання] --- B[Аналітичне КМ]; A --- C[Імітаційне КМ];
```

Аналітичне
КМ

Імітаційне
КМ

Рисунок 8.5

Основні етапи комп'ютерного моделювання:

- 1) аналіз умови задачі; розробка концептуальної моделі, виявлення основних елементів системи і елементарних актів взаємодії;
- 2) формалізація, тобто перехід до математичної моделі; створення алгоритму та написання програми;
- 3) планування і проведення комп'ютерних експериментів;
- 4) аналіз та інтерпретація результатів.

Сутність проведення комп'ютерного експерименту та процесу моделювання полягає в багаторазових запусках програми й отриманні кінцевих результатів для різних наборів вхідних даних.

8.2 СФЕРИ ПРАКТИЧНОГО ЗАСТОСУВАННЯ КОМП'ЮТЕРНОГО АНАЛІЗУ ТА МОДЕЛЮВАННЯ

Комп'ютерне моделювання застосовують для широкого кола завдань:

- аналіз поширення забруднюючих речовин в атмосфері;
- проєктування шумових бар'єрів для боротьби з шумовим забрудненням;
- конструювання транспортних засобів;
- польотні імітатори для тренування пілотів;
- прогнозування погоди;
- емуляція роботи інших електронних пристроїв;

- прогнозування цін на фінансових ринках;
- дослідження поведінки будівель, конструкцій та деталей під механічним навантаженням;
- прогнозування міцності конструкцій та механізмів їх руйнування;
- проєктування виробничих процесів, наприклад хімічних;
- стратегічне управління організацією;
- дослідження поведінки гідравлічних систем: нафтопроводів, водопроводу;
- моделювання роботів і автоматичних маніпуляторів;
- моделювання сценарних варіантів розвитку міст;
- моделювання транспортних систем;
- кінцево-елементне моделювання краш-тестів;
- моделювання результатів пластичних операцій тощо.

8.3 ІНСТРУМЕНТАЛЬНІ ЗАСОБИ ДЛЯ КОМП'ЮТЕРНОГО АНАЛІЗУ ТА МОДЕЛЮВАННЯ

Засіб комп'ютерного аналізу та моделювання – це програма або взаємопов'язана сукупність програм, а також даних, процедур і правил з програмною документацією, що придатні для використання за призначенням з метою організації і забезпечення процесу комп'ютерного аналізу та моделювання.

Моделювання з використанням математичних пакетів:
MathCad, MatLab, Mathematica, Maple, Derive, VisSim, Genius й інші.

MatLab. При дослідженні систем автоматичного регулювання, обчислювальних математичних задач найбільш ефективним є використання програмної системи Matlab з широким класом предметно-орієнтованих бібліотек (toolbox) та інструментом візуального моделювання **Simulink**. У системі MatLab також існують широкі можливості для програмування. Її бібліотека **C Math** (компілятор MatLab) є об'єктною і містить понад 300 процедур обробки даних мовою C.

Для візуалізації моделювання система MatLab має бібліотеку **Image Processing Toolbox**, що забезпечує широкий спектр функцій, що підтримують візуалізацію проведених обчислень.

System Identification Toolbox – набір інструментів для створення математичних моделей динамічних систем, заснованих на спостережуваних вхідних/вихідних даних.

Для візуального моделювання та моделювання сумісно з реальною апаратурою більш зручним є програмний пакет **VisSim**. Аналітичні перетворення дозволяють виконувати більшість математичних програмних продуктів **MathCad, Mathematica, Maple**. З цих трьох поширених математичних пакетів найбільш потужним є **Maple**.

Maple. Maple надає зручне середовище для комп'ютерних експериментів. Пакет дозволяє створювати інтегровані середовища за участю інших систем і універсальних мов програмування високого рівня.

Ядро символьних обчислень Maple включено до складу цілого ряду систем комп'ютерної математики — від систем для широкого кола користувачів типу MathCad до однієї із кращих систем для чисельних розрахунків і моделювання MatLab.

Програмні пакети для імітаційного моделювання

Імітаційне моделювання — це метод дослідження, при якому досліджувана система замінюється моделлю, що з достатньою точністю описує реальну систему, з нею проводяться експерименти з метою одержання інформації про цю систему.

Під імітаційною системою розуміють програмний або апаратно-програмний комплекс, призначений для рішення завдань із використанням методу імітаційного моделювання.

При виборі засобів імітаційного моделювання варто враховувати всі *можливості*, що вони надають, які можна *об'єднати в наступні групи*: основні характеристики; сумісне програмне забезпечення; анімація; статистичні можливості; звіти з вихідними даними і графіками.

Найбільш популярними пакетами імітаційного моделювання є:

1. Arena компанії Rockwell Automation;
2. GPSS World фірми Minuteman Software;
3. Process Charter 1.0.2 компанії Scitor;
4. Powersim 2.01 фірми Modell Data AS;
5. Ithink 3.0.61 виробництва High Performance Systems;
6. Extend+BPR 3.1 компанії Imagine That!;
7. Vensim фірми Ventana Systems.

Засіб імітаційного моделювання GPSS World: включає розвинені графічні оболонки для створення моделей і інтерпретації вихідних результатів моделювання, засоби мультимедіа та відео, об'єктно-орієнтоване програмування та ін. ***Система GPSS World*** – потужне універсальне середовище моделювання як дискретних, так і безперервних процесів, призначене для професійного моделювання найрізноманітніших процесів і систем.

Пакет імітаційного моделювання Rockwell Arena: використовується процесор і мова імітаційного моделювання SIMAN. Основні області застосування даного пакета: виробництво, логістика та складське господарство, озброєння і безпека, медицина тощо. Arena забезпечує виведення на екран двомірної і тривимірної (Arena 3DPlayer) анімації й дозволяє виводити на екран динамічну графіку

Пакет розширення MatLab Simulink for Windows: служить для імітаційного моделювання моделей, що складаються із графічних блоків із заданими властивостями (параметрами).

Пакет заснований на побудові блокових схем шляхом переносу блоків з бібліотеки компонентів у вікно редагування створюваної користувачем моделі.

Можливе моделювання складних систем, що складаються з безлічі підсистем. Simulink складає і вирішує рівняння стану моделі і дозволяє підключати в потрібні її точки різноманітні віртуальні вимірювальні прилади.

8.4 ЗАСОБИ МОДЕЛЮВАННЯ ІТ-РИНКУ

ARIS Toolset:

ARIS – це методологія, або «концепція», і ґрунтується на ній сімейство програмних продуктів, розроблених для структурованого опису, аналізу, подальшого вдосконалення бізнес-процесів підприємства та управління ними, а також підготовки до впровадження складних інформаційних систем.

ARIS Toolset *має* сильний графічний інтерфейс, а також наявність великого числа стандартних об'єктів для опису бізнес-процесів. Загалом, методологія

ARIS *дозволяє* вирішити широкий комплекс завдань з організаційного проектування, розробки і супроводу технічного проекту.

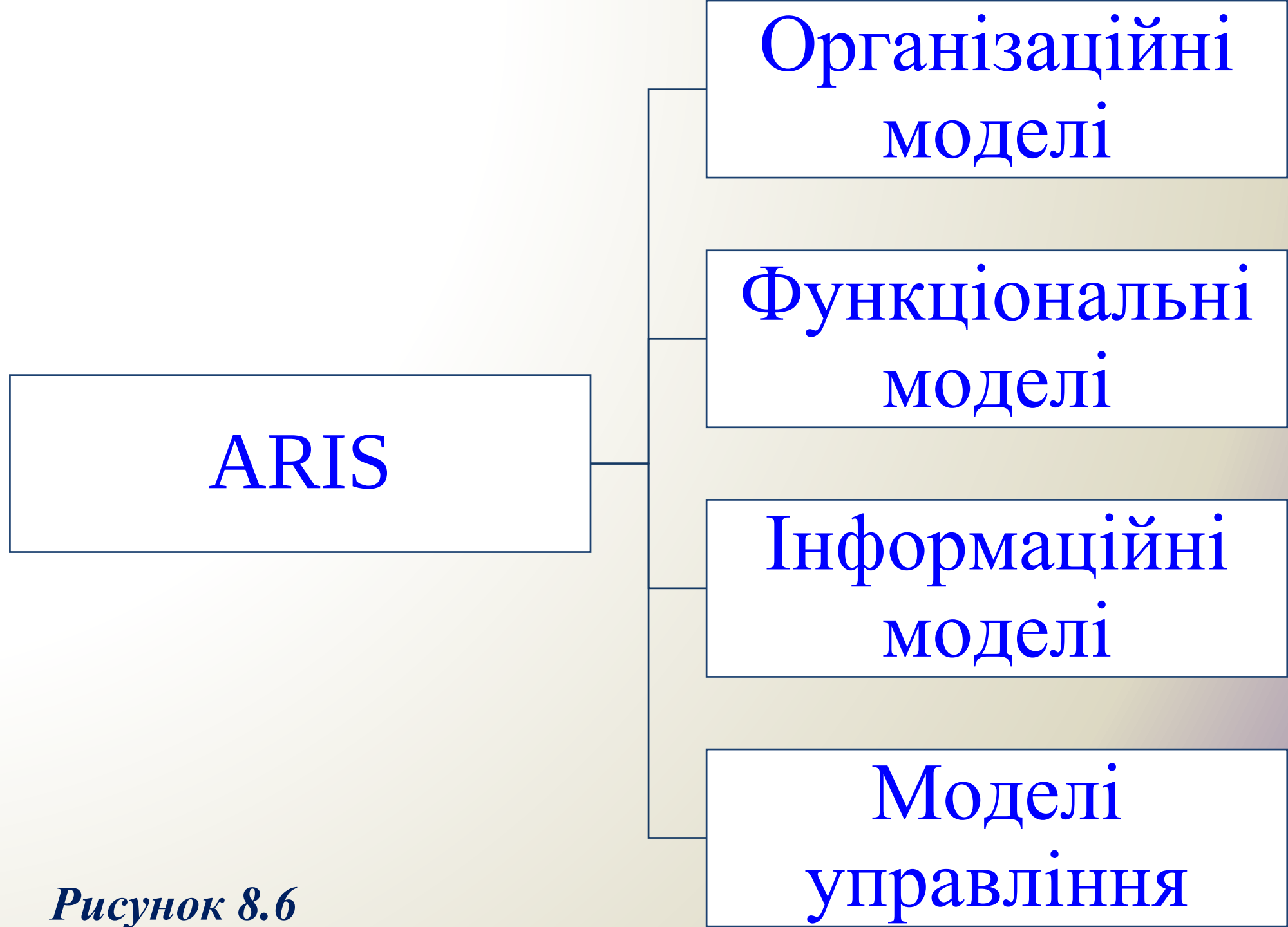


Рисунок 8.6

ARIS

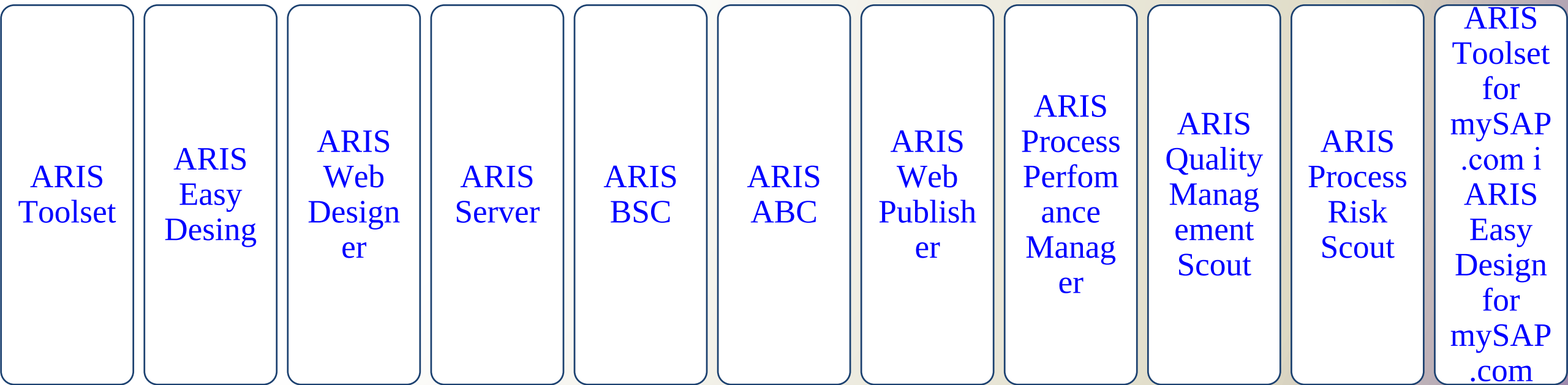


Рисунок 8.7

Основними недоліками ARIS є складність його вивчення, яка вимагає значних тимчасових витрат (при навчанні персоналу до 5 місяців) і висока вартість.

Перевагою сімейства програмних продуктів ARIS є невисокі вимоги до

IThINK являє собою інструмент управління і планування, є засобом експертного аналізу ситуації.

IThINK являє собою компактний, об'єктний пакет прикладних програм з Desktop-інтерфейсом, що забезпечує графічну, обчислювальну та інформаційну підтримку процедурам високорівневого системного аналізу складних процесів організації управління, бізнесу, фінансів, політики та ін.

Модель в IThINK створюється шляхом відображення на екрані об'єктів, що моделюються, і взаємозв'язків. Вона виглядає як сукупність стандартних блоків, з'єднаних стрілками. Стандартні блоки є на вибір і можуть бути перенесені в «вікно» моделі за допомогою миші.

Система ITHINK дозволяє вирішувати наступні завдання системного аналізу:

- можливість розробки моделей різноманітних систем;
- побудова моделей систем середньої складності як сукупності простих;
- визначення механізму взаємодії компонентів системи з метою поведінкового опису в термінах її основних характеристик;
- використання і розробка формальних ефективних процедур імітації відповідних поведінкових описів для отримання статистичних оцінок і визначення якісних характеристик;
- формування процедур генерації представницьких тестових наборів, необхідних для дослідження нетривіальної поведінки;
- цілеспрямованість вивчення поведінки моделей для складання попередніх розкладів роботи з компонентами системи.

У ITHINK існує **4 основних стандартних блока**: потік, конвеєр, накопичувач, розподільник.

Система ITHINK відрізняється функціональною простотою і гармонійністю. Пакет ITHINK не вимагає спеціальних навичок і володіння складними математичними методами. Також пакет ITHINK не вимагає великих витрат апаратного забезпечення.

Пакет **PowerSim Studio** створений і поширюється фірмою Powersim Software AS (Норвегія). Використовувана методологія побудована на базі класичних методів системної динаміки. Пакет має розвинені засоби візуального програмування і різні розширені можливості, в тому числі вбудовані блоки аналізу ризиків та оптимізації бізнес-процесів.

Моделі, створювані в **PowerSim**, можуть бути як класичними динамічними моделями, так і просто розрахунковими, що дозволяють розраховувати складні виробничі та фінансові показники. **PowerSim** дозволяє моделювати як дискретні, так і неперервні процеси.

До розширених можливостей системи можна віднести: ієрархічні способи розробки програм, можливість написання алгоритмів на вбудованій мові Visual Basic, комбінація аналізу ризиків та оптимізації, що дозволяє знайти найкраще рішення, якщо параметри змінюються за випадковим законом.

PowerSim Studio SDK — комплект для розробки програмного забезпечення. З його допомогою в систему можна інтегрувати програми на мовах високого рівня, викликати модулі PowerSim з різних додатків, організовувати зв'язок моделі з такими інформаційними системами, як Oracle, SQL та іншими.

PowerSim Studio має розвинені засоби використання зовнішніх даних з інформаційного середовища підприємства. Він має вбудовані механізми роботи зі звичайними текстовими файлами, файлами Excel і сховищами даних SAP BW. Можлива інтеграція пакета в будь-яку інформаційну середу.

Системи, побудовані на базі моделей в середовищі PowerSim Studio, можуть використовуватися:

- для створення єдиних виробничо-економічних моделей підприємства;
- для розрахунку різних виробничих і економічних показників;
- для сценарних розрахунків і визначення, таким чином, впливу керуючих впливів і аналізу їх ефективності;
- для аналізу ризиків;
- для оптимізації діяльності підприємства;
- для формування оптимальної стратегії на різних горизонтах планування.

Ефективна робота з програмою оптимізації вимагає певної підготовленості користувача. Користувач повинен вміти представити вимоги до портфелю у вигляді цільових функцій і критеріїв оптимізації.

Extend – універсальний пакет імітаційного моделювання процесів модернізації і обслуговування.

Переваги: потужний графічний інтерфейс, що дозволяє створювати схеми процесів і виробляти імітаційні експерименти; можливість перегляду моделей у вигляді графіків, а також з використанням 2D і 3D анімації; моделювання як дискретних, так і безперервних систем.

Можливості 3D-аніматора: створення віртуального середовища; можливість вивчення переглядом з розширеними можливостями; можливість використання вбудованої бібліотеки 3D-об'єктів; інтеграція з створеною моделлю.

Extend — пакет моделювання дискретних процесів, що використовується для моделювання, аналізу і поліпшення будь-якого процесу, який може бути представлений у вигляді «блок-схем». Extend **дозволяє** створювати динамічні моделі різнорідних процесів і систем в термінах предметної області, оптимізувати побудовану модель та створювати стохастичні динамічні моделі будь-якого підприємства.

Пакет Extend включає **5 типів елементів**: блоки (дії); стрілка (шляхи переміщення динамічних об'єктів (тегів)); ромби (розгалуження шляхів); черги тегів; точка введення тегів в модель.

GPSS/H — мова для моделювання дискретних систем.

Основне призначення GPSS — це моделювання систем масового обслуговування, хоча наявність додаткових вбудованих засобів дозволяє моделювати і деякі інші системи.

Основними поняттями мови GPSS є **транзакт, блок і оператор**.

Транзакт GPSS — це динамічний об'єкт, під яким може матися на увазі клієнт, вимога, виклик або заявка на обслуговування приладом обслуговування.

Блок GPSS являє собою деякий самостійний елемент системи, що моделюється.

TESS – розширена система моделювання для використання в компанії Pritsker & Associates і автосимулятор AutoGram.

GPSS World – найсучасніша версія GPSS для персональних ЕОМ і ОС Windows.

Система GPSS World – це потужне середовище комп'ютерного моделювання загального призначення, розроблене для професіоналів в області моделювання.

На рівні інтерфейсу GPSS World представляє собою реалізацію архітектури «документ-вид», загальної для всіх додатків операційної системи Windows.

У GPSS World існує ряд *анімаційних можливостей*. Рівень їх реалізму змінюється від абстрактної візуалізації, яка потребує ніяких зусиль, до високо реалістичних динамічних зображень, що включають в себе складні елементи, створені користувачем.

GPSS World є *об'єктно-орієнтованою мовою*, причому можливості візуального представлення інформації дозволяють спостерігати і фіксувати внутрішні механізми функціонування моделей. Інтерактивність дозволяє одночасно досліджувати і управляти процесами моделювання.

Можливості GPSS World:

- об'єктно-орієнтований інтерфейс користувача, що включає об'єкти: модель, процес моделювання, звіт і текст;
- високопродуктивний транслятор моделей;
- програмні експерименти з автоматичним аналізом даних;
- багатозадачність дозволяє спільно запускати кілька процесів моделювання та експериментів;
- збереження і продовження виконання запущених процесів моделювання;
- використання механізму віртуальної пам'яті дозволяє моделям реально досягати розміру мільярда байт;
- введення/виведення під час виконання процесу моделювання;
- понад 20 вбудованих імовірнісних розподілів;

- 17 різних графічних вікон для спостереження за процесом моделювання, що виконується;
- автоматичне інтегрування звичайних диференціальних рівнянь будь-якого порядку;
- швидке і зручне налагодження з використанням графічного інтерфейсу;
- автоматичні генератори відсіваючих і оптимізуючих експериментів;
- пакетний режим з контрольованою процедурою виходу з програми;
- діалогові вікна введення блоків;
- налаштовані інтервали табуляції;
- можливість динамічного виклику функцій із зовнішніх файлів.

SIMPROCESS – це ієрархічний пакет імітаційного моделювання бізнес-процесів, який дозволяє будувати схему (карту) модельованого процесу, підтримує дискретно-подієве моделювання і функціонально-вартісний аналіз. SIMPROCESS *підтримує* дискретно-подієве моделювання. Анімований інтерфейс дозволяє візуалізувати динаміку моделювання «вузьких місць» в моделі.

SIMPROCESS містить наступні компоненти: *процеси (Processes), підпроцеси (Alternative Sub-Processes), дії (Activities), сутності (Entities), ресурси (Resources), з'єднувачі (Connectors), майданчики (Pads).*

SIMPROCESS *вимагає часткового написання програмного коду і підтримує використання* UML / XML технології, XML / XRDl процеси, підтримує діаграми Dot, SOAP (Simple Object Acces Protocol), а також *експорт і імпорт даних* з ODBC і Java, Java RMI, C4ISR / DoDAF, TOGAF, 6 Sigma.

SIMPROCESS має модуль *«дистанційного керування».*

AllFusion Process Modeler (раніше BPWin) – провідний інструмент візуального моделювання бізнес-процесів, що не вимагає написання програмного коду, який дає можливість наочно представити будь-яку діяльність або структуру в вигляді моделі, що дозволяє оптимізувати роботу організації, перевірити її на відповідність стандартам ISO 9000, спроектувати оргструктуру, знизити витрати, виключити непотрібні операції, підвищити гнучкість і ефективність.

Переваги: інтуїтивно-зрозумілий графічний інтерфейс, допомагає швидко створювати і аналізувати моделі з метою оптимізації ділових і виробничих процесів, підтримує відразу три стандартні нотації - IDEF0, DFD і IDEF3.

Недоліки: можливість розробки тільки статичних моделей, ніяк не прив'язаних до часових параметрів реальних процесів, і неоднозначність, що виникає після розробки ієрархічної сукупності діаграм, яка може включати в себе до ста і більше діаграм, і що ж робити далі з отриманої моделлю, як її аналізувати і оптимізувати.

ProcessModel – це інструмент для візуалізації, аналізу та вдосконалення бізнес-процесів різних типів, включаючи обробку транзакцій, обслуговування покупців, виробничі і складальні операції, транспортні послуги і т. д.

Анімація ProcessModeler – це візуальне динамічно оновлюване вікно результатів з ключовими індикаторами (показниками) продуктивності, що відображає зміну значень змінних на екрані, зміну графічних елементів моделі в процесі моделювання і можливість імпорту графіки з обраної користувачем програми.

ProcessModel ***дозволяє*** створювати ієрархічні моделі для кращої організації та управління великими проєктами та проводити аналіз «що буде - якщо» і дає можливість при мінімальних тимчасових і ресурсних витратах знайти шляхи вдосконалення процесів, навіть в тих випадках, коли інші методи неможливо використовувати.

Перевагами ProcessModel є: можливість його швидкого освоєння і легкого використання, особливо для фахівців, які володіють техніками моделювання та інтерактивна, контекстно-залежна система допомоги, яка забезпечує всю необхідну інформацію для швидкого і легкого створення моделі предметної області.

Witness — програмний продукт для моделювання виробничих систем.

Witness застосовується для: аналізу вхідних даних і результатів експериментальних даних; для виявлення правил і структури даних; для підвищення точності моделей.

Пакет підтримує блочне графічне моделювання. Witness охоплює понад 50 стандартних блоків. Основні блоки Witness: деталі, верстати, буфера, роботи.

Arena – це програмний продукт, призначений для імітаційного моделювання, дозволяє створювати рухомі комп'ютерні моделі, використовуючи які можна адекватно представити дуже багато реальні системи.

Система імітаційного моделювання Arena включає:

- двовимірний графічний редактор;
 - тривимірний графічний редактор (пакет 3D player);
 - редактори тимчасових шаблонів і розкладів;
 - редактор символів і бібліотека графічних заготовок;
 - зв'язок з бібліотекою графічних заготовок і буфером обміну
- Мікрософт

Область застосування системи імітаційного моделювання

Арена:

- служби роботи з клієнтами, управління внутрішніми бізнес-процесами;
- складні великомасштабні проєкти;
- оперативні та стратегічні питання розробки пакувальних ліній;
- розробка стратегій роботи з клієнтами;
- ефективний засіб пост-обробки;
- інструмент оптимізації завдань;
- поширення моделей Arena для перегляду і проведення експериментів.

Арена **дозволяє використовувати** дискретне, безперервне, а також поєднане дискретно-безперервне моделювання.

При моделюванні процесів і систем в Arena, використовуються три будівельні панелі:

1. Basic Process Panel — модулі панелі є фундаментом для створюваних моделей. Об'єкти даної панелі інструментів складаються з графічних модулів і модулів даних: Entity, Resource, Queue, Variable, Schedule, і Set.
2. Advanced Process Panel — панель вдосконалених процесів, дозволяє моделювати складніші процеси. Панель складається з 13 графічних модулів.
3. Advanced Transfer Panel — панель процесів передачі, переміщення, містить 17 графічних модулів

Тема №9. МОДЕЛЮВАННЯ СИСТЕМ ЗА ДОПОМОГОЮ АПАРАТУ МЕРЕЖ ПЕТРІ

Тематичний план

- 9.1 Поняття і сутність мережі Петрі. Складові елементи та властивості мережі Петрі.*
- 9.2 Імітаційне моделювання мережі Петрі з часовими затримками.*
- 9.3 Функціонування мереж Петрі*
- 9.4 Аналіз мереж Петрі*
- 9.5 Найбільш вживані фрагменти мереж Петрі при моделюванні дискретних систем (мережі Петрі з конфліктними переходами, з багатоканальними переходами та з інформаційними зв'язками)*

9.1 ПОНЯТТЯ І СУТНІСТЬ МЕРЕЖІ ПЕТРІ. СКЛАДОВІ ЕЛЕМЕНТИ ТА ВЛАСТИВОСТІ МЕРЕЖІ ПЕТРІ

Формальна частина теорії мереж Петрі, заснована на початку **60-х років** німецьким математиком Карлом Петрі.

Прикладна теорія мереж Петрі пов'язана із застосуванням мереж Петрі до моделювання систем, їх аналізу та в результаті – до глибокого проникнення в модельовану систему.

Моделювання в мережах Петрі **здійснюється** на подієвому рівні, тобто які дії відбуваються в системі, які стани передували цим діям і, які стани прийме система після виконання дії.

Виконання подієвої моделі в мережах Петрі **описує поведінку системи**.

Мережами Петрі **моделюють** паралельні (синхронні та асинхронні) системи та процеси.

Мережі Петрі (МП) — математичний апарат для моделювання динамічних дискретних систем; це графічний і математичний засіб моделювання систем і процесів.

Мережі Петрі є засобом формального опису процесів функціонування дискретних систем.

У дискретній системі зміни її стану трапляються в особливі моменти часу, коли виникають умови для здійснення події. Здійснення події означає зміну стану системи, а значить, виникнення або не виникнення умов для інших подій.

Процес функціонування дискретної системи — це упорядкована в часі послідовність подій.

Таблиця 9.1 – Приклад застосування мереж Петрі для моделювання систем

Подія	Передумова події	Післяумови події
Клієнт підійшов до банкомату	Можливо, що клієнт підійде до банкомату	У черзі клієнтів є клієнт
Клієнт розпочав виконувати операції	1. У черзі клієнтів є клієнт 2. Банкомат вільний	Клієнт обслуговується
Клієнт завершив виконувати операції	Клієнт обслуговується	1. Банкомат вільний 2. Є обслугований клієнт
Клієнт залишив банкомат	Є обслугований клієнт	Кількість клієнтів, що обслуговані, збільшується на одиницю

Умови, що передують виконанню певної події називають **передумовами**.

Умови, які є результатом здійснення події, називають **післяумовами**.

Перехід				позначає подію
Позиція		○		позначає умову
Дуга		○ → → ○		позначає зв'язки між подіями та умовами
Маркер(один)		○●		позначає виконання (або не виконання) умови
Багато фішок		○12		позначає багатократне виконання умови
Багато дуг		$\xrightarrow{16}$		позначає велику кількість зв'язків

Рисунок 9.1 Елементи мережі Петрі

Графічно мережа Петрі представляється у вигляді дводольного орієнтованого мультиграфу з маркерами («фішками») (маркований орієнтований граф), який має дві групи вершин: позиції та переходи.

Переходи — це події в модельованій системі; зображуються планками. Переходи визначають дії.

Позиції — це умови виникнення подій; зображуються кругами.

Дуги — це зв'язки між позиціями та переходами; зображуються спрямованими стрілками.

Наявність (або відсутність) маркеру в позиції відображає виконання (або не виконання) умови.

В позиції може знаходитись не один маркер, а декілька, що означає багатократне виконання умови запуску переходу.

Число, яке записане в позиції, означає кількість маркерів, що міститься в ній.

Якщо передумовою запуску являється наявність не одного, а певної кількості маркерів у позиції, то між позицією та переходом існує не один, а кілька зв'язків.

Для великої кількості зв'язків вводиться позначення *пучка зв'язків* — дуга із косою рисою та числом біля неї, яке означає кількість зв'язків у пучку зв'язків.

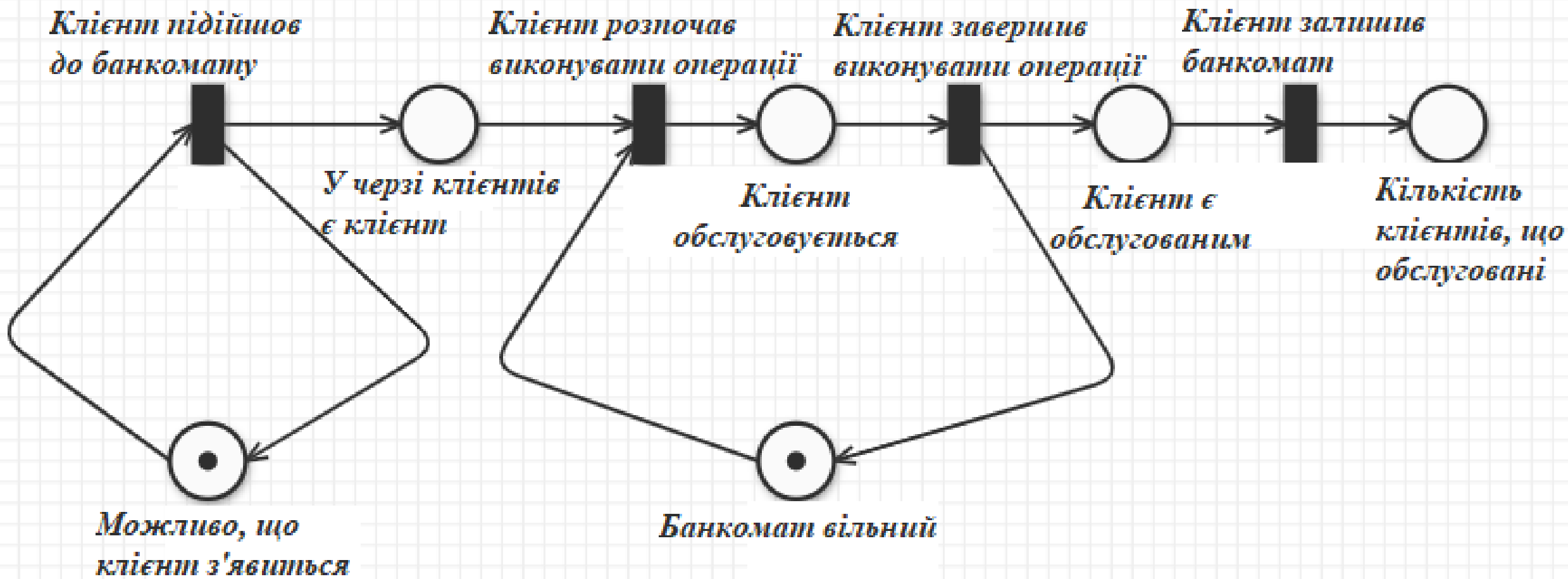


Рисунок 9.2 Приклад мережі Петрі, яка представляє процес обслуговування клієнтів банкоматом

Випадковий характер процесів, які моделюються, проявляється у випадковому запуску переходів, для яких виконані передумови: якщо виконані передумови одночасно для декількох переходів, то послідовність їх запуску визначається випадком.

Дії для представлення модельованої системи засобами мереж Петрі:

1. Виділення подій
2. З'ясування умов
3. Визначення кількості маркерів
4. З'єднання позицій та переходів відповідно до логіки виникнення подій у системі
5. З'ясування зміни, які відбуваються в системі при здійсненні кожної події, і поставити у відповідність змінам переміщення визначеної кількості фішок із позицій в переходи та з переходів у позиції
6. Визначення числових значень часових затримок в переходах мережі Петрі
7. Визначення стану мережі Петрі на початку моделювання.

Стан маркування або стан мережі Петрі визначається сукупністю маркерів кожного окремого вузла (позиції) мережі.

Маркування мережі Петрі – це кількість маркерів у позиціях, що складають вектор.

Початкове маркування мережі Петрі – це кількість маркерів у позиціях, що складають вектор, на початку моделювання.

Умовою запуску переходу є наявність маркерів у його вхідних позиціях в кількості, що дорівнює кількості зв'язків.

Для того, щоб розпочався процес функціонування моделі, початкове розташування маркерів у позиціях повинно дозволяти запуск одного або декількох переходів.

Прості мережі Петрі містять лише три основних елементи: вузли (позиції), переходи та маркери.

Розширення мережі Петрі — це така їх модифікація, яка збільшує можливості мережі стосовно опису та моделювання систем.

Існують різні розширення мереж Петрі, орієнтовані на моделювання систем різних типів: ***стохастичних, динамічних, предикатних*** та ін.

Мережа Петрі з часовими затримками — це мережа Петрі, в якій задані часові затримки на переходах.

Процес функціонування звичайної мережі Петрі полягає у повторюваному послідовному перегляді усіх переходів мережі Петрі і виконанні наступних дій:

Якщо умова запуску переходу виконана, то здійснюється вхід маркерів до переходу і запам'ятовується момент виходу маркерів з переходу. Потім обирається перехід, для якого момент виходу маркерів з переходу найменший, і здійснюється вихід маркерів з обраного переходу. Вихід маркерів з переходу змінює маркірування мережі Петрі, тому знову перевіряється умова запуску переходу і т.д. Процес продовжується до тих пір, поки запускається хоч один перехід, або, до вичерпання часу спостереження мережі Петрі.

Властивості мережі Петрі:

1. Безпечність — це властивість, що досліджує виконання умови того, що кількість «фішок» в позиції не перевищує 1.

1. Обмеженість — це властивість, що досліджує виконання умови того, що кількість «фішок» в позиції не перевищує заданого числа.

1. Збереженість — це властивість, що досліджує виконання умови того, що кількість «фішок» в мережі не змінюється

1. Оберненість — це властивість того, що для довільного досяжного стану досліджується існування послідовності виконань переходів, що повертає мережу в початковий стан.

5. *Активність переходів* — це властивість, що досліджує можливість виконання певних переходів та наявність тупиків — станів, у яких переходи не дозволені та для яких неможливо досягти стану, в якому ці переходи дозволені.

6. *Досяжність маркування* — це властивість, що досліджує існування послідовності виконань переходів, при якій можна досягнути задане маркування.

7. *Покриття* — це властивість, що досліджує існування послідовності виконань переходів, при якій можна досягнути маркування, що покриває, тобто є більшим за задане маркування

Базові типи мереж Петрі

```
graph LR; A[Базові типи мереж Петрі] --- B[Тимчасова]; A --- C[Стохастична]; A --- D[Функціональна]; A --- E[Кольорова]; A --- F[Інгібіторна]; A --- G[Ієрархічна];
```

Тимчасова

Стохастична

Функціональна

Кольорова

Інгібіторна

Ієрархічна

Рисунок 9.3

Переваги застосування апарату мереж Петрі:

1. дозволяє моделювати асинхронність і недетермінізм паралельних незалежних подій, конфліктні взаємодії між процесами;
2. дозволяє використовувати єдині методологічні позиції для опису програмного забезпечення, апаратних засобів і інформаційного обміну між системами;
3. надає можливість введення будь-якого ступеня ієрархічної деталізації описуваних програмних і апаратних підсистем моделі;
4. має велику потужність аналізу, яка дозволяє формальними засобами доводити існування або відсутність певних станів мережі Петрі.

Недоліки формальної моделі мереж Петрі, що ускладнюють практичне застосування для моделювання складних систем:

1. висока трудомісткість аналізу мереж великої розмірності;
2. описова потужність мереж Петрі недостатня для змістовного моделювання систем;
3. звичайні мережі Петрі не відображають необхідні тимчасові характеристики модельованої системи;
4. фішка мережі Петрі не представляє собою ніякої інформації, крім самого факту наявності, тому надзвичайно складно відобразити перетворення інформації при спрацьовуванні переходів мережі Петрі;
5. неможливість проведення логічних перетворень і, як наслідок, неможливість управління просуванням фішок по мережі.

9.2 ІМІТАЦІЙНЕ МОДЕЛЮВАННЯ МЕРЕЖІ ПЕТРІ З ЧАСОВИМИ ЗАТРИМКАМИ

Алгоритм імітації мережі Петрі *складається* з опису елементів моделі та опису правил зміни стану елементів.

Стан позиції повністю *описується* кількістю маркерів у позиції.

Перехід *характеризується* часовою затримкою та множиною вхідних позицій.

Стан переходу повністю *описується* моментами виходу маркерів з переходу.

Зв'язок *описується* позицією або переходом, які на вході та на виході зв'язку.

Зв'язок може *з'єднувати* тільки позицію та перехід або перехід та позицію.

Стан елементів мережі Петрі *змінюється* за правилами запуску переходів.

Алгоритм імітації мережі Петрі реалізує упорядковану в часі послідовність запусків переходів і може бути побудований за двома принципами.

Перший принцип ґрунтується на тому, що структура мережі Петрі задається за допомогою матриць — матриці входів, матриці виходів та вектору початкового маркірування.

Другий принцип ґрунтується на об'єктно-орієнтованому підході до побудови програм.

Побудова алгоритму імітації часової мережі Петрі, що ґрунтується на матричному описі структури мережі Петрі.

Задана мережа Петрі, матриця входів якої D_{ji}^- , матриця виходів – D^+ , вектор маркірування – M .

Умова запуску переходу T_j в матричному перекладі формулюється так: *якщо кожна з компонент вектора маркірування більша або рівна відповідній компоненті вектора, який є j -рядочком матриці входів, то умова запуску переходу T_j виконана:*

$$M_i \geq D_{ji}^-, \text{ для всіх } i$$

Запуск переходу T_j з часовою затримкою здійснюється у *два етапи*.

I етап. Спочатку здійснюється вхід маркерів у перехід T_j і запам'ятовується момент виходу маркерів з переходу t_{out_j} . Вхід маркерів у перехід матричним способом здійснюється відніманням від вектору маркування M j -рядочку матриці входів D^-

$$M'_i = M_i - D_{ji}^-, \text{ для всіх } i \text{ та заданого } j$$

II етап. У момент часу t_{out_j} здійснюється вихід маркерів з переходу, що у матричному перекладі приймає вид:

$$M''_i = M'_i + D_{ji}^+, \text{ для всіх } i \text{ та заданого } j$$

До вектору маркування *додається j -рядочок матриці виходів D^+* .

Стан моделі в кожний момент часу повністю описується маркуванням мережі Петрі та моментами часу виходу маркерів з переходів із часовими затримками.

Просування модельного часу в мережі Петрі здійснюється *за принципом найближчої події*. З усіх моментів часу виходу маркерів з переходів t_{out_j} вибирається найменший t_{min} і запам'ятовується відповідний перехід j_{min} :

$$t_{min} = \min_j t_{out_j} \quad j_{min} = \text{argmin}_j t_{out_j} = t_{min}$$

Поточний момент часу t встановлюється у вибране найменше значення t_{min} і здійснюється запуск переходу:

$$t = t_{min}$$

$$M_i := M_i + D_{j_{min}i}^+, \text{ для всіх } i$$

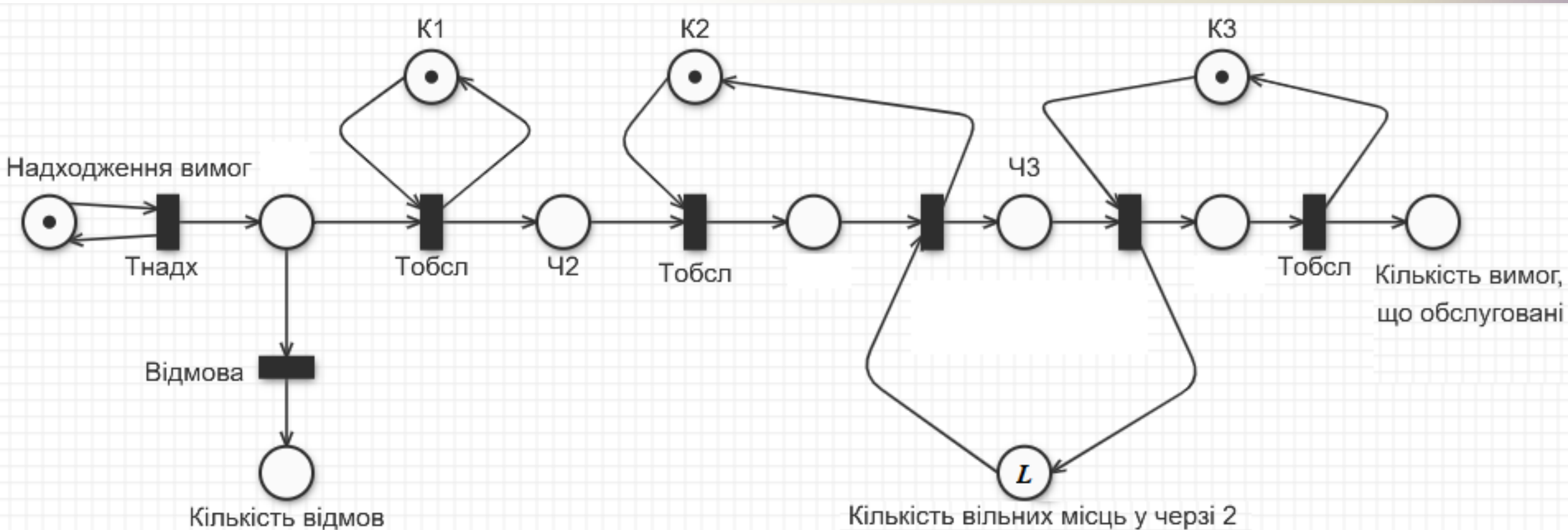


Рисунок 9.4 Алгоритм імітації мережі Петрі з часовими затримками

Алгоритм реалізації звичайної мережі Петрі складається з наступних дій:

- ввести вектор маркування M , матрицю входів D^- , матрицю виходів D^+ , час моделювання T_{mod} ;
- поточний час $t:=0$;
- доки $t < T_{mod}$:
 - для кожного переходу T_j :
 - ❖ якщо $M_i \geq D_{ji}^-$ для усіх i (умова запуску переходу виконана), то $M_i := M_i - D_{ji}^-$ для усіх i (з вхідних позицій переходу T_j відняти маркери),
 - ❖ запам'ятати час виходу маркерів з переходу t_{outj} ;
 - визначити момент найближчої події $t_{min} := \min\{t_{outj}\}$ та відповідний йому номер переходу J_{min} ;
 - просунути поточний час на момент найближчої події: $t := t_{min}$;
 - $M_i := M_i + D_{J_{min}i}^+$ для усіх i (добавити у вихідні позиції переходу $T_{J_{min}}$ маркери);
 - $t_{outJ_{min}} := T_{mod}$ (запам'ятати, що з переходу $T_{J_{min}}$ не очікується вихід маркерів);
- зібрати статистику про функціонування моделі;
- завершення.

9.3 ФУНКЦІОНУВАННЯ МЕРЕЖ ПЕТРІ

Необхідна умова спрацьовування переходу t_i : кожна з його вхідних позицій повинна мати не менше фішок, ніж число дуг з цієї позиції в перехід, тобто $\forall p_j \in F(t_i): \mu(p_j) \geq 1$. Перехід t_i , для якого виконується дана умова, називається дозволеним.

При початковому маркуванні $\mu_0 = [1, 0, 2, 1]$ мережі Петрі дозволені переходи t_1, t_2, t_4 , а t_3 — не дозволений.

Умова спрацьовування переходу t_1

$$\mu^T \geq e^T[i] \cdot D^-$$

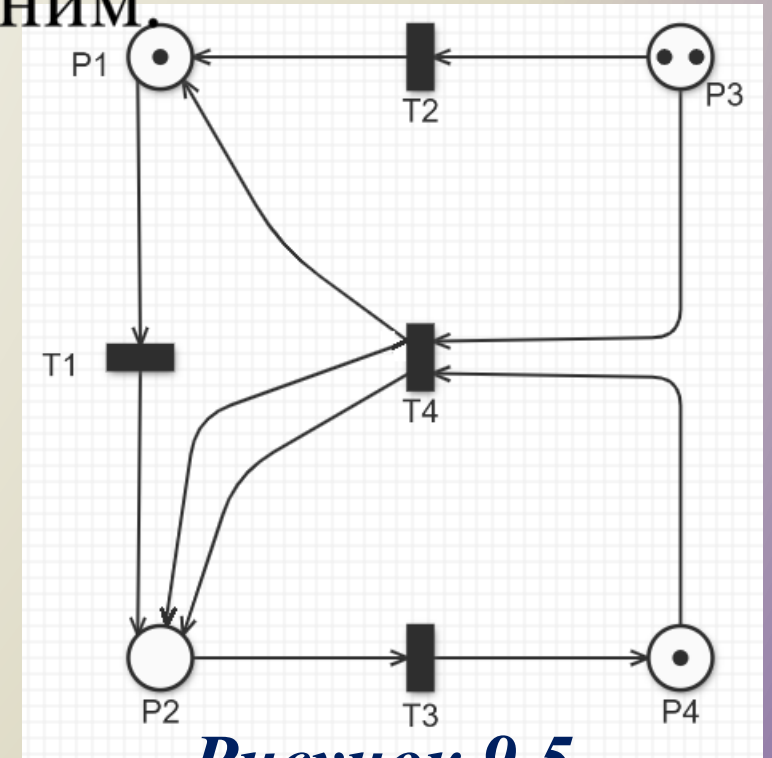


Рисунок 9.5

Спрацювання переходу розглядається як миттєва подія, що займає нульовий час.

Умова спрацювання переходу t_4 при $\mu_0 = [1021]$:

$$[1021] \geq [0001] \cdot \begin{bmatrix} 1000 \\ 0010 \\ 0100 \\ 0011 \end{bmatrix} = [0011]$$

Вектори порівнюються з кожною складовою. Умова виконується.

В результаті спрацювання t_i виникає нове маркування:

$$\mu'^T = \mu^T + e^T[i] \cdot D$$

$$\mu'^T = [1021] + [0001] \cdot \begin{bmatrix} -1 & 1 & 0 & 0 \\ 1 & 0 & -1 & 0 \\ 0 & -1 & 0 & 1 \\ 1 & 2 & -1 & -1 \end{bmatrix} = [1021] + [1 \ 2 \ -1 \ -1] = [2210]$$

Спрацьовування переходу, що має кілька вихідних позицій: всі позиції отримують мітки, тобто відбувається розпаралелювання процесу, і активізовані паралельні ділянки можуть виконуватися незалежно.

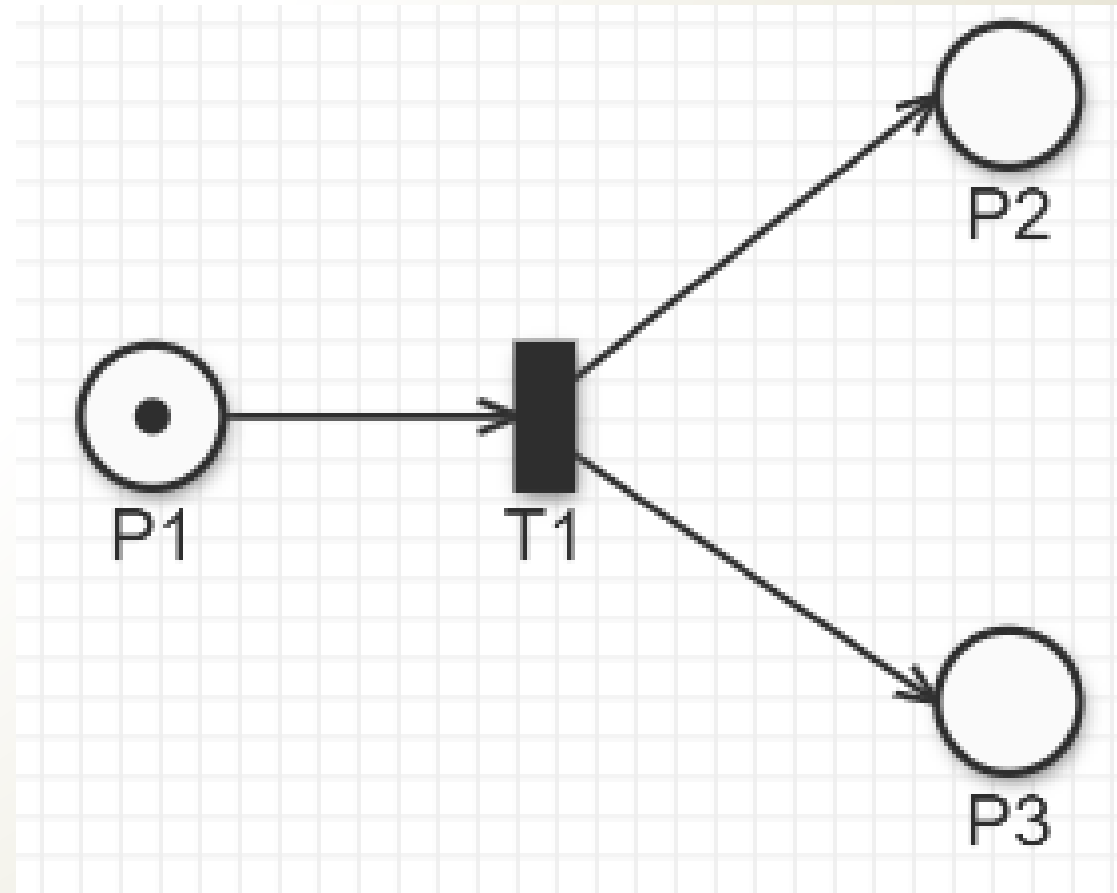


Рисунок 9.6

Перехід, що має кілька вхідних позицій: може бути реалізований, якщо тільки всі ці позиції містять мітки.

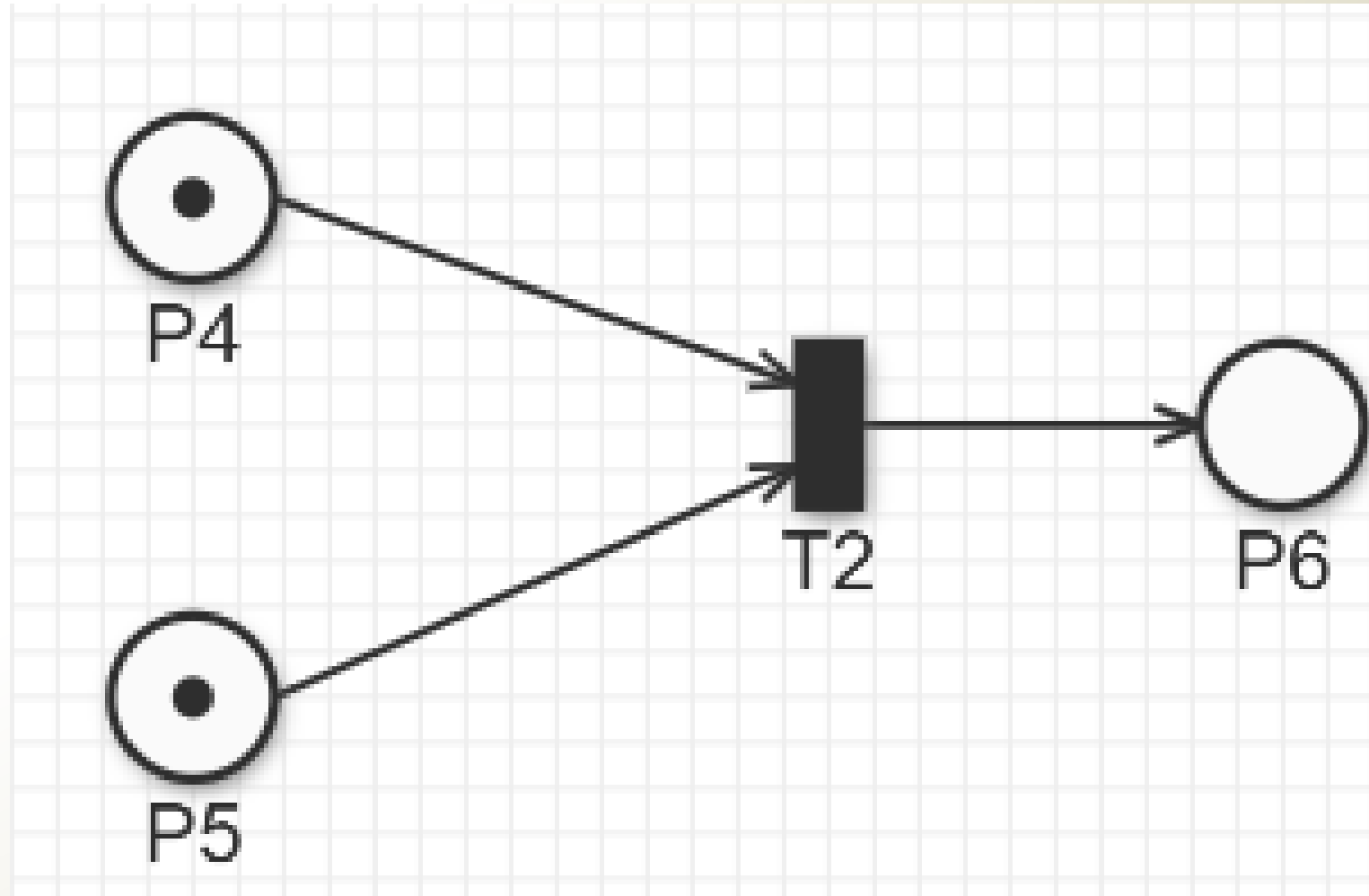


Рисунок 9.7

Мережі Петрі передбачають також *конфліктні стани*, коли необхідно заборонити одночасний розвиток декількох процесів.

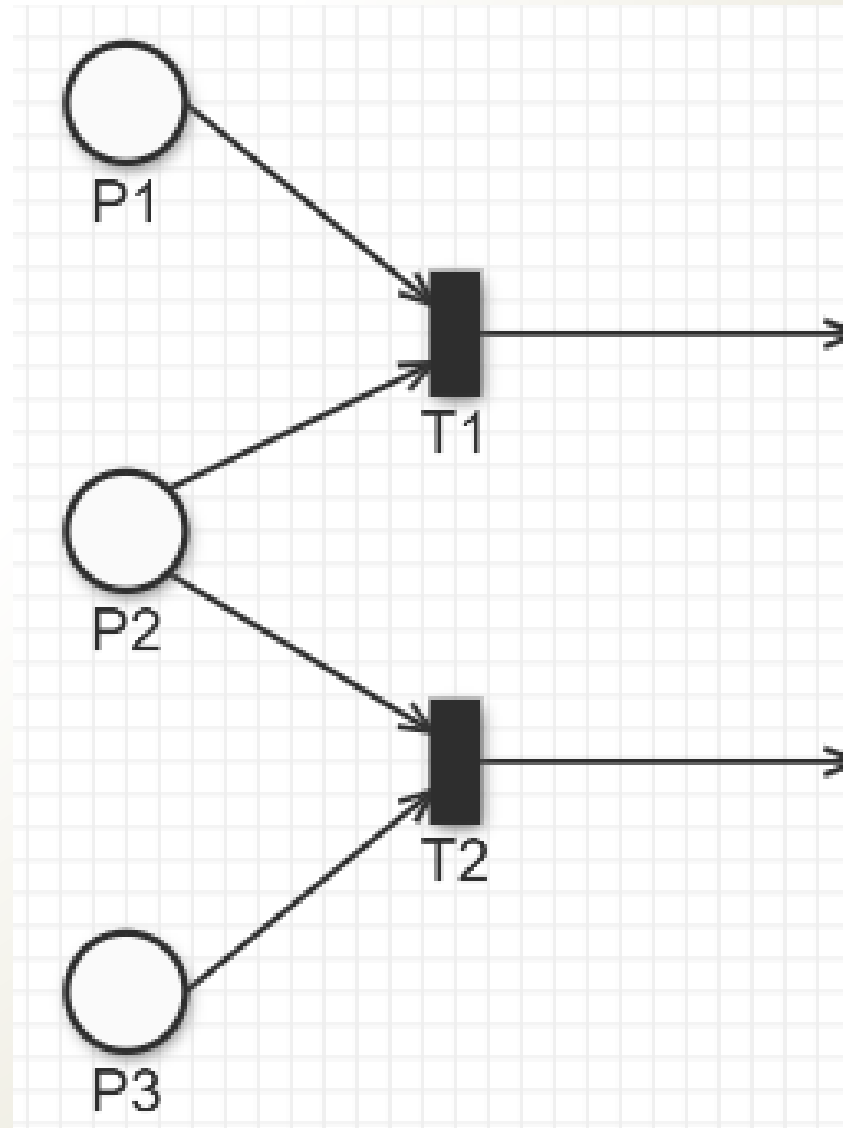


Рисунок 9.8

9.4 АНАЛІЗ МЕРЕЖ ПЕТРІ

Основна задача аналізу мереж Петрі – задача досяжності.

Перший підхід заснований на *побудові дерева досяжності*.

Дерево досяжності – це орієнтоване кореневе дерево, вершинам якого відповідають можливі маркування, а дугам – переходи.

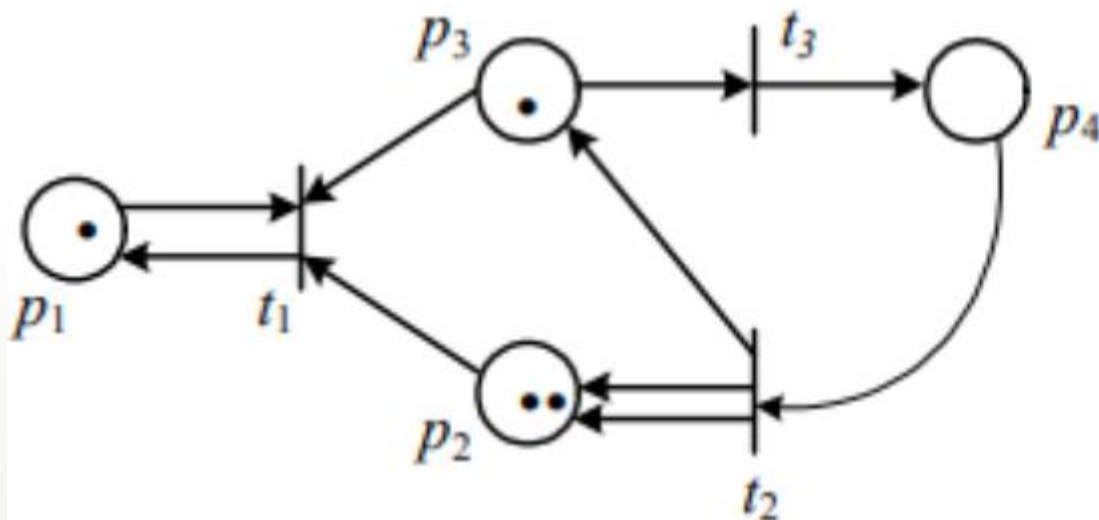
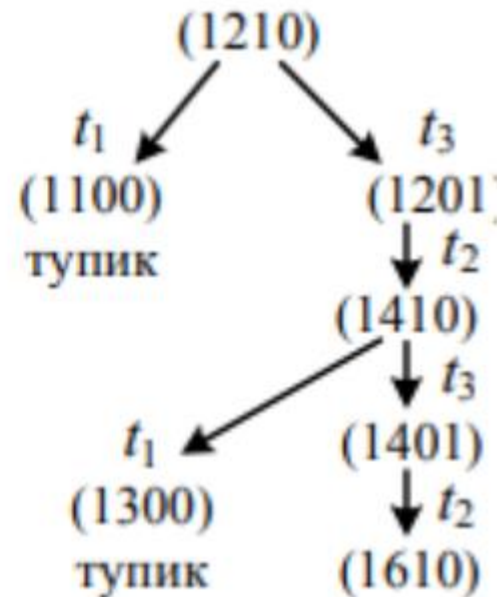


Рисунок 9.9



Інший підхід до аналізу мереж Петрі називається *матричним і заснований на матричному поданні*.

Нехай відбувається послідовність спрацювання переходів $\sigma' = t_{i1}, t_{i2}, \dots, t_{ik}$, тоді нове маркування:

$$\begin{aligned}\mu'^T &= \mu_0^T + e^T(i_1) \cdot D + e^T(i_2) \cdot D + \dots + e^T(i_k) \cdot D = \\ &= \mu_0^T + f^T(\sigma) \cdot D\end{aligned}$$

$f^T(\sigma) = e^T(i_1) + e^T(i_2) + \dots + e^T(i_k)$ — вектор позитивних цілих чисел, k -ий елемент якого показує скільки разів спрацював перехід t_{ik} в ланцюжку спрацювань, що переводить з μ_0 в μ' .

Вектор $f(\sigma)$ повинен бути невід'ємним цілим рішенням матричного рівняння $\mu'^T = \mu_0^T + x^T \cdot D$

Іншою важливою задачею аналізу мереж Петрі є *задача збереження*.

Якщо мережа Петрі є зберігаючою по відношенню до вектору зважування W , тоді

$$\sum_{i=1}^n \mu'(p_i) w_i = \sum_{i=1}^n \mu_0(p_i) w_i \quad \text{або} \quad \mu'^T W = \mu_0^T W$$

Так як $\mu'^T = \mu_0^T + f^T(\sigma) \cdot D$, тоді $\mu'^T W = \mu_0^T W + f^T(\sigma) \cdot D$

Відповідно виконання $f^T(\sigma) \cdot D \cdot W = \mathbf{0}$, що можливе тільки при

$$D \cdot W = \mathbf{0}$$

Мережа Петрі є збереженою, якщо вона не втрачає та не породжує фішки, а просто пересуває їх.

9.5 НАЙБІЛЬШ ВЖИВАНІ ФРАГМЕНТИ МЕРЕЖ ПЕТРІ ПРИ МОДЕЛЮВАННІ ДИСКРЕТНИХ СИСТЕМ (МЕРЕЖІ ПЕТРІ З КОНФЛІКТНИМИ ПЕРЕХОДАМИ, З БАГАТОКАНАЛЬНИМИ ПЕРЕХОДАМИ ТА З ІНФОРМАЦІЙНИМИ ЗВ'ЯЗКАМИ)

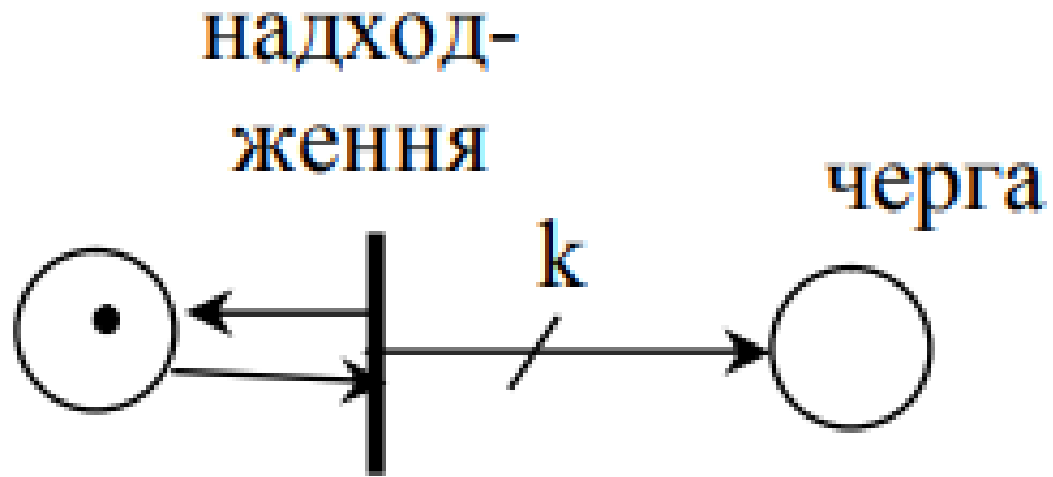


Рисунок 9.10 Фрагмент мережі Петрі для події «надходження»

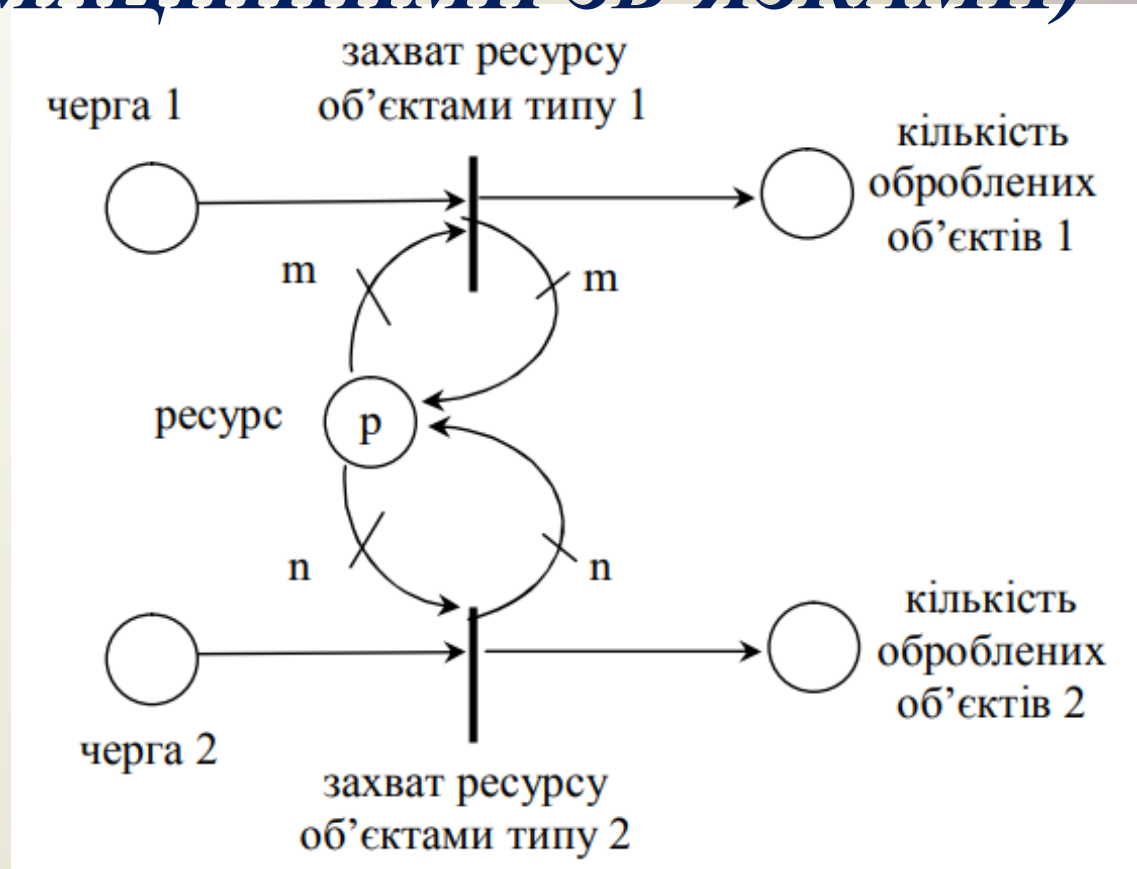


Рисунок 9.11 Фрагмент мережі Петрі для події «захват ресурсу»

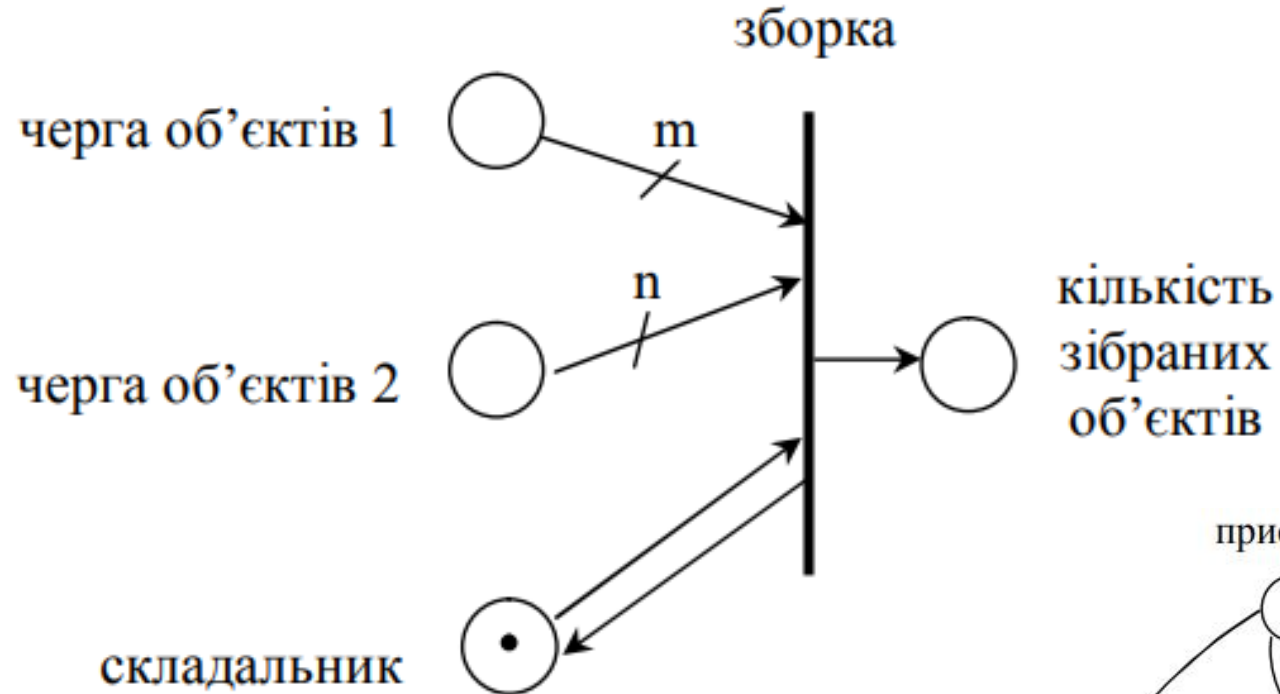
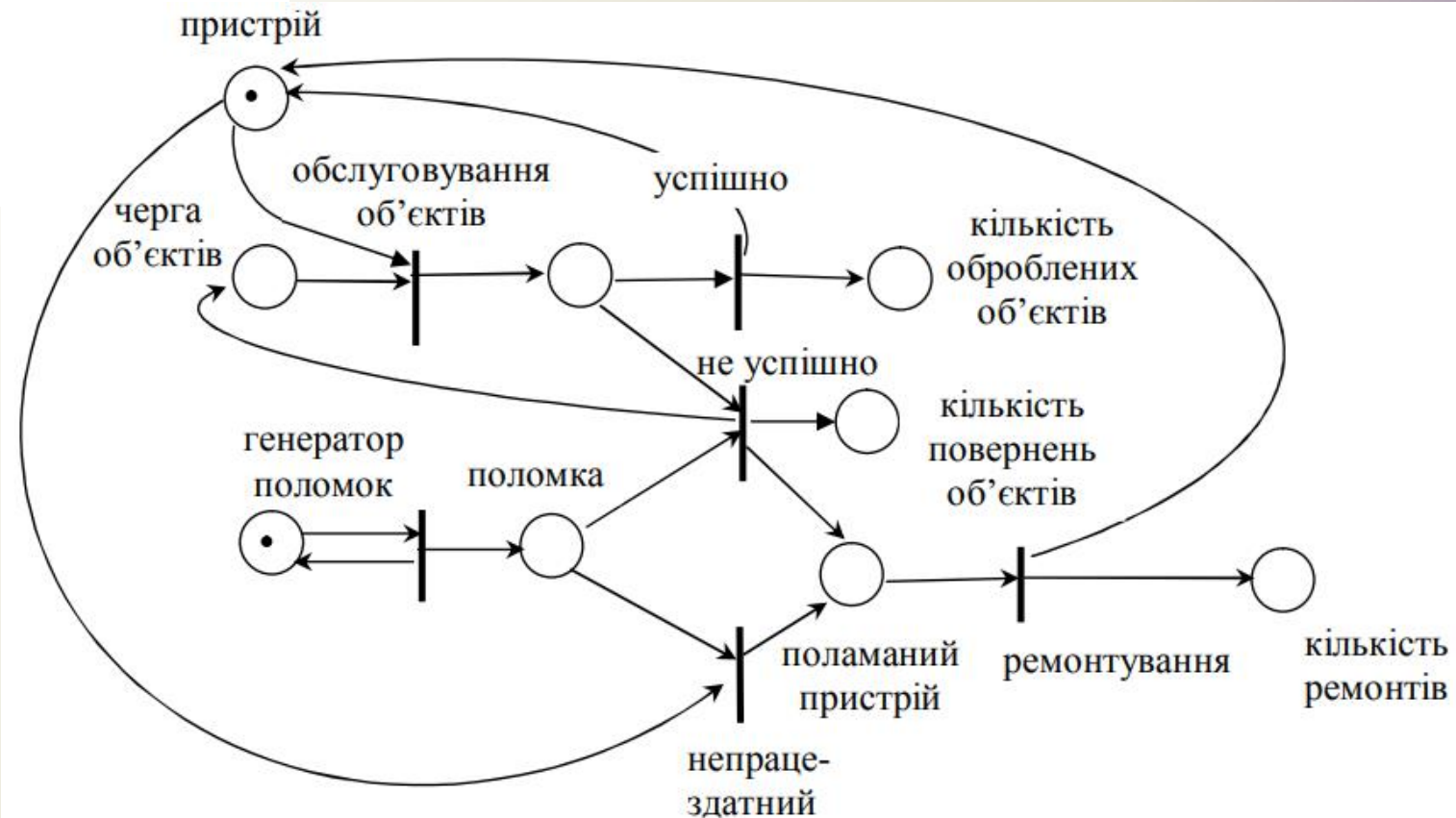


Рисунок 9.11 Фрагмент мережі Петрі для події «зборка»

Рисунок 9.12 Фрагмент мережі Петрі для події «поломка»



Мережі Петрі з конфліктними переходами

Якщо в мережі Петрі одночасно виконана умова запуску декількох переходів, то такі переходи називають *конфліктними*.

Існують наступні способи розв'язування конфлікту:

- пріоритетний (явний та неявний спосіб завдання пріоритету);
- ймовірнісний (з рівною та указаною ймовірністю).

При *пріоритетному способі* указується пріоритет запуску переходів і першим запускається перехід, що має вищий пріоритет.

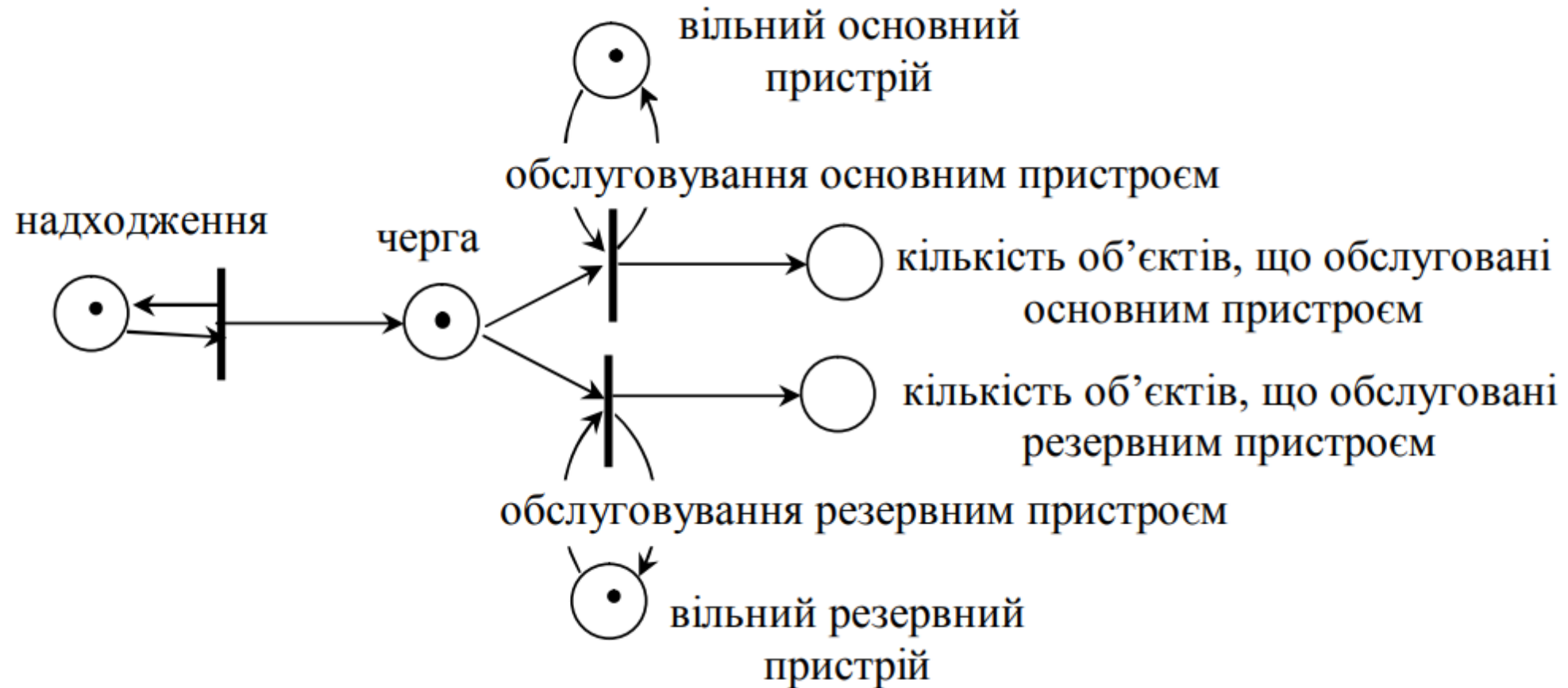


Рисунок 9.13 Мережа Петрі, що моделює обслуговування об'єктів основним та резервним пристроями

Якщо переходи мережі Петрі передивляються і запускаються у певному порядку, це означає *неявний спосіб завдання пріоритету*

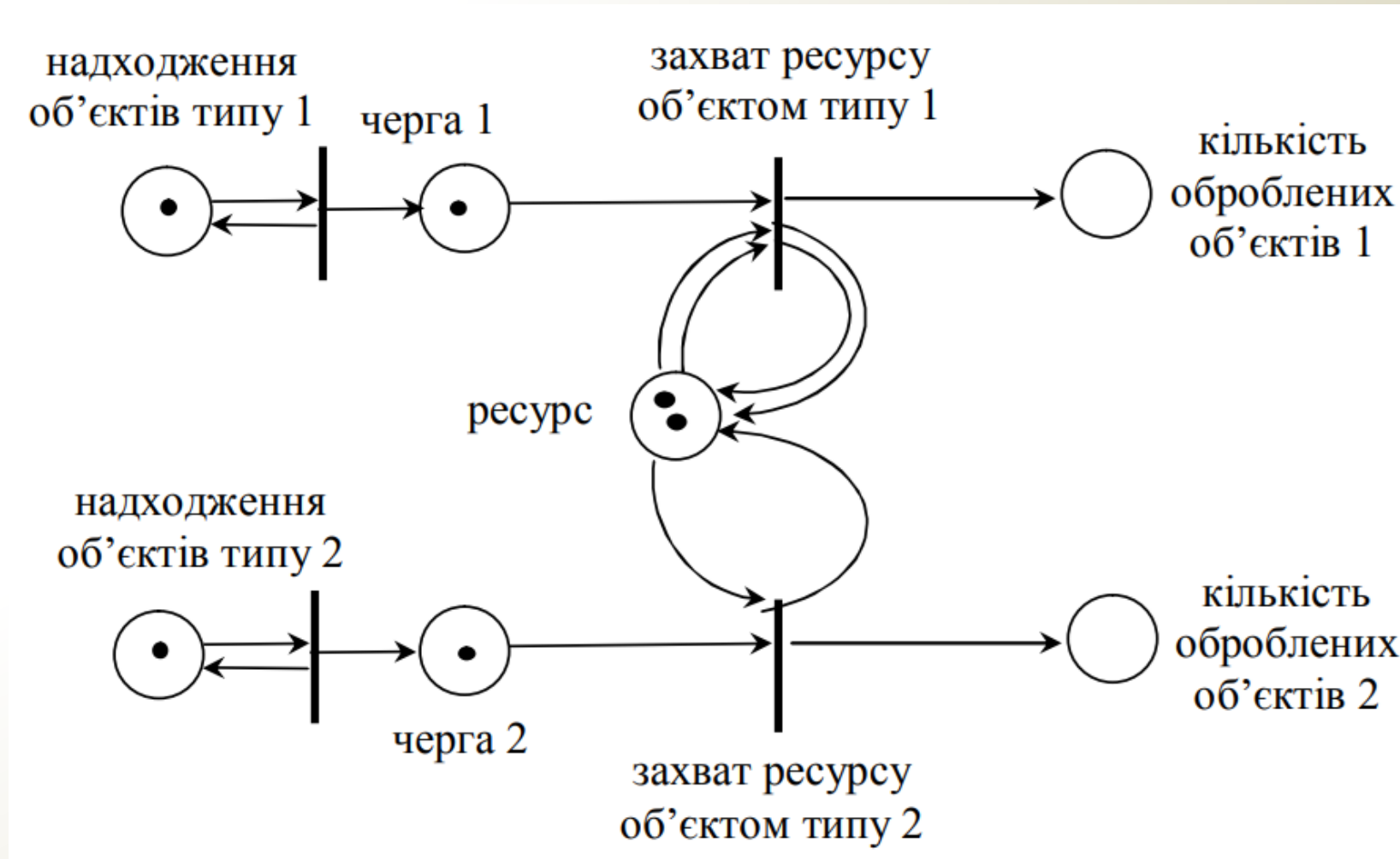


Рисунок 9.14 Мережа Петрі, що моделює захват ресурсу об'єктами різних типів

При *ймовірнісному способі розв'язування* конфлікту указується ймовірність запуску переходу і першим запускається перехід, на який указав «випадок». Генерується випадкове число рівномірно розподілене на інтервалі $(0;1)$ і за його значенням приймається рішення про запуск того чи іншого переходу.

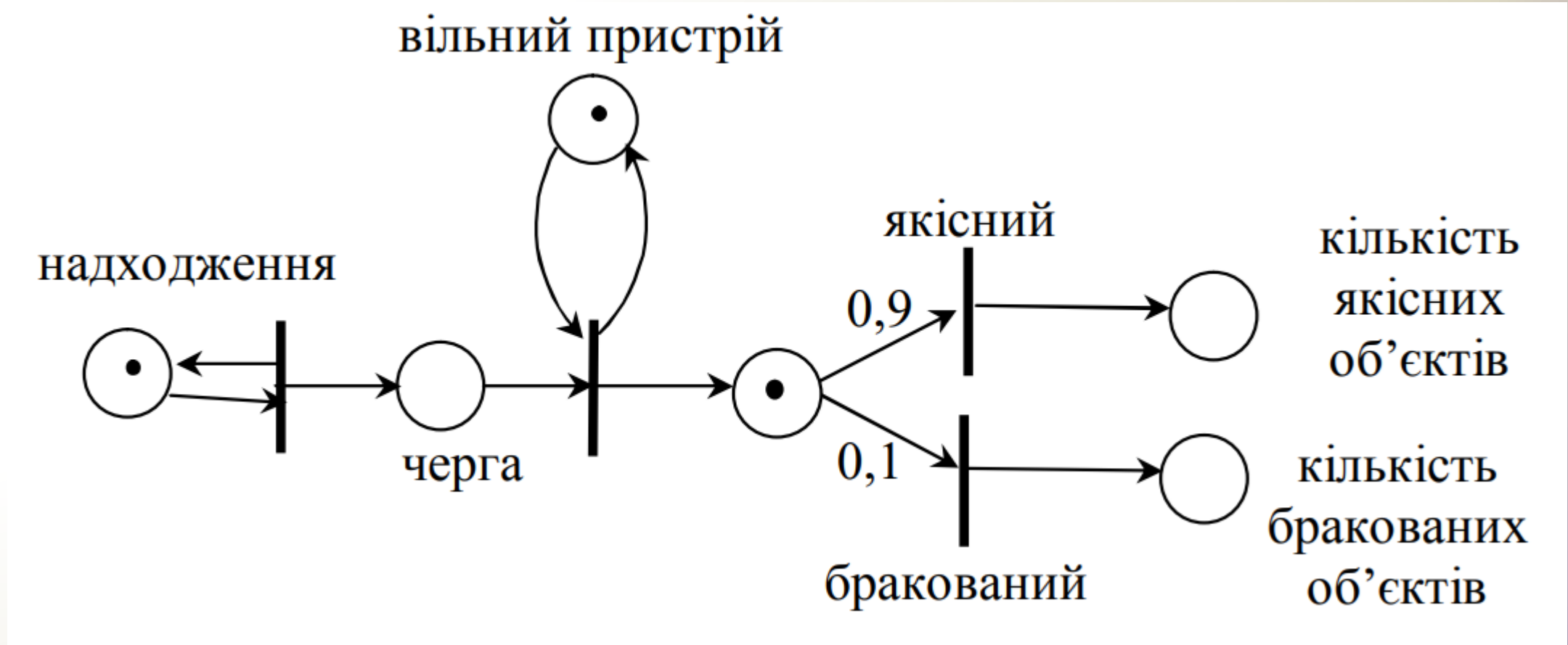


Рисунок 9.15 Мережа Петрі, що моделює виникнення бракованих об'єктів у процесі обробки

Якщо в описі системи, що моделюється, не міститься інформація про особливості виникнення подій, що можуть статися одночасно, то для розв'язання конфліктів використовується *рівноймовірнісний спосіб*.

У цьому способі кожний із конфліктних переходів запускається з ймовірністю $1/k$, якщо конфліктують k переходів.

У мережі Петрі з конфліктними переходами спочатку перевіряється умова запуску усіх її переходів, потім розв'язується конфлікт для конфліктних переходів і тільки потім здійснюється запуск переходу, що «виграв» конфлікт

Мережі Петрі з багатоканальними переходами

Багатоканальними переходами називають переходи з часовою затримкою, в яких одночасно може знаходитись декілька маркерів.

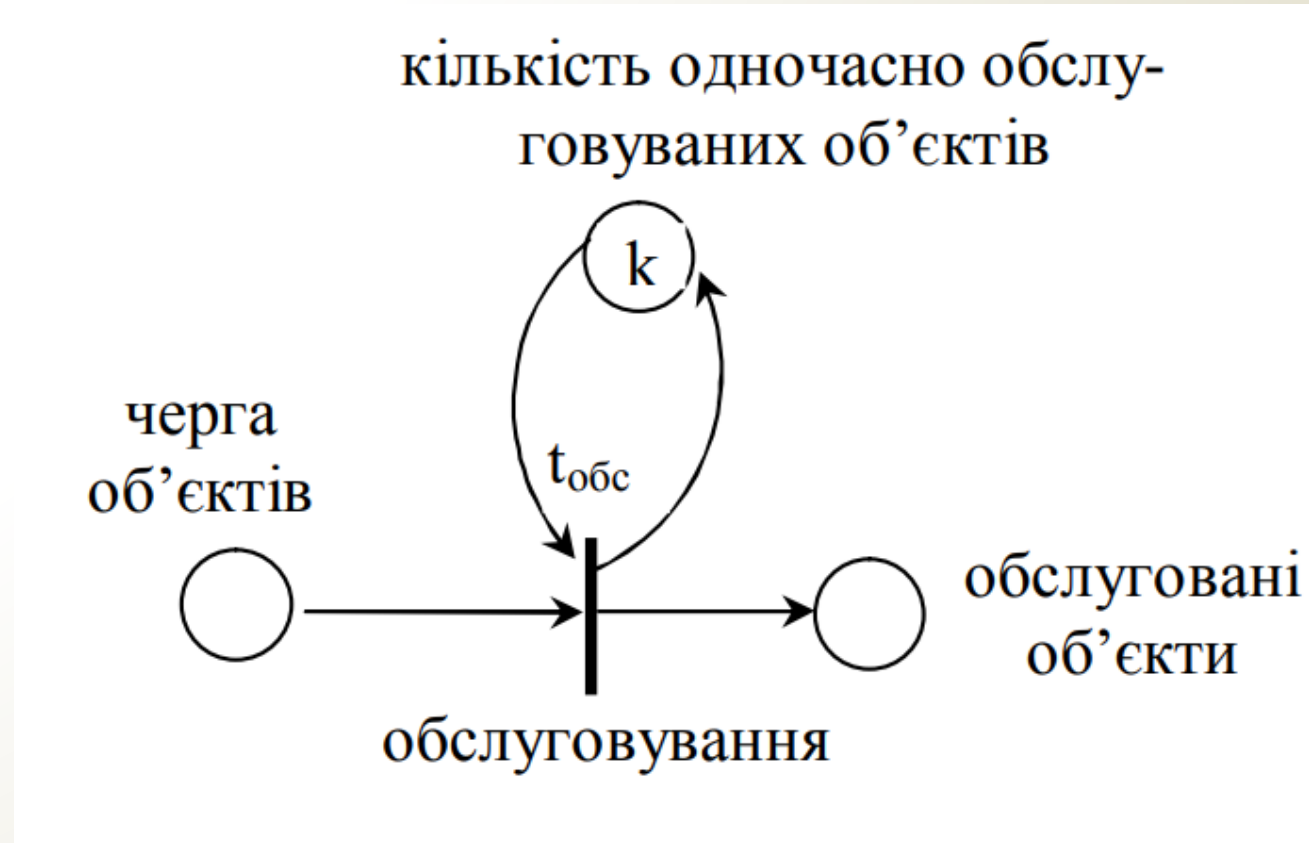
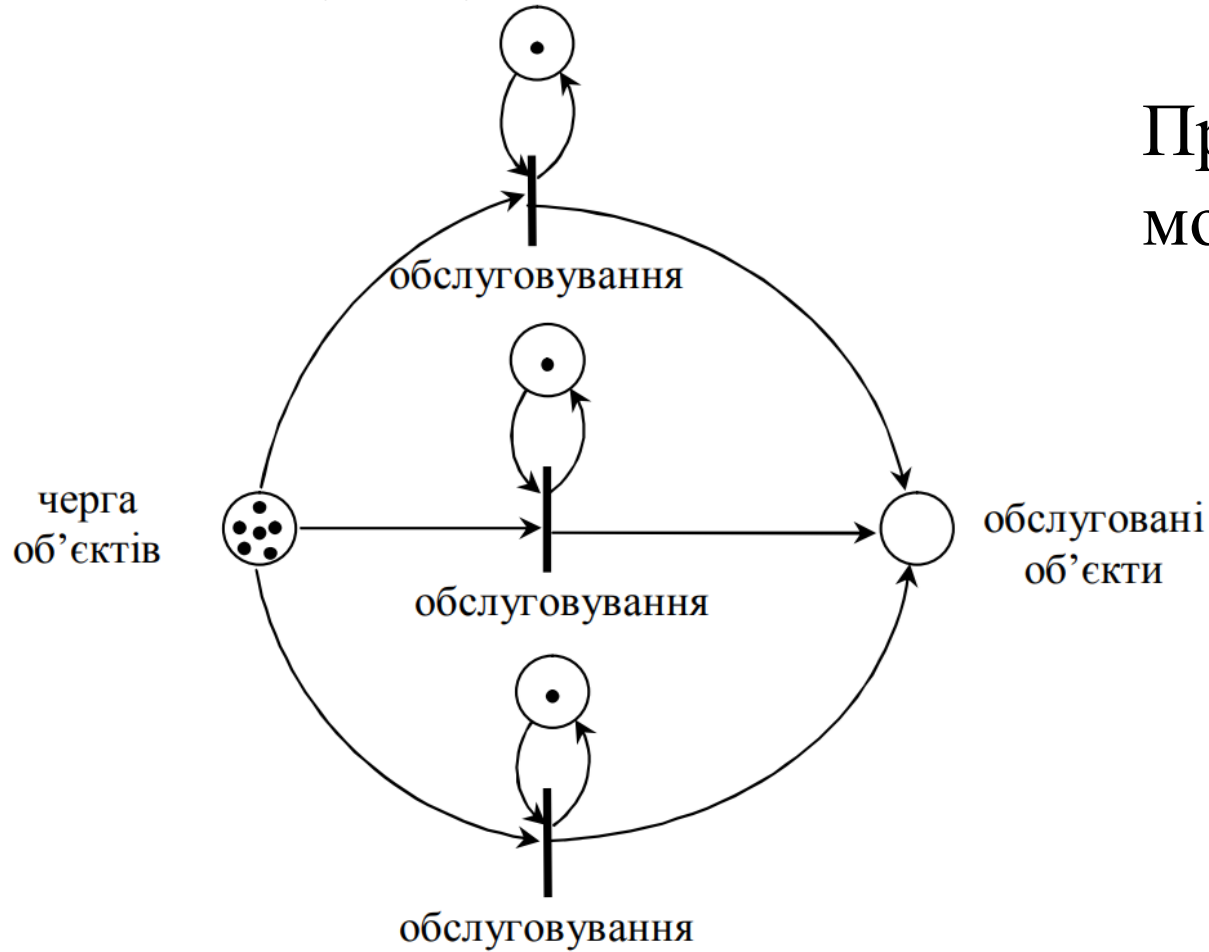


Рисунок 9.16 Багатоканальний перехід, що моделює паралельне обслуговування об'єктів

Багатоканальний перехід з невеликою кількістю об'єктів, що одночасно можуть обслуговуватись, еквівалентний простій мережі Петрі, в якій кожний канал обслуговування моделюється окремим фрагментом мережі Петрі.



Процес функціонування мережі Петрі може ускладнюватися за наступних умов:

- умова запуску переходу перевіряється та здійснюється запуск переходів до тих пір, доки є можливість запуску
- у багатоканальному переході часової мережі Петрі запам'ятовується не одне значення моменту часу, в який маркери мають вийти з переходу, а масив значень виходу маркерів

Рисунок 9.17 Реалізація багатоканального переходу простою мережею Петрі

У мережі Петрі з багатоканальними переходами умова запуску переходу перевіряється та здійснюється запуск переходу стільки разів, скільки це дозволяє кількість маркерів у його вхідних позиціях.

Під час запуску переходу запам'ятовується момент виходу маркерів з переходу у масиві значень.

Під час виходу маркерів з переходу відповідне значення моменту часу у масиві значень видаляється.

Мережі Петрі з інформаційними зв'язками

Мережі Петрі являються універсальним засобом формалізації, що дозволяє описувати процеси як в *підсистемі управління*, так і в *підсистемі об'єкта управління*.

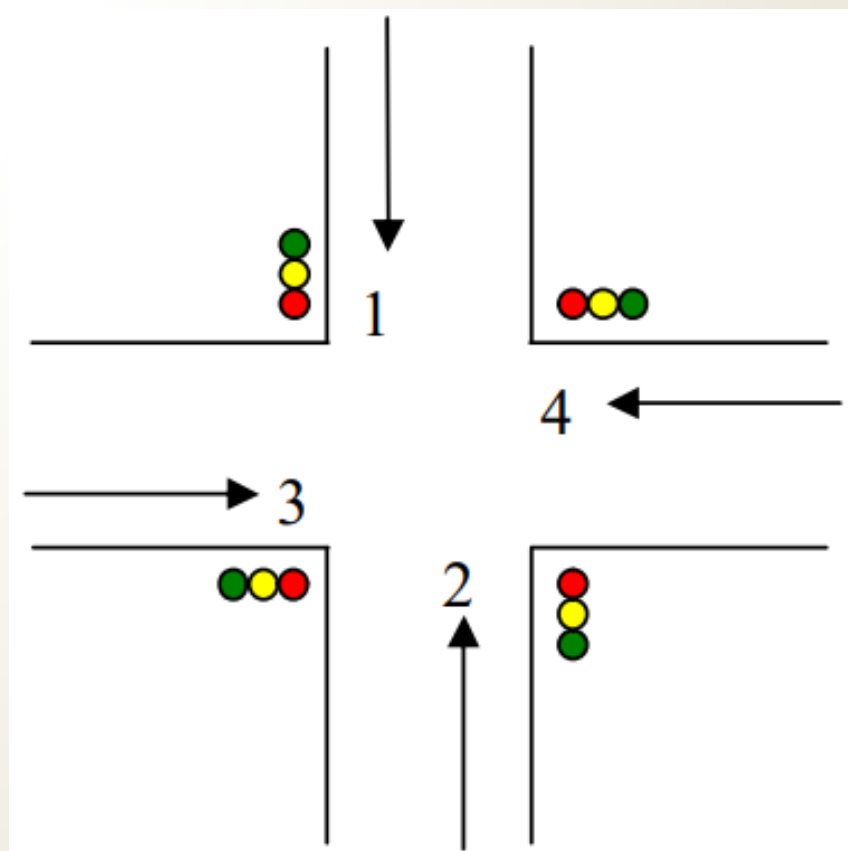


Рисунок 9.18 Схеми руху автотранспорту на перехресті

Таблиця 9.2 – Параметри керування світлофорного об’єкту

Напря- мок руху	Фаза світлофора							
	I		II		III		IV	
	світло	час	світло	час	світло	час	світло	час
1	Зелений	20	Жовтий	10	Червоний	30	Жовтий	10
2	Зелений	20	Жовтий	10	Червоний	30	Жовтий	10
3	Червоний	20	Жовтий	10	Зелений	30	Жовтий	10
4	Червоний	20	Жовтий	10	Зелений	30	Жовтий	10

Таблиця 9.3 – Інтенсивність руху транспорту у напрямках

Напрямок руху	Інтенсивність руху, $\lambda=1/a$, 1/с
1	1/15
2	1/9
3	1/20
4	1/35

Метою моделювання є визначення параметрів управління, при яких максимум середньої кількості автомобілів, що очікують переїзду в різних напрямках, досягає свого найменше значення:

$$L = \min \{L_1, L_2, L_3, L_4\} \rightarrow \min$$

Події, які відбуваються при переїзді автомобілів перехрестя в i -ому напрямку:

- надходження автомобіля в i -ому напрямку;
- переїзд автомобілем перехрестя в i -ому напрямку.

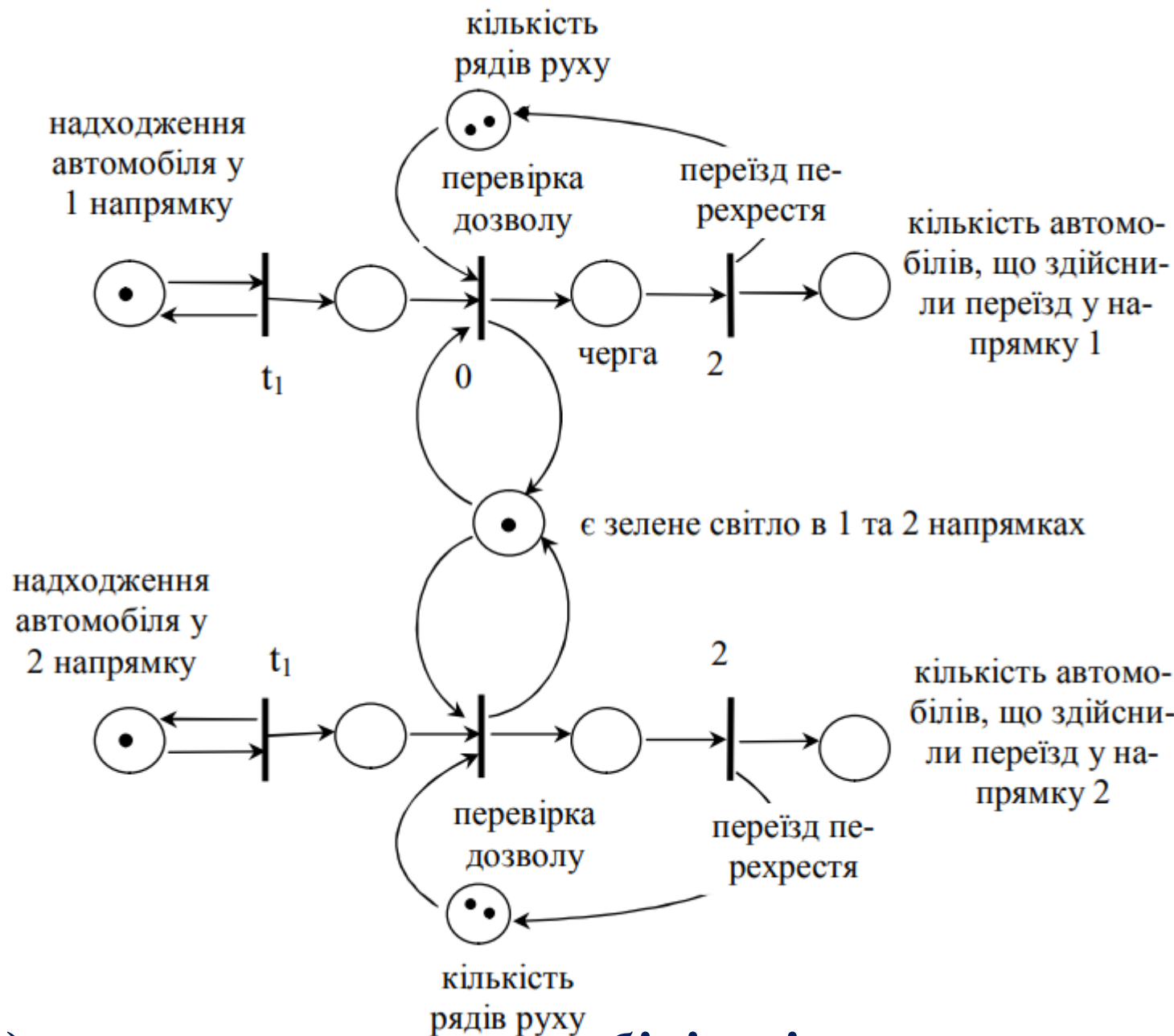
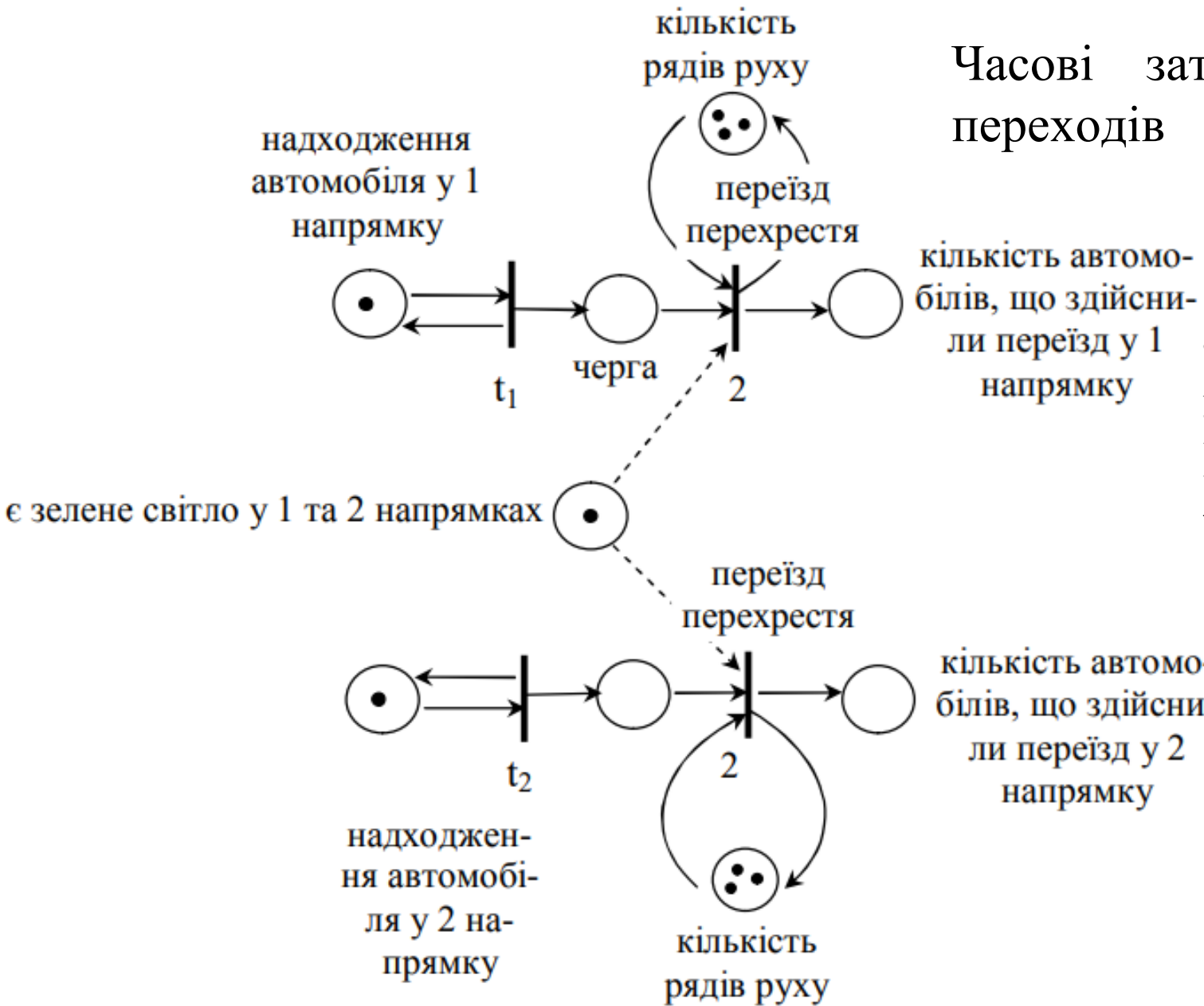


Рисунок 9.19 Підсистема руху автомобілів у i -ому напрямку, представлена мережею Петрі

Часові затримки, які передбачаються для переходів



a – середнє значення інтервалу надходження автомобілів
 ξ – рівномірно розподілена в інтервалі $(0;1)$ випадкова величина
 Події, які відбуваються в підсистемі управління:

- горить зелене світло в 1-ому та 2-ому напрямках;
- горить жовте світло в усіх напрямках;
- горить зелене світло в 3-ому та 4-ому напрямках;
- горить жовте світло в усіх напрямках

Рисунок 9.20 Підсистема руху автомобілів у i -ому напрямку, представлена мережею Петрі з інформаційними зв'язками

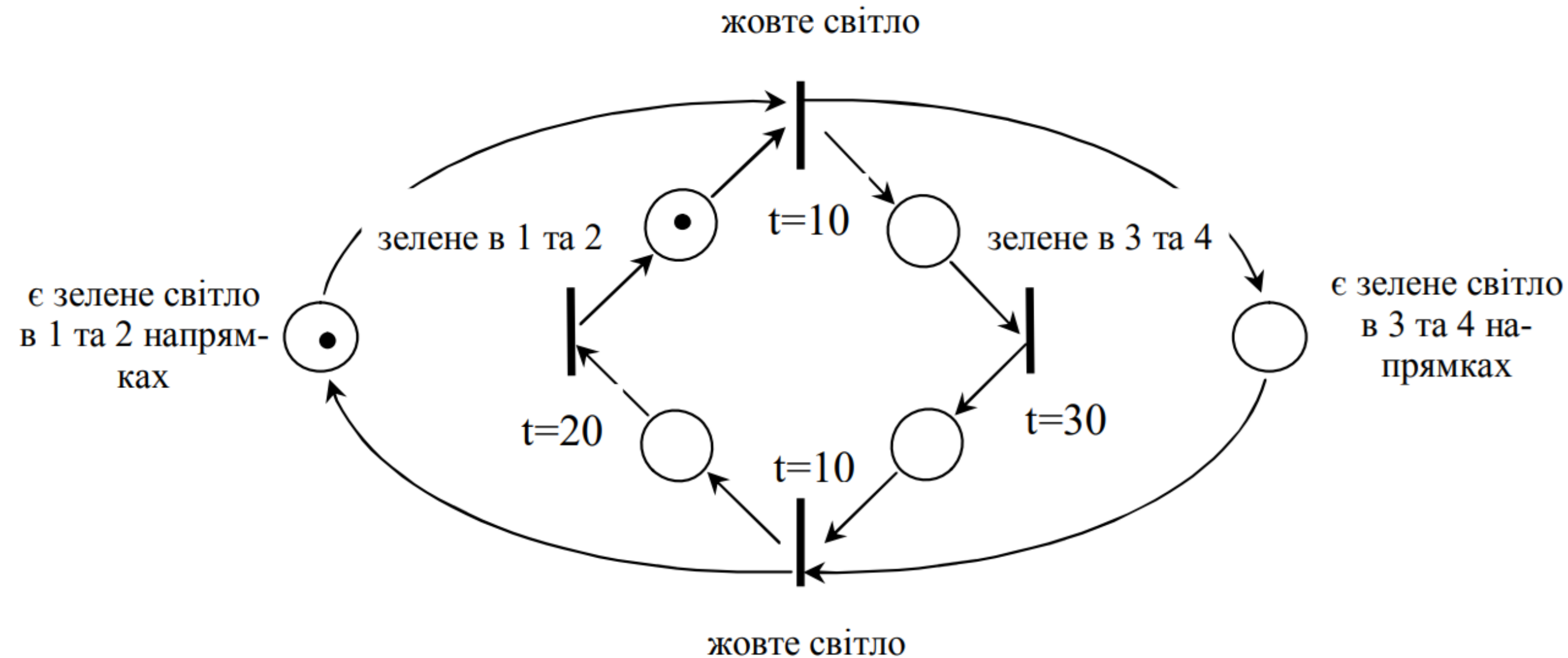


Рисунок 9.21 Підсистема управління руху автомобілів на перехресті, представлена мережею Петрі

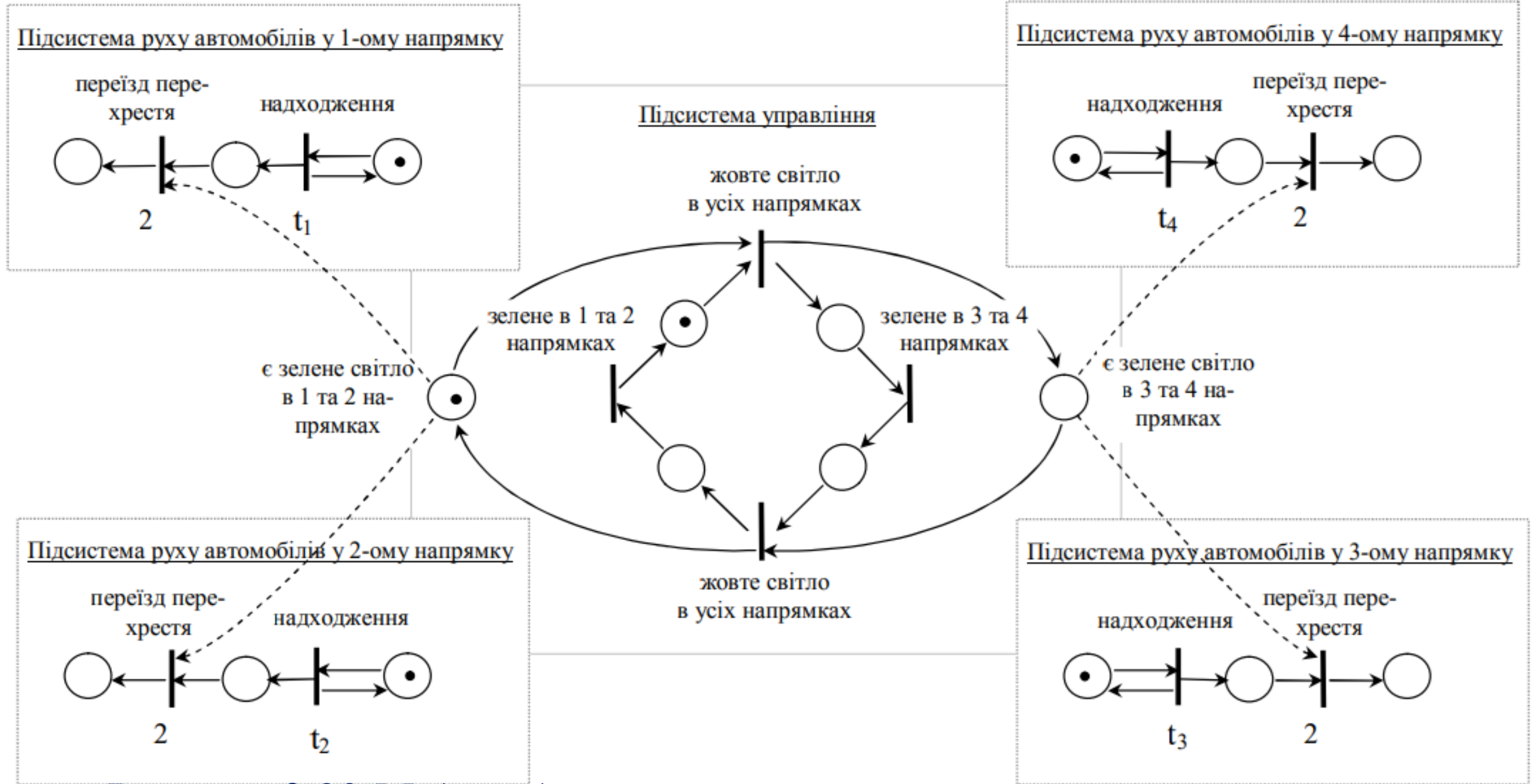


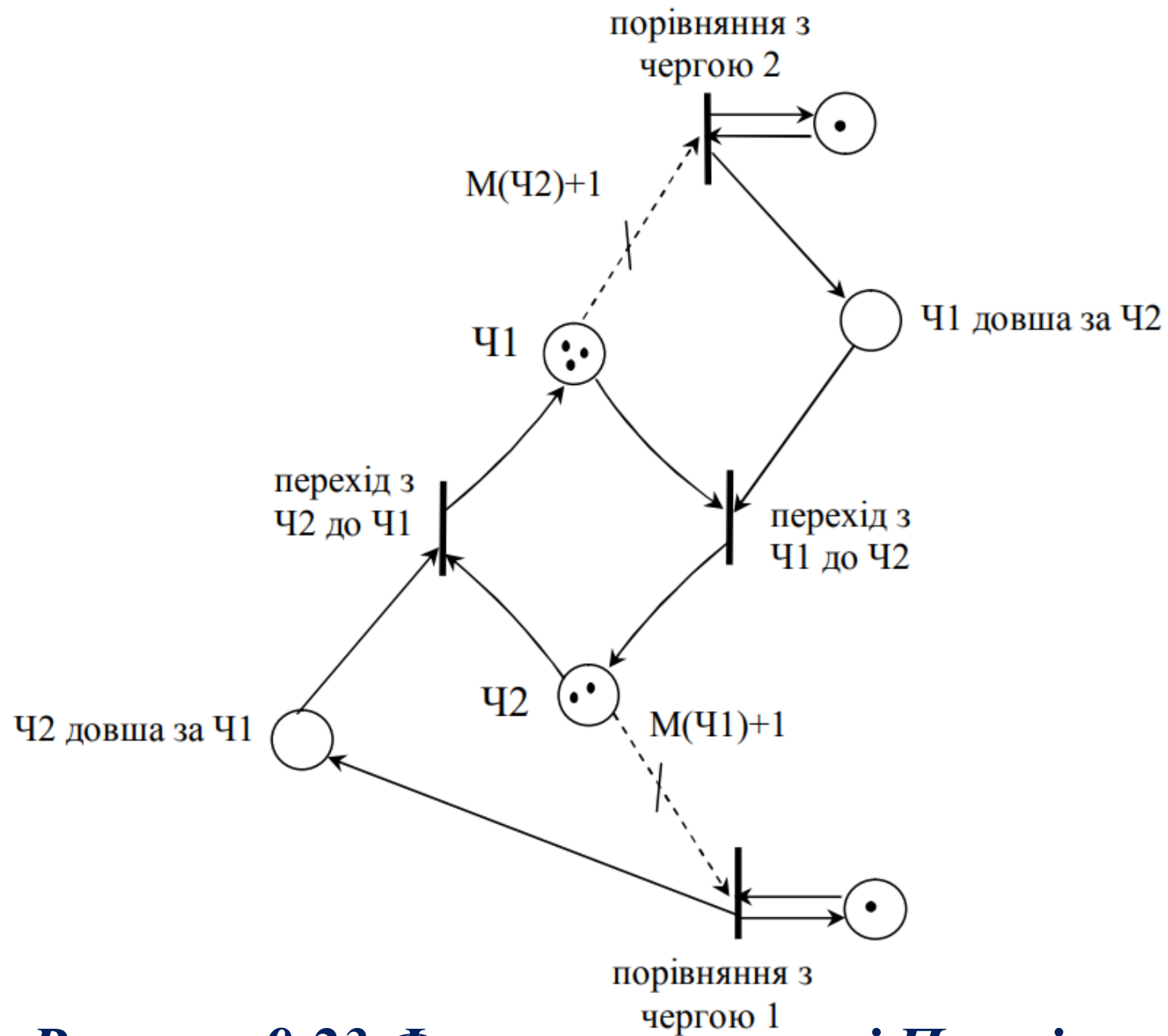
Рисунок 9.22 Модель дорожнього руху через перехрестя, кероване світлофорами

Середня кількість машин, що очікують переїзду в i -ому напрямку, розраховується як середнє динамічної випадкової величини за формулою:

$$\text{Середня кількість транспорту у черзі} = \frac{\sum_{k=0}^n M(\text{черга})_k \cdot \Delta t_k}{T_{mod}}$$

Середній час очікування автомобілів у черзі розраховується як сумарне очікування автомобілів у черзі, розділене на кількість автомобілів, що здійснили переїзд:

$$\text{Середній час очікуванняу черзі} = \frac{\sum_{k=0}^n M(\text{черга})_k \cdot \Delta t_k}{M \left(\begin{array}{c} \text{кількість транспорту} \\ \text{здійснили переїзд} \end{array} \right)}$$



Процес функціонування мережі Петрі з інформаційними зв'язками відрізняється від процесу функціонування звичайної мережі Петрі тим, що для переходу, який має інформаційні зв'язки зі своєю вхідною позицією, наявність маркерів у цій позиції у кількості, що дорівнює кількості інформаційних зв'язків являється необхідною умовою запуску переходу, але при запуску переходу маркери з такої позиції не віднімаються.

Рисунок 9.23 Фрагмент мережі Петрі, що моделює перехід з однієї черги в іншу за умови, що вона коротша

Тема №10. МЕТОДОЛОГІЯ IDEF3

Тематичний план

- 10.1 Методологія подієвого моделювання IDEF3*
- 10.2 Синтаксис і семантика моделей IDEF3*
- 10.3 Вимоги IDEF3 до опису процесів*

10.1 МЕТОДОЛОГІЯ ПОДІЄВОГО МОДЕЛЮВАННЯ IDEF3

IDEF3 – це методологія, основною метою якої є дати можливість аналітикам описати ситуацію, коли процеси виконуються у певній послідовності, а також описати об'єкти, що беруть участь спільно в одному процесі.

Діаграма є основною одиницею опису в IDEF3.

IDEF3 – спосіб опису процесів із використанням структурованого методу, що дає змогу експерту у предметній галузі подати певний стан речей як результат упорядкованої послідовності подій з одночасним описом об'єктів, що безпосередньо стосуються процесу

Переваги:

- IDEF3 не має твердих синтаксичних або семантичних обмежень.
- IDEF3 також можна використати як метод проєктування процесів.
-
- IDEF3-моделювання органічно доповнює традиційне моделювання з використанням стандарту IDEF0.

10.2 СИНТАКСИС І СЕМАНТИКА МОДЕЛЕЙ IDEF3

Основою моделі IDEF3 є так сценарій процесу, що виокремлює послідовність дій або підпроцесів аналізованої/модельованої системи.

Для *добору* необхідного імені застосовуються стандартні рекомендації щодо найкращого використання дієслів і віддієслівних іменників.

Сценарій для більшості моделей має бути документований.

Головною організаційною одиницею моделі IDEF3 є *діаграма*.

Взаємна організація діаграм всередині моделі IDEF3 особливо важлива в тому разі, коли модель свідомо створюється для подальшого опублікування або рецензування, що є цілком звичною практикою при проектуванні нових систем. Тоді системний аналітик має подбати про таке інформаційне наповнення діаграм, щоб кожна з них була самодостатньою і водночас зрозумілою користувачу.

«Одиниця роботи» (unit of work – UOW) – важливий компонент моделі, є центральним компонентом моделі.

Дії йменуються з використанням дієслів або віддієслівних іменників та присвоюється унікальний ідентифікаційний номер, який не використовується знову навіть у тому разі, якщо у процесі побудови моделі дія вилучається.

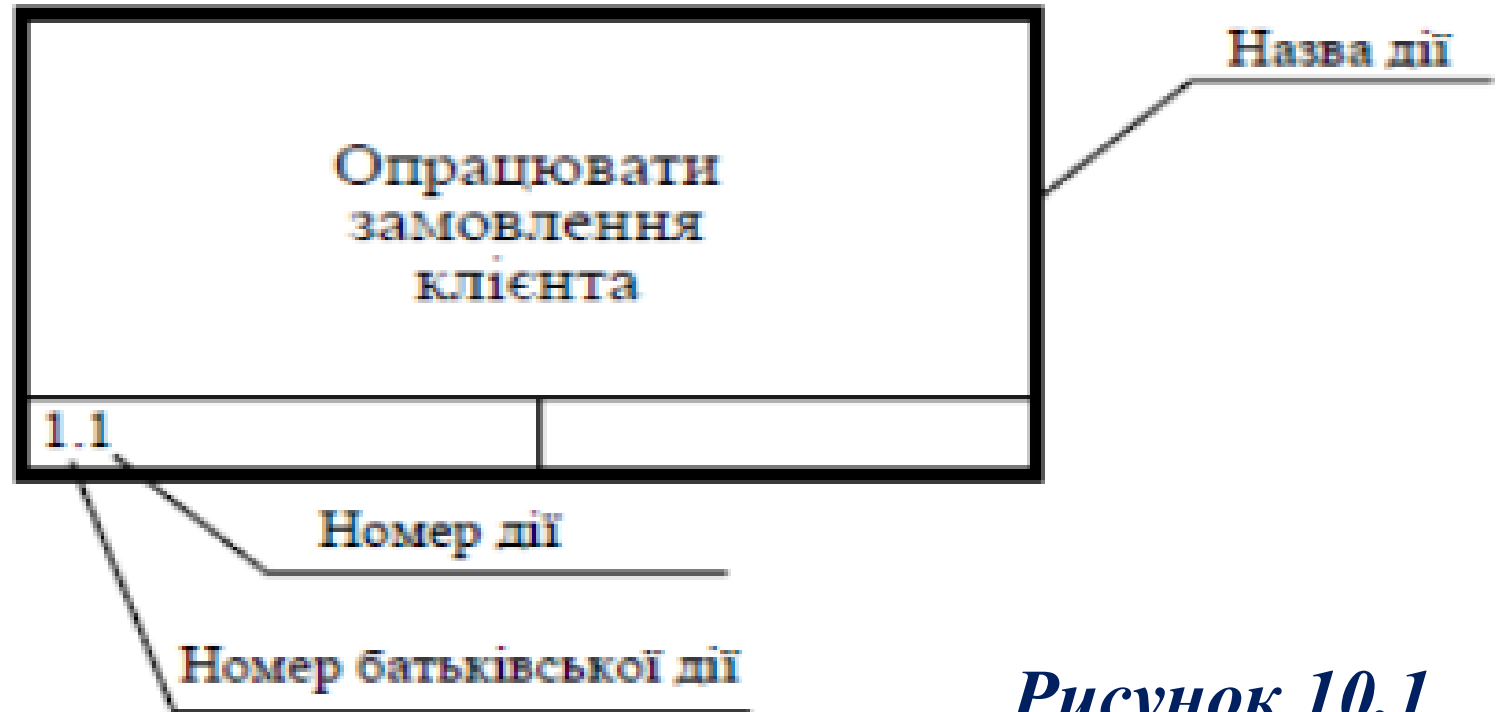


Рисунок 10.1

Зв'язки (стрілки) показують взаємини робіт, виокремлюють істотні взаємовідношення між діями.


Часове передування
(Temporal precedence)

Вихідна дія має завершитися раніше, ніж кінцева дія може початися


Об'єктний потік
(Object flow)

Вихід вихідної дії є входом кінцевої дії. Із цього випливає те, що вихідна дія має завершуватися раніше, ніж кінцева дія може початися


Нечітке відношення
(Relationship)

Вид взаємодії між вихідною та кінцевою дією аналітик задає окремо для кожного випадку використання такого відношення

Рисунок 10.2

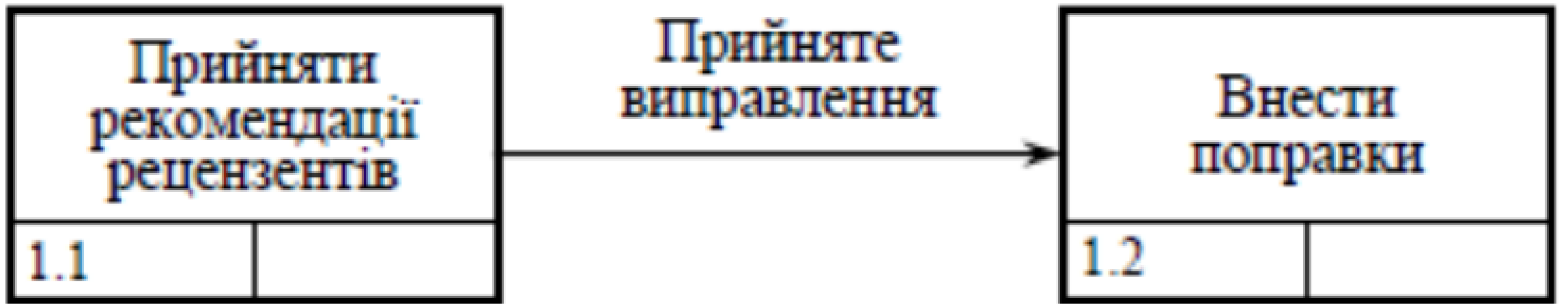


Рисунок 10.3 Зв'язок типу «часове передування» («послідовність»)

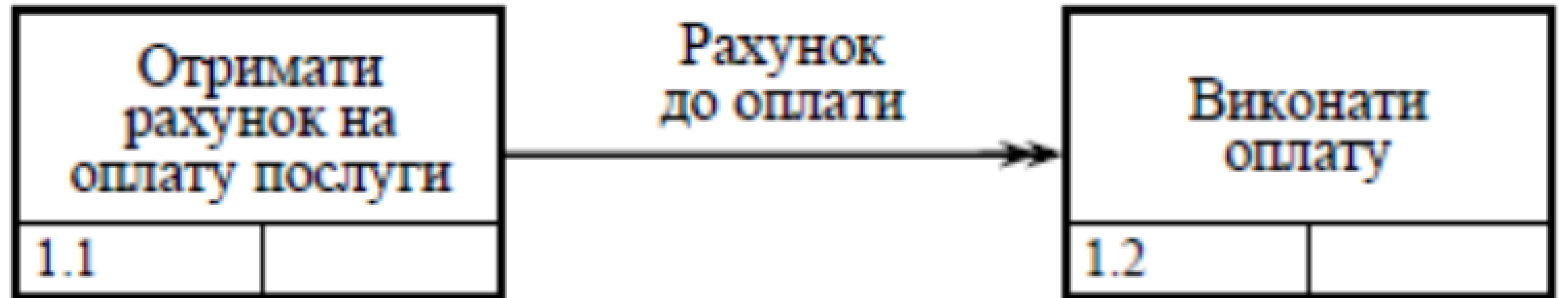


Рисунок 10.4 Зв'язок типу «об'єктний потік»

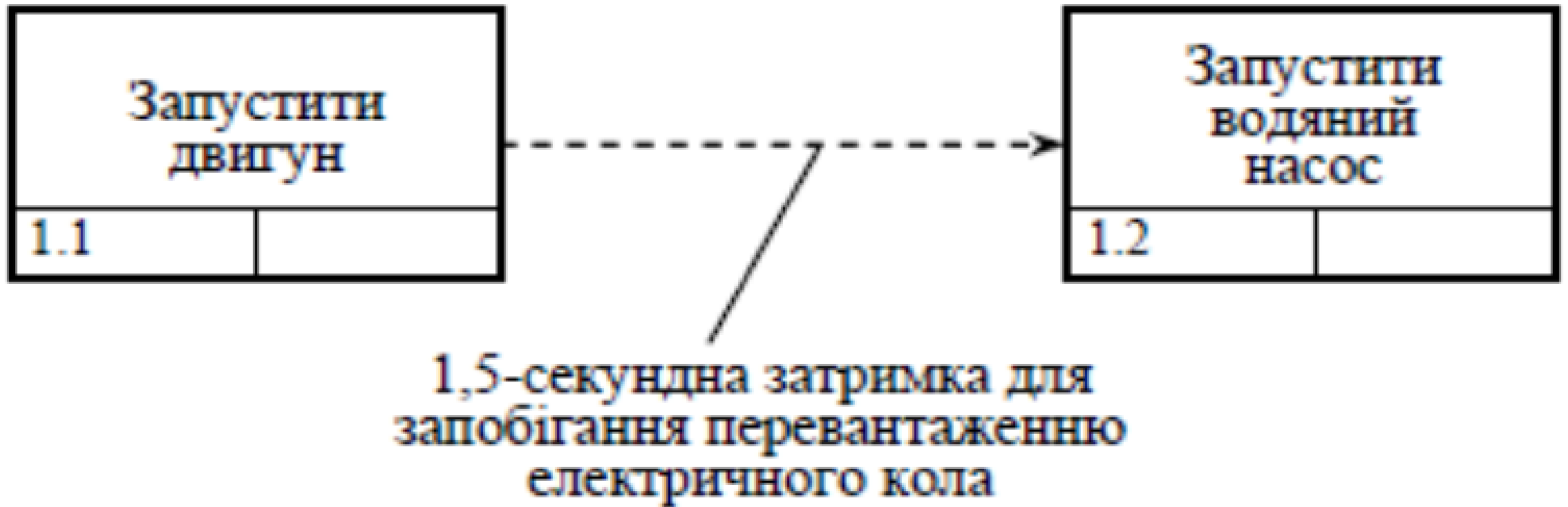


Рисунок 10.5 Зв'язок типу «нечітке відношення»

З'єднання (перехрестя) розбивають або сполучають внутрішні потоки та використовуються для опису розгалуження процесу:

- розгортувальні з'єднання використовуються для розбиття потоку; завершення однієї дії викликає початок виконання кількох інших дій;
- згортувальні з'єднання поєднують потоки; завершення однієї або кількох дій викликає початок виконання іншої дії.

З'єднання «і»



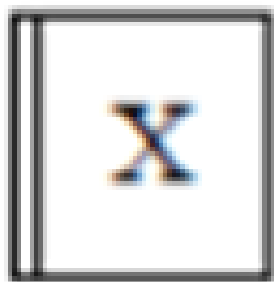
*Розгортувальни
й тип з'єднання*

*Згортувальний
тип з'єднання*

*Кожна кінцева дія
обов'язково ініціюється*

*Кожна кінцева дія неодмінно
має завершуватися*

*З'єднання
«Ексклюзивне
«або»
(«Виключне
«або»)*



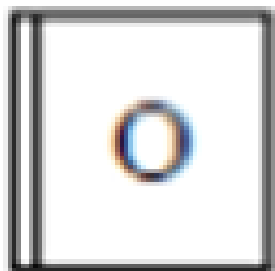
*Розгортувальни
й тип з'єднання*

*Згортувальний
тип з'єднання*

*Одна і тільки одна кінцева
дія ініціюється*

*Одна і тільки одна кінцева
дія має завершуватися*

З'єднання «або»



*Розгортувальни
й тип з'єднання*

*Згортувальний
тип з'єднання*

*Одна або кілька кінцевих дій
ініціюються*

*Одна або кілька вихідних дій
мають завершуватися*

Рисунок 10.6 З'єднання



Рисунок 10.7 Приклад розгортувальних і згортувальних з'єднань



Рисунок 10.8 Приклад «I»-з'єднання

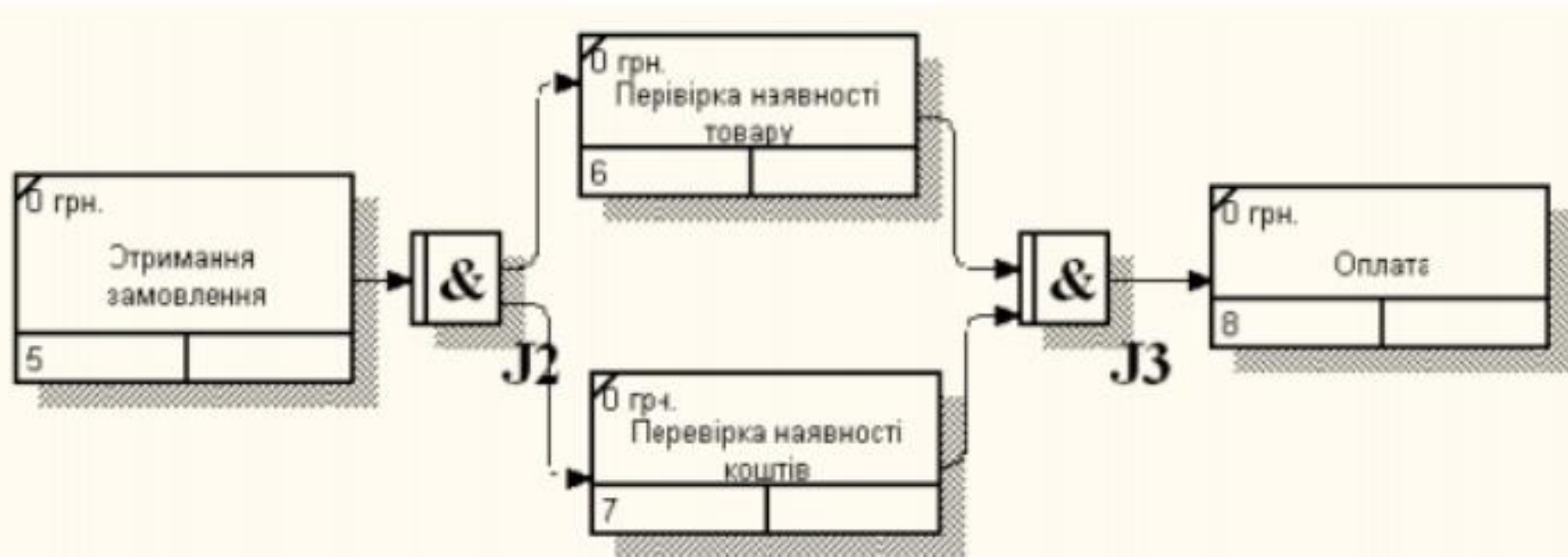




Рисунок 10.9 Приклад з'єднання «ексклюзивне «або»

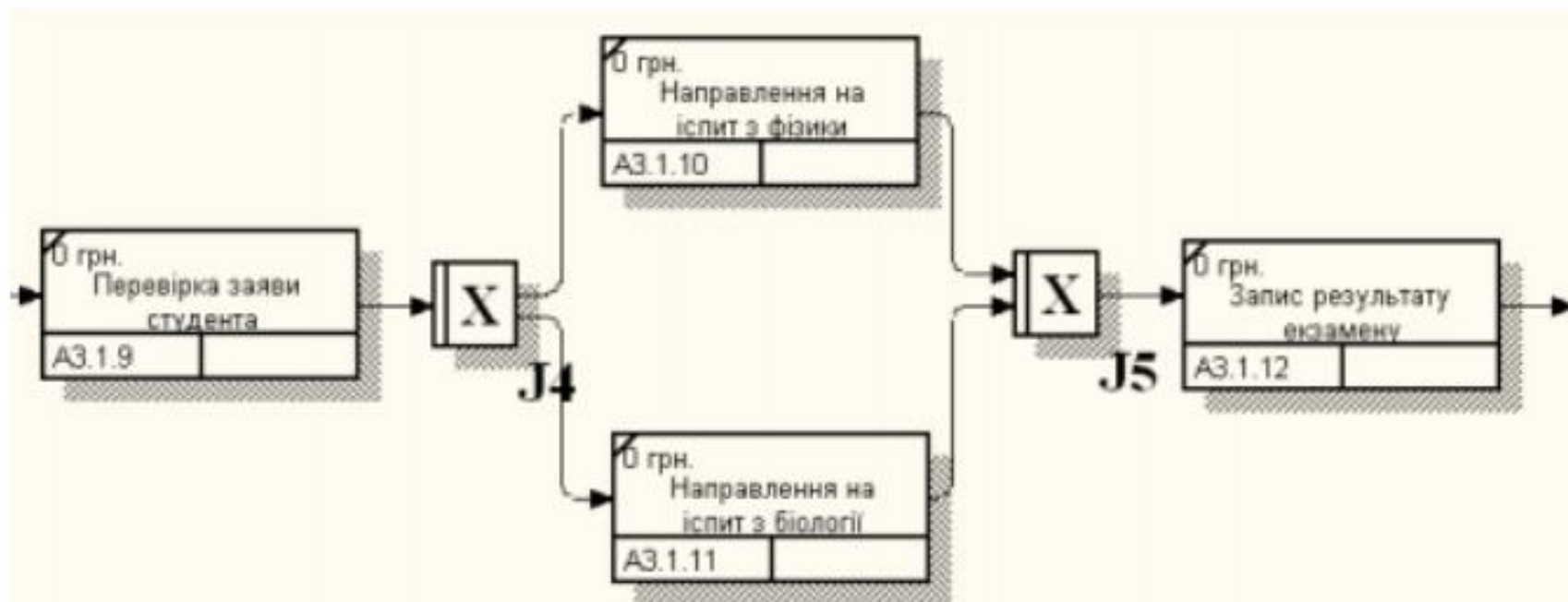




Рисунок 10.10 Приклад з'єднання «або»



Синхронні та асинхронні з'єднання

З'єднання «і»



Розгортувальний тип з'єднання

Усі дії починаються одночасно

Згортувальний тип з'єднання

Усі дії завершуються одночасно

З'єднання «Ексклюзивне або»



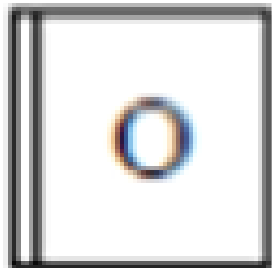
Розгортувальний тип з'єднання

Одночасний початок дій неможливий

Згортувальний тип з'єднання

Одночасне завершення дій неможливе

З'єднання «або»



Розгортувальний тип з'єднання

Може бути кілька операцій, які починаються одночасно

Згортувальний тип з'єднання

Може бути кілька операцій, які завершуються одночасно

Рисунок 10.11 Синхронні та асинхронні з'єднання



Рисунок 10.12 Синхронне з'єднання

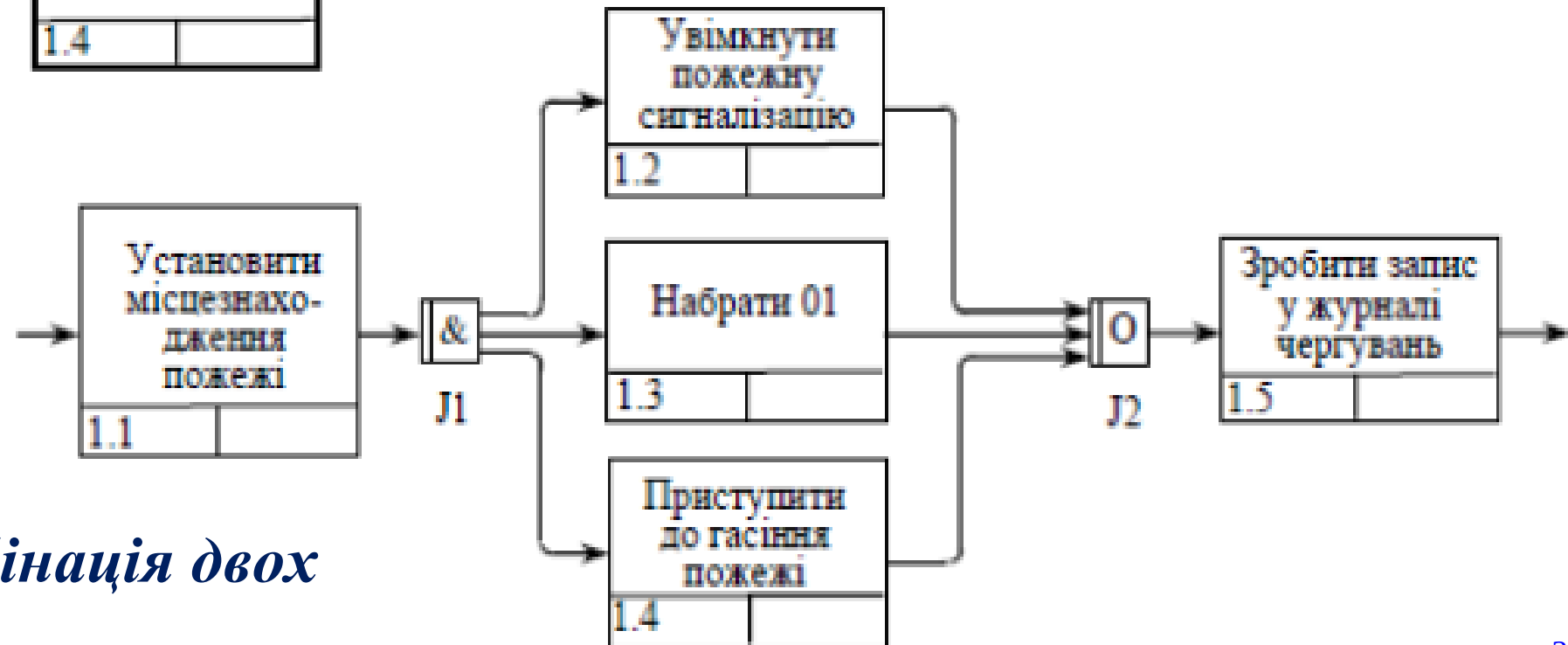


Рисунок 10.13 Комбінація двох типів з'єднання

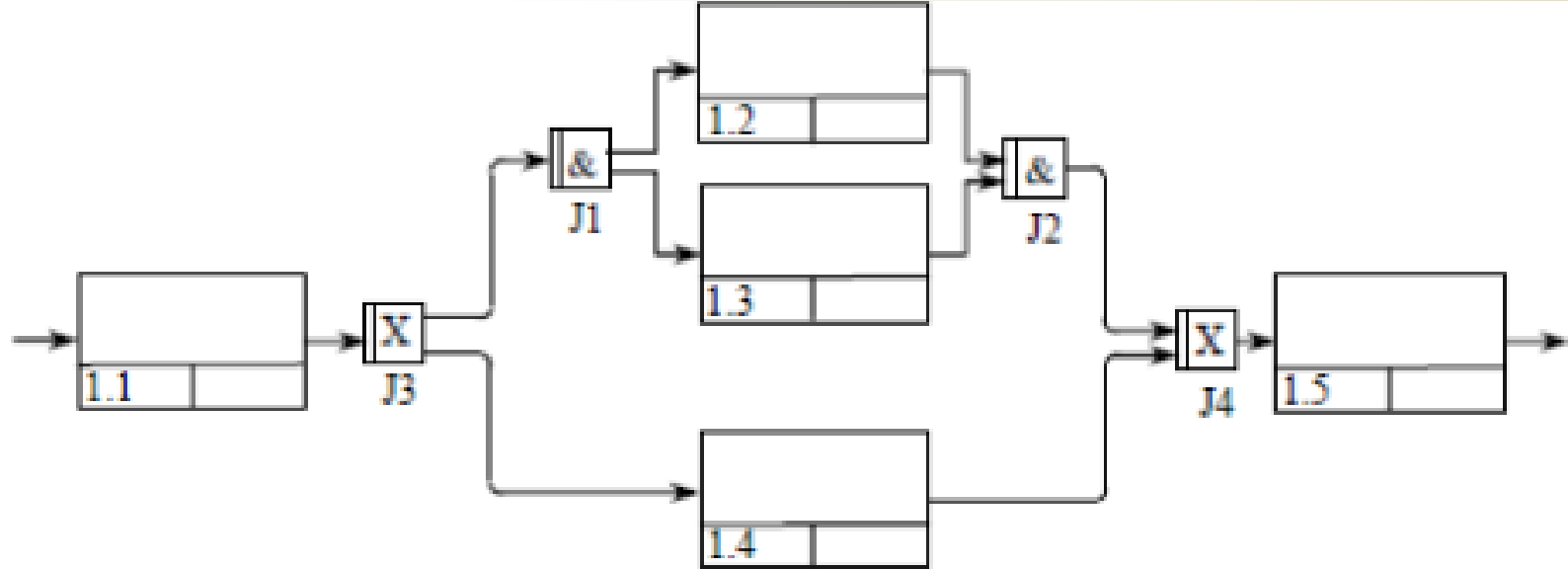


Рисунок 10.14 Схема комбінації з'єднань

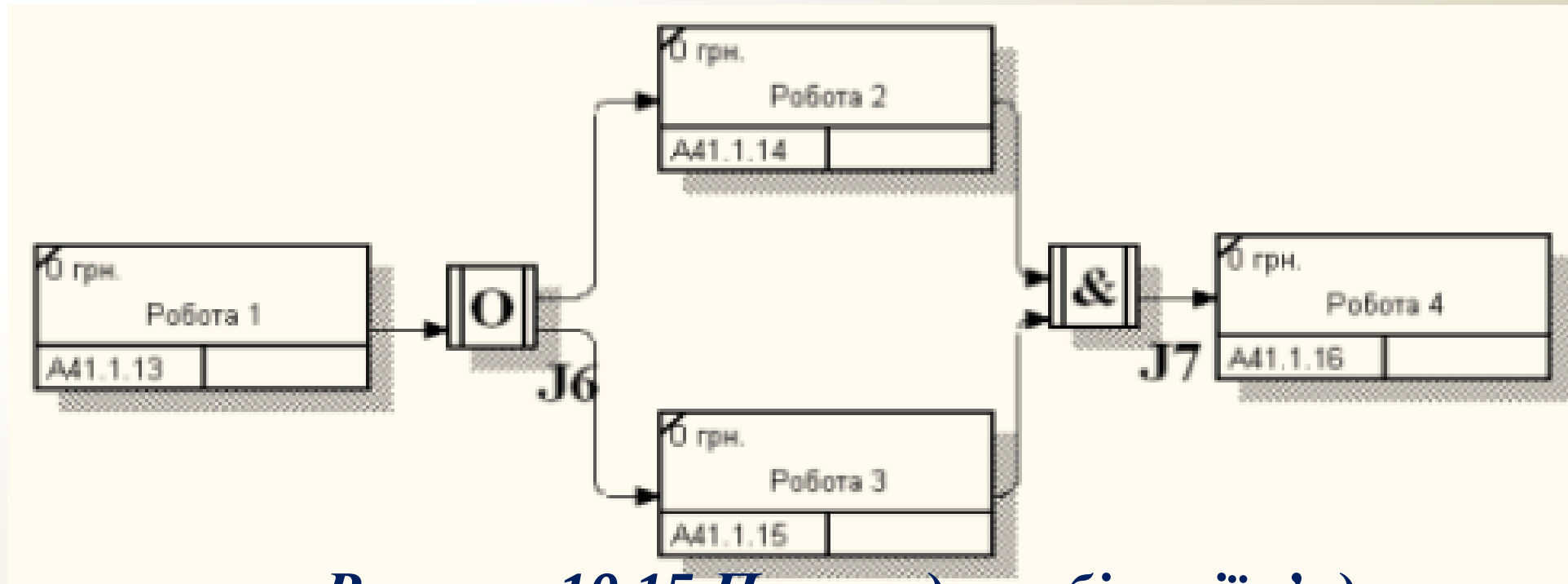


Рисунок 10.15 Приклад комбінації з'єднань

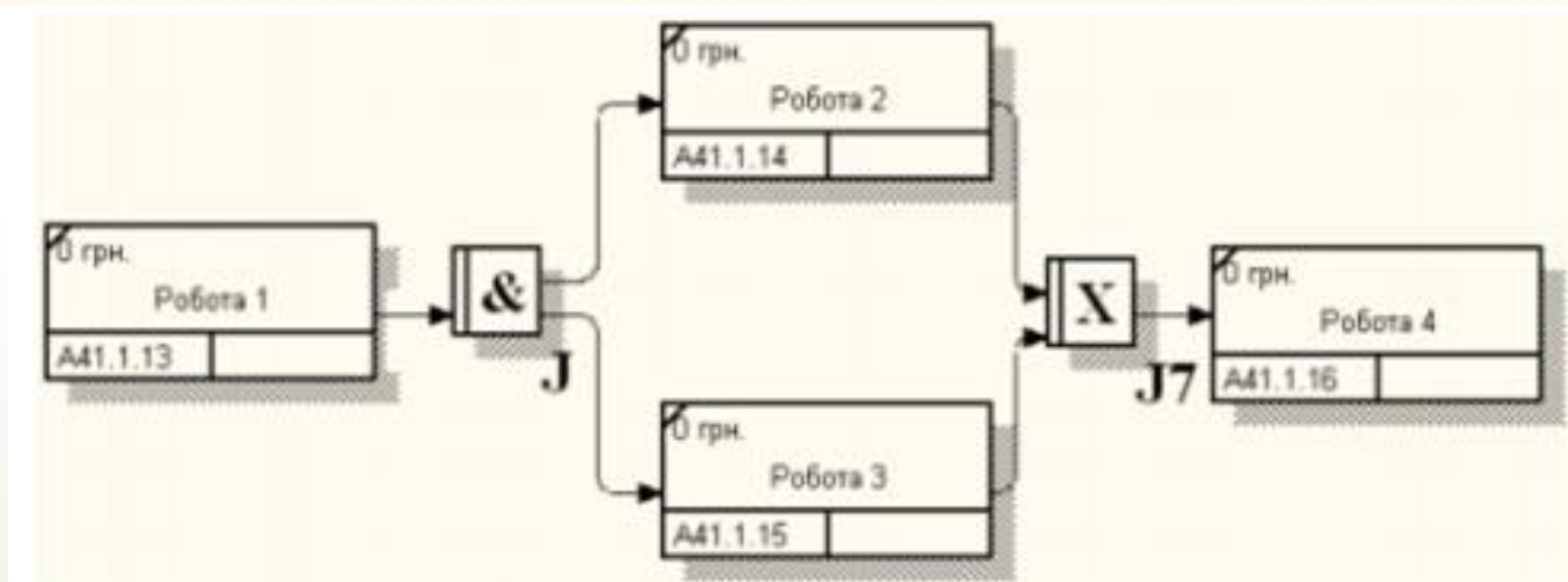
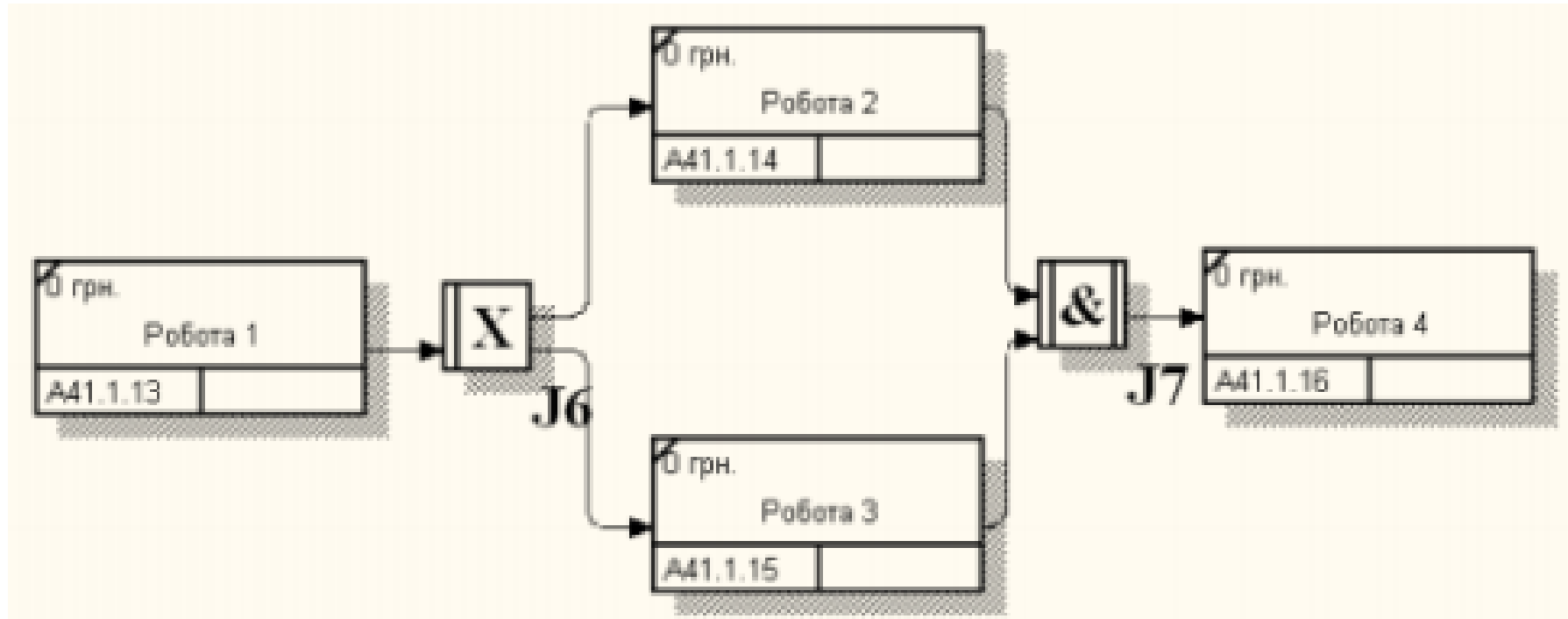


Рисунок 10.16 Приклади комбінації з'єднань

Посилання/вказівник/показчик – це спеціальні об’єкти, які реалізують посилання на інші розділи опису процесу.

Тип посилання:

- ОБ’ЄКТ (OBJECT)
- GOTO
- UOB
- NOTE
- ELAB

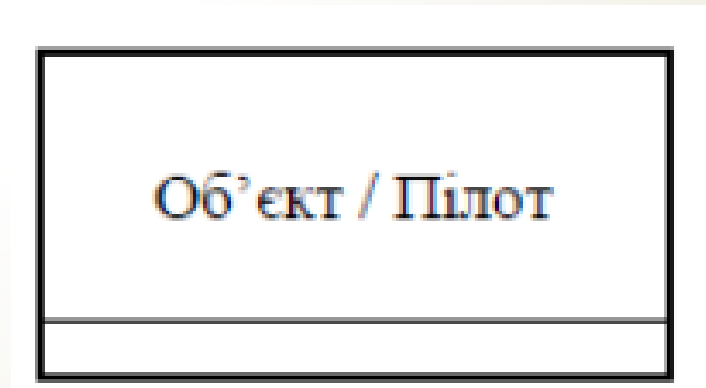


Рисунок 10.17

Метод IDEF3 дозволяє *декомпозувати дії* кілька разів, що забезпечує документування альтернативних потоків процесу в одній моделі.

Для коректної ідентифікації дій у моделі із множинними декомпозиціями схема нумерації дій розширюється та поряд з номерами дії містить у собі порядковий номер декомпозиції.

10.3 ВИМОГИ IDEF3 ДО ОПИСУ ПРОЦЕСІ

Визначення сценарію, меж моделювання, точки зору для експертів предметної галузі, що готують опис процесу моделювання, має бути задокументовано в межах моделювання.

Визначення дій і об'єктів. Результатом роботи експертів звичайно є текстовий документ, який описує коло питань, що цікавлять аналітика. На додаток до нього може готуватися письмова документація, що дозволяє визначити природу досліджуваного процесу.

Незалежно від того, чи є інформація текстовою чи вербальною, вона аналізується та поділяється на частини мови для ідентифікації списку дій, складові процесу і об'єкти (іменники), що беруть участь у процесі.

IDEF3 підтримує просту схему резервування номерів дій у моделі. Кожному аналітику виділяється унікальний діапазон номерів дій, чим забезпечується їхня незалежність.

Таблиця 10.1 – Приклад

Аналітик	Діапазон номерів IDEF3
1	1-99
2	100-199
3	200-299
1	300-399

Послідовність і паралельність. Якщо модель створюється після проведення інтерв'ю, то аналітик має ухвалити рішення щодо побудови ієрархії діаграм, які братимуть участь у моделі. Важливо, однак, розрізняти передбачувані невизначеності і явні невизначеності.

- *Діаграма IDEF0 може бути декомпозована діаграмою IDEF3.*
- *На діаграмах IDEF3 ім'я стрілки може бути відсутнім, хоча AFPM показує відсутність імені як помилку.*
- *Метою створення сценаріїв IDEF3 є ілюстрація певного сценарію розвитку події із багатьох можливих, для більшої наочності.*

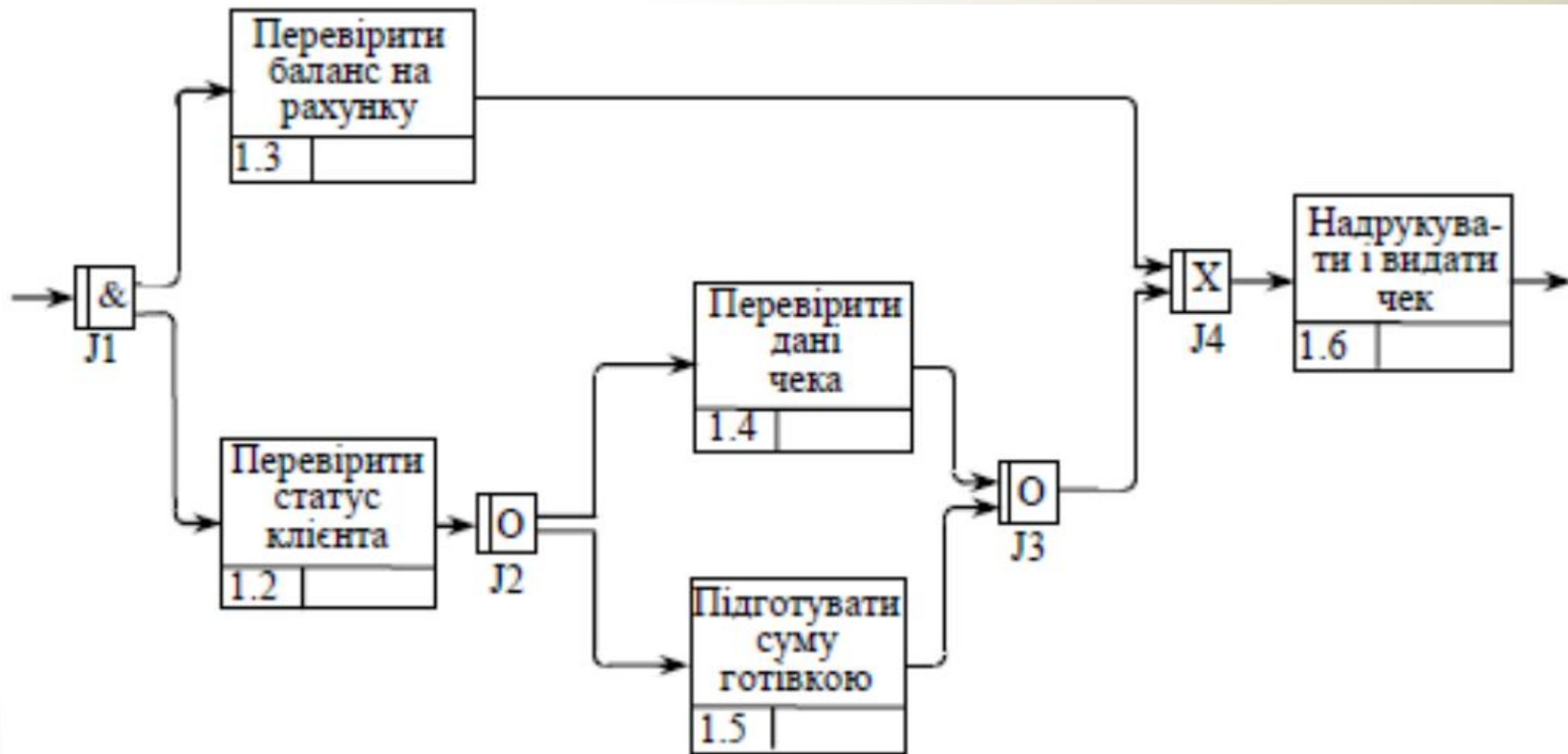


Рисунок 10.18 Приклад



Рисунок 10.19 Приклад

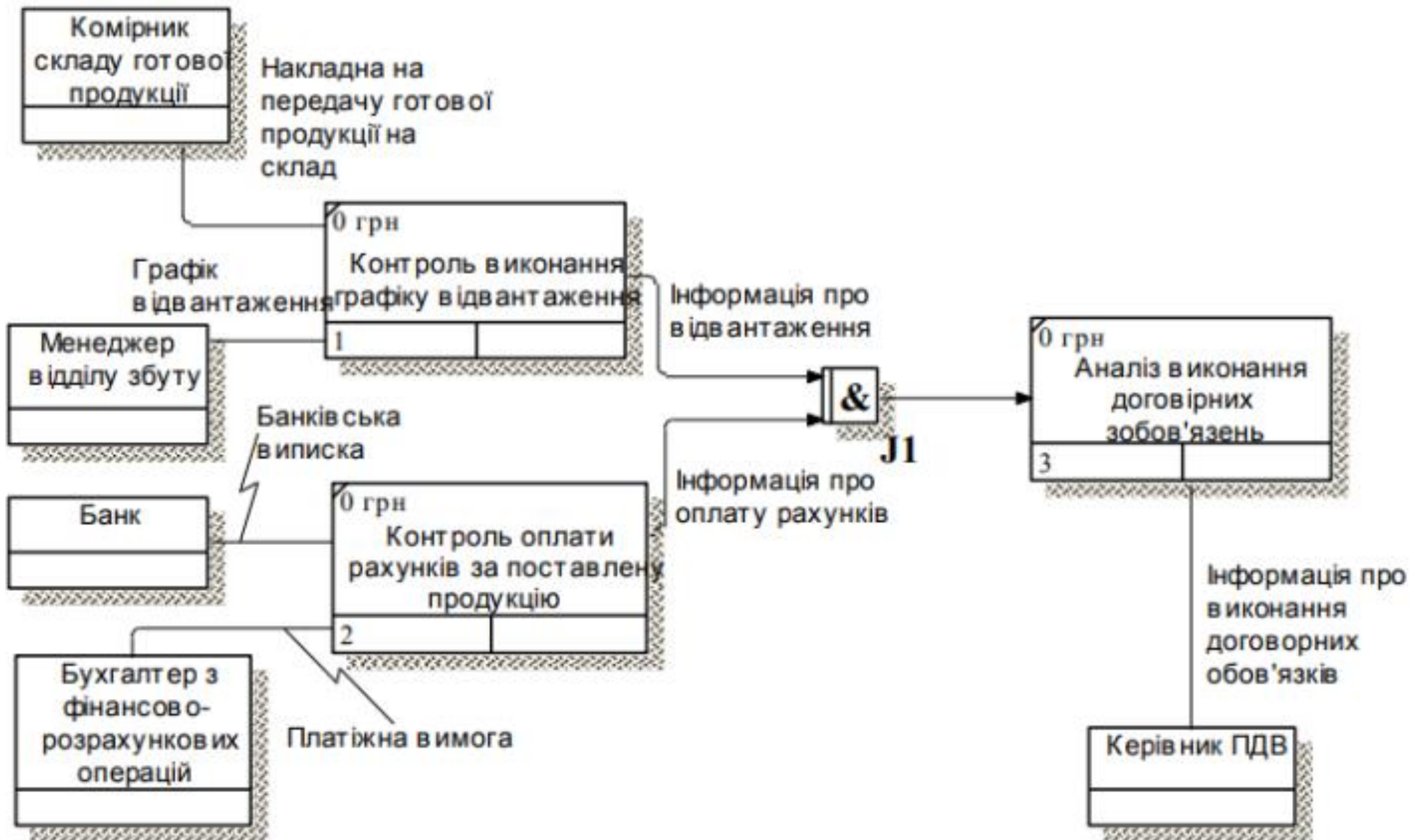


Рисунок 10.20 Приклад

Тема №11. МЕТОДОЛОГІЯ DFD

Тематичний план

11.1 Сутність і складові елементи синтаксису технології DFD

11.2 Побудова діаграм DFD

11.3 Контекстна діаграма і деталізація процесів

11.1 СУТНІСТЬ І СКЛАДОВІ ЕЛЕМЕНТИ СИНТАКСИСУ ТЕХНОЛОГІЇ DFD

DFD (Data Flow Diagram) – методологія документування передачі та обробки інформації.

Діаграми DFD – це сукупність зв'язаних між собою робіт; використовуються для опису документообігу та обробки інформації.

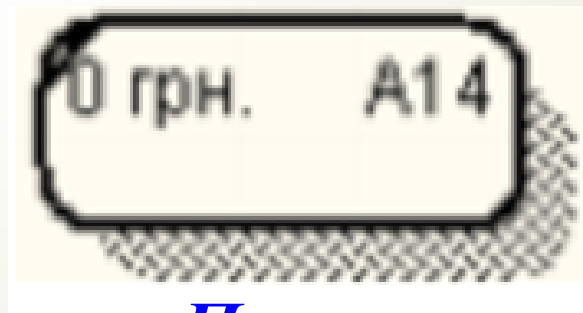
DFD можна використовувати як доповнення до моделі IDEF0 для наочного відображення поточних операцій документообігу в системах обробки інформації.

DFD описує:

- функції обробки інформації (роботи);
- документи (стрілки), об'єкти, співробітників або відділи, які беруть участь в обробці інформації;
- зовнішні посилення або сутності, які забезпечують зв'язки із зовнішніми об'єктами, що знаходяться за межами модельованої системи;
- таблиці для зберігання документів (сховища даних).



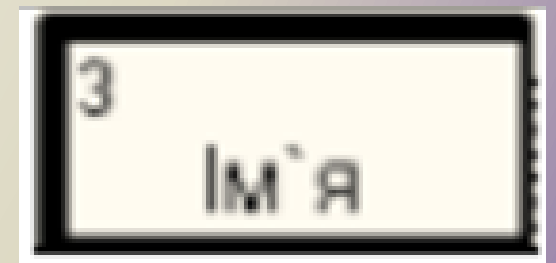
***Потоки
даних***



Процес



***Сховище
даних***



***Зовнішня
сутність
(посилання)***

Рисунок 11.1 Типи об'єктів нотації Гейна-Сарсона

У DFD **роботами (процесами)** є функції системи, що перетворюють входи у виходи, мають входи і виходи, але не підтримують управління і механізми.

Зовнішнє посилення (сутність) — це матеріальний об'єкт, що є джерелом або одержувачем даних ззовні моделі. Вона зображає входи в систему і/або виходи з системи і позначається у вигляді прямокутника з тінню і зазвичай розташовуються по краях діаграми.

Потоки даних є механізмами, що використовуються для моделювання передачі інформації (або фізичних компонентів) з однієї частини системи в іншу.

Стрілки DFD показують, як об'єкти (включаючи дані) рухаються від однієї роботи до іншої.

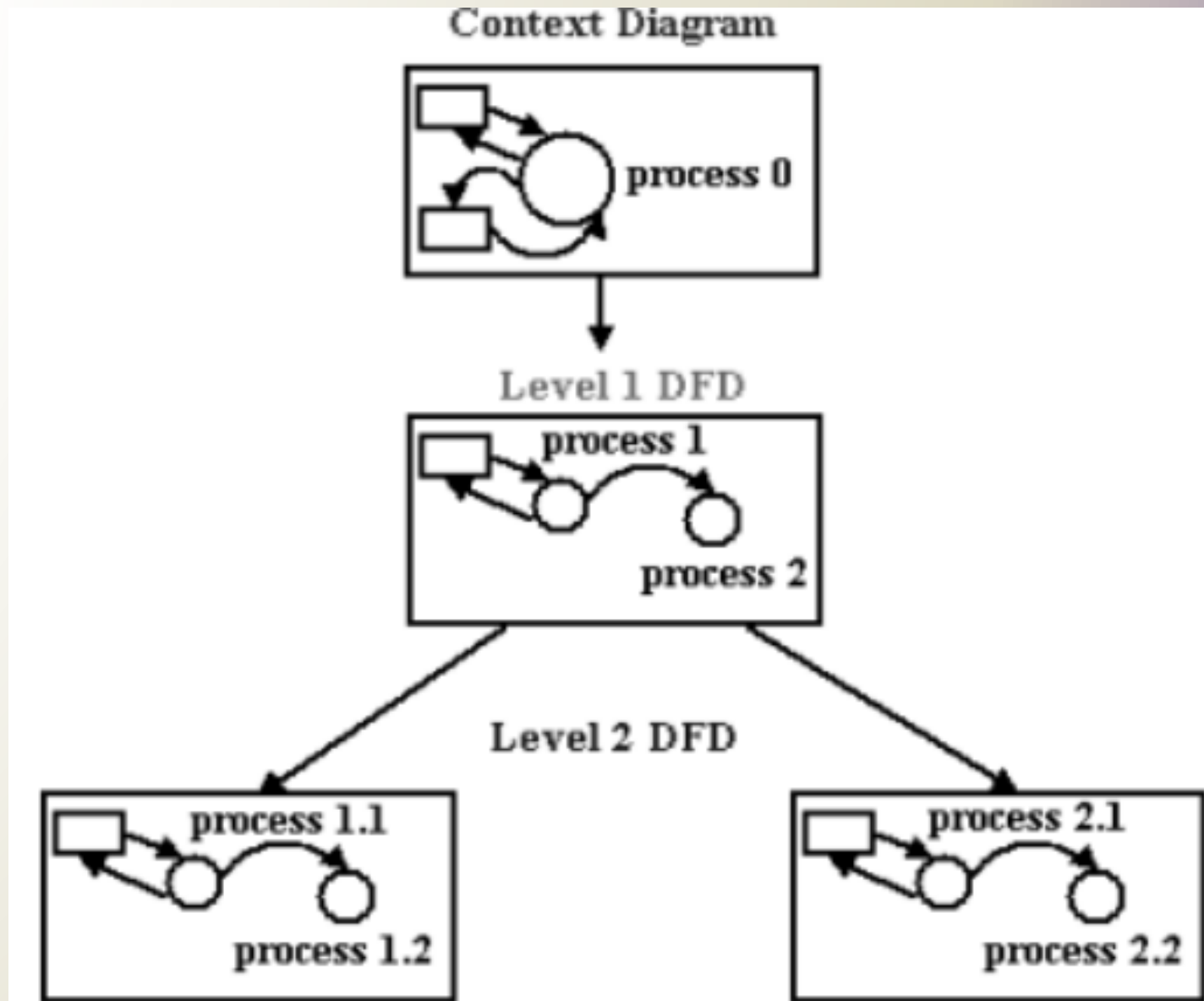
У DFD стрілки можуть зливатися і розгалужуватися, що дозволяє описати декомпозицію стрілок.

Сховище даних (накопичувач даних) дозволяє описати дані, які необхідно зберегти в пам'яті до використання в роботах. Сховища можуть бути додані для моделювання даних, які необхідно зберігати між подіями. Ім'я сховища повинне ідентифікувати його вміст.

11.2 ПОБУДОВА ДІАГРАМ DFD

Діаграми DFD можуть бути побудовані з використанням традиційного структурного аналізу.

Діаграми потоків даних будуються за ієрархічним принципом.



Рисунок

Альтернативним підходом є підхід, популярний при створенні програмного забезпечення, розділення за подіями, в якому різні діаграми DFD створюють модель системи.

Контекстна діаграма містить один прямокутник роботи, що зображає систему в цілому, і зовнішні сутності, з якими система взаємодіє. Контекстна діаграма верхнього рівня визначає межі моделі.

Модель поведінки показує, як система обробляє події.

У DFD *номер* кожної роботи може включати префікс (A), номер батьківської роботи і номер об'єкта. *Номер об'єкта* – це унікальний номер роботи на діаграмі. Унікальний номер мають сховища даних і зовнішнє посилення незалежно від їх розташування на діаграмі.

Діаграми потоків даних (DFD) є основним засобом моделювання функціональних вимог проєктованої системи. З їх допомогою ці вимоги розбиваються на функціональні компоненти (процеси) і представляються у вигляді мережі, пов'язаної потоками даних. Головна мета таких засобів – продемонструвати, як кожен процес перетворить свої вхідні дані у вихідні, а також виявити відносини між цими процесами.

11.3 КОНТЕКСТНА ДІАГРАМА І ДЕТАЛІЗАЦІЯ ПРОЦЕСІВ

Декомпозиція DFD здійснюється на основі процесів: кожен процес може розкриватися за допомогою DFD нижнього рівня.

Контекстна діаграма відображає інтерфейс системи із зовнішнім світом, а саме, інформаційні потоки між системою і зовнішньою сутністю, з якою вона повинна бути зв'язана. Вона ідентифікує цю зовнішню сутність, а також єдиний процес, що відображає головну мету або природу системи наскільки це можливо. Контекстна діаграма встановлює межі аналізованої системи.

DFD першого рівня будується як декомпозиція процесу, який присутній на контекстній діаграмі. Побудована діаграма першого рівня також має безліч процесів, які, у свою чергу, можуть бути декомпозовані в DFD нижнього рівня.

Головна мета побудови ієрархічної DFD полягає в тому, щоб зробити вимоги чіткими і зрозумілими на кожному рівні деталізації, а також розбити ці вимоги на частини з точно конкретизованими відносинами між ними.

Рекомендації стосовно побудови ієрархічної DFD.

- Розміщувати на кожній діаграмі від 3 до 6-7 процесів.
- Декомпозицію потоків даних здійснювати паралельно з декомпозицією процесів; ці дві роботи повинні виконуватися одночасно, а не одна після завершення іншої.
- Вибирати чіткі, такі, що відображають суть справи, імена процесів і потоків для поліпшення розуміння діаграм, при цьому намагатися не використовувати аббревіатури.
- Одноразово визначати функціонально ідентичні процеси на найвищому рівні, де такий процес необхідний, і посилатися на нього на нижніх рівнях.
- Відокремлювати управлінські структури від оброблювальних структур (процесів), локалізувати управлінські структури.

Етапи процесу побудови моделі з використанням DFD-методології.

1. Розгалуження вимог і організація їх в основні функціональні групи.
2. Ідентифікація зовнішніх об'єктів, з якими система повинна бути пов'язана.
3. Ідентифікація основних видів інформації, що циркулює між системою і зовнішніми об'єктами.
4. Розробка контекстної діаграми, на якій основні функціональні групи представляються процесами, зовнішні об'єкти — зовнішніми сутностями, основні види інформації — потоками даних між процесами та зовнішніми сутностями.
5. Вивчення попередньої контекстної діаграми і внесення до неї змін за наслідками відповідей на питання, що виникають при цьому вивченні.
6. Побудова контекстної діаграми шляхом об'єднання всіх процесів попередньої діаграми в один процес, а також групування потоків.

7. Формування DFD першого рівня на базі процесів попередньої контекстної діаграми.
8. Перевірка основних вимог з DFD першого рівня.
9. Декомпозиція кожного процесу поточної DFD за допомогою деталізованої діаграми або специфікації процесу.
10. Перевірка основних вимог з DFD відповідного рівня.
11. Додавання визначень нових потоків у словник даних при кожній їх появі на діаграмах.
12. Паралельне вивчення вимог, ідентифікація процесів або специфікацій процесів, відповідних цим вимогам.
13. Після побудови двох-трьох рівнів проведення ревізії з метою перевірки коректності та поліпшення розуміння моделі.

Тема №12. ІМІТАЦІЙНЕ МОДЕЛЮВАННЯ СИСТЕМ

Тематичний план

- 12.1 Поняття імітаційного моделювання та імітаційної моделі*
- 12.2 Етапи розвитку імітаційного моделювання та сфери їх застосування*
- 12.3 Імітаційне моделювання систем як окремий випадок математичного моделювання*
- 12.4 Переваги застосування машинної імітації*
- 12.5 Методи проєктування імітаційних моделей*
- 12.6 Програмна реалізація імітаційної моделі*

12.1 ПОНЯТТЯ ІМІТАЦІЙНОГО МОДЕЛЮВАННЯ ТА ІМІТАЦІЙНОЇ МОДЕЛІ

Імітація — це чисельний метод проведення експериментів з математичними моделями, що описують поведінку складних систем протягом тривалих періодів часу.

Представлення про метод імітації засноване на використанні властивості відтворення процесів, що протікають у досліджуваній складній системі, штучними засобами за допомогою математичних моделей, що реалізуються на ЕОМ.

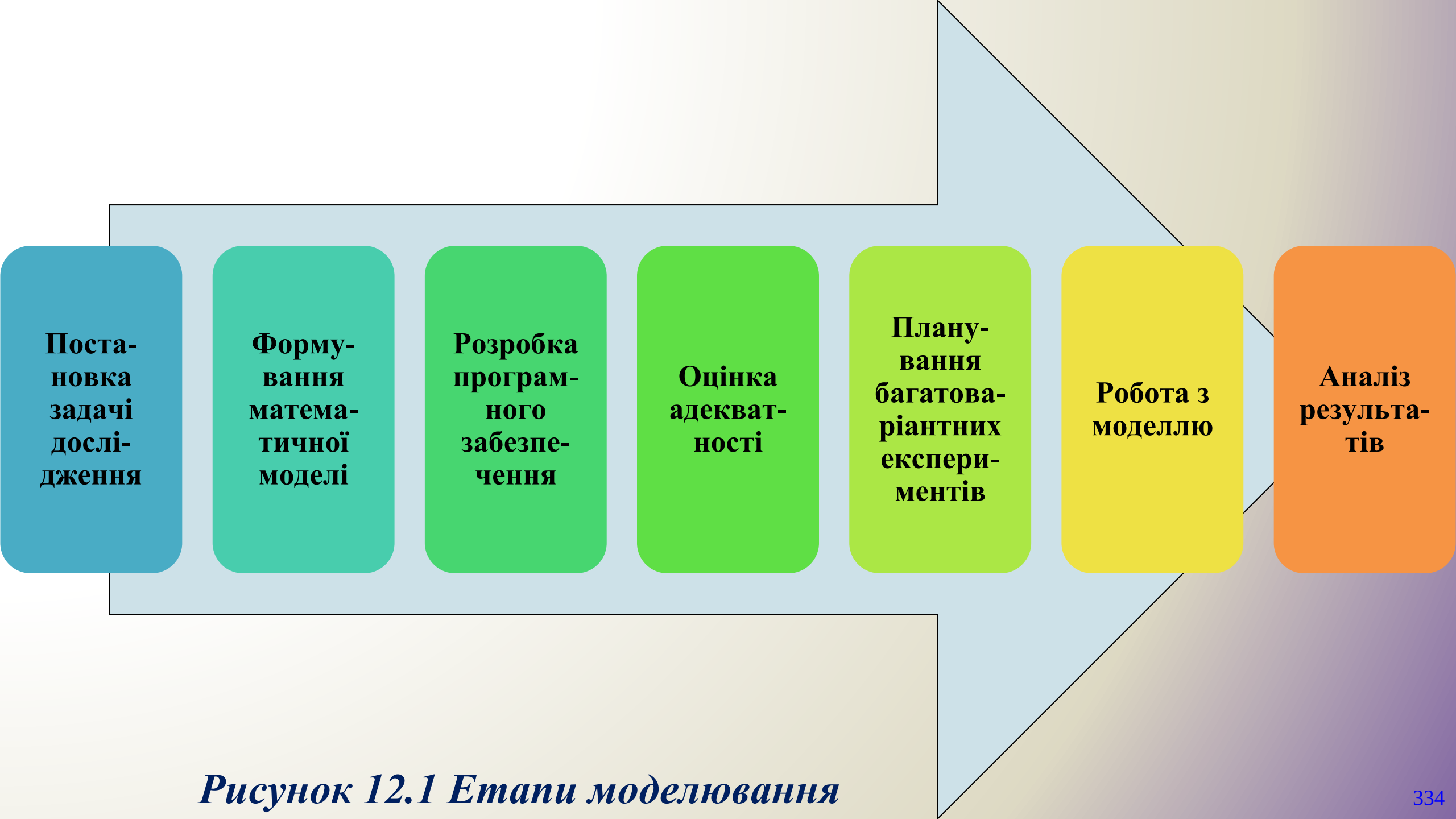


Рисунок 12.1 Етапи моделювання

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, необов'язково спеціально перетворювати до заздалегідь 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.

Імітаційні моделі **призначені** для отримання інформації про модельовану систему і вироблення в подальшому відповідних оцінок, застосовних для формування рішень.

Імітаційні моделі **будуються** передусім для того, щоб на підставі інформації про досліджувану систему і процеси, що протікають в ній, узагальнити та деталізувати наявні дані до такого ступеня, при якому вони могли б стати придатними для вироблення рішень.

Імітаційні моделі можуть **застосовуватися** для опису і дослідження досить складних процесів практично на межі можливої формалізації.

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.

Процедури алгоритмізації в цьому випадку найбільше визначаються змістом математичної моделі, а не ґрунтуються на чіткому виділенні сукупності шуканих величин.

Імітаційний алгоритм *повинен бути представлений* у вигляді набору машинних програм, що реалізують процедури імітації, збирання даних за спостереженнями і вимірами, введення та виведення початкових даних і результатів експериментів.

12.2 ЕТАПИ РОЗВИТКУ ІМІТАЦІЙНОГО МОДЕЛЮВАННЯ

Київська школа – Марьянович Т.П., Літвінов В.В., Коваленко І.Н., Калініченко Л.А., Жук К.Д., Бакаєв А.А., Нікітін А.І. – на чолі з академіком Глушковим В.М.

Традиційними напрямками у галузі імітаційного моделювання:

- розвиток методології, методів і технологій моделювання;
- розробка засобів і систем моделювання на базі універсальних алгоритмічних мов моделювання;
- розробка пакетів моделювання широкого призначення;
- розробка проблемно-орієнтованих пакетів моделювання.

ЕТАПИ РОЗВИТКУ:

Етап 1 (1955 – 1960 р.р.). Програми для задач моделювання розроблялися на основі таких загальноновідомих універсальних мов, як FORTRAN і ALGOL.

Етап 2 (1961 – 1965 р.р.). З'явилися перші мови моделювання: GPSS, SIMSCRIPT, SIMULA, CSL, SOL. Була розроблена так звана концепція погляду на світ (world view).

Етап 3 (1965 – 1970 р.р.). З'явилося друге покоління мов моделювання GPSS V, SIMSCRIPT II.5, SIMULA 67.

Етап 4 (1971 – 1978 р.р.). Розвиток вже розроблених мов і засобів моделювання, орієнтований передусім на підвищення ефективності процесів моделювання і перетворення моделювання в більш простий і швидкий метод дослідження складних систем.

Етап 5 (1979 – 1984 р.р.). Роки переходу від програмування до розвитку моделей.

Етап 6 (1985 – 1994 р.р.). Перенесення програмного забезпечення для імітаційного моделювання на персональні ЕОМ з використанням засобів графічного інтерфейсу.

Етап 7 (1995 – 1998 р.р.). Розробка засобів технологічної підтримки процесів розподіленого ім. моделювання на мультипроцесорних ЕОМ і мережах.

Таблиця 12.1 – Основні етапи розвитку методів імітаційного моделювання

№ зп	Етапи	Країна	Мови і системи моделювання	Клас досліджуваних систем
1	1955-1960		FORTRAN, ALGOL	Дискретні, неперервно-дискретні
2	1961-1965	USA UK Norway	GPSS, SOL, SIMSCRIPT CSMP360 CSL SIMULA	дискретні неперервно-дискретні дискретні дискретні
3	1966-1970	USA Norway Ukraine	GPSS V, SIMSCRIPT II.5 SIMULA 67 СЛЕНГ	дискретні неперервно-дискретні дискретні
4	1971-1978	USA UK Ukraine	GASP IV CADSIM DEMOS, ECSL АЛСИМ- БЕСМ НЕДІС	неперервно-дискретні неперервно-дискретні дискретні дискретні неперервно-дискретні
5	1974-1984	USA UK Ukraine	GPSS/H, HOCUS, MICROSAINT 3.1, MIC-SIM I NTER-SIM АЛСИМ-2, ТАЇС	дискретні
6	1985-1994	USA UK Germany Ukraine	SLAM II PC System Animation PC Model ESL SIMPLE ++ НЕДІС-90	неперервно-дискретні, дискретні дискретні неперервно-дискретні
7	1994-по теперішній час	USA, UK, Germany, Ukraine	Розробка технологій і засобів підтримки розподіленого імітаційного моделювання (наприклад., AnyLogic? MatLab, Mathcad, Maple, VisSim і т.д.)	

Таблиця 12.2 – Модельно-орієнтовані імітаційні пакети

Найменування пакета, рік створення	Клас досліджуваних систем	Тип математичних моделей	Вхідна мова (мова програмування)
АМОС-М, 1979	Системи з дискретними подіями	Кусочно-лінійні агрегати	FORTTRAN
ДЕПРОГ, 1981	Прогнозування демографічних факторів	Дискретно-ініціальні автомати Мура з детермінованими виходами	PL-1
ВОКОН, 1981	Часова оцінка якості обслуговування населення	-	PL-1
ПАТ-1, 1983	Фізіологічні системи, системи дихання і кровообігу	Рівняння теорії оптимальних рішень	FORTTRAN
ЕСКІЗ, 1983	Нелінійні динамічні системи	Диференціальні і логіко-динамічні рівняння	FORTTRAN
МРС-1, 1984	Економічні і біологічні системи	Інтегро-дифференційні динамічні моделі	FORTTRAN

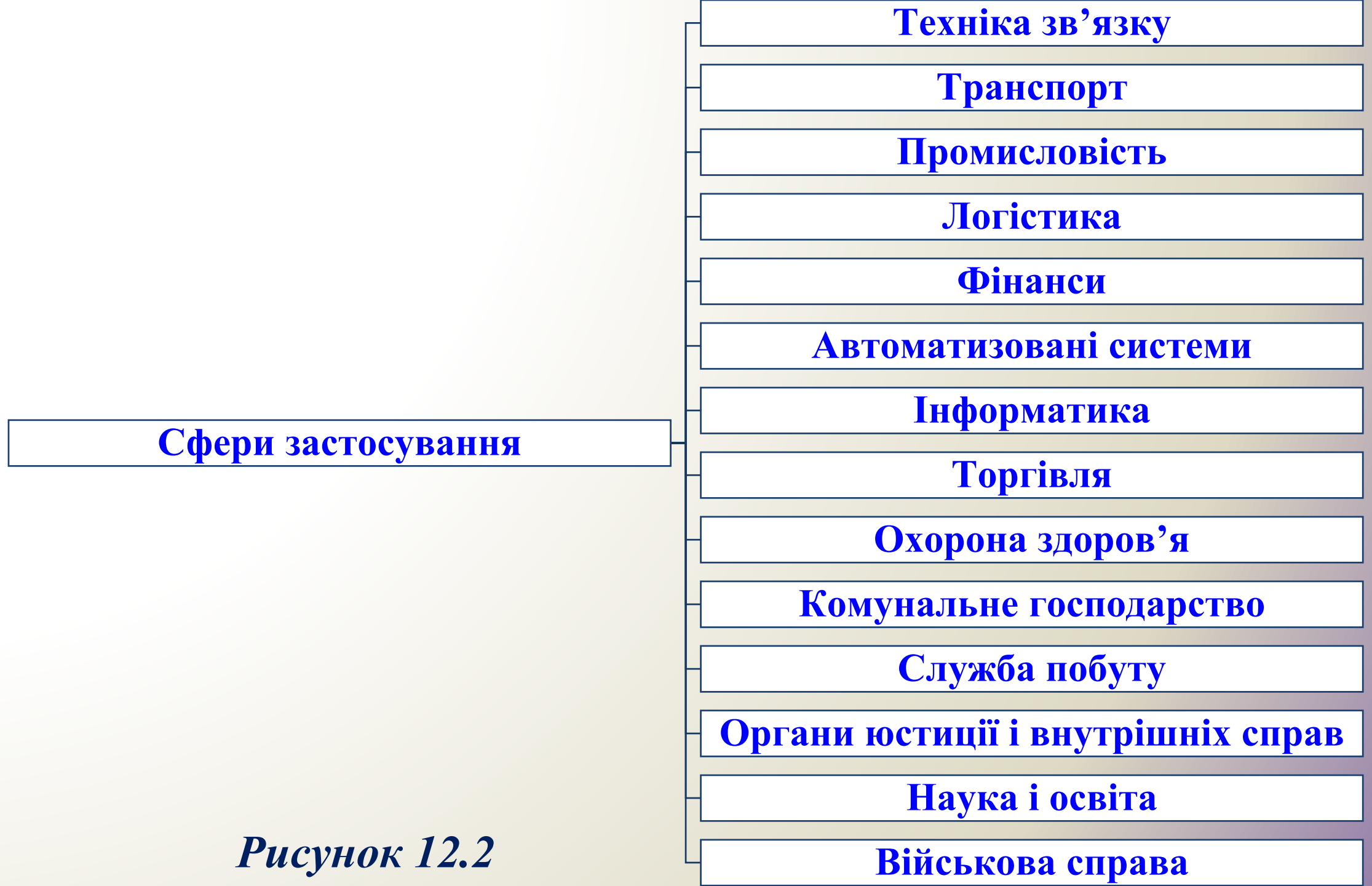


Рисунок 12.2

12.3 ІМІТАЦІЙНЕ МОДЕЛЮВАННЯ СИСТЕМ ЯК ОКРЕМИЙ ВИПАДОК МАТЕМАТИЧНОГО МОДЕЛЮВАННЯ

Імітаційне моделювання — це метод дослідження, заснований на тому, що система, яка вивчається, замінюється імітатором і з ним проводяться експерименти з метою отримання інформації про цю систему.

Імітаційне моделювання *охоплює* методологію створення моделей систем, методи алгоритмізації та засоби програмних реалізацій імітаторів, планування, організацію і виконання на ЕОМ експериментів з імітаційними моделями, машинну обробку даних та аналіз результатів

Імітаційна модель – логіко-математичний опис об'єкта, який може бути використаний для експериментування на комп'ютері в цілях проєктування, аналізу і оцінки функціонування об'єкта.

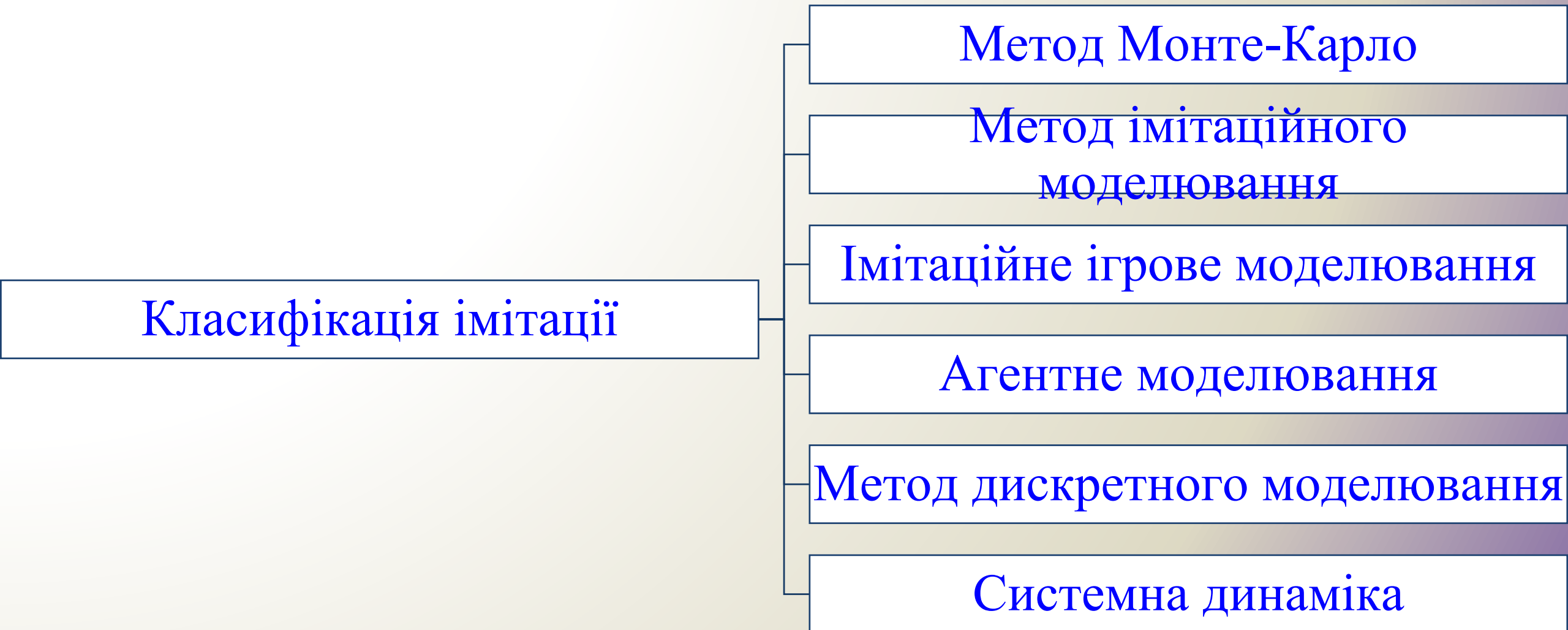


Рисунок 12.3

Популярні системи імітаційного моделювання:

- MathWorks, MATLAB and Simulink for Technical Computing;
- Triad.Net;
- AnyLogic;
- Aimsun Arena;
- Business Studio;
- PTV Vision VISSIM;
- eM-Plant;
- Powersim;
- GPSS;
- NS-2;
- Transyt;
- simuLab;
- Simplex3.

Головні напрями використання імітаційного моделювання:

- прогнозування розвитку національних економік;
- створення важливих народногосподарських проєктів;
- розробка і впровадження інформаційних систем різного призначення;
- створення системи оборони країни і планування військових операцій;
- охорона навколишнього середовища;
- навчання та підготовка кадрів.

12.4 ПЕРЕВАГИ ЗАСТОСУВАННЯ МАШИННОЇ ІМІТАЦІЇ

1. Вдається відповісти на багато запитань, що постають на ранніх стадіях задуму і попереднього проєктування систем, уникнувши застосування методу спроб і помилок, пов'язаного із значними витратами.
2. Метод дає змогу досліджувати особливості функціонування системи за будь-яких умов, зокрема й тих, які не реалізовані в натурних експериментах.
3. Стає можливим прогнозувати поведження системи в близькому та віддаленому майбутньому, екстраполюючи на моделі результати промислових випробувань.

4. Імітаційні моделі технічних і технологічних систем та пристроїв дають змогу в багато разів скоротити час їх випробування.
5. За допомогою методу машинної імітації можна штучним шляхом швидко й у великому обсязі дістати потрібну інформацію, що відбиває хід реальних процесів, уникнувши дорогих, а часто й неможливих натурних випробувань цих процесів.
6. Імітаційна модель є надзвичайно гнучким пізнавальним інструментом, здатним відтворювати довільні як реальні, так і гіпотетичні ситуації.
7. Імітаційне моделювання на ЕОМ часто буває єдиним реальним способом розв'язання таких задач

Умови застосування машинної імітації:

- непридатність або відсутність аналітичних методів розв'язання задач;
- цілковита впевненість в успішному створенні імітаційної моделі, яка адекватно описує досліджувану систему;
- можливість використати сам процес побудови імітаційної моделі для попереднього дослідження системи, що моделюється, з метою напрацювання рекомендацій щодо поліпшення умов її функціонування.

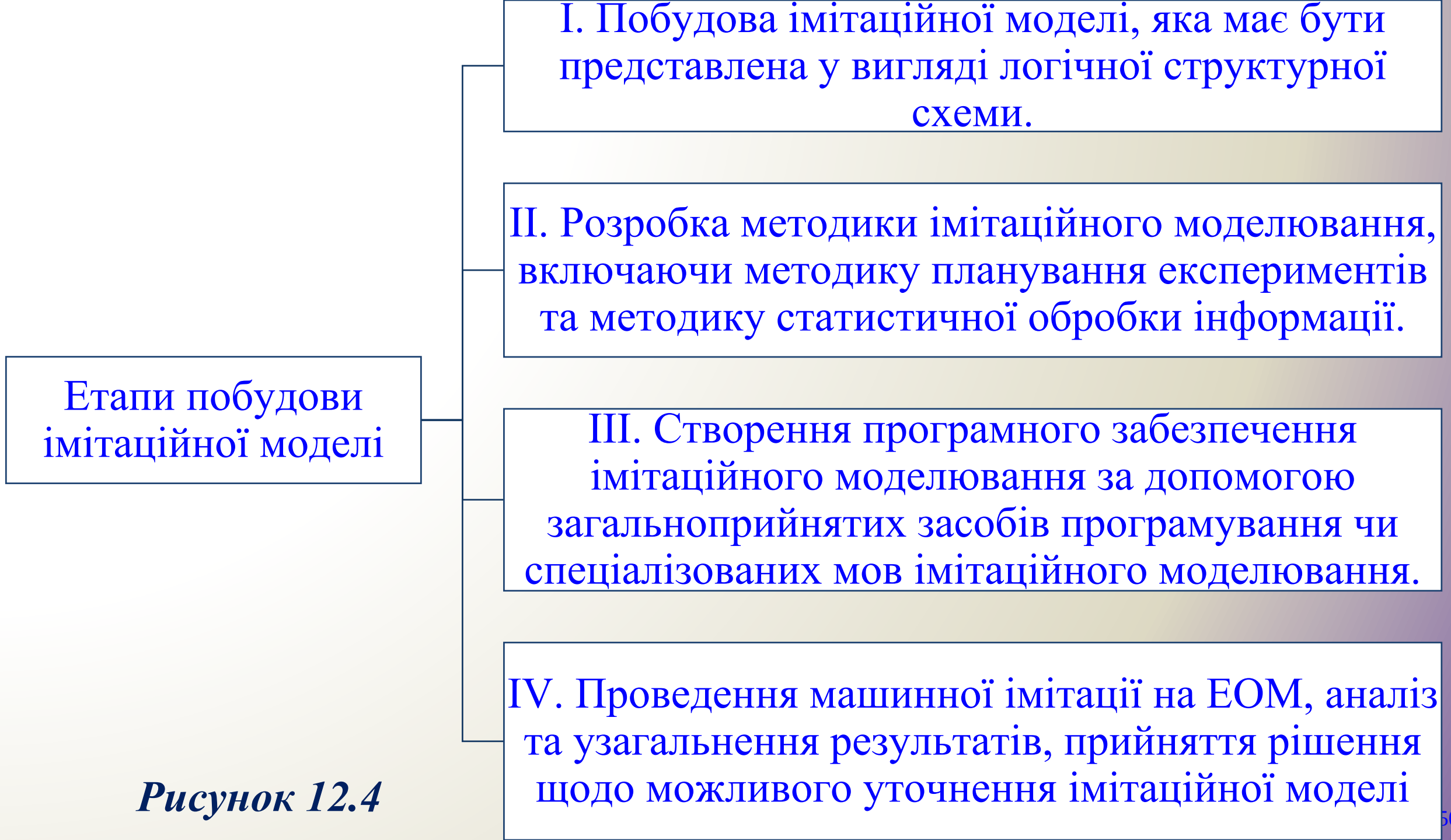


Рисунок 12.4

Кроки послідовності складання імітаційної моделі:

- визначення задачі та її аналіз;
- визначення вимог до інформації;
- збирання інформації;
- висування гіпотез і прийняття припущень;
- встановлення основного змісту моделі;
- визначення параметрів, змінних і критеріїв ефективності;
- опис концептуальної моделі й перевірка її вірогідності;
- побудова логічної структурної схеми (блок-схеми)

Порядок перевірки ймовірності концептуальної моделі:

1. З'ясування задуму моделі та доцільності її створення.
2. Виявлення зв'язку задуму моделі та доцільності її побудови з детермінованими, рандомізованими (імовірними) і середніми значеннями характеристик моделі.
3. Дослідження прийнятих апроксимацій реальних процесів.
4. Розгляд критеріїв ефективності.
5. Дослідження прийнятих припущень і гіпотез.
6. Встановлення зв'язку п. 4 і 5 з реальними процесами; вивчення системи та збурюючих факторів зовнішнього середовища.
7. Встановлення достовірності інформації та її джерел, що використовуються при побудові моделі.
8. Розгляд процедури в цілому у зв'язку з визначенням задачі.
9. Розгляд постановки задачі.

Побудувавши схему імітаційної моделі, перевіряють її логічну достовірність такими діями:

- порівнюють кожну функцію концептуальної моделі з її реалізацією в блок-схемі;
- перевіряють повноту опису блок-схеми;
- з'ясовують, чи немає на схемі непередбачених циклів і нелогічних віток;
- пересвідчуються в тому, що всі блоки та підблоки описано зрозуміло, точно й повно;
- перевіряють наявність «входу» і «виходу» на схемі;
- переглядають усі цикли, переконуючись, що кожний з них має «вхід» і «вихід»;
- перевіряють правильність застосовуваного способу нумерації блоків;

- порівнюють справжні вихідні величини моделі з бажаним виходом;
- перевіряють правильність написання і використання всіх математичних виразів;
- перевіряють фізичні розмірності всіх величин у рівняннях;
- контролюють правильність здобуття всіх констант, параметрів і змінних;
- перевіряють, чи немає помилок у застосуванні індексів;
- встановлюють, чи правильно відображають датчики всі функції;
- перевіряють правильність роботи датчиків випадкових величин;
- перевіряють правильність реалізації у блоках усіх математичних виразів.

12.5 МЕТОДИ ПРОЄКТУВАННЯ ІМІТАЦІЙНИХ МОДЕЛЕЙ

Варіантний метод передбачає виконання ітераційної процедури, під час якої проєктувальник корегує вже розроблені частини імітаційної моделі, доки не буде впевненим, що модель відповідає цілям моделювання, або не відмовиться від неї.

Ітераційний метод полягає в тому, що шляхом багатьох ітерацій спроєктована спочатку модель перетворюється в таку, яка відповідає цілям моделювання. Даний метод ***передбачає*** послідовні циклічні зміни, у результаті чого отримують модель, яка задовольняє вимогам точності та адекватності.

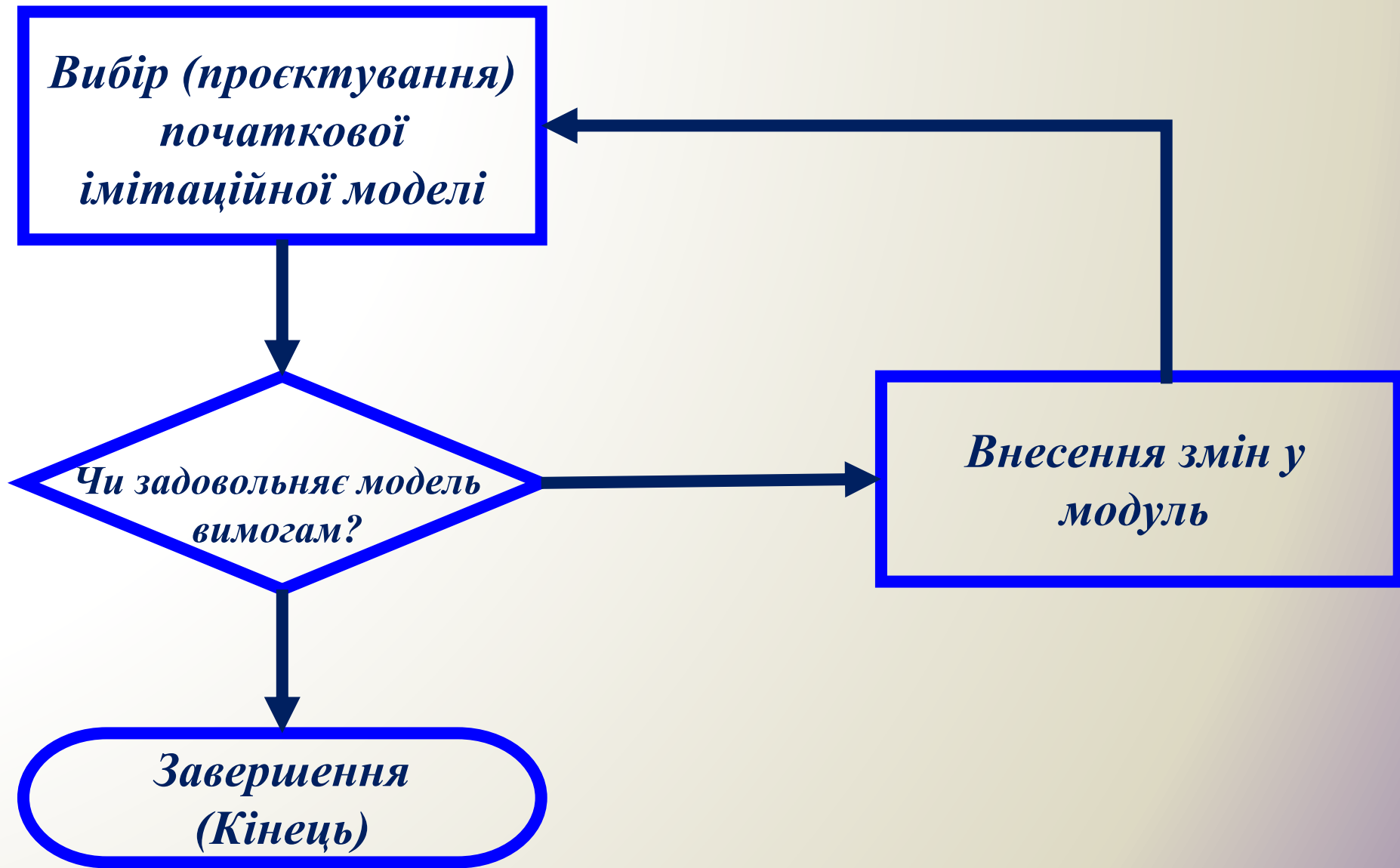


Рисунок 12.5 Схеми циклічного ітераційного процесу

Ієрархічні методи.

Низхідне проєктування полягає у поступовому уточнюванні абстрактного опису системи, у процесі якого на кожному етапі побудови моделі задається певний рівень деталізації відображення системи.

Висхідне проєктування засновано на поступовому відображенні елементів системи в моделі, починаючи з найнижчого рівня системи з наступним переходом до вищого.

12.6 ПРОГРАМНА РЕАЛІЗАЦІЯ ІМІТАЦІЙНОЇ МОДЕЛІ

Програмна реалізація імітаційної моделі може бути створена за допомогою:

- алгоритмічних мов загального призначення;
- спеціальних мов моделювання;
- пакет прикладних програм для моделювання;
- засобів автоматизації програмування імітаційних моделей;
- діалогових і візуальних систем моделювання;
- інтелектуальних систем моделювання.

Тема №13. ТЕОРІЯ МАСОВОГО ОБСЛУГОВУВАННЯ. GPSS- МОДЕЛЮВАННЯ СИСТЕМ

Тематичний план

- 13.1 Базові поняття теорії масового обслуговування.
Класифікації систем масового обслуговування*
- 13.2 Система кодування СМО*
- 13.3 GPSS-Моделювання систем*

13.1 БАЗОВІ ПОНЯТТЯ ТЕОРІЇ МАСОВОГО ОБСЛУГОВУВАННЯ. КЛАСИФІКАЦІЇ СИСТЕМ МАСОВОГО ОБСЛУГОВУВАННЯ

Теорія масового обслуговування (ТМО) – галузь прикладної математики, що використовує методи теорії випадкових процесів.

Стимул розвитку ТМО – це спроби передбачити потреби, які випадково змінюються, за результатами спостережень і на основі цього організувати обслуговування, що характеризується прийнятним часом очікування.

Методами ТМО проводиться аналіз окремих систем, потім на його основі вирішується проблема оптимізації параметрів системи.

Сукупність обслуговуваної і обслуговуючої систем називається ***системою масового обслуговування (СМО)***.

Основні поняття ТМО:

вимога – кожен окремий запит на виконання якої-небудь роботи або послуги;
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 пристрій або 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 і до його завершення;

канал обслуговування – це будь-який пристрій, який безпосередньо обслуговує замовлення

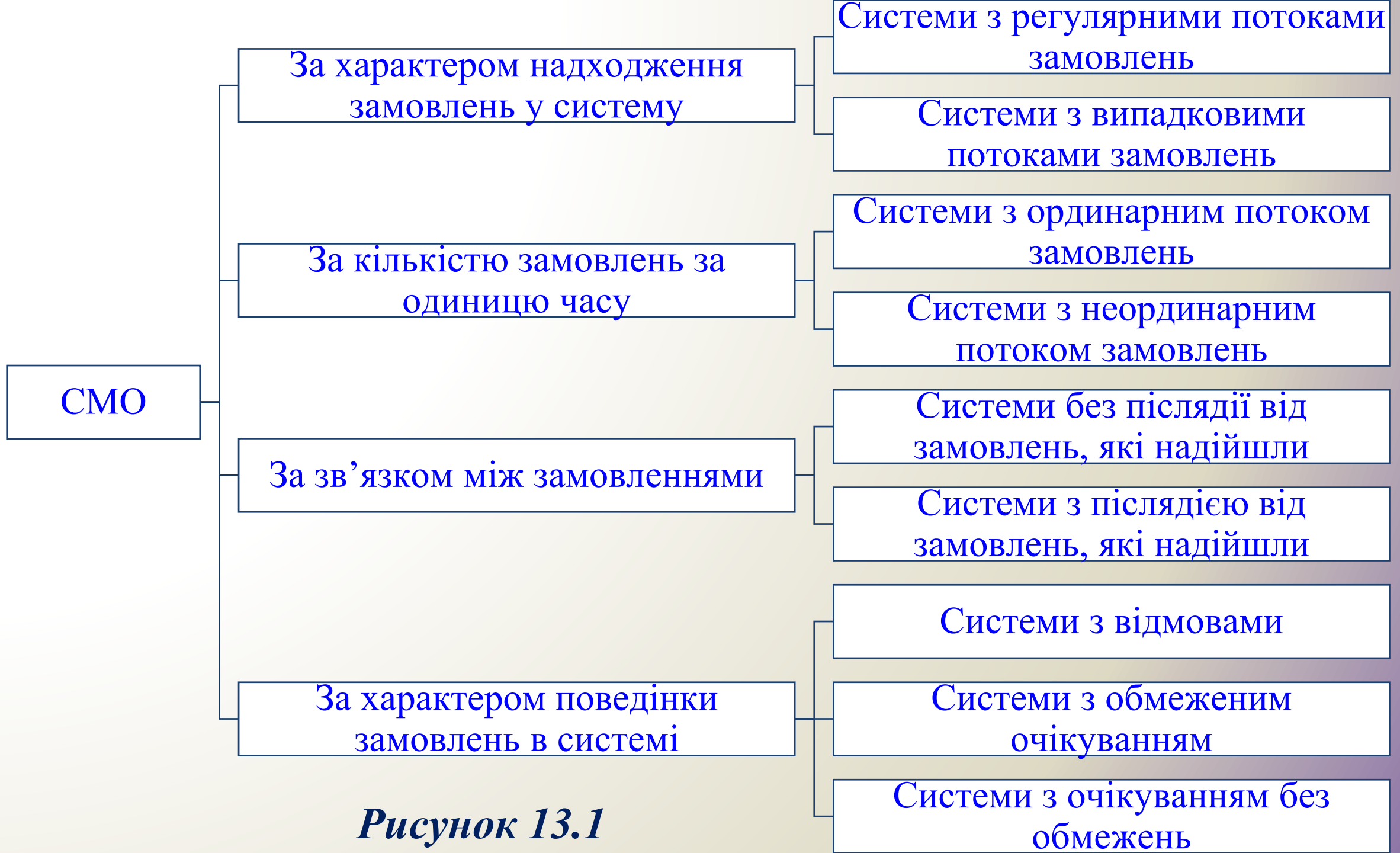


Рисунок 13.1

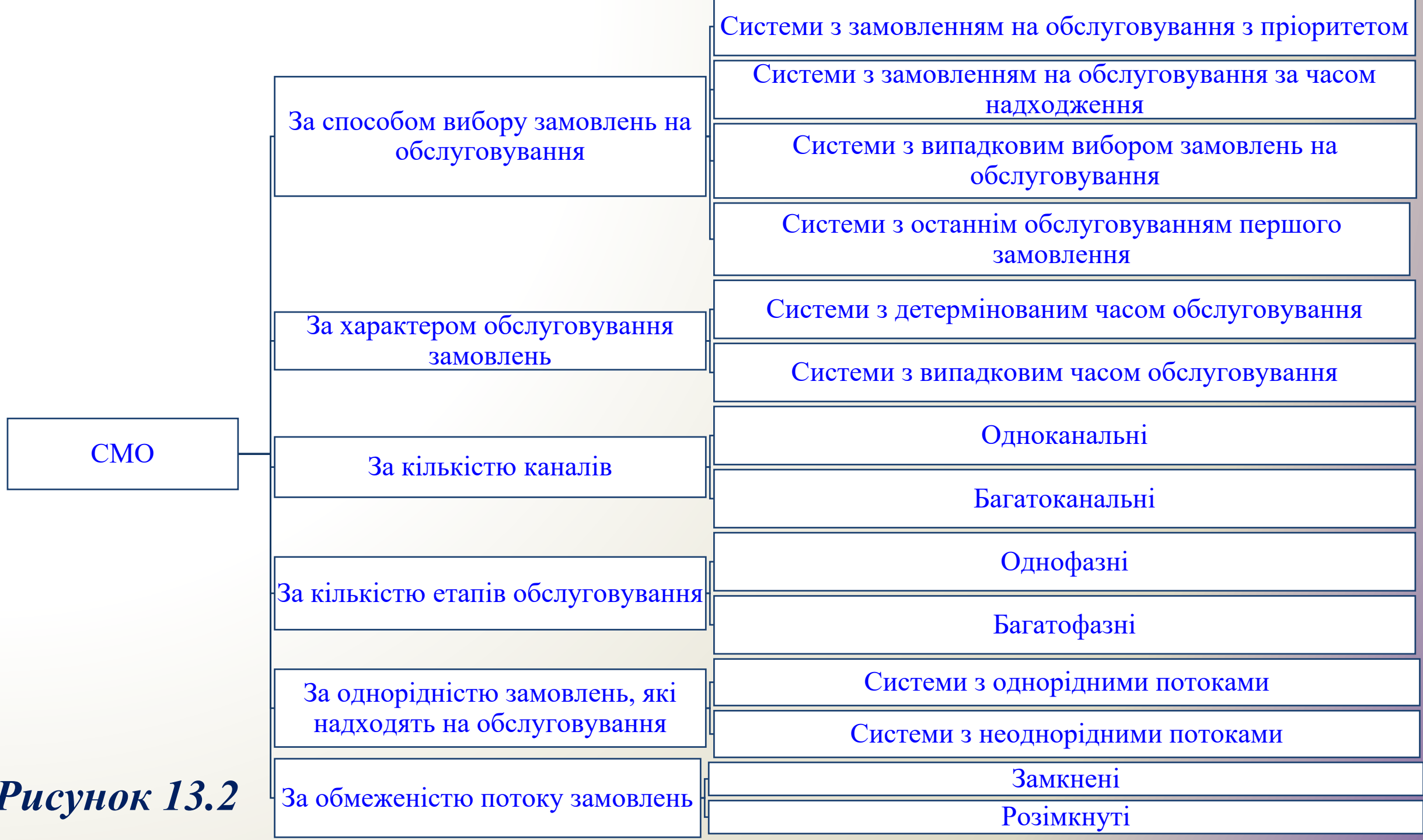


Рисунок 13.2

13.2 СИСТЕМА КОДУВАННЯ СМО

Для позначення будь-якої однофазної СМО використовують систему кодування A/B/C/D/E

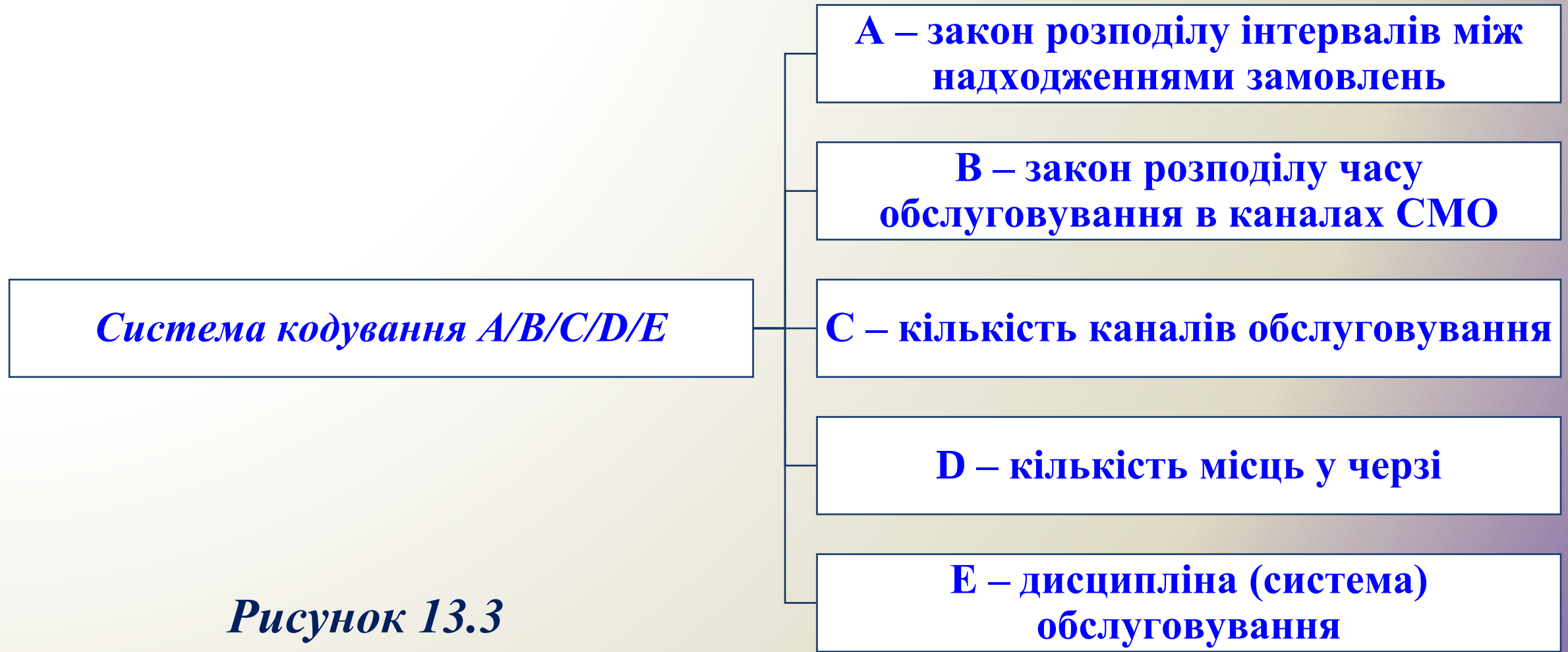


Рисунок 13.3

Приклади позначень: M/M/1, E/H/1/r/LIFO, G/G/1

Суть досліджень реальних процесів за допомогою ТМО – кількісний опис потоку вимог, що надходять у систему, і часу обслуговування, визначення через їх характеристики показників якості функціонування системи як при існуючому варіанті її організації, так і при інших можливих варіантах й отримання висновків про поліпшення роботи системи масового обслуговування шляхом зміни її організації.

Показники якості функціонування СМО залежать не тільки від величини параметрів потоку вимог і часу обслуговування, але і від різних ознак.

Завданням ТМО є відшукування залежностей величини, що характеризує якість функціонування обслуговуючої системи або її ефективність, від способів організації системи в цілому.

Під **ефективністю обслуговуючої системи** розуміється характеристика рівня виконання цією системою її функцій.

Показники ефективності визначаються трьома групами факторів: характеристиками якості і надійності системи обслуговування, економічними показниками й особливостями функціонування системи.

Під **якістю функціонування СМО** розуміють ступінь задоволення потреби в обслуговуванні.

Метою ТМО є розробка математичних методів для відшукування основних показників процесів масового обслуговування, що характеризують якість функціонування системи масового обслуговування при різних варіантах її організації.

Предметом дослідження ТМО є кількісна сторона процесів масового обслуговування.

Показники якості й ефективності функціонування системи: ймовірність того, що обслуговуванням зайнято n пристроїв; ймовірність втрати об'єкта, що дорівнює ймовірності того, що всі пристрої зайняті обслуговуванням; середня кількість зайнятих і вільних пристроїв; коефіцієнти простою і завантаження пристроїв; середній час перебування об'єкта в черзі і системі; середня величина черги; ймовірність того, що час перебування об'єкта в черзі триватиме не більше певної величини; ймовірність того, що кількість елементів у черзі більше деякого числа m ; кількість необслужених (втрачених) об'єктів; витрати і втрати при функціонуванні системи.

Оцінка ефективності дозволяє оптимізувати СМО.

При оцінці ефективності застосовуються вартісні показники:

- вартість обслуговування об'єкта;
- вартість втрат, пов'язаних з очікуванням обслуговування в одиницю часу;
- вартість збитків, пов'язаних з втратою об'єктів;
- вартість експлуатації обслуговуючих пристроїв в одиницю часу;
- вартість одиниці часу простою пристрою та ін.

13.3 GPSS-МОДЕЛЮВАННЯ СИСТЕМ

GPSS (General Purpose Simulation System) – система моделювання загального призначення; мова програмування, яка призначена для імітаційного моделювання різноманітних систем, в основному масового обслуговування.

Система в цій мові моделюється як операції входу в систему і передається від одного сервісу до іншого у вигляді блоків.

Мова GPSS проєктується у вигляді **транзакцій** – сутностей, що рухаються впродовж виконання моделі.

Блок – це лінійка коду, що представляє одиничну дію, яка впливає на саму транзакцію, або на якісь інші сутності.

Мова GPSS ґрунтується на припущенні, що модель складної системи можна зобразити за допомогою сукупності елементів і логічних правил їхньої взаємодії у процесі функціонування системи. Також припускається, що у процесі моделювання системи можна виокремити невеликий набір абстрактних елементів, які називають об'єктами. Набір логічних правил обмежений і його можна описати невеликою кількістю стандартних операцій. Комплекс програм, які описують функціонування об'єктів і виконують логічні операції, є основою для створення програмної моделі системи цього класу.

Спеціальна програма-планувальник, яка виконує такі функції:

- забезпечення просування за заданими розробником маршрутами динамічних об'єктів, які називають транзактами;
- планування подій, які відбуваються в моделі, шляхом реєстрації часу появи кожної події і виконання їх у наростаючій часовій послідовності;
- реєстрація статистичної інформації про функціонування моделі;
- просування модельного часу у процесі моделювання системи.

В GPSS об'єкти класифікують на сім категорій і 15 типів:

- Динамічна категорія – транзакти.
- Операційна категорія – блоки.
- Апаратна (статична) категорія – одноканальні пристрої, багатоканальні пристрої, логічні ключі.
- Обчислювальна категорія – змінні, функції, генератори випадкових чисел.
- Статистична категорія – черги, таблиці.
- Запам'ятовуюча категорія – комірки, матриці комірок.
- Групуєча категорія – числові групи, групи транзактів, списки.

Динамічні об'єкти (транзакти) створюються у певних точках моделі, просуваються планувальником через блоки, а потім знищуються.

Операційні об'єкти (блоки) задають логіку функціонування моделі системи і визначають шлях руху транзактів між об'єктами апаратної категорії.

У блоках можуть відбуватися події чотирьох головних типів:

- 1) створення або знищення транзактів;
- 2) зміна числового атрибута об'єкта;
- 3) затримка транзакта на певний період часу;
- 4) зміна маршруту руху транзакта в моделі.

Класифікація блоків за їх призначенням

1. Блоки, які здійснюють модифікацію атрибутів транзактів:
 - а) генерування і знищення транзактів (GENERATE, SPLIT, TERMINATE, ASSEMBLE);
 - б) затримка у часі (ADVANCE);
 - в) синхронізація руху двох (MATCH) і кількох (GATHER) транзактів;
 - г) зміна параметрів транзактів (ASSIGN, INDEX, MARK, PLUS); д) зміна пріоритету транзакта (PRIORITY).
2. Блоки, які змінюють послідовність руху транзактів (DISPLACE, TRANSFER, LOOP, TEST, GATE).

3. Блоки, пов'язані з групуючою категорією (ADOPT, ALTER, EXAMINE, JOIN, REMOVE, SCAN).

4. Блоки, які описують об'єкти апаратної категорії:

а) одноканальні пристрої (SEIZE, RELEASE, PREEMT, RETURN, FUNAVAIL, FAVAIL);

б) багатоканальні пристрої (ENTER, LEAVE, SAVAIL, SUNAVAIL);

в) ключі (логічні перемикачі) (LOGIC).

5. Блоки, які зберігають необхідні значення для того, щоб використати їх пізніше (SAVEVALUE, MSAVEVALUE).

6. Блоки, які забезпечують отримання статистичних результатів:
а) черги (QUEUE, DEPART);
б) таблиці (TABULATE).

7. Блоки для організації списку користувача (LINK, UNLINK).

8. Блоки для організації введення-виведення:
а) відкриття/закриття файла (OPEN/CLOSE);
б) зчитування/запис у файл (READ/WRITE);
г) встановлення позиції поточного рядка (SEEK).

9. Спеціальні блоки (BUFFER, COUNT, EXECUTE, INTEGRATION, SELECT, TRACE, UNTRACE).

Об'єкти апаратної категорії – це абстрактні елементи, на які можна здійснити декомпозицію (поділ) устаткування реальної системи.

Одноканальні пристрої (пристрої) – це устаткування, яке в будь-який момент часу може займати лише один транзакт.

Багатоканальні пристрої (БКП) призначені для імітації устаткування, яке здійснює паралельне обслуговування, тобто може одночасно обслуговувати кілька транзактів.

Обчислювальна категорія призначена для опису таких ситуацій у процесі моделювання, коли зв'язки між компонентами системи найпростіше і компактно виражаються у вигляді математичних (аналітичних і логічних) співвідношень. З цією метою об'єктами обчислювальної категорії введені арифметичні та булеві змінні і функції.

Об'єкти запам'ятовуючої категорії забезпечують звертання до збережених значень.

До статистичних об'єктів належать черги і таблиці.

До групууючої категорії належать три типи об'єктів: числова група; група транзактів; списки (поточних подій; майбутніх подій; користувача; переривання; парності).

Таймер GPSS має такі особливості:

- реєструються лише додатні дійсні значення часу;
- одиницю модельного часу (масштаб) визначає розробник моделі, який задає всі часові інтервали в одних і тих самих одиницях;
- планувальник не аналізує стан моделі в кожний наступний момент модельного часу, а просуває таймер до моменту часу, коли повинна відбутися найближча наступна подія.

Координація процесів у моделі забезпечується інтерпретатором GPSS – *планувальником транзактів*.

Головне завдання, яке виконує планувальник (інтерпретатор) – визначення того, який транзакт потрібно вибрати наступним для просування в моделі, коли попередній транзакт припинив свій рух. Планувальник розглядає кожен транзакт як елемент деякого списку.

Події ділять на три фази:

- зміна модельного часу;
- перегляд списку поточних подій;
- просування транзактів.

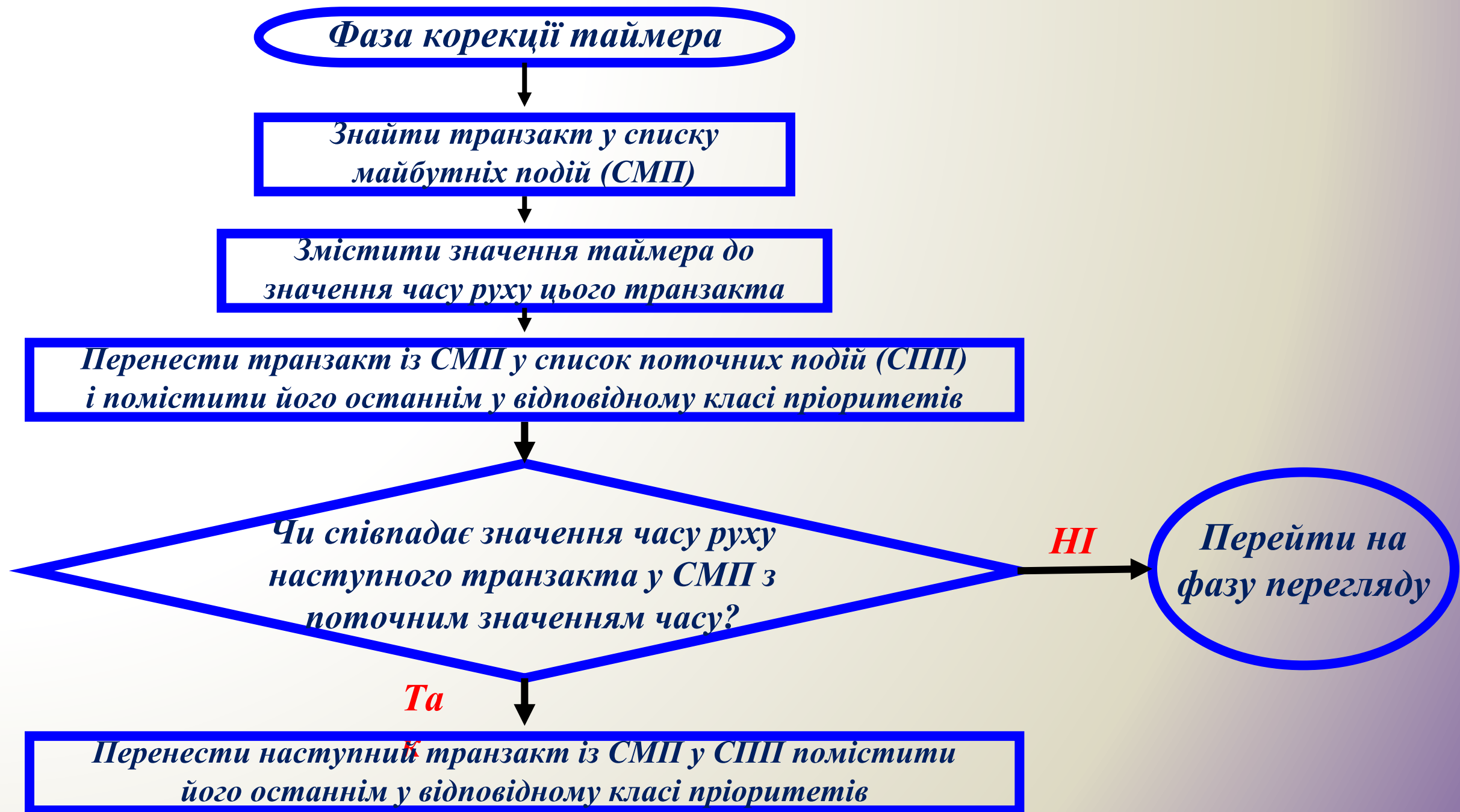


Рисунок 13.4 Фаза 1 (зміна значення модельного часу)

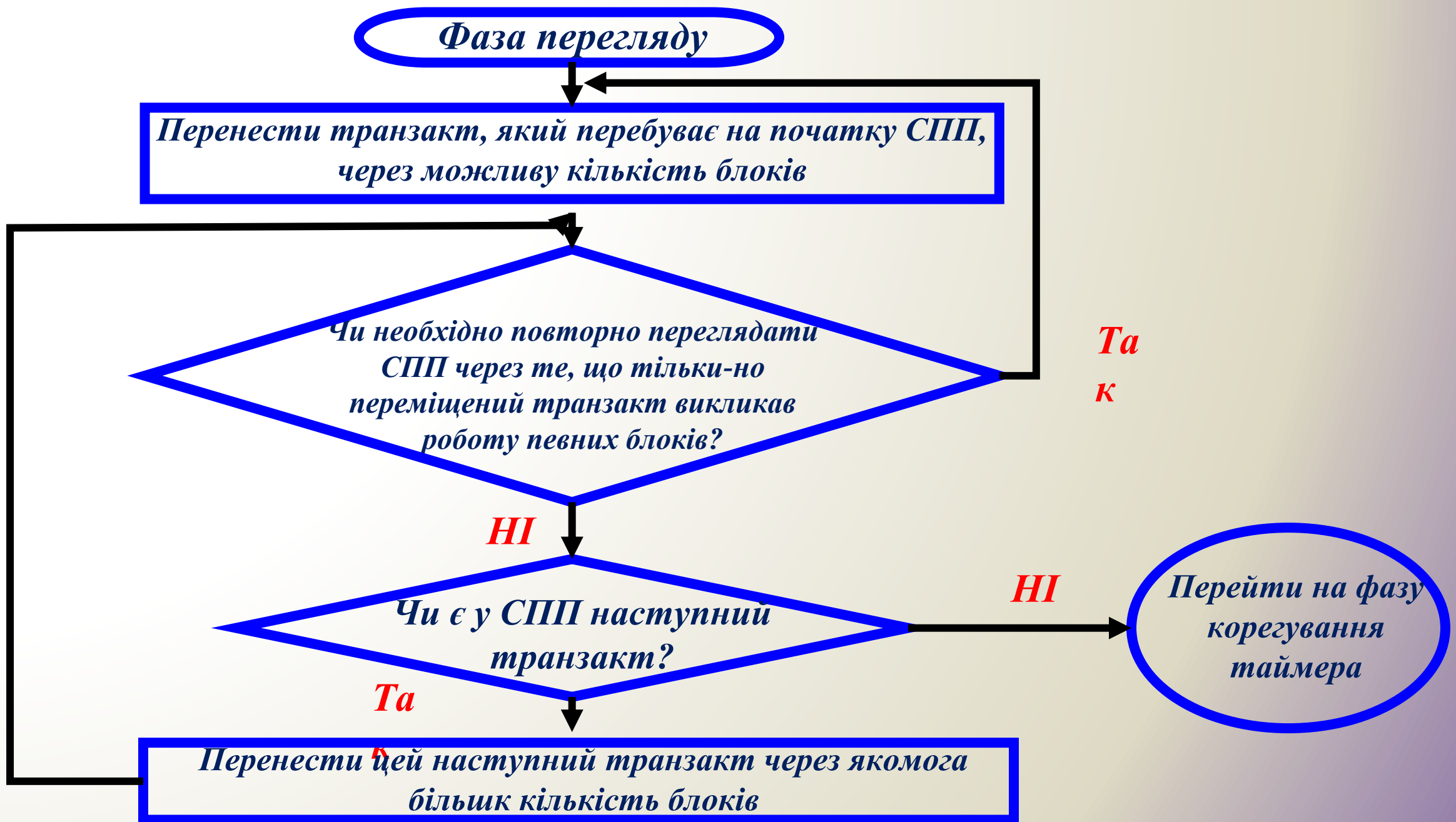


Рисунок 13.4 Фаза 2 (перегляд списку поточних подій)

Фаза 3. Просування транзактів.

Якщо транзакт у СПП перебуває в активному стані, планувальник робить спробу просунути його. Якщо транзакт може рухатися, планувальник його рухає і виконує операції, відповідні блоку, який проходить транзакт. Після цього планувальник визначає, чи належить блок, до якого увійшов транзакт, до блоку типу BUFFER. Якщо належить, то планувальник негайно припиняє обробку транзакта і починає перегляд СПП.

Якщо блок, до якого увійшов транзакт, не є блоком типу BUFFER, планувальник перевіряє, чи не змінився стан пристрою у процесі виконання попереднього блоку. Якщо змінився, то планувальник встановлює в одиницю «прапорець зміни стану», а в нуль – індикатори перегляду для всіх транзактів, що перебувають у списку затримки, пов'язаному з відповідним пристроєм.

Якщо у блоці, що виконується, явно не задана затримка транзакта, планувальник відразу ж робить спробу просунути транзакт через наступний блок. Цей процес продовжується до тих пір, поки транзакт не отримує відмову при спробі увійти в блок, не зустрічає блок ADVANCE з явно заданою затримкою в часі або не знищується блоком TERMINATE чи ASSEMBLE.

Якщо рух транзакта блокується через стан пристрою, то індикатор перегляду для цього транзакта встановлюється в одиницю.

Якщо рух транзакта припинений через задану для нього затримку в часі, він поміщається в СМП, і потім інтерпретатор також перевіряє, чи змінився стан пристрою. Якщо під час обслуговування поточної активної події стан пристрою змінився, то перегляд починається спочатку, і знову обслуговуються всі транзакти СПП, що перебувають в активному стані.

Якщо стан пристрою не змінився, то планувальник знову звертається до СПП і перевіряє, чи залишилися в ній транзакти, що вимагають обробки.

СПИСОК РЕКОМЕНДОВАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Системний аналіз: навч. посіб. / О. М. Роїк, А. А. Шиян, Л. О. Нікіфорова. – Вінниця: ВНТУ, 2015. – 83 с.
2. Махней О. В. Математичне моделювання: навч. посіб. / О. В. Махней. – Івано-Франківськ: Супрун В.П., 2015. – 372 с.
3. Математичне моделювання і системний аналіз: навч. посіб. / Ін. М. Грод, С. В. Мартинюк, О. М. Мартинюк. – Тернопіль: ТНПУ, 2016. – 60 с.
4. Основи системного аналізу: навч. посіб. / С. В. Швець, У. С. Швець. – Суми: Сумський державний університет, 2017. – 126 с.
5. Моделювання та оптимізація систем: підручник / В. М. Дубовой, Р. Н. Кветний, О. І. Михальов, А. В. Усов. – Вінниця: ПП «ТД «Еднльвейс», 2017. – 804 с.
6. Моделювання складних систем: посібник / Я. І. Виклюк, Р. М. Камінський, В. В. Пасічник – Львів: Новий Світ-2000, 2017. – 404 с.
7. Моделювання систем: конспект лекцій / С. С. Великодний. – Одеса: Одеський державний екологічний університет, 2018. – 186 с.

8. Теорія систем і системний аналіз: навч. посіб. / Т.О.Прокопенко. – Черкаси: ЧДТУ, 2019. – 139 с.
9. Основи комп'ютерного моделювання: навч. посіб. / М. С. Барабаш, П. М. Кір'язєв, О. І. Лапенко, М. А. Ромашкіна. – Київ : НАУ, 2019. – 492 с.
10. Катренко А. В. Системний аналіз: підручник / А. В. Катренко, В. В. Пасічник. – Львів: Новий світ-2000, 2020. – 396 с.
11. Теорія систем і системний аналіз: навч. посіб. / О. А. Балтовський, К. Ю. Ісмайлов, О. І. Сіфоров, та ін.; за заг. ред. Балтовського О. А. – Одеса : РВВ ОДУВС, 2021. – 156 с.
12. Навчальний посібник з дисципліни «Системний аналіз» для здобувачів спеціальності 122 – Комп'ютерні науки [Електронний ресурс] / уклад. В.М. Тонконогий, В.О. Вайсман, Л.В. Бовнегра, К.Г. Кіркопуло. - Одеса: Нац. ун-т «Одеська політехніка», 2022. – 84 с. - Режим доступу: <https://surl.li/nzkl1b>. - Назва з екрана.
13. Ніколюк П. К. Моделювання систем [Електронний ресурс]: навч. посіб. - Вінниця: ДонНУ, 2023. – 228 с. - Режим доступу: <https://surl.li/xwipls>. - Назва з екрана.