

НАЦІОНАЛЬНИЙ
УНІВЕРСИТЕТ БІОРЕСУРСІВ
І ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ УКРАЇНИ



НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ БІОРЕСУРСІВ І ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ УКРАЇНИ

Факультет інформаційних технологій
Кафедра комп'ютерних наук

Методи та системи штучного інтелекту

Тема №5. Евристичні та еволюційні методи

Київ - 2026

Зміст

- 1. Моделювання як основа інтелектуальних технологій та систем.*
- 2. Евристичні методи.*
- 3. Еволюційні алгоритми.*

Мета лекції

Вивчення та дослідження основних понять та підходів до побудови та використання методів евристичного та еволюційного програмування

Список літератури

1. Encyclopedia of artificial intelligence / Eds.: J. R. Dopico, J. D. de la Calle, A. P. Sierra. - New York : Information Science Reference, 2009. - Vol. 1-3. - 1677 p.
2. Gen M. Genetic algorithms and engineering design / M. Gen, R. Cheng. - New Jersey : John Wiley & Sons, 1997. - 352 p.
3. Haupt R. Practica genetic algorithms / R. Haupt, S. Haupt. - New Jersey : John Wiley & Sons, 2004. - 261 p.
4. Емельянов В. В. Теория и практика эволюционного моделирования / В. В. Емельянов, В. В. Курейчик, В. М. Курейчик. - М. : Физмат - лит, 2003. - 432 с.
5. Курейчик В. М. Генетические алгоритмы: монография /М. Курейчик. - Таганрог : ТРТУ, 1998. - 242 с.
6. Прогрессивные технологии моделирования, оптимизации и ин-теллектуальной автоматизации этапов жизненного цикла авиадвигателей : Монография / А. В. Богуслаев, Ал. А. Олейник, Ан. А. Олейник, Д. В. Павленко, С. А. Субботин ; под ред. Д. В. Павленко, А. Субботина. - Запорожье : ОАО «Мотор Сич», 2009. - 468 с.
7. Рассел С. Искусственный интеллект: современный подход / С. Рассел, П. Норвиг. - М.: Вильямс, 2006. - 1408 с.

8. Ротштейн А. П. Интеллектуальные технологии идентификации: нечеткие множества, генетические алгоритмы, нейронные сети / А. П. Ротштейн. - Винница: Універсум-Вінниця, 1999. - 320 с.
9. Руденко О. Г. Штучні нейронні мережі / О. Г. Руденко, Є. В. Бодянський. - Х.: Компанія СМІТ, 2006. - 404 с.
10. Рутковская Д. Нейронные сети, генетические алгоритмы и не-четкие системы / Д. Рутковская, М. Пилиньский, Л.Рутковский ; пер. с польск. И. Д. Рудинского. - М.: Горячая линия - Телеком, 2004. - 452 с.
11. Скобцов Ю. А. Основы эволюционных вычислений / Ю. А. Скобцов. - Донецк: ДонНТУ, 2008. - 330 с.
12. Субботін С. О. Неітеративні, еволюційні та мультиагентні методи синтезу нечіткологічних і нейромережних моделей: монографія / С. О. Субботін, А. О. Олійник, О. О. Олійник ; під заг. ред. С О. Субботіна. - Запоріжжя : ЗНТУ, 2009. - 375 с.
13. Хайкин С. Нейронные сети: полный курс / С. Хайкин. - СПб : Издательский дом "Вильямс", 2005. - 1104 с.
14. Эволюционные методы компьютерного моделирования: моно-графія / А. Ф. Верлань, В. Д. Дмитриенко, Н. И. Корсунов, В. А. Шорох. - К: Наукова думка, 1992. - 256 с.

15. Емельянов В. В., Курейчик В. В., Курейчик В. М. Теория и практика эволюционного моделирования. — М : Физматлит, 2003. — 432 с. — [ISBN 5-9221-0337-7](#).

16. Курейчик В. М., Лебедев Б. К., Лебедев О. К. Поисковая адаптация: теория и практика. — М : Физматлит. — 272 с. — [ISBN 5-9221-0749-6](#).

17. Гладков Л. А., Курейчик В. В., Курейчик В. М. Генетические алгоритмы: Учебное пособие. — 2-е изд. — М : Физматлит, 2006. — 320 с. — [ISBN 5-9221-0510-8](#).

18. Гладков Л. А., Курейчик В. В., Курейчик В. М. и др. Биоинспирированные методы в оптимизации: монография. — М : Физматлит, 2009. — 384 с. — [ISBN 978-5-9221-1101-0](#).

19. Рутковская Д., Пилиньский М., Рутковский Л. Нейронные сети, генетические алгоритмы и нечеткие системы = Sieci neuronowe, algorytmy genetyczne i systemy rozmyte. — 2-е изд. — М : Горячая линия-Телеком, 2008. — 452 с. — [ISBN 5-93517-103-1](#).

1. *Моделювання як основа інтелектуальних технологій та систем*

Властивості інтелектуальних ІТ

- 1. Адаптація** - Здібність *приспосовуватись* до змін, включаючи зміни зовнішнього середовища;
- 2. Навчаність** - Здібність *покрещувати* свої негативні властивості в процесі використання;
- 3. Узагальнення** – здатність *розпізнавати* класи ситуацій зовнішнього середовища;
- 4. Інваріантність** - *нечутливість* до збурень зовнішнього середовища;
- 5. Прогнозування** - можливість *передбачати майбутні* ситуації виходячи з результатів спостереження за деякими проявами (фрагментами явищ) зовнішнього середовища;

6. **Розуміння**- Здібність *осмислювати* дійсність з урахуванням порівняння поточних характеристик доквілля з їх попередніми значеннями;

7. **Гнучкість** - *стійкість* до можливих невдач, здатність корекції прийнятих рішень;

8. **Взаємозамінність**- використання *альтернативних* методів аналізу доквілля;

9. **Доступність** – здатність надавати інформацію у формі, *зрозумілій* для сприйняття *конкретним користувачем* з урахуванням його кваліфікації;

“Інтелектуальна” термінологія

- ◆ *Штучний інтелект*
- ◆ *Обчислювальний інтелект*
- ◆ *Інтелектуальний аналіз даних*
- ◆ *Інтелектуальні технології*
- ◆ *Інтелектуальні системи*
- ◆ *Інтелектуальне управління*
- ◆ *Інтелектуальне моделювання*
- ◆ *Інтелектуальні агенти*
- ◆ *Інтелектуальні датчики*
- ◆ *Інтелектуальні методи і засоби*
- ◆ *Інтелектуальна поведінка*

.....

Data mining

Завдання Data mining (KDD) :

- знаходження “прихованих знань” в досить великій базі даних;
- розробка методів виявлення прихованих знань у «сирих» даних.

«Приховані знання» (Григорій П'ятецький-Шапіро, 1989):

раніше невідомі—знання, які мають бути новими;

нетривіальні - знання, які не можна просто побачити;

практично корисні – знання, які представляють цінність для споживача;

доступні для інтерпретації – знання, які легко уявити в наочній для користувача формі та легко пояснити у термінах предметної області.

У технології Data mining використовуються *системи управління базами даних, статистичні методи аналізу та методи штучного інтелекту.*

Основні методи Data Mining: класифікації, моделювання та прогнозування на основі застосування дерев рішень, штучних нейронних мереж, генетичних алгоритмів, еволюційного програмування, асоціативної пам'яті. До методів Data Mining часто відносять *статистичні методи* (кореляційний, регресійний, факторний, дисперсійний, компонентний, дискримінантний аналіз).

Computational intelligence, CI

ОБЧИСЛЮВАЛЬНИЙ ІНТЕЛЕКТ - Відгалуження *штучного інтелекту*. Як альтернатива класичному штучному інтелекту, заснованому на строгому логічному висновку, він спирається на евристичні алгоритми, що використовуються в *нечіткій логіці*, *штучних нейронних мережах* і *еволюційному моделюванні*. Крім того, обчислювальний інтелект охоплює такі галузі, як *роєвий інтелект* (мурашиний алгоритмі т.п.), *фрактали* і *теорію хаосу*, *штучні імунні системи*, *вейвлети*.

Обчислювальний інтелект поєднує в собі елементи *навчання*, *адаптації*, *еволюції нечіткої логіки* (нечітких множин) для створення в деякому сенсі розумних програм. Обчислювальний інтелект не відкидає статистичних методів, але часто дає новий погляд на них (наприклад, нечітка логіка).

Обчислювальний інтелект тісно пов'язаний з *м'якими обчисленнями*.

ОБЧИСЛЮВАЛЬНИЙ ІНТЕЛЕКТ є сукупністю природних обчислювальних методологій і підходів до вирішення складних проблем реального світу, які можуть містити деякі невизначеності, або процес може мати стохастичний характер

ОІ використовує комбінацію п'яти основних взаємно доповнюваних методів: 1) *нечітка логіка*, яка дозволяє комп'ютеру розуміти природну мову, 2) *штучні нейронні мережі*, які дозволяють системі аналізувати емпіричні дані, працюючи як біологічні мережі, 3) *еволюційні обчислення*, які засновані на процесі природного відбору, 4) *теорія навчання* 5) *імовірнісні методи*, які допомагають боротися з невизначеностями

В даний час популярні підходи, що охоплюють біологічно інспіровані алгоритми, такі як *ройовий інтелект* і *штучні імунні системи*

Обчислювальний інтелект (ОІ) базується на *м'яких обчислювальних методах*, а Штучний інтелект (ШІ) – на *жорстких обчисленнях*.

Soft computing

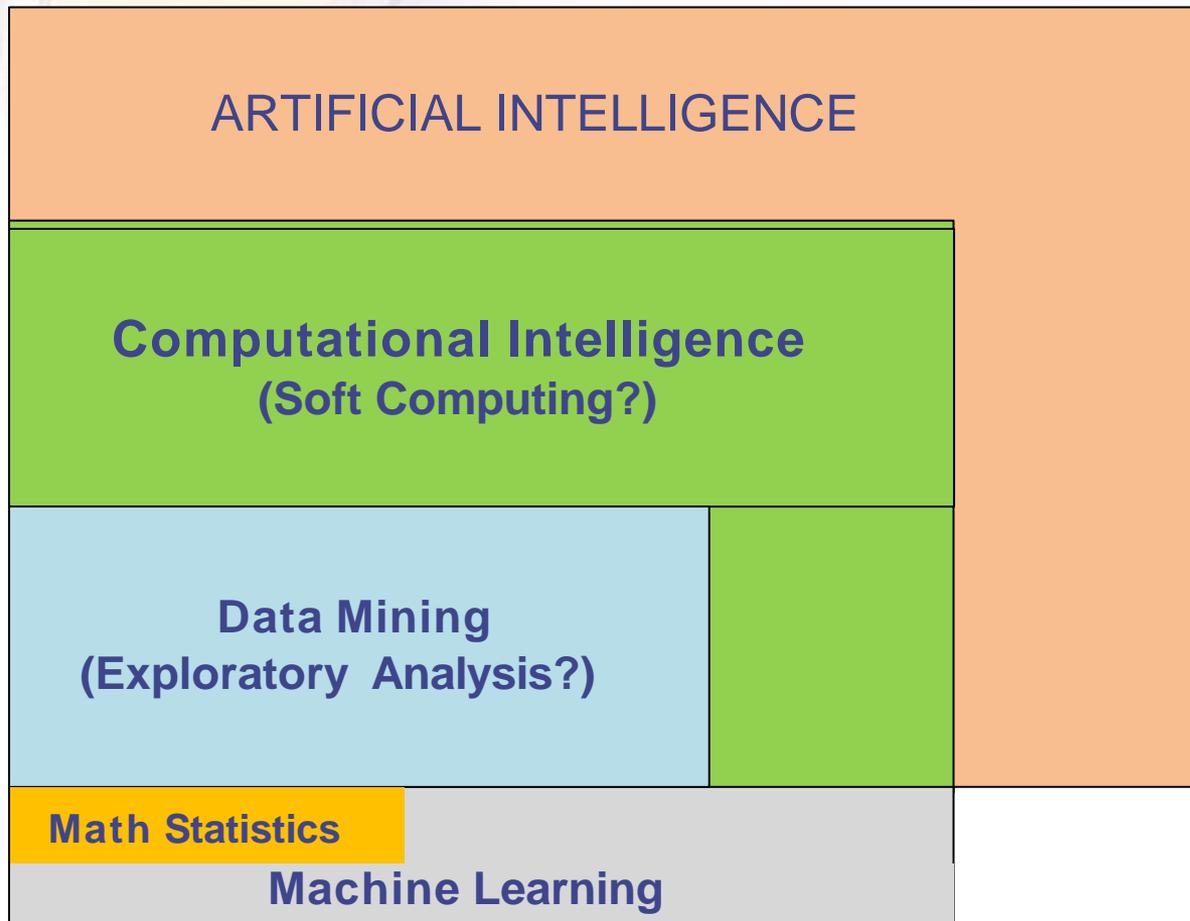
Технології *м'яких обчислень* орієнтовані вирішення завдань управління зі слабо структурованими об'єктами управління.

Інструментарій *м'яких обчислень* використовує *техніку нечітких систем* (нечіткі множини, нечіткі логіки, нечіткі регулятори), *нечіткі нейронні алгоритми* і *еволюційне моделювання* (в тому числі *імунні алгоритми*, *алгоритми роєвого інтелекту* - на основі поведінкових реакцій груп тварин, птахів, мурах, бджіл). Різні методи *м'яких обчислень* часто використовуються разом.

У комп'ютерних науках *м'які обчислення* (іноді називають *обчислювальним інтелектом*, хоча ОІ не має погодженого визначення) є використання неточних рішень обчислювально-складних завдань, таких як розв'язання NP-повних завдань, для яких не існує відомого алгоритму обчислення точного розв'язку за поліноміальний час.

М'які обчислення відрізняються від звичайних *жорстких обчислень* тим, що вони толерантні до неточності, невизначеності, часткової істини та наближення. *Рольовою моделлю м'яких обчислень* є людський розум.

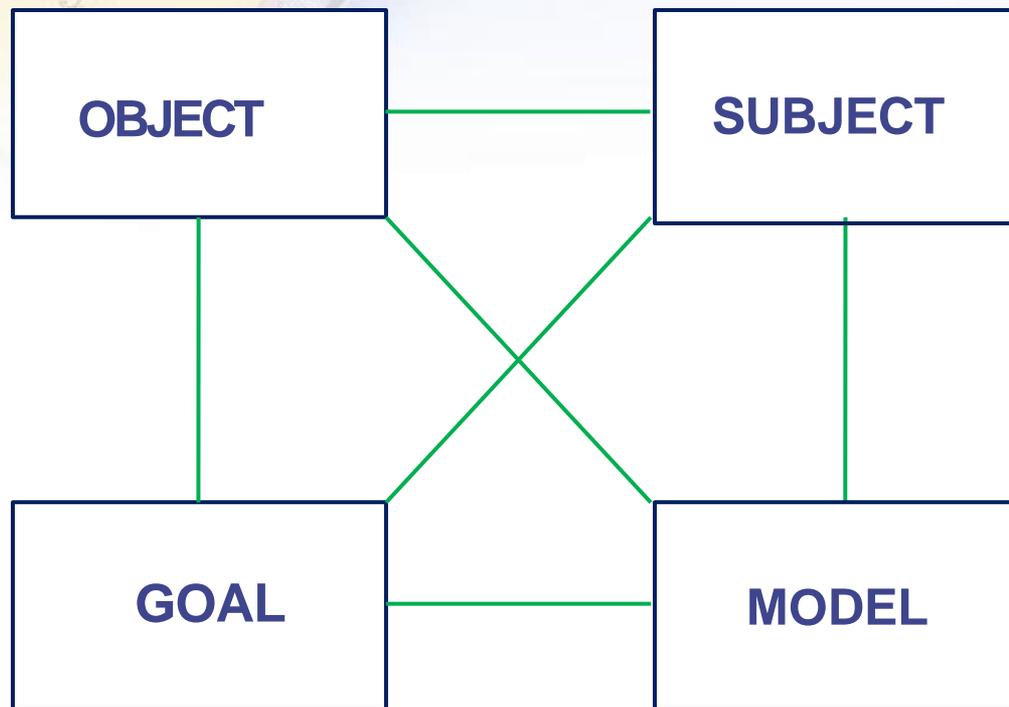
Основними складовими *М'яких Обчислень* (МО) є *Нечітка Логіка* (НЛ), *Еволюційні Обчислення* (ЕО), *Машинне навчання* (МН) та *Імовірнісні Міркування* (ІМ), причому до останніх відносять *довірчі мережі* та частини *теорії навчання*.



Hierarchy of Intelligent Methods

Аналіз терміну «моделювання»

- ◆ **Моделювання** в у найзагальнішому сенсі - це процес дослідження об'єктів пізнання на їх моделях.
- ◆ При цьому передбачається **заміщення** досліджуваного об'єкта (оригіналу) його умовним чином, описом або іншим об'єктом-моделлю для пізнання властивостей оригіналу за допомогою дослідження його моделі.
- ◆ **Моделлю** може бути абстрактний, фізичний або інший об'єкт, властивості якого у деякому розумінні подібні до властивостей досліджуваного об'єкта. Проте в сучасних умовах моделюються не лише реально існуючі "об'єкти пізнання", але й віртуальні, плановані, проєктовані, об'єкти винаходів тощо.
- ◆ Можливі **види моделювання** - уявне, образне, вербальне, фізичне, натурне, абстрактне, схематичне, математичне, комп'ютерне та інші.
- ◆ **Математичне моделювання** - це процес побудови та вивчення математичних моделей об'єктів. Це, зокрема, такі завдання: конструювання моделей, апроксимація залежностей, ідентифікація (структурна та параметрична) моделей, регресійний аналіз, розпізнавання, класифікація, кластеризація, прогнозування тощо.
- ◆ **Комп'ютерне моделювання** у вузькому сенсі - це чисельне дослідження математичних моделей; у широкому сенсі – це **імітаційне моделювання**, тобто побудова комплексів моделей, що відображають структуру складних систем, та проведення обчислювальних експериментів з метою вивчення можливих режимів функціонування системи в реальних умовах.

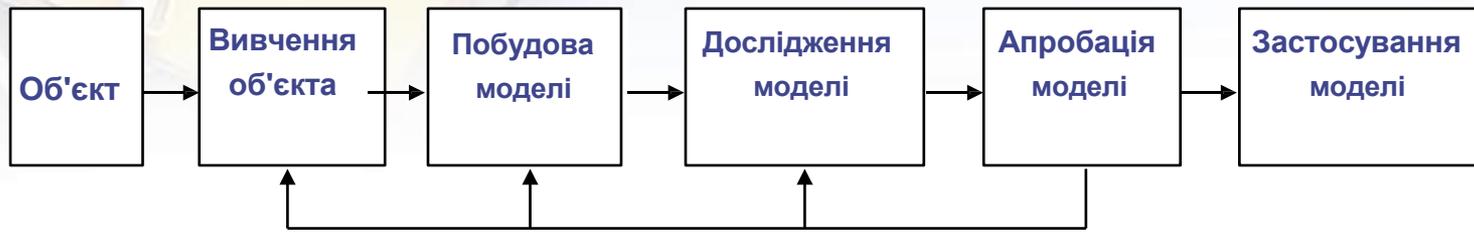


Головні учасники процесу моделювання

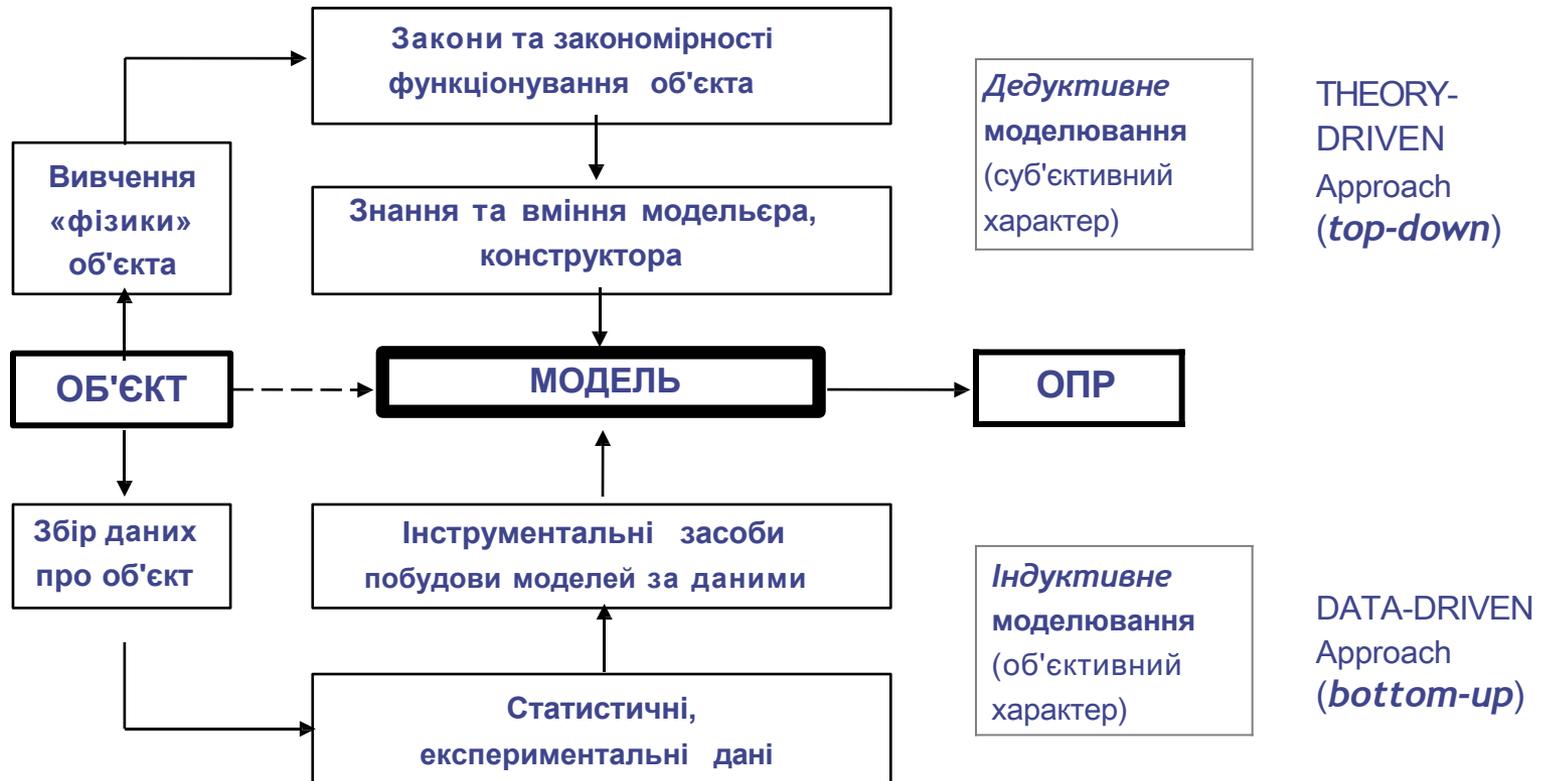
Три різні, але взаємозв'язані процеси під спільним назвою «*моделювання*»:

1. Моделювання як деякий *процес побудови* моделі;
2. Моделювання як *процес дослідження* моделі - аналітично чи чисельно;
3. Моделювання як *процес комп'ютерного вивчення* моделі складної системи

ПРОЦЕС МОДЕЛЮВАННЯ СКЛАДНИХ СИСТЕМ



Загальне представлення етапів процесу моделювання



Два різні підходи до побудови моделей об'єктів

Інтелектуальне моделювання - це процес побудови моделей об'єктів із застосуванням знань та інструментальних засобів, що забезпечують досягнення якості моделей на рівні кваліфікованого конструктора моделей (користувача, модельєра) (Аналогія тесту Тюрінга)

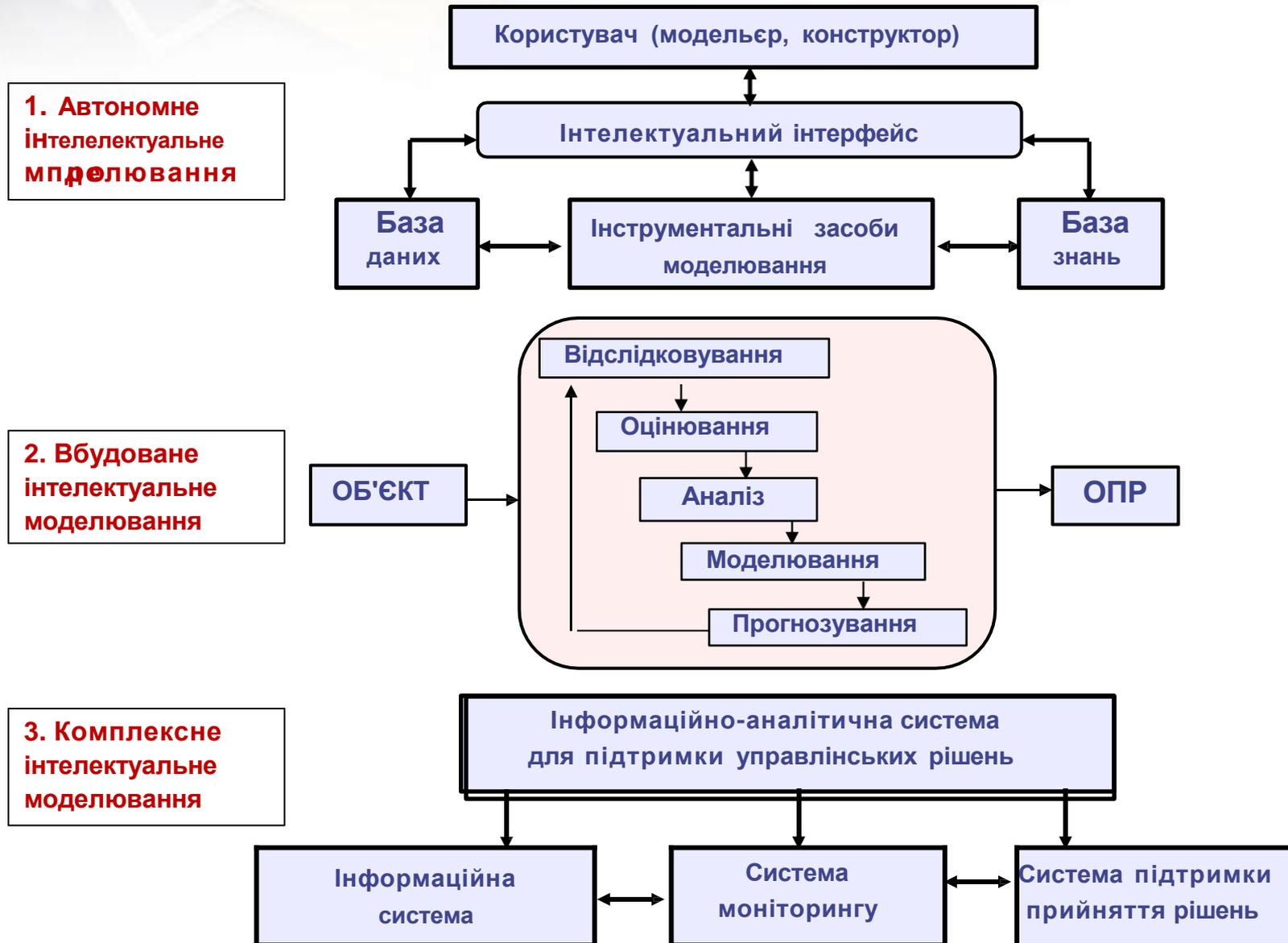
- ◆ *Автономне інтелектуальне моделювання (AIM), або ІМ-офлайн, - це статичне завдання інтелектуальної підтримки процесу побудови моделей поза системою управління, за фіксованою базою або вибіркою даних.*

- ◆ *Вбудоване інтелектуальне моделювання (BIM), або ІМ-онлайн, є динамічним завданням автоматичної або автоматизованої побудови, коригування та зміни моделей, які правдоподібно описують поведінку об'єктів в умовах неповноти та невизначеності апріорної інформації про властивості як модельованих об'єктів, так і середовища, в якому вони функціонують, з точністю, достатньою для прийняття ефективних рішень ОПР в умовах можливої зміни ситуацій .*

- ◆ *Комплексне інтелектуальне моделювання (KIM), або ІМ-комплекс, - це завдання побудови та використання програмного комплексу імітаційного моделювання роботи складної системи, в якому є засоби, що забезпечують інтелектуальний супровід процесів моделювання роботи СППР у складній системі з метою автоматичного виявлення як оптимальних режимів роботи реальної системи, так і можливих несприятливих чи критичних сценаріїв.*

Концепція інтелектуального моделювання складних процесів

Рівні процесу інтелектуального моделювання



Індуктивне моделювання

- ◆ **Індуктивне моделювання**- самоорганізовний процес еволюційного переходу від даних до математичних моделей, що відображають ті закономірності функціонування модельованих об'єктів і систем, які неявно містяться в наявних експериментальних, дослідних, статистичних даних

Розвиток термінології:

- *евристична самоорганізація* моделей (1970-і рр.)
- *індуктивний метод* побудови моделей (1980-і рр.)
- *індуктивні алгоритми* моделювання (1992)
- *індуктивне моделювання* (1998)

МГУА: Метод Групового Урахування Аргументів (оригінальна назва методу)

GMDH: Group Method of Data Handling (стандартна міжнародна назва)

МГУА – засіб інтелектуального моделювання

Характеристика Індуктивного Моделювання

- ◆ ІМ – це загальний *процес індуктивного переходу від даних до моделей* в умовах невизначеності:
 - обмежений обсяг даних: коротка вибірка зашумлених даних
 - обмежений обсяг апіорної інформації:
 - невідомий характер та рівень шуму
 - неточний набір релевантних аргументів (входів)
 - невідома структура взаємозв'язків в об'єкті
- ◆ ІМ – це процес *самоорганізації моделей* на основі МГУА
- ◆ ІМ – це технологія *завадостійкого моделювання*



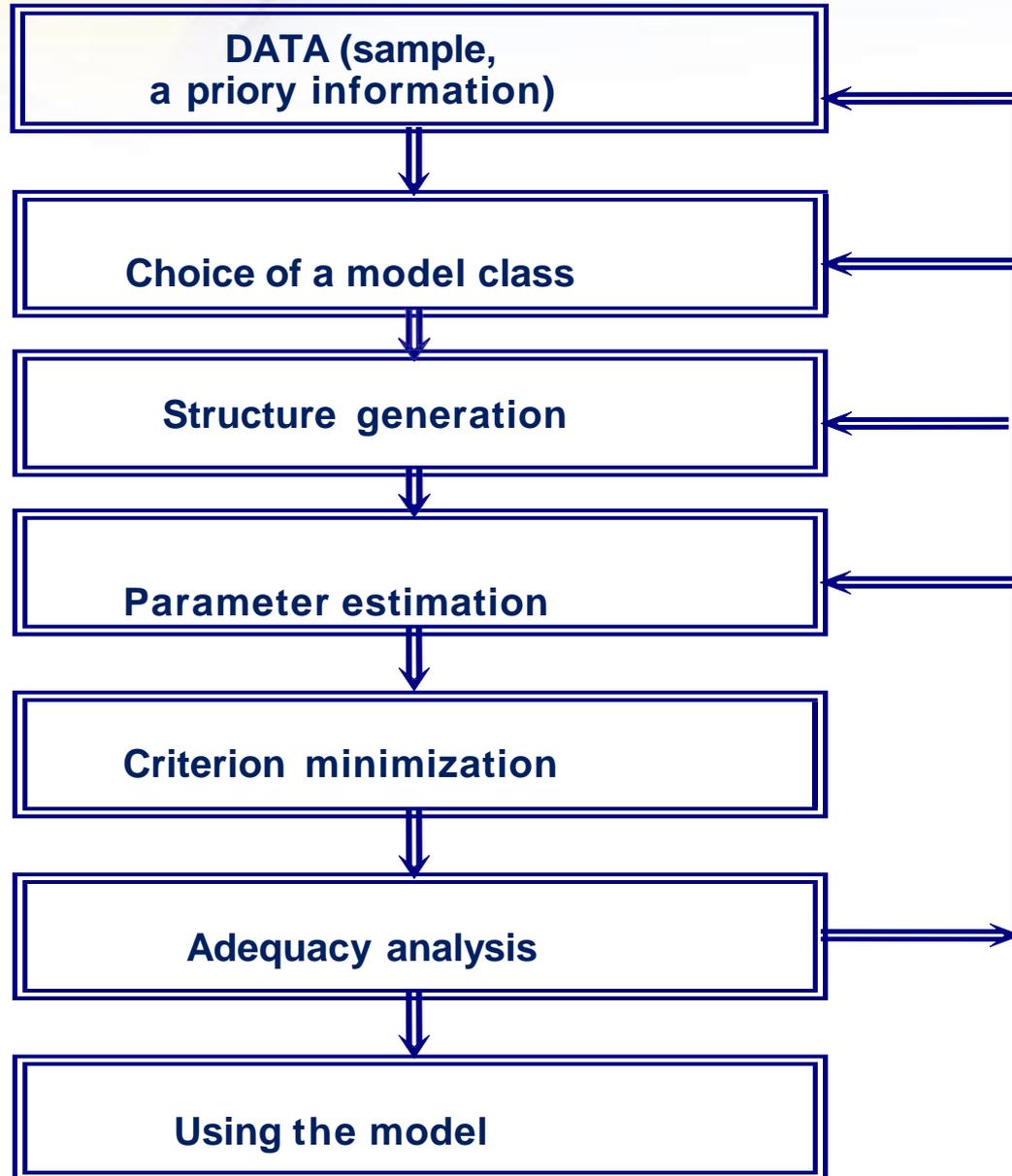
Два протилежні (але доповнювальні) підходи до побудови моделей

Призначення ІМ:

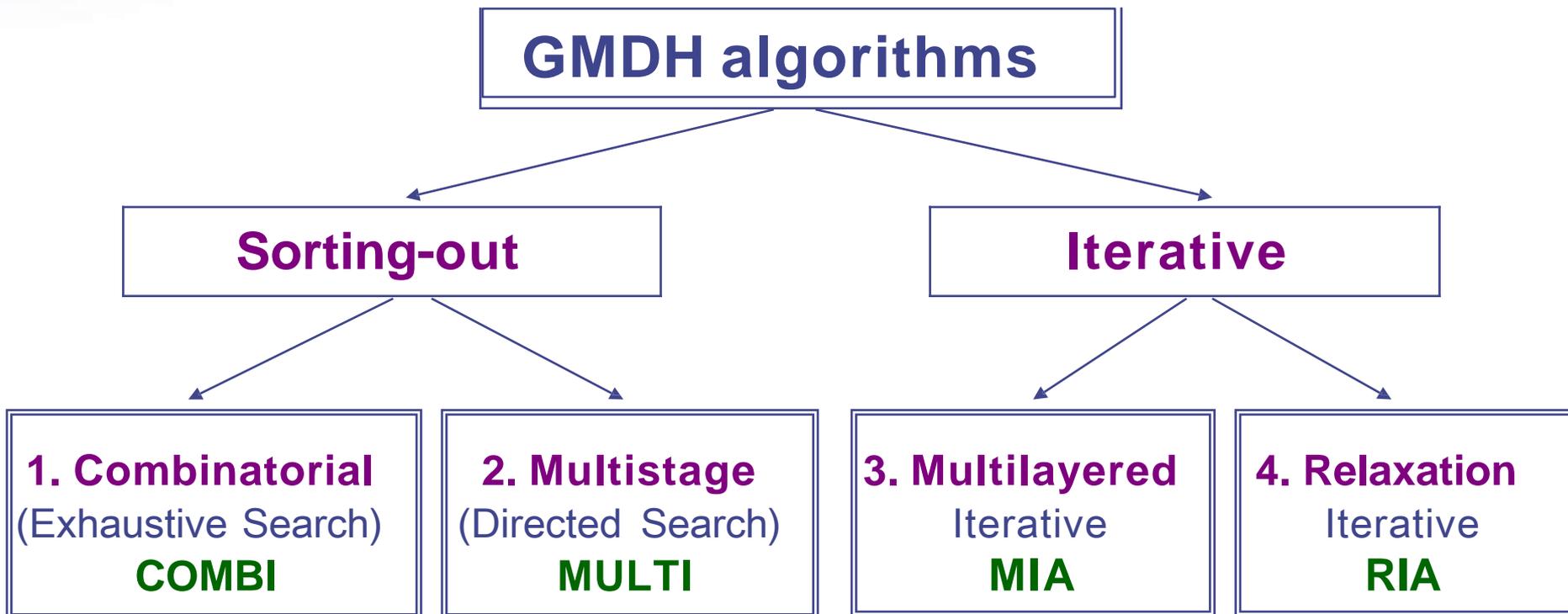
Існує значний досвід застосування ІМ для розв'язання таких завдань:

- Прогнозування складних процесів
- Структурно-параметрична ідентифікація
- Стиснення даних (оптимальна апроксимація)
- Класифікація та розпізнавання образів (навчання з вчителем)
- Кластеризація даних (навчання без учителя)
- Машинне навчання
- Інтелектуальний аналіз даних
- Виявлення знань

Main stages of the modeling process



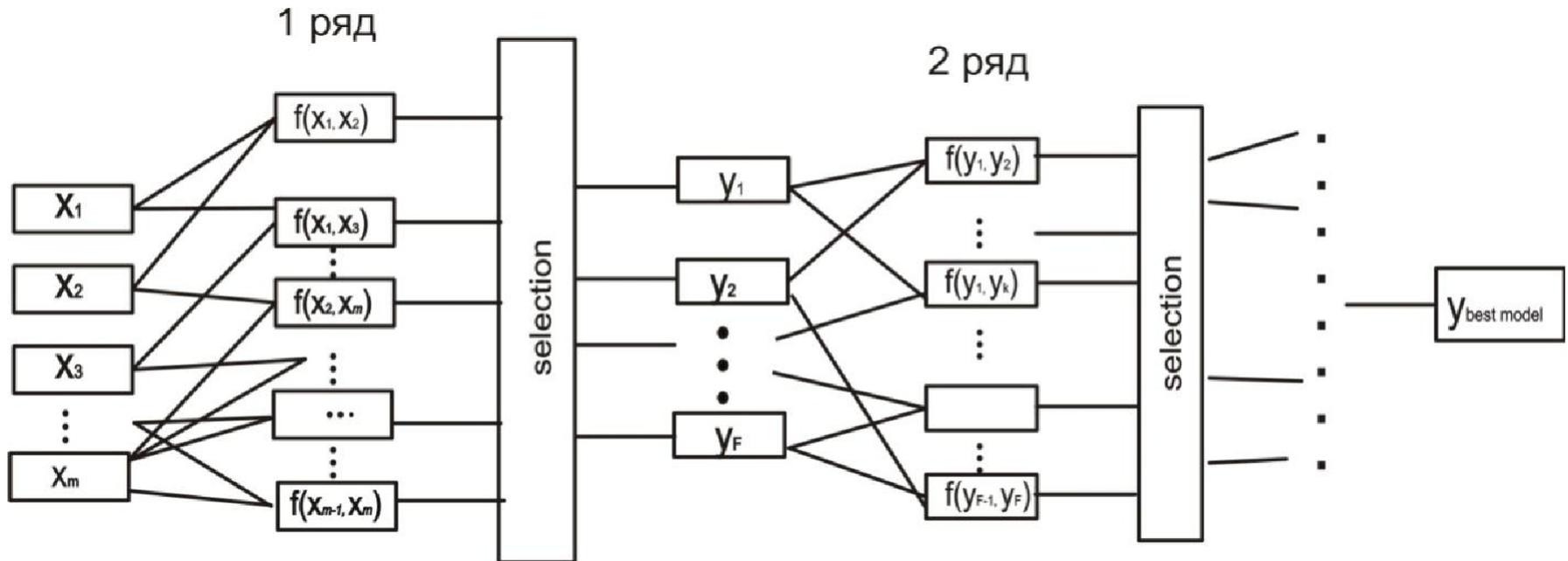
General classification of GMDH algorithms



Перші закордонні публікації:

- ◆ Ivakhnenko AG Heuristic Self-Organization в Системі автоматичного контролю, Автоматика (IFAC), No 6 (1970)
- ◆ Ivakhnenko AG Polynomial theory of complex systems, IEEE Trans. Sys., Man and Cyb., 1 (1971), No 4

Основна ідея: аналогія з біологічною селекцією



ІМ: загальна постановка задачі

Задано: вибірка з n спостережень m вхідних x_1, x_2, \dots, x_m та однієї вихідної y змінних

Потрібно: побудувати модель $y = f(x_1, x_2, \dots, x_m, \theta)$, що мінімізує дисперсію помилки прогнозу, θ -невідомий вектор параметрів моделей

Завдання МГУА: $f^* = \arg \min \Phi C(f)$

$C(f)$ - критерій якості моделей Φ

- безліч моделей, $f-\Phi$

Приклад : вибрати оптимальну підмножину одночленів полінома Колмогорова-Габора:

$$f(x_1, x_2, x_3, \dots) = \theta_0 + \sum \theta_i x_i + \sum \sum \theta_{ij} x_i x_j + \sum \sum \sum \theta_{ijk} x_i x_j x_k + \dots$$

Головна ідея МГУА: оптимізація складності моделі

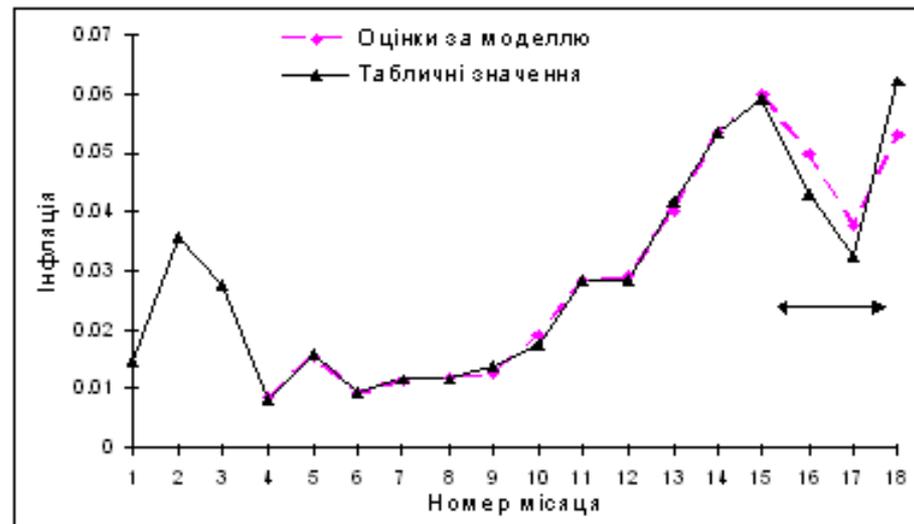
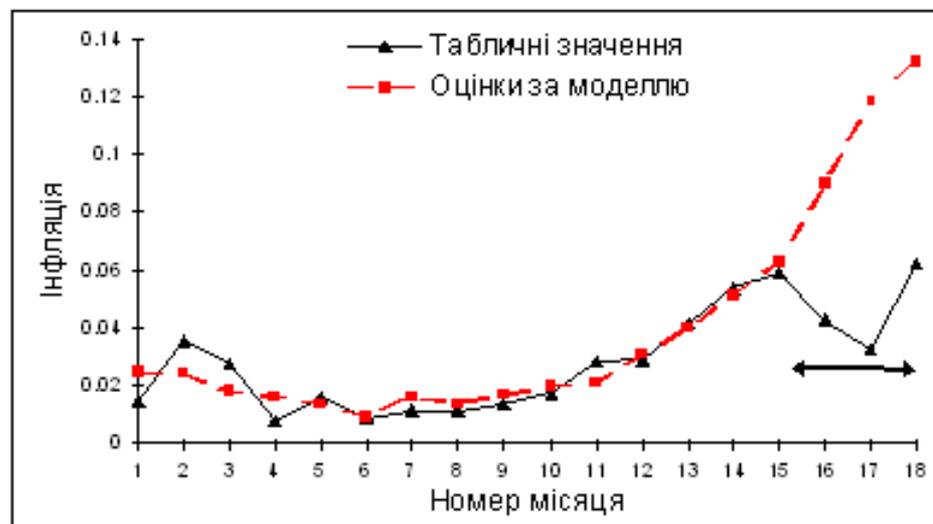
Повний поліном:

$$y = f(x_1, x_2, x_3) = a_0 + a_1x_1 + a_2x_2 + a_3x_3 + a_4x_1^2 + a_5x_2^2 + a_6x_3^2 + a_7x_1x_2 + a_8x_1x_3 + a_9x_2x_3 + a_{10}x_1^3 + a_{11}x_2^3 + a_{12}x_3^3 + \dots$$

МГУА

Поліном
оптимальної
складності

$$y = a_1x_1 + a_5x_2^2 + a_9x_2x_3 + a_{12}x_3^3$$



Основні принципи МГУА як індуктивного методу

1. Генерація варіантів поступово ускладнюваних структур моделей
2. Послідовний відбір кращих варіантів з Застосуванням свободи вибору рішень
3. Зовнішній критерій (ґрунтується на розбитті вибірки) для вибору оптимальної моделі



Процес індуктивного моделювання на основі даних

Основні теоретичні результати

◆ Головна ідея:

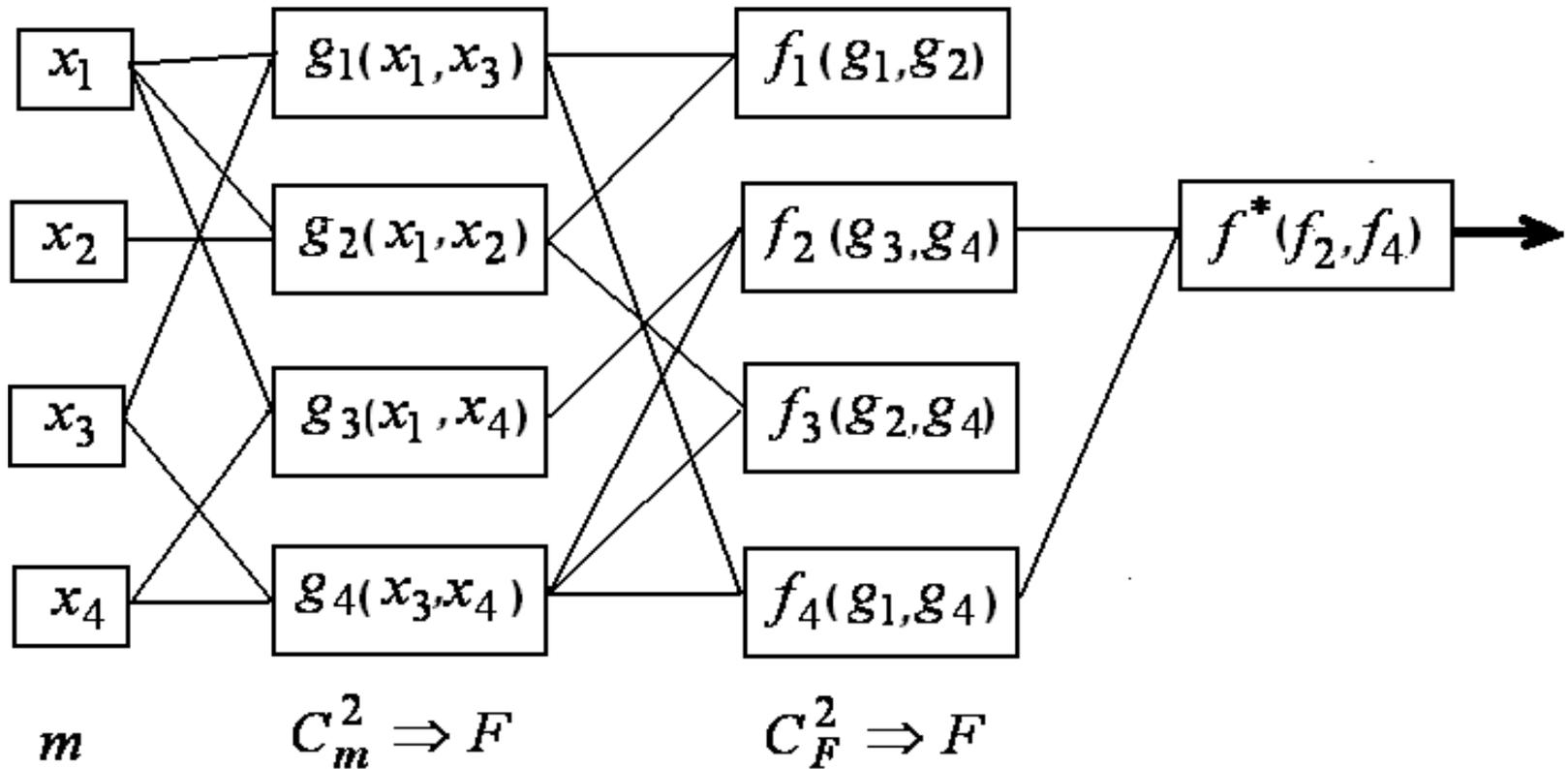
Самоорганізаційна *еволюція моделі оптимальної складності* в умовах невизначеності

◆ Основний результат:

Складність *оптимальної прогнозуючої моделі* залежить від *рівня невизначеності* у даних: чим він вищий, тим простішою (робастнішою) має бути оптимальна модель

◆ Основний висновок: МГУА є методом побудови моделей з *мінімальною дисперсією* помилки прогнозу

МІА МГУА як *поліноміальна нейромережа (PNN)*



Ілюстрація індуктивного (поступального) процесу
побудови моделей

ІМ з перспективи Обчислювального Інтелекту

МГУА-подібні алгоритми мають характерні особливості засобів Обчислювального Інтелекту:

- обчислення еволюційного типу
- структури мережевого типу
- навчання, що керується даними
- процедури, інспіровані природою – **ВІСА!**

Головні переваги алгоритмів ІМ:

- автоматична еволюція структури та параметрів;
- самоорганізація структури мережі (кількість вузлів та шарів);
- швидке навчання (локально оптимізовані вузли).

Об'єктивно ІМ відноситься також до **М'яких Обчислень**:

- процедури індуктивного виведення;
- міркування на основі прецедентів;
- нечіткі реалізації МГУА.

Деякі практичні застосування ІМ

- Моделювання економічних процесів:
 - прогнозування податкових надходжень та інфляції
 - системне прогнозування показників енергетичної сфери
- Моделювання екологічних процесів:
 - життєдіяльність мікроорганізмів у ґрунті та зелених водорослей у воді під впливом важких металів
 - полив дерев відпрацьованими стічними водами
- Імітаційне моделювання в медицині:
 - селф-моніторинг діабету
 - прогнозування ефективності медичних препаратів
- Інтегральне оцінювання стану багатомірних систем
 - економічна безпека
 - інвестиційна діяльність
 - екологічний стан водойм
- Технологія інформаційної підтримки управлінських рішень

2. Евристичні методи

Існують закономірності мислення, відмінні від логічних операцій, які дозволяють організувати розумову діяльність так, щоб вона була більш ефективною. Такі процеси мислення назвали евристичними.

Евристика – наука, що вивчає закономірності побудови нових дій у новій ситуації, тобто організацію продуктивних процесів мислення, на основі яких здійснюється інтенсифікація процесу генерування ідей (гіпотез) і послідовне підвищення їхньої правдоподібності (імовірності, вірогідності).

В цілому, під евристикою, в широкому сенсі, розуміють:

1. Спеціальні методи рішення задач (евристичні методи), що звичайно протиставляються формальним методам рішення, які спираються на точні математичні моделі. Використання евристичних методів скорочує час рішення задач у порівнянні з методом повного ненаправленого перебору можливих альтернатив.

2. Організацію процесу продуктивного творчого мислення (евристична діяльність). У цьому випадку евристика розуміється як сукупність властивих людині алгоритмів, за допомогою яких реалізуються процедури, спрямовані на рішення творчих задач (наприклад, механізми встановлення ситуативних відносин у проблемній ситуації, відсікання безперспективних шляхів у "дереві" варіантів, формування спростувань за допомогою контрприкладів і т.д.). Ці механізми рішення творчих задач універсальні по-своєму характеру і не залежать від змісту конкретної розв'язуваної задачі.

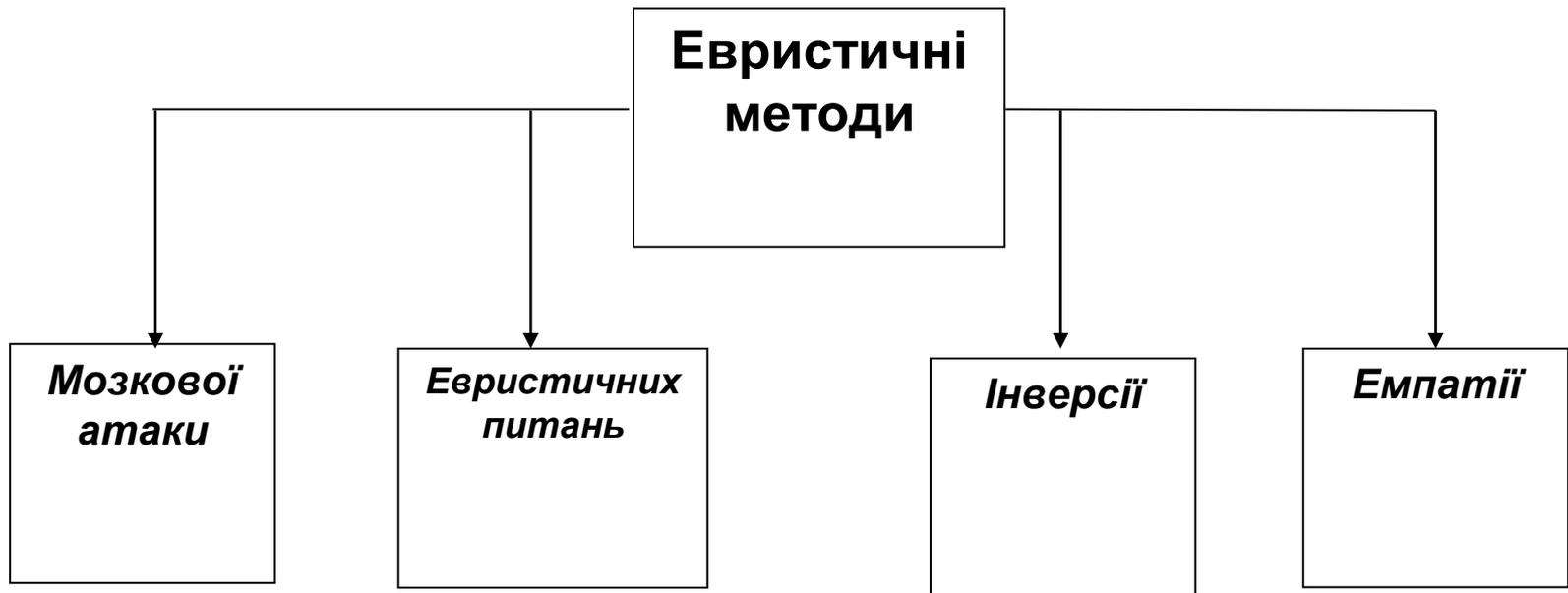
3. Спосіб написання програм для ЕОМ (евристичне програмування). Якщо при звичайному програмуванні програміст кодує готовий математичний метод рішення у форму, зрозумілу ЕОМ, то у випадку евристичного програмування він намагається формалізувати той метод рішення задачі, що розуміється інтуїтивно, і, яким, на його думку, користується людина при рішенні схожих задач.

4. Науку, що вивчає евристичну діяльність; спеціальний розділ науки про мислення. Її основний об'єкт – творча діяльність людини; найважливіші проблеми, зв'язані з моделями прийняття рішень, пошуком нових для суб'єкта і суспільства структуровані описів зовнішнього світу. Евристика як наука розвивається на стику психології, теорії штучного інтелекту, структурної лінгвістики, теорії інформації.

Під евристикою розуміється наука, що вивчає закономірності побудови нових дій у новій ситуації.

Евристична діяльність дозволяє науковцю більш ефективно:

- розуміти шляхи і методи продуктивної пізнавальної діяльності, творчо копіювати їх і навчатися при цьому на своєму і запозиченому досвіді;
- систематизувати, тобто упорядковувати наукову інформацію в міжпредметні комплекси й оперувати нею в евристичному пошуку при виконанні конкретних дій;
- адаптуватися до різних видів діяльності, що змінюються, і передбачати її результати;
- планувати і прогнозувати інтелектуальну діяльність на основі евристичних і логічних операцій і стратегій;
- формувати і приймати рішення щодо організації складних видів наукової діяльності на основі правдоподібних міркувань, евристичних операцій і стратегій з наступною їх логічною перевіркою.



Метод „мозкової атаки” - метод колективного пошуку оригінальних ідей

В даний час вироблено кілька модифікацій методу «мозкової атаки»:

Пряма колективна «мозкова атака». Мета цього методу складається в наступному:

- зборі якомога більшої кількості ідей;
- звільненні учасників від інерції мислення;
- подоланні звичного процесу думки у рішенні творчої задачі

«Мозковий штурм» з використанням контрідей. Сутність дискусії в даному випадку в активізації творчого потенціалу її учасників при колективному генеруванні ідей з наступним формулюванням контрідей.

Метод евристичних питань доцільно застосовувати для збору додаткової інформації в умовах проблемної ситуації чи упорядкуванні вже наявної інформації в самому процесі рішення творчої задачі.

Найбільш типові евристичні питання:

- 1. Потрібно чітко зрозуміти запропоновану задачу, а для цього поставити перед собою питання: Що невідомо? Що дано? З чого складається умова? Чи можливо задовольнити умову? Чи досить достатня умова для визначення невідомого? Чи недостатня? Чи надмірна? Чи суперечлива?*
- 2. Пошук ідеї рішення і складання плану рішення. Як знайти зв'язок між даним і невідомим? Чи не відома вам яка-небудь подібна задача? Чи не можна нею скористатися? Чи не можна використовувати метод її рішення? Чи не варто ввести який-небудь допоміжний елемент, щоб скористатися колишньою задачею? Чи не можна сформулювати задачу інакше, простіше? Чи не можна придумати більш доступну задачу? Більш загальну? Більш приватну? Аналогічну задачу? Чи не можна вирішити частину задачі, задовольнити певну частину умов? Чи всі дані й умови вами використані? Чи прийняті в увагу всі поняття, що містяться в задачі?*

Контроль і самоконтроль отриманого рішення:

Чи не можна перевірити результат?

Чи не можна перевірити хід рішення?

Чи не можна отримати той же результат інакше?

Чи не можна перевірити правдоподібність, правильність отриманого результату?

Чи не можна в іншій задачі використовувати отриманий результат?

Чи не можна вирішити задачу, зворотну цій?

Метод інверсії являє собою один з евристичних методів наукової діяльності, орієнтований на пошук ідей рішення творчої задачі в нових, несподіваних напрямках, найчастіше протилежних традиційним поглядам і переконанням, які диктуються формальною логікою і здоровим глуздом.

Метод емпатії - метод особистої аналогії. В основі методу емпатії лежить принцип заміщення досліджуваного об'єкта чи процесу іншим.

3. Еволюційні алгоритми

Еволюційні алгоритми (ЕА) — напрям в штучному інтелекті (розділ еволюційного моделювання), що використовує і моделює біологічну еволюцію.

Розрізняють різні алгоритми: генетичні алгоритми, еволюційне програмування, еволюційні стратегії, системи класифікаторів, генетичне програмування тощо.

ЕА моделюють базові положення в теорії біологічної еволюції — процеси відбору, мутації і відтворення. Поведінка агентів визначається довкіллям. Множину агентів прийнято називати популяцією. Така популяція еволюціонує відповідно до правил відбору відповідно до цільової функції, що задається довкіллям. Таким чином, кожному агентові (індивідуумові) популяції призначається значення його придатності в довкіллі. Розмножуються лише найпридатніші види. Рекомбінація і мутація дозволяють агентам змінюватись і пристосовуватися до середовища. Такі алгоритми належать до адаптивних пошукових механізмів.

ЕА вважається складовою еволюційних обчислень у штучному інтелекті. ЕА функціонує за допомогою процесу відбору, в якому усуваються найменш придатні члени сукупності, тоді як придатним членам дозволяється виживати та продовжуватись до тих пір, поки не будуть визначені кращі рішення.

ЕА - комп'ютерні програми, які імітують біологічні процеси з метою вирішення складних проблем. З часом успішні члени еволюціонують, щоб презентувати оптимізоване рішення проблеми.

Класифікація еволюційних алгоритмів

Моделювання еволюції можна розділити на дві категорії.

Системи, які використовують лише еволюційні принципи. Вони успішно використовувалися для завдань виду функціональної оптимізації і можуть легко бути описані на математичній мові. До них належать еволюційні алгоритми, такі як еволюційне програмування, генетичні алгоритми, еволюційні стратегії.

Системи, які є біологічно реалістичніші, але які не виявилися корисними в прикладному сенсі. Вони більше схожі на біологічні системи і менш направлені на вирішення технічних завдань. Вони володіють складною і цікавою поведінкою, і, мабуть, незабаром отримають практичне вживання. До цих систем відносять так зване штучне життя.

Еволюційні алгоритми можна поділити на три групи:

Еволюційне програмування: фокусується більше на адаптації індивідів, аніж на еволюції генетичної інформації. Зазвичай, еволюційне програмування застосовує безстатеве розмноження та мутації, тобто, внесення невеликих змін в поточний розв'язок та методи селекції основані на прямій конкуренції.

Еволюційні стратегії (ЕС): Важливою особливістю еволюційних стратегій є використання само-адаптивних механізмів для контролю процесу мутації. Ці механізми зосереджені не лише на еволюції шуканих розв'язків, а й на еволюції параметрів мутації.

Генетичний алгоритм (ГА): Основною особливістю генетичних алгоритмів є використання оператора рекомбінації (схрещення) як основного механізму пошуку. Це ґрунтується на припущенні, що частини оптимального розв'язку можуть бути знайдені незалежно та рекомбіновані для отримання кращого розв'язку.

Застосування еволюційних алгоритмів:

Еволюційні алгоритми знайшли широке застосування. Однією з найпоширеніших галузей застосування є комбінаторна оптимізація. Так, еволюційні алгоритми з успіхом було застосовано для розв'язання класичних NP-повних проблем, таких як задача комівояжера, задача пакування рюкзака, розбиття чисел, максимальна незалежна множина та розфарбовування графів.

До інших не класичних задач, для розв'язання яких застосовано еволюційні алгоритми, належать планування, складання розкладів, обчислення маршрутів, задачі розташування та транспортування. Також еволюційні алгоритми використовують для оптимізації структур та електронних схем, в медицині та в економіці.

В останні роки активно розвивається використання еволюційних алгоритмів для передбачення кристалічних структур з допомогою програмного забезпечення USPEX. Приклади передбачених структур і матеріалів можна знайти на сайті.

Можливість використання еволюційних алгоритмів у галузі музики активно досліджується насамперед у Австрії, а саме при спробі моделювання та відтворення гри на музичних інструментах видатними особистостями різних епох.

EA використовують такі поняття в біології, як відбір, відтворення та мутація.

Існує три основні типи еволюційних алгоритмів, а саме:

- генетичні алгоритми;
- еволюційне програмування:
- еволюційні стратегії.

На відміну від традиційних методів оптимізації, EA залежать від випадкової вибірки. EA має сукупність кандидатських рішень на відміну від класичних методів, які намагаються підтримувати єдине найкраще рішення.

Є дві передумови, пов'язані з еволюційними алгоритмами:

- кандидатські рішення повинні бути закодовані до питання.
- функція фітнесу повинна повернути бал від 1 до 100, щоб еволюційні алгоритми можна було краще застосувати до проблем.

Однією з найбільших переваг ЕА є досягнення гнучкості, оскільки більшість концепцій ЕА адаптуються навіть до складних проблем.

Більшість еволюційних алгоритмів також підходять для досягнення цілі.

Краща оптимізація можлива за допомогою еволюційних алгоритмів, оскільки сукупність рішень заважає алгоритму замикатися на певному рішенні.

Є кілька недоліків, пов'язаних з ЕА. Для одного рішення, що надається ЕА, є лише кращим порівняно з іншими відомими рішеннями. Як такий, алгоритм не може довести, що будь-яке рішення є абсолютно оптимальним, лише що воно є оптимальним порівняно з іншими результатами.

При реалізації генетичних методів необхідно:

- визначити параметри, що оптимізуються, залежно від вирішуваної задачі, вибрати спосіб кодування (подання в хромосомі) параметрів, що оптимізуються;
- задати цільову функцію;
- визначити правила ініціалізації початкової популяції;
- вибрати оператори відбору, схрещування і мутації, а також задати їх параметри;
- визначити критерії зупинення.

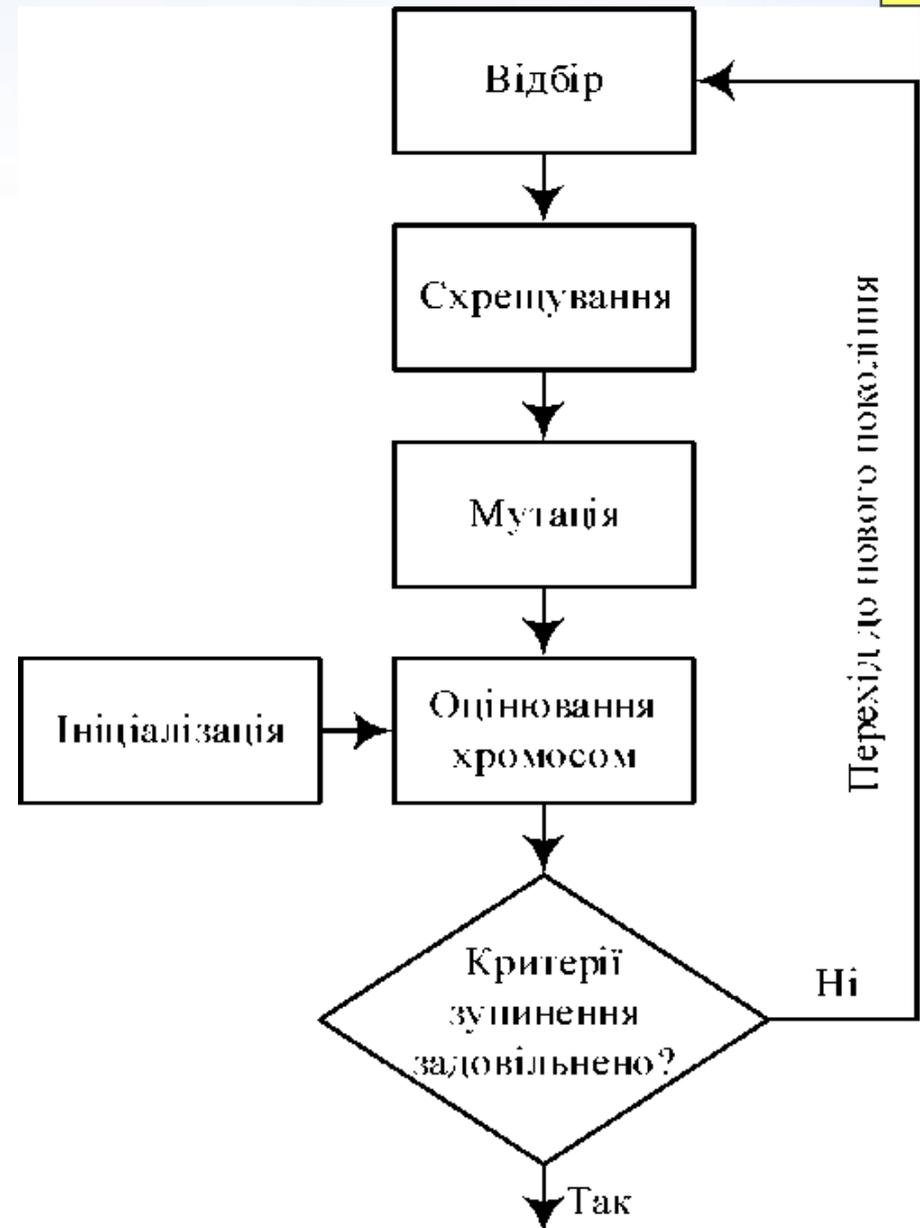


Схема роботи узагальненого генетичного метода

Класифікація методів еволюційного пошуку



A stack of books is visible in the top-left corner of the slide. A yellow sticky note is attached to the top book, featuring handwritten text in cursive. The rest of the slide is white with the text 'Дякую за увагу!' centered in a large, bold, black serif font.

Дякую за увагу!