

КОГНИТИВНЕ МОДЕЛЮВАННЯ

122 «Комп'ютерні науки»

КНМ-20

2021 / 2022 навчальний рік

ЕВОЛЮЦІНЕ МОДЕЛЮВАННЯ. ЕВОЛЮЦІЙНІ ТА ГЕНЕТИЧНІ АЛГОРИТМИ.

Еволюційне моделювання

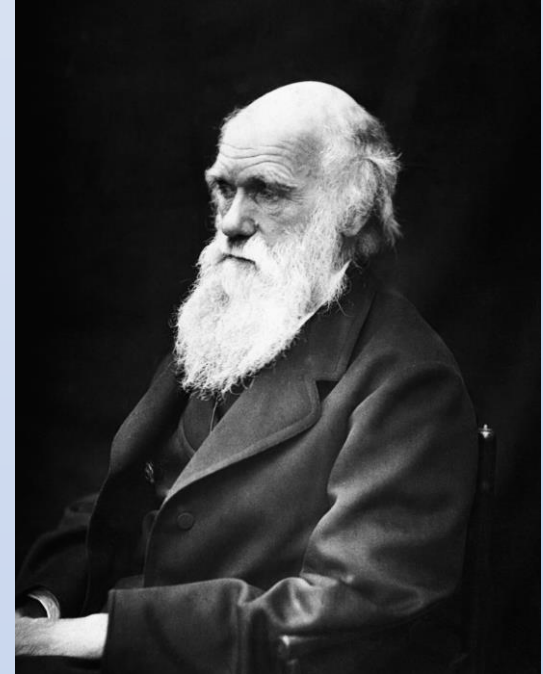
1. *Принципи і механізми еволюційного розвитку*
2. *Задача оптимізації та ідея популяційного підходу до її вирішення*
3. *Бінарний генетичний алгоритм*

Еволюційне моделювання

Напрямок математичного моделювання, що моделює (і використовує) біологічні процеси еволюції.

Дарвін Чарлз, 1809-1882.
1859, «Происхождение видов».

- Синтетическая теория эволюции
- Этология



Еволюційне моделювання

Принципы эволюционной теории (упрощенно):

Изменчивость. Признаки (атрибуты) отдельных особей, входящих в состав популяции, могут изменяться. Поэтому особи отличаются друг от друга (внешний вид, поведение, ...).

Наследственность. Некоторые свойства устойчиво передаются от особи к ее потомкам. Потомки похожи на своих родителей больше, чем на других особей, не связанных с ними родством.

Еволюційне моделювання

Принципы эволюционной теории (упрощенно):

Естественный отбор. Популяция борется за ресурсы, имеющиеся в окружающей их среде. Особи, обладающие свойствами, лучше приспособленными к окружающей среде, более успешны в борьбе за выживание и приносят больше потомков в следующее поколение.

Таким образом: эволюция сохраняет популяцию особей, отличающихся друг от друга.

Те, кто лучше приспособлен к окружающей среде, имеют больше шансов на выживание, размножение и передачу своих признаков следующему поколению.

Популяция от поколения к поколению становится все более приспособленной к окружающей среде и встающим на ее пути трудностям.

Еволюційне моделювання

Механизмы эволюции:

Скрещивание (рекомбинация) - потомок приобретает комбинацию признаков своих родителей. Скрещивание помогает поддерживать разнообразие популяции и со временем закреплять лучшие признаки.

Мутация – случайные вариации признаков, – поскольку они вносят изменения, благодаря которым популяция время от времени совершает скачок в развитии.

Еволюційне моделювання

Эволюционное моделирование (Evolutionary computation) – область ИИ, которая использует идеи эволюционной теории для построение интеллектуальных систем.

- **Моделирование** возникновения молекулярно-генетических информационных систем;
- **Моделирование** общих закономерностей эволюции - системы, которые используют только эволюционные принципы (*эволюционное программирование, эволюционные стратегии, генетические алгоритмы, генетическое программирование*).
- **Эволюционные модели.** Биологически реалистичные модели (клеточные автоматы, развитие инстинктов, ...).

Еволюційне моделювання

**Моделирование общих закономерностей:
основное практическое направление –
решение задачи оптимизации.**

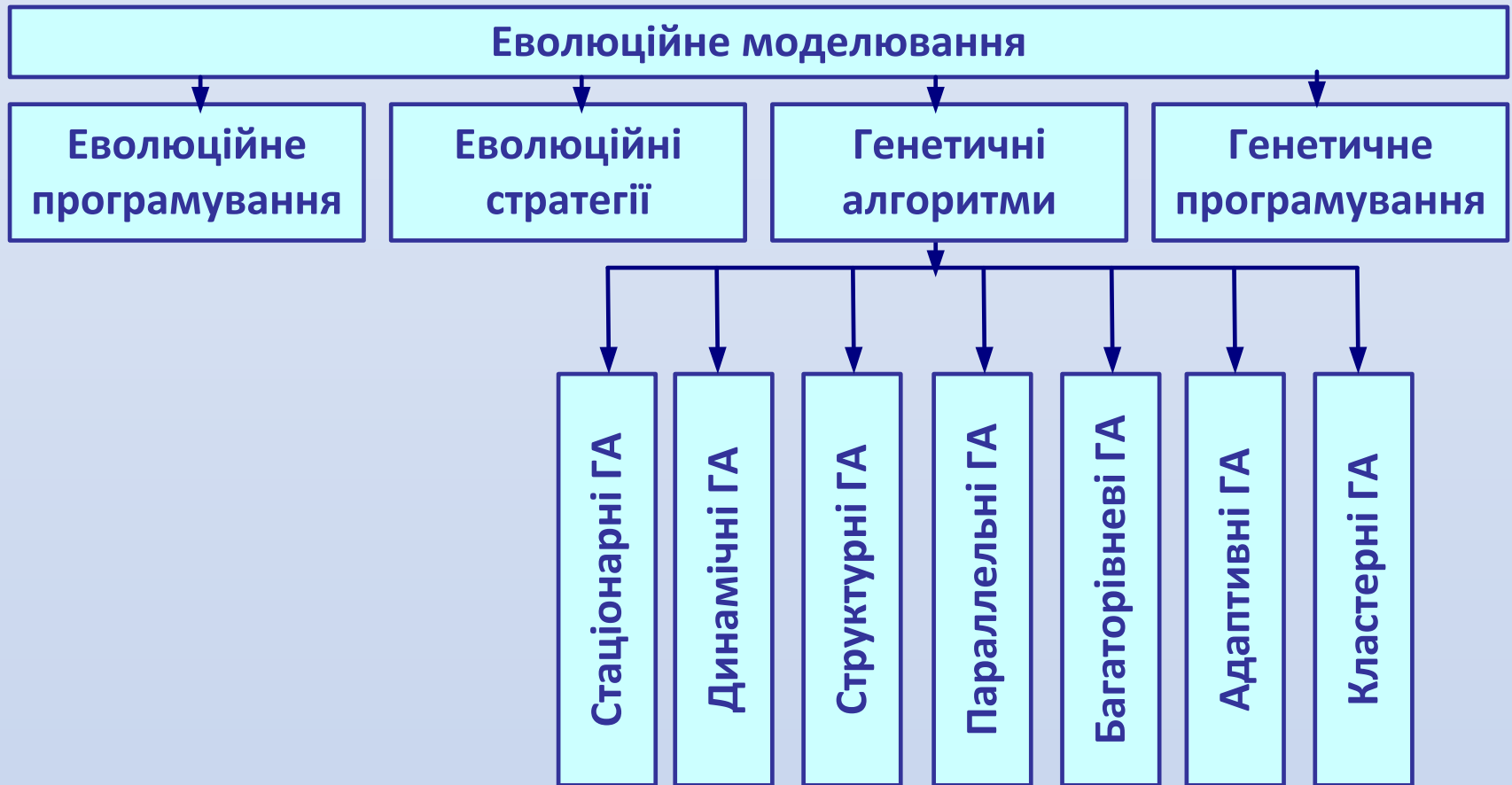
**!!! Популяционно-ориентированная
оптимизация:**

- Эволюционные алгоритмы.
 - Генетические алгоритмы
-
- Муравьиные алгоритмы (муравьиная куча).
 - Роевые алгоритмы (интеллект толпы)

**Общая идея : эволюционное
формирование популяций кандидатов на
решение задачи.**

(Еще одно обозначение: **Эвристические алгоритмы**) .

Еволюційне моделювання



Задача оптимізації

Стандартная постановка:

Задано:

- Допустимое множество независимых
- переменных $X = \{\vec{x} | g_i(\vec{x}) \leq 0, i = 0, 1, \dots, m\} \in \mathbb{R}^n$
- Целевая функция – отображение $f: X \rightarrow \mathbb{R}$
- Критерий поиска (***min*** или ***max*** целевой функции)

Решение: найти такое $\vec{x}^* \in X$, что

$$f(\vec{x}^*) = \min_{\vec{x} \in X} f(\vec{x})$$

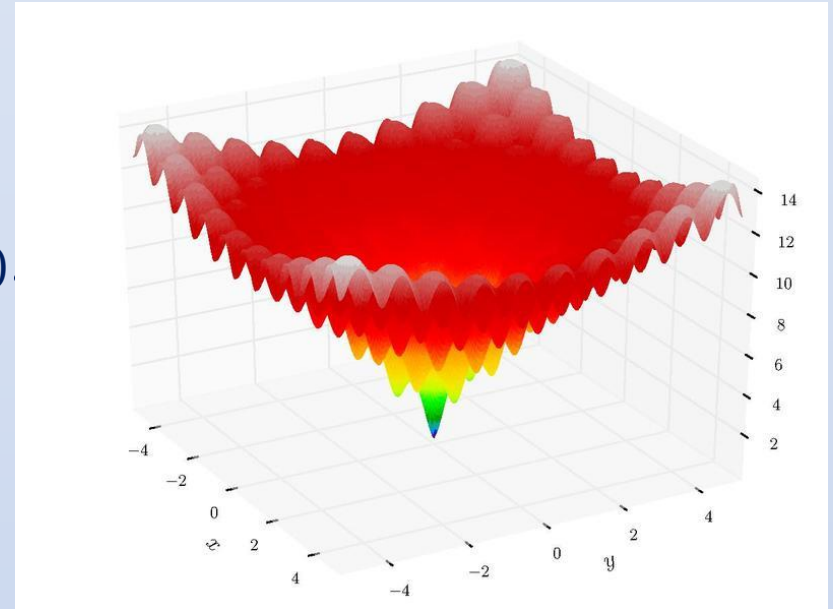
Решением задачи занимается теория
математического программирования.

Задача оптимізації

Проблема:

- Многомерность.
- Сложные ограничения.
- Многомодальность
(множество локальных экстремумов).

Функция Экли



«Стандартные»

методы математического программирования не дают решения (или дают за неприемлемое время).

Загальна ідея



1. Генерируется популяция особей (набор допустимых x)
2. Селекция (reproduction) - отбираются претенденты - для них вычисляется f (*fitness function*). Обираются некоторой вероятностью лучшие (!родители).
3. Отобранные особи (! родители) скрещиваются (*crossover*) – новые особи x наследуют свойства родителей.
4. Мутация (*mutation*) – случайные изменения признаков - x
5. Формируется новая популяция

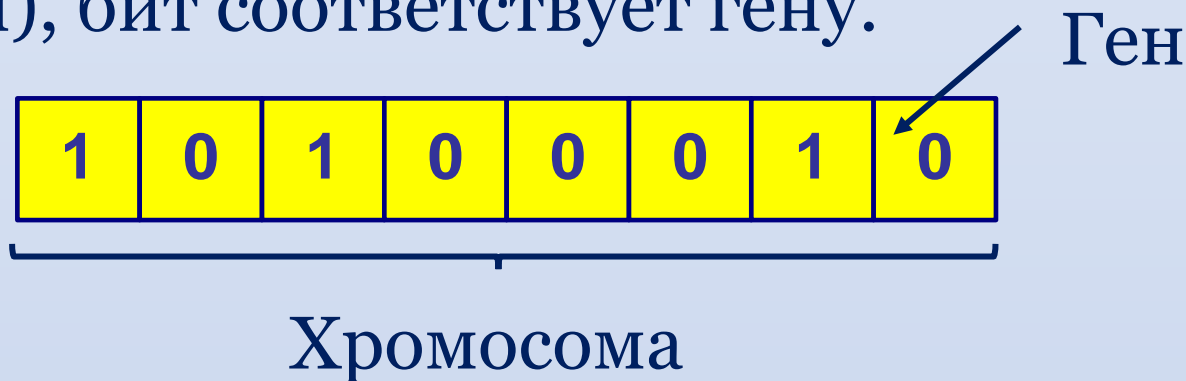
Процесс повторяется – множество **поколений**, пока не будет достигнут приемлемый результат

Переваги VS Недоліки

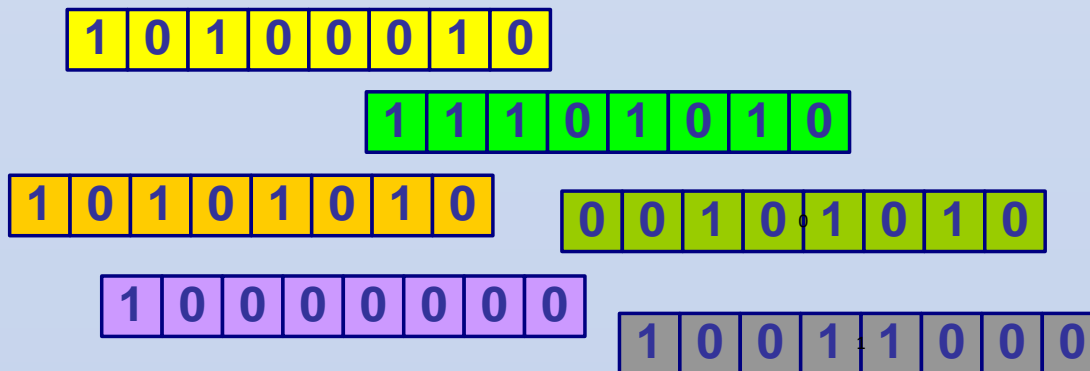
1. Возможность решить задачу глобальной оптимизации.
 2. Применимость к задачам со сложным математическим представлением или не имеющим математического представления.
 3. Устойчивость к шуму.
 4. Поддержка распараллеливания.
-
1. Большой объем вычислений- время вычисления фитнес функции может быть очень большим (сложно и многократно).
 2. Отсутствие гарантированного решения, может сходиться к локальному минимуму.
 3. Плохая масштабируемость под сложность задачи.
 4. Критерий останова и оценка полученного результата не всегда ясны.

Бінарні генетичні алгоритми

Каждой особи популяції відповідає хромосома, представляюча із себе набір генів. Хромосома представляється дочним числом (строкою), біт відповідає гену.



Популяція – колекція хромосом.



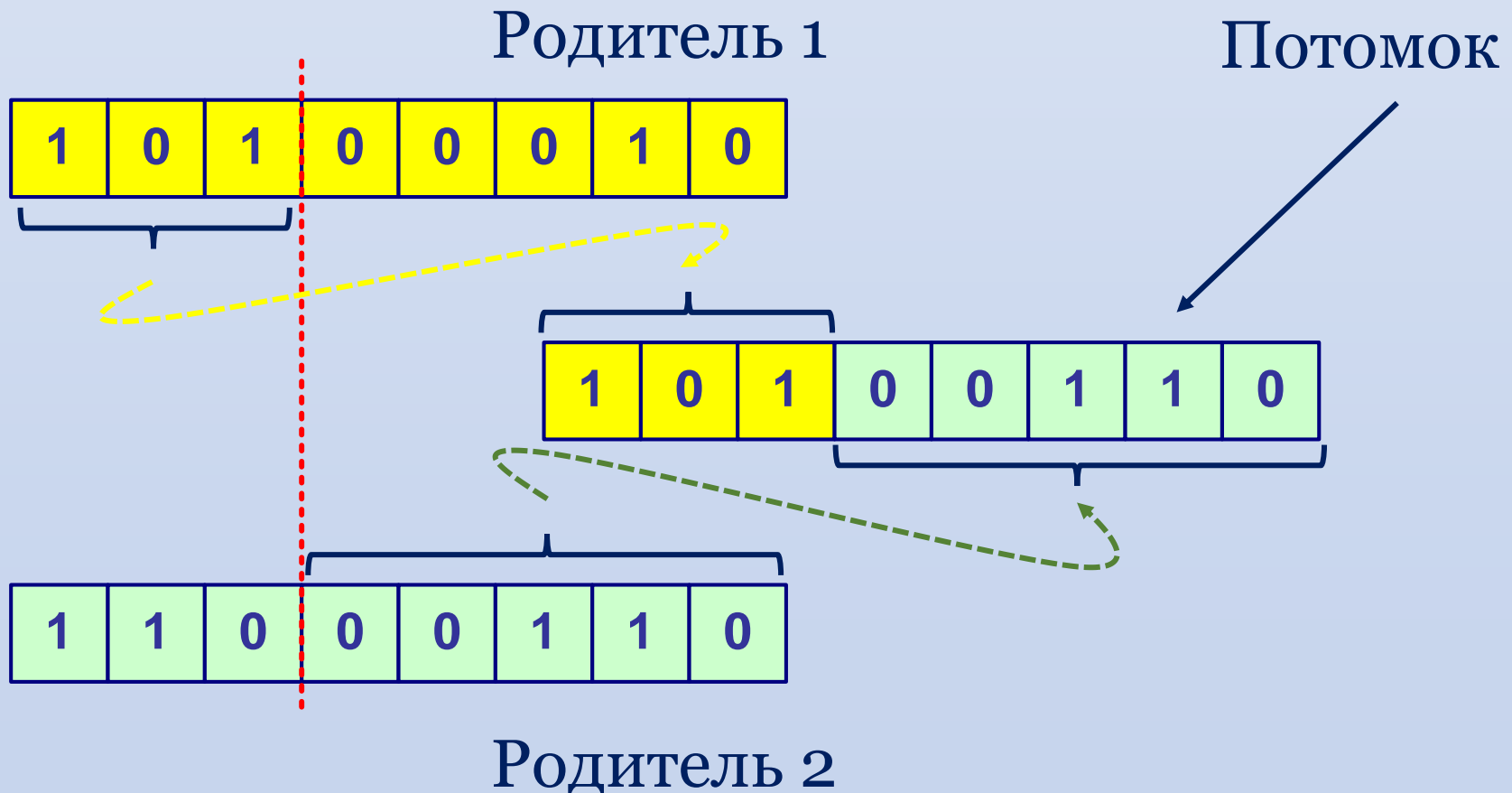
Бінарні генетичні алгоритми

Фитнес функция (целевая , f) – для каждой особи (!хромосомы) можно найти f . Чем f больше, тем лучше особь приспособлена.

Отбор – определяет, какие особи будут оставлены для воспроизводства. Основан на оценке f . Особи с большим f имеют больше шансов оставить потомство – передать свои гены.
! Важно: плохо приспособленные особи могут быть отобраны, но с меньшей вероятностью.

Бінарні генетичні алгоритми

Скрещивание – из отобранных особей популяции создаются пары – родители. Части их хромосом меняются местами – скрещиваются (рекомбинируют).



Бінарні генетичні алгоритми

Мутація – случайно обновлять популяцію, т.е. вносить новые сочетания генов в хромосомы (тем самым стимулируется поиск в новых областях). Например, случайно инвертируется бит в хромосоме потомка.



Бінарні генетичні алгоритми

Редукция – уничтожение особей с худшими значениями фитнес функции. После «рождения» потомков популяцию необходимо привести к исходному количеству – устранить плохие «неприспособленные» особи.

Каждая следующая популяция «лучше» предыдущей.

?? Оценка качества популяции.

Контрольні запитання

1. Надайте принципи теорії еволюції та опис механізмів еволюції.
2. Визначте основні напрямки еволюційного моделювання .
3. Визначте загальну постановку задачі глобальної оптимізації.
4. Надайте загальну ідею генетичного алгоритму вирішення задачі глобальної оптимізації. Переваги, недоліки.
5. Наведіть бінарний генетичний алгоритм вирішення задачі глобальної оптимізації

Рекомендована ЛІТЕРАТУРА

- Саймон Д. Алгоритмы эволюционной оптимизации. — М.: ДМК Пресс, 2020. — 1002 с.
- Скобцов Ю.А., Федоров Е.Е. Метаэвристики. — Донецк, Изд-во «Ноулидж», 2013. — 426 с.

Посилання

- <https://www.youtube.com/watch?v=qtN-l7s4RQE>
- <https://www.youtube.com/watch?v=PCx228KcOow>

The END
Mod 2. Lec 8.