

КАЗАХСКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ ИМЕНИ АЛЬ-ФАРАБИ

А.Т. Агишев

ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫЕ СИСТЕМЫ ОБРАБОТКИ ДАННЫХ

**Сборник лекций для студентов магистратуры,
обучающихся по образовательной программе
«7М07125 - Электроника и системы управления»**

Алматы, 2025

Лекция 3. Генетические алгоритмы и эволюционные методы поиска решений

Цель лекции

Изучить основы работы генетических алгоритмов (GA) и других эволюционных методов оптимизации, применяемых для поиска решений сложных инженерных задач. Рассмотреть биологические принципы, лежащие в основе этих методов, их математические модели, структуру алгоритма и примеры использования в интеллектуальных системах обработки данных и системах управления.

Основные вопросы:

1. Принципы эволюционных вычислений.
2. Структура и компоненты генетического алгоритма.
3. Операторы генетических алгоритмов: селекция, кроссовер, мутация.
4. Кодирование решений и функции приспособленности.
5. Примеры применения GA и эволюционных стратегий в инженерных задачах.
6. Использование высокопроизводительных вычислений для реализации эволюционных методов

Краткие тезисы:

1. Природная основа и идея эволюционных методов. Эволюционные алгоритмы (EA) основаны на принципах естественного отбора и выживания наиболее приспособленных (Hoggood, гл. 6). Ключевая идея: *решения задач рассматриваются как популяция индивидуумов, которые эволюционируют во времени* через операции селекции, скрещивания и мутации. GA позволяет искать оптимальные или приближенные решения в пространствах, где аналитические методы не работают.

2. Структура генетического алгоритма. Типовая архитектура GA включает:

- **Инициализацию** - генерация начальной популяции случайных решений.
- **Оценку приспособленности (Fitness Evaluation)** - вычисление функции приспособленности для каждого индивидуума.
- **Селекцию (Selection)** - выбор особей для размножения на основе их приспособленности.
- **Кроссовер (Crossover)** - обмен генетическим материалом между выбранными особями.
- **Мутацию (Mutation)** - случайные изменения в генах для поддержания разнообразия.
- **Завершение (Termination)** - остановка по критерию сходимости или количеству поколений.

Hoggood отмечает важность *баланса между исследованием (exploration) и эксплуатацией (exploitation)* пространства решений.

3. Кодирование решений и функции приспособленности.

- Решения кодируются в форме **хромосом** (строк бит, чисел или символов).
- Функция приспособленности оценивает «качество» решения.
- Возможны различные типы кодирования: бинарное, вещественное, параметрическое.
- Пример: оптимизация коэффициентов PID-регулятора, где каждое решение представляет набор параметров (K_p , K_i , K_d).

4. Основные операторы GA.

- **Селекция:** рулетка (roulette wheel), турнир, элитизм.
- **Кроссовер:** одноточечный, двуточечный, равномерный.
- **Мутация:** случайная инверсия или замена элементов.
- **Элитарность:** сохранение лучших особей для следующего поколения.

Норгоод (гл. 6–7) подчеркивает, что именно взаимодействие этих операторов делает GA мощным стохастическим методом оптимизации.

5. Эволюционные методы и их разновидности. Помимо классического GA, применяются:

- **Эволюционные стратегии (ES)** - оптимизация на основе вещественных параметров и адаптации дисперсий.
- **Генетическое программирование (GP)** - эволюция целых программ или выражений.
- **Дифференциальная эволюция (DE)** - эффективна для непрерывных функций.
- **Меметические алгоритмы** - сочетание GA с локальными методами оптимизации.

6. Эволюционные методы и НРС. По данным *Sterling et al.* (гл. 9–10):

- GA естественным образом распараллеливается, так как оценка приспособленности разных особей независима.
- Используются **многопроцессорные архитектуры, GPU и кластерные системы** для ускорения вычислений.
- Эволюционные алгоритмы часто применяются в задачах оптимизации сложных инженерных систем, где расчёт одной функции цели требует больших ресурсов (например, CFD, электромагнитные модели, энергетические системы).

7. Примеры применения.

- **Оптимизация схем управления** в робототехнике и электронике.
- **Проектирование антенн** с оптимальной диаграммой направленности.
- **Настройка параметров нейронных сетей** и гибридных интеллектуальных систем.

- **Задачи маршрутизации и планирования** в распределённых вычислениях.
- **Многокритериальная оптимизация** (например, точность и энергопотребление).

Вопросы для контроля, изучаемого материал:

- 1) В чём заключается основная идея генетических алгоритмов?
- 2) Назовите ключевые этапы работы GA и их назначение.
- 3) Какие типы операторов используются в GA и какова их роль?
- 4) Чем различаются эволюционные стратегии и генетические алгоритмы?
- 5) Как HPC-среды повышают эффективность эволюционных методов?
- 6) Приведите примеры задач, где GA показывает преимущества перед классическими методами оптимизации.

Рекомендуемый список литературных источников:

1. Hopgood A. A. Intelligent Systems for Engineers and Scientists. — 3rd ed. — Boca Raton : CRC Press / Taylor & Francis, 2012. — 682 p.
2. Sterling T., Anderson M., Brodowicz M. High Performance Computing: Modern Systems and Practices. — Amsterdam : Elsevier / Morgan Kaufmann, 2017. — 728 p.
3. Russell, S., Norvig, P. Artificial Intelligence: A Modern Approach. 4th Edition. Pearson, 2021.