



**Лекция №8**  
**Генетические алгоритмы**

# ГЕНЕТИЧЕСКИЙ АЛГОРИТМ



**Генетический алгоритм (ГА) (genetic algorithm)** – алгоритм эволюционного моделирования, основанный на использовании аналогий с природными процессами естественного отбора и генетических преобразований, предназначенный для решения задач оптимизации.

История создания, исследования и применения ГА связана со следующими работами:

1. **Holland, J. Adaptation in Natural and Artificial Systems. An Introductory Analysis with Application to Biology, Control and Artificial Intelligence, 1975 г.**
2. **De Jong, K. Analysis of behavior of class of genetic adaptive systems, 1975 г.**
3. **Goldberd, D. Genetic Algorithms in Search, Optimization and Machine Learning, 1989 г.**

# ГА. Представление информации

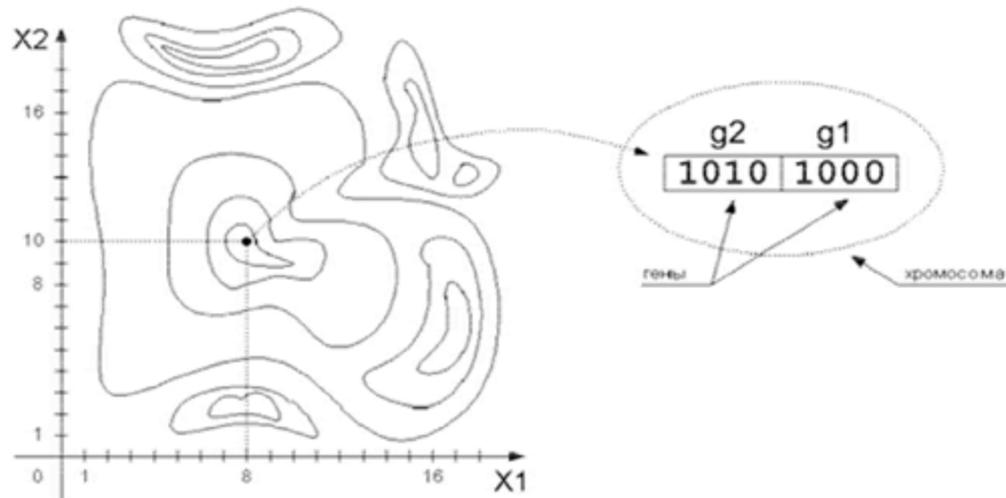


- ✓ Используется явное разделение на пространство поиска (генотип) и пространство решений (фенотип).
- ✓ Каждое решение кодируется в виде бинарной хромосомы  $C$  длиной  $L(C)$ , состоящей из  $n$  числа генов  $g$ .
- ✓ Каждый ген есть двоичный код длиной  $L(g)$ , соответствующий одной переменной задачи оптимизации.

# ГА. Представление информации

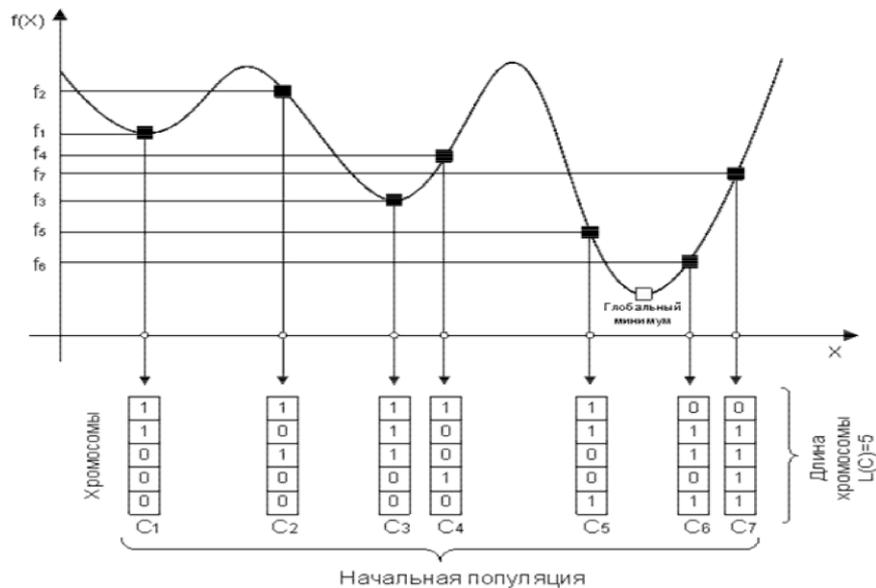
Альтернативные формы кодирования хромосом:

- ✓ использование кода Грея;
- ✓ символьное;
- ✓ с помощью вещественных чисел;
- ✓ определяется разработчиком.



# ГА. Начальная популяция

Начальная популяция содержит  $N_p$  случайно сгенерированных хромосом либо хромосом, связанных со специфическими (перспективными в плане исследования) точками пространства решений (при наличии дополнительной информации о расположении оптимального решения)



# ГА. Генетические операторы



Генетические операторы применяются для преобразования текущей популяции решений с целью получения следующей.

В стандартном генетическом алгоритме используются следующие генетические операторы

- **Оператор отбора (селекции)**
- **Оператор кроссинговера (рекомбинации)**
- **Оператор мутации**
- **Оператор инверсии**

Также для потребностей решаемой задачи могут применяться другие генетические операторы: **транслокации, сегрегации**, др.

# ГА. Оператор отбора



Применяется для определения на основе значений fitness-функции хромосом-кандидатов в следующее поколение.

В генетическом алгоритме могут быть использованы различные схемы селекции

**Пропорциональный отбор**, когда число копий хромосомы пропорционально ее оптимальности. В следующее поколение могут перейти хромосомы только с оптимальностью выше средней.

**Отбор на основе «колеса рулетки»**. Чем выше оптимальность хромосомы, тем больше её сектор на колесе рулетки. Случайная составляющая этого метода отбора дает шанс всем хромосомам попасть в следующее поколение.

# ГА. Оператор отбора



**Турнирный отбор.** Популяция случайно разбивается на группы из  $Nt$  хромосом. Из каждой группы лучшая хромосома выбирается в следующее поколение. Самая «худшая» хромосома популяции не имеет шансов попасть в следующее поколение.

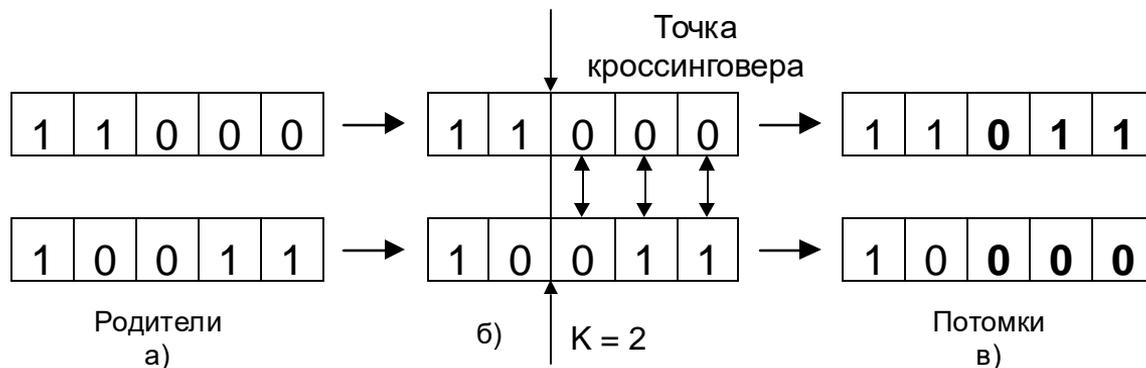
**Отбор на основе ранжирования** (линейного, равномерного) членов популяции по их приспособленности. На основе ранга хромосомы вычисляется вероятность ее попадания в следующую популяцию. Для гарантированного попадания лучшей хромосомы в следующее поколение используется стратегия элитизма.

# ГА. Оператор кроссинговера



Предназначен для обмена с заданной вероятностью генетическим кодом между хромосомами–родителями, полученными в результате отбора, с целью генерации хромосом-потомков для следующего поколения

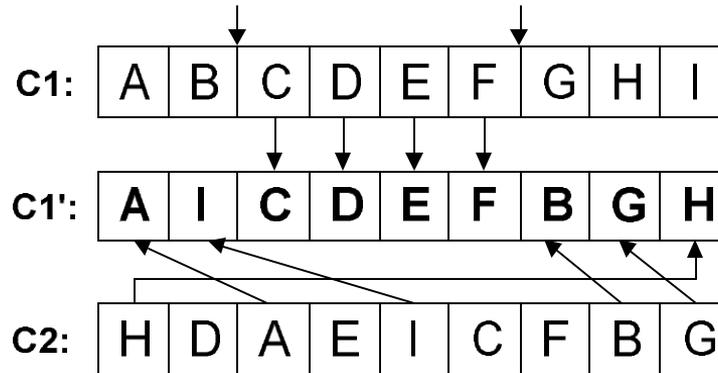
## 1) Одноточечный кроссинговер (бинарное кодирование)



# ГА. Оператор кроссинговера



## 2) Упорядоченный кроссинговер (символьное кодирование)



## 3) Арифметический кроссинговер (вещественное кодирование)

## 4) Другие модификации кроссинговера для различных видов кодирования

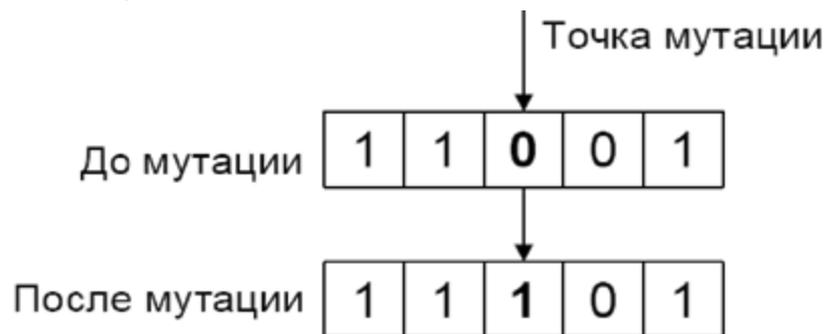
# ГА. Операторы мутации и инверсии



Оператор мутации состоит в случайном изменении (на противоположное) значения каждого бита с некоторой (обычно малой) вероятностью  $P_m$ .

При выполнении оператора инверсии участок хромосомы в своем поле разворачивается на 180 градусов.

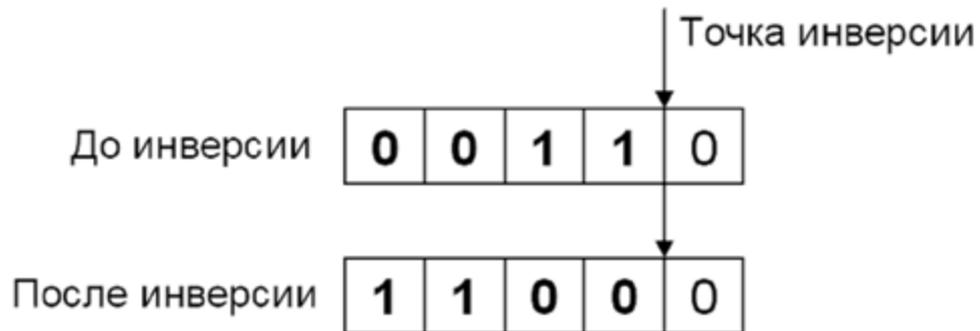
**Оператор мутации (бинарное кодирование)**



# ГА. Операторы мутации и инверсии



## Оператор инверсии (бинарное кодирование)

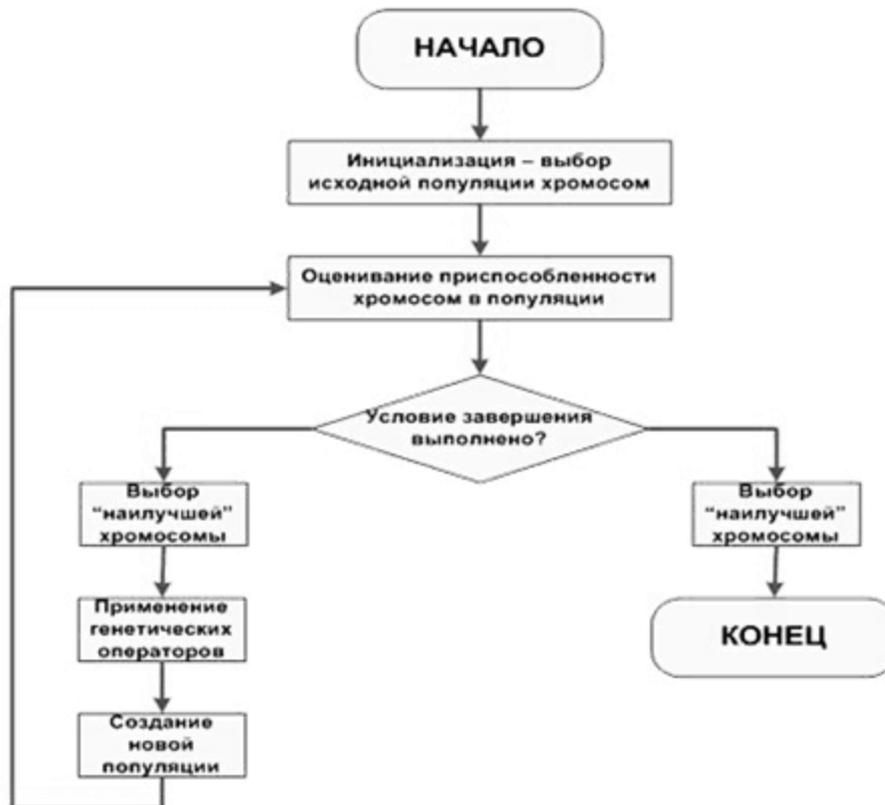


# ГА. Критерии останова



- ✓ Достижение заданного числа поколений.
- ✓ Снижение разнообразия популяции и ее вырождение в подавляющее большинство одинаковых по приспособленности хромосом.
- ✓ Снижение скорости сходимости алгоритма (на протяжении определенного числа поколений качество решений не изменяется).
- ✓ Получение решения, удовлетворяющего пользователя.
- ✓ Достижение лимита затраченного на поиск времени, числа выполнения определенных фрагментов алгоритма.
- ✓ В качестве результата работы ГА принимается хромосома последнего поколения, имеющая самое лучшее значение fitness-функции.

# ГА. Схема алгоритма



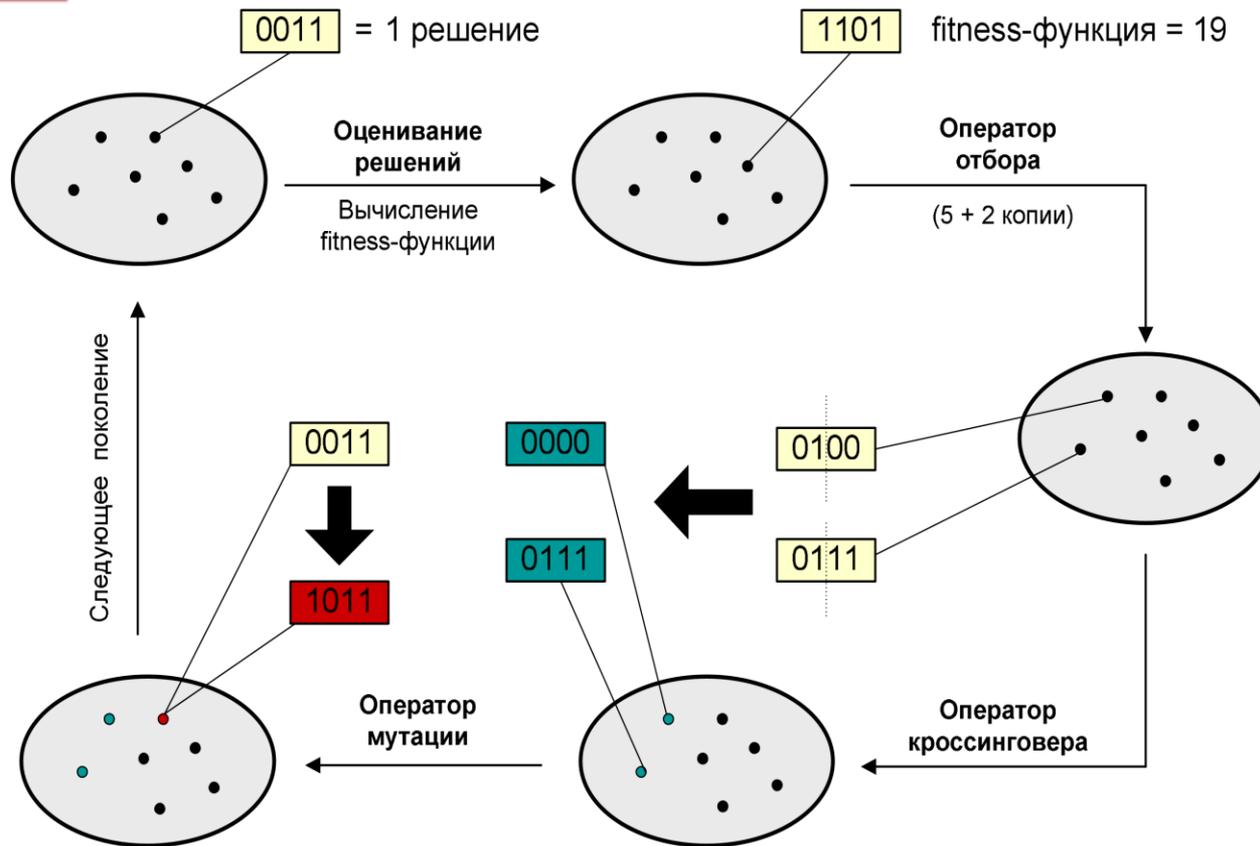
# Классический ГА



Основной (классический) генетический алгоритм (также называемый элементарным или простым генетическим алгоритмом) состоит из следующих шагов:

- инициализация, или выбор исходной популяции хромосом;
- оценка приспособленности хромосом в популяции;
- проверка условия остановки алгоритма;
- селекция хромосом;
- применение генетических операторов;
- формирование новой популяции;
- выбор "наилучшей" хромосомы.

# ГА. Общая схема работы



# ГА. Особенности совместного использования генетических операторов



Эффективность поиска с помощью ГА зависит от «настройки» соотношения исследование-использование.

Интенсивность применения кроссинговера определяет степень использования (детализацию поиска) найденных подобластей поискового пространства.

Оператор мутации влияет на исследование новых областей пространства поиска, позволяет снизить риск сходимости к локальным оптимумам.

Настройка соотношения вероятностей применения генетических операторов кроссинговера и мутации позволяет изменять характер поиска на случайный, случайно-направленный, направленно-случайный, направленный.