

## Genetic Algorithm (GA)



PGS.TS Huỳnh Thị Thanh Bình  
Email: [binhht@soict.hust.edu.vn](mailto:binhht@soict.hust.edu.vn)

# Tổng quan

2

- Bắt đầu được nghiên cứu từ những năm 70 bởi J. Holland, K. DeJong, D. Goldberg
- Thường được áp dụng với:
  - Tối ưu hóa rời rạc
- Tính chất:
  - Không quá nhanh
  - Sử dụng các heuristic để mang lại kết quả lại tạo tốt
- Đặc biệt:
  - Lai tạo từ các cá thể cha mẹ tốt, có chọn lọc
  - Áp dụng các mô hình chọn lọc và lai tạo khác nhau

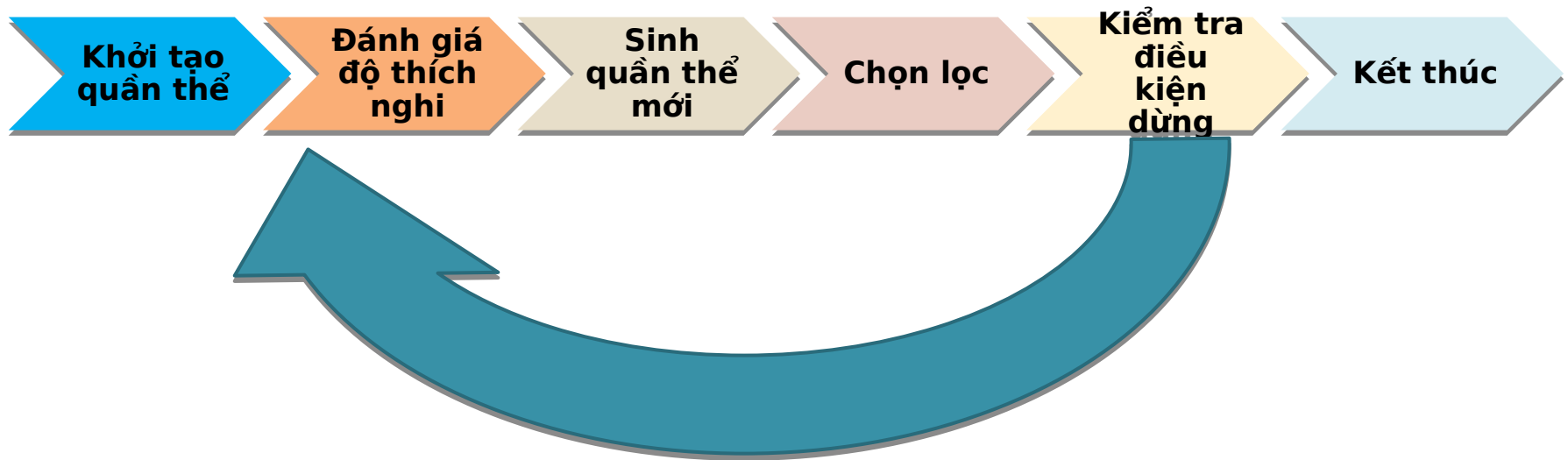
# Tổng quan

3

- Các thuật toán GAs khác nhau ở việc sử dụng các toán tử:
  - Biểu diễn mã hóa
  - Đột biến
  - Lai ghép
  - Cơ chế chọn lọc sinh tồn, sinh sản

# Sơ đồ thuật toán GA

4



# Các thành phần của GA

5

- I. Phương pháp mã hóa lời giải
- II. Phương pháp lai tạo
- III. Phương pháp đột biến
- IV. Phương pháp chọn lọc cha mẹ
- V. Phương pháp đấu tranh sinh tồn

# Các phương pháp mã hóa lời giải

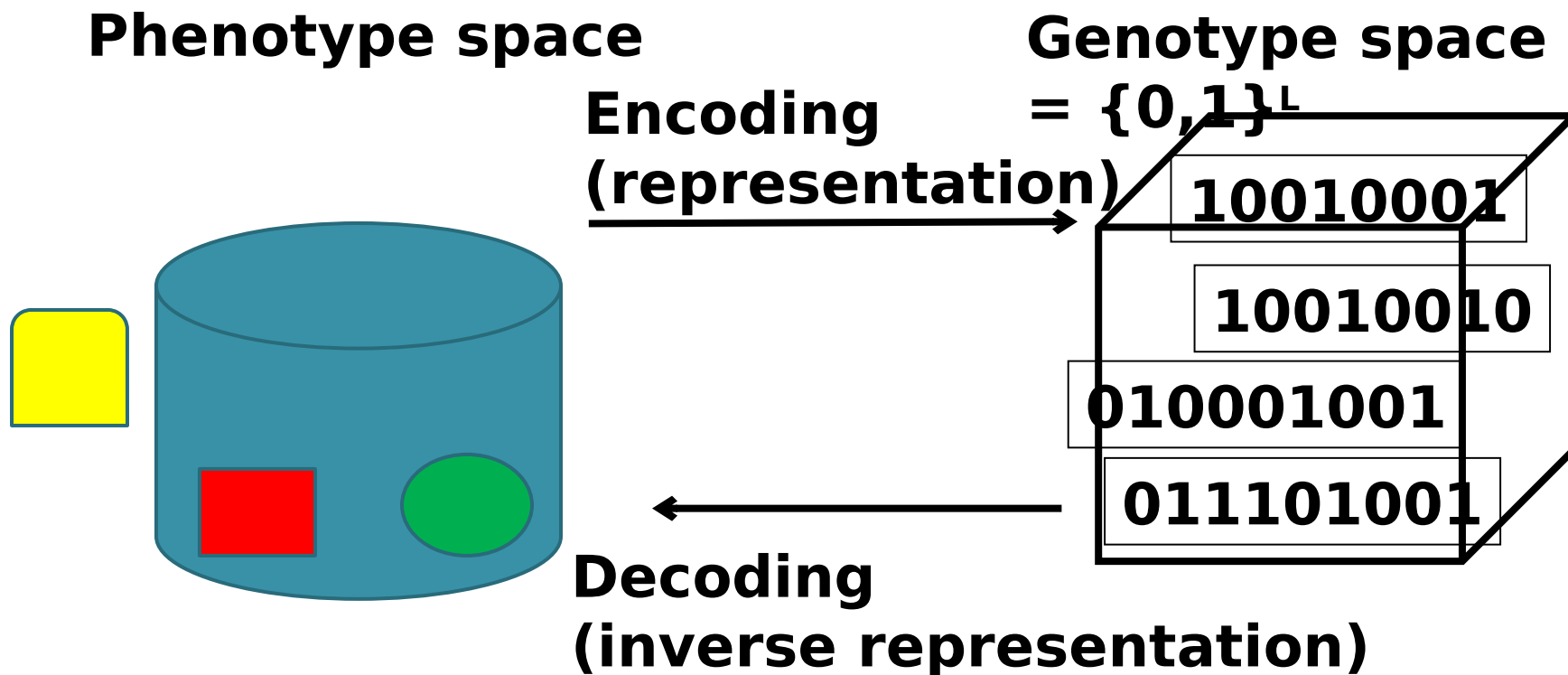
6

- Mã hóa nhị phân
- Mã hóa đa giá trị
- Mã hóa hoán vị
- Mã hóa cây (cạnh, Prufer, mã hóa đỉnh cha ...)
- Rời rạc hóa

# Các phương pháp mã hóa lời giải

## - Mã hóa nhị phân

7



# Các phương pháp mã hóa lời giải

## - Mã hóa đa giá trị

8

- Thường sử dụng mã hóa giá trị phức tạp
- Giá trị được mã hóa có thể là:
  - Nguyên hay thực
  - Rời rạc hay liên tục
  - Hữu hạn hay vô hạn



# Các phương pháp mã hóa lời giải

## - Mã hóa đa giá trị - Ví dụ

9

a. Các gene trong nhiễm sắc thể nhận giá trị thực.

1.7

2.3

5.6

5.2

b. Các gene trong nhiễm sắc thể nhận giá trị rời rạc, từ một tập vô hạn hoặc hữu hạn

A

C

B

A

Black

White

Yellow

Yellow

# Các phương pháp mã hóa lời giải

## - Mã hóa hoán vị

10

- NST là một hoán vị của một tập các gene
- Phù hợp với các bài toán liên quan đến tính hoán vị
- VD: TSP

|   |   |   |   |   |   |   |   |   |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 3 | 6 | 7 | 8 | 2 | 5 | 4 | 9 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|

# Các phương pháp mã hóa lời giải

## - Mã hóa Cây

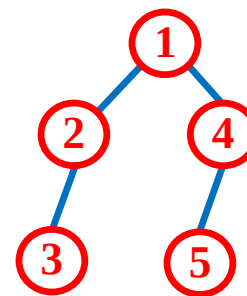
11

■ Mã hóa cạnh:

$(1,2), (2,3), (1,4), (4,5)$

■ Mã hóa đỉnh cha

$\text{Parent}(1) = 1, \text{Parent}(2) = 1, \dots$



|   |   |   |   |   |
|---|---|---|---|---|
| 1 | 1 | 2 | 1 | 4 |
|---|---|---|---|---|

# Các phương pháp mã hóa lời giải

## - Mã hóa Cây - tiếp

12

### ■ Prufer:

- Biểu diễn một cây bằng một vector số nguyên
- Kích thước mã hóa bằng  $n-2$ ,  $n$  là số đỉnh của đồ thị
- Mã hóa:
  - Bước 1: Đánh nhãn các đỉnh trên cây từ 1 đến  $n$
  - Bước 2: Tìm đỉnh là đỉnh có id nhỏ nhất và có bậc = 1 trong cây
  - Bước 3: Đỉnh là đỉnh kết nối với ( duy nhất 1 đỉnh tồn tại, do bậc của là 1) và thêm  $j$  vào trong mã hóa
  - Bước 4: Loại bỏ đỉnh và cạnh (, ) trên cây
  - Bước 5: Lặp lại bước 2 cho tới khi cây còn 2 đỉnh

# Các phương pháp mã hóa lời giải

## - Mã hóa Cây - tiếp

13

### ■ Prufer:

- Giải mã

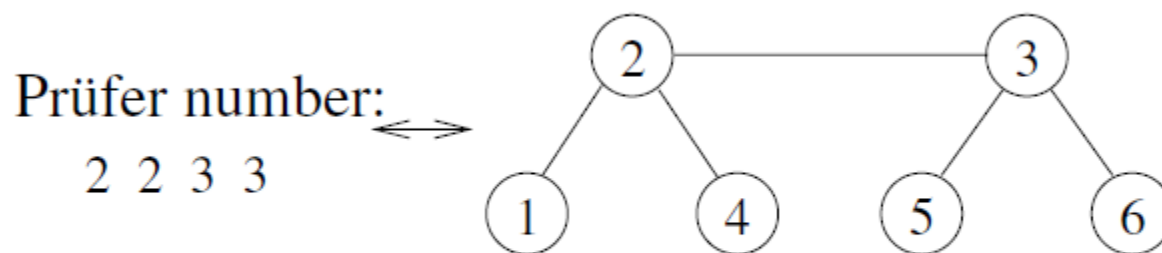
- Bước 1: Tìm tập đỉnh  $S$  mà không xuất hiện trên mã hóa  $P$
- Bước 2: Tìm là đỉnh có id nhỏ nhất trong  $S$ , là phần tử trái nhất trong mã hóa
- Bước 3: Loại bỏ đỉnh khỏi  $S$  và thêm cạnh  $(, )$  vào cây
- Bước 4: Lặp lại bước 1 cho tới khi  $S$  chỉ còn 2 đỉnh (giả sử  $a, b$ )
- Bước 5: Thêm hai cạnh  $(a, b)$  vào cây

# Các phương pháp mã hóa lời giải

## - Mã hóa Cây - tiếp

14

### ■ Prufer: Ví dụ



(a) A tree and its Prüfer number  
 $P = 2233$

# Các phương pháp mã hóa lời giải

## - Mã hóa Cây - tiếp

15

### ■ NetKeys:

- Gán độ ưu tiên cho mỗi cạnh
- thêm lần lượt các cạnh theo thứ tự độ ưu tiên sao cho không tạo thành chu trình
- Kích thước vector mã hóa = số cạnh trong đồ thị
- Đồ thị đầy đủ  $\Rightarrow n \times n$
- Mềm dẻo
- Độ dư thừa mã hóa cao

# Các phương pháp lai ghép

16

- Trên mã hóa nhị phân, đa giá trị
  - Lai ghép theo điểm cắt
  - Lai ghép đồng bộ
- Trên mã hóa hoán vị
  - Lai ghép thứ tự -OX
  - Lai ghép tương hợp bộ phận -PMX
  - Lai chu trình - CX
- Trên mã hóa số thực
  - Lai ghép chéo hóa nhị phân - SBX
- Trên mã hóa cây
  - Lai ghép trộn cạnh

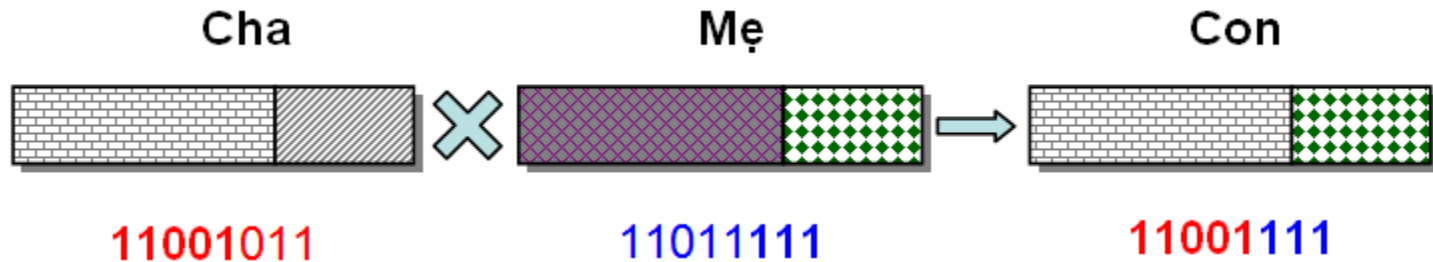


# Các phương pháp lai ghép

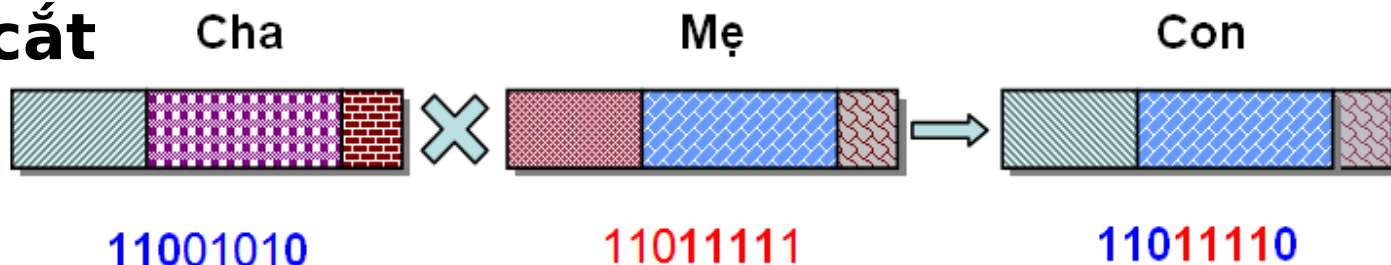
## Lai ghép theo điểm cắt

17

### a. Một điểm cắt



### b. Hai điểm cắt



### c. N điểm cắt



Thích hợp với mã hóa nhị phân

# Các phương pháp lai ghép

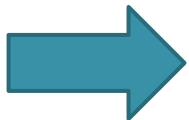
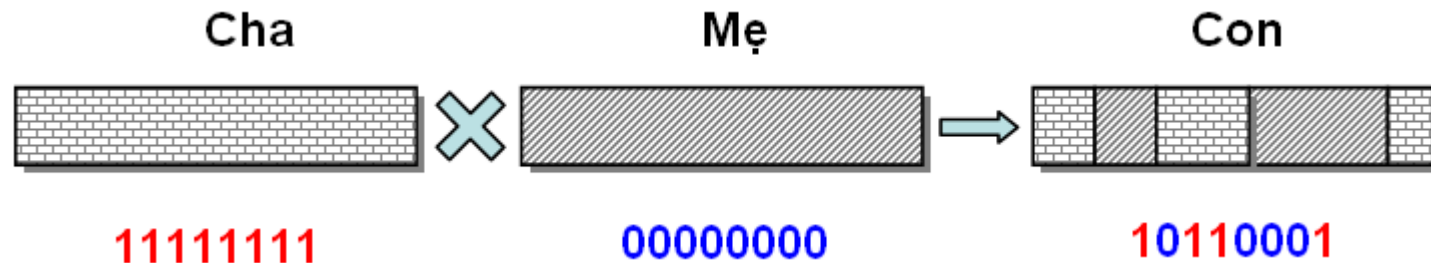
## Lai ghép đồng bộ

18

Tại mỗi vị trí của cá thể con, lấy ngẫu nhiên 1 số thực  $u$  trong  $[0,1]$

$u < 0.5$ : lấy gene của cha

$u \geq 0.5$ : lấy của mẹ



Thích hợp với mã hóa nhị phân

# Các phương pháp lai ghép

## Lai ghép thứ tự

19

- Chọn 2 điểm lai bất kì, khác nhau
- Con 1:
  - Sao chép phần giữa 2 điểm lai của cha 1 vào con 1
  - Các gen chưa được sao chép, tiến hành thêm vào con 1 bắt đầu từ điểm lai thứ 2, theo thứ tự xuất hiện ở cha 2

|              |   |   |   |   |   |   |   |
|--------------|---|---|---|---|---|---|---|
| Parent $P_1$ | A | B | C | D | E | F | G |
| Parent $P_2$ | C | B | G | E | F | D | A |

|             |   |   |   |   |   |   |   |
|-------------|---|---|---|---|---|---|---|
| Child $C_1$ | ? | ? | C | D | E | ? | ? |
| Child $C_2$ | ? | ? | G | E | F | ? | ? |

|             |   |   |   |   |   |   |   |
|-------------|---|---|---|---|---|---|---|
| Child $C_1$ | F | A | C | D | E | B | G |
| Child $C_2$ | C | D | G | E | F | A | B |

# Các phương pháp lai ghép

## Lai ghép tương hợp bộ phận

20

- Chọn 2 điểm lai bất kì
- Con thứ nhất:
  - Sao chép phần giữa 2 điểm lai của cha 1 sang con
  - Các vị trí còn trống, sao chép các gene tương ứng ở cha 2 mà chưa có mặt trong con
  - Các vị trí còn lại thực hiện tìm kiếm “đối sánh”

# Các phương pháp lai ghép

## Lai ghép tương hợp bộ phận

21

|    |   |   |   |   |   |   |   |   |   |
|----|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| P1 | 9 | 8 | 6 | 4 | 2 | 3 | 7 | 1 | 5 |
| P2 | 7 | 5 | 2 | 9 | 4 | 8 | 6 | 3 | 1 |

Bước 1:

|    |  |  |  |   |   |   |  |  |  |
|----|--|--|--|---|---|---|--|--|--|
| O1 |  |  |  | 9 | 4 | 8 |  |  |  |
| O2 |  |  |  | 4 | 2 | 3 |  |  |  |

Bước 2:

|    |   |   |   |   |   |   |   |   |   |
|----|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| O1 |   |   | 6 | 9 | 4 | 8 | 7 | 1 | 5 |
| O2 | 7 | 5 |   | 4 | 2 | 3 | 6 |   | 1 |

Bước 3:

|    |   |   |   |   |   |   |   |   |   |
|----|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| O1 | 2 | 3 | 6 | 9 | 4 | 8 | 7 | 1 | 5 |
| O2 | 7 | 5 | 9 | 4 | 2 | 3 | 6 | 8 | 1 |

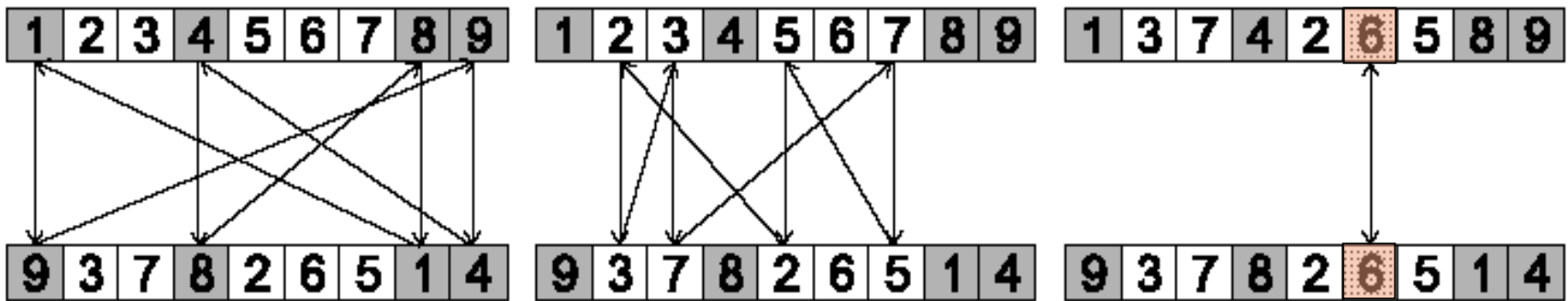
9->4->2  
8->3

# Các phương pháp lai ghép

## Lai ghép chu trình

22

Tìm các chu trình



Copy lần lượt các chu trình vào con theo thứ tự nghịch đảo xen

1 2 3 4 5 6 7 8 9

1 3 7 4 2 6 5 8 9



9 3 7 8 2 6 5 1 4

9 2 3 8 5 6 7 1 4

# Các phương pháp lai ghép

## Lai ghép Chéo hóa nhị phân - SBX

23

- Với hai cá thể cha mẹ , SBX sinh ra hai cá thể con như sau:
  - Bước 1: Lấy ngẫu nhiên một số thực
  - Bước 2: Tính hệ số theo công thức:

trong đó, là hệ số phân bố thường trong khoảng từ 2 đến 10.

càng cao thì cá thể con sinh ra càng gần cha mẹ.

# Các phương pháp lai ghép

## Lai ghép Chéo hóa nhị phân - SBX

24

- Bước 3: Các cá thể con và được sinh ra theo công thức
- Đặc điểm:
  - Hai con có phân phối gần với phân phối của cha mẹ giúp duy trì và kế thừa được những đặc tính tốt của hai cha mẹ.

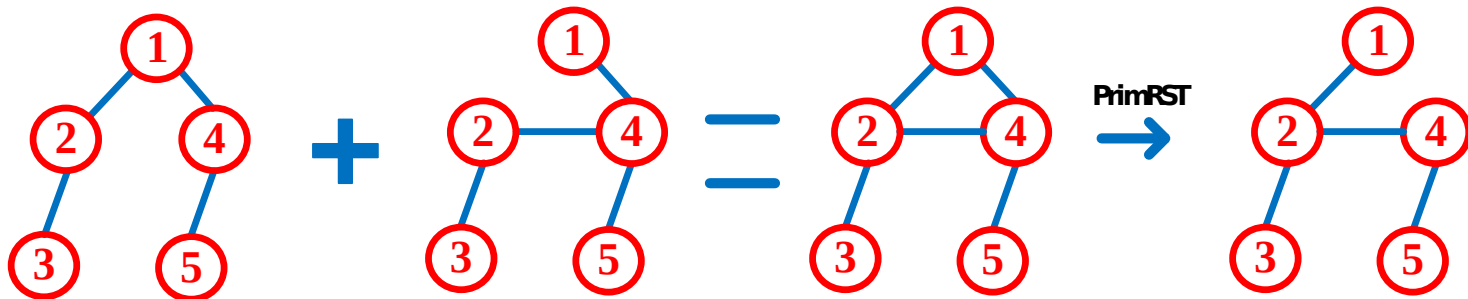


# Các phương pháp lai ghép

## Lai ghép trộn cạnh

25

- Trộn tập cạnh của hai cây tương ứng thu được tập cạnh E
- Thực hiện thuật toán PrimRST để sinh cây khung ngẫu nhiên trên E



# Các phương pháp đột biến

26

- Đảo bits : Biểu diễn nhị phân
- Đổi chỗ: Biểu diễn nhị phân, hoán vị
- Đổi giá trị: số nguyên, số thực
- Đảo đoạn: nhị phân, hoán vị, số nguyên
- Đột biến cây: biểu diễn cây
- Đột biến đa thức: số thực

# Các phương pháp đột biến

## Đảo bit

27

Áp dụng với mã hóa nhị phân

|                       |                          |
|-----------------------|--------------------------|
| <i>Trước đột biến</i> | <b>110<u>0</u>110010</b> |
| <i>Sau đột biến</i>   | <b>110<u>1</u>110010</b> |

# Các phương pháp đột biến

## Đảo đổi chỗ

28

Áp dụng với mã hóa nhị phân/ hoán vị

|                       |                  |   |
|-----------------------|------------------|---|
|                       | ↓                | ↓ |
| <i>Trước đột biến</i> | <b>123456789</b> |   |
| <i>Sau đột biến</i>   | <b>173456289</b> |   |

# Các phương pháp đột biến

## Đổi giá trị

29

Tiến hành thêm bớt một lượng nhỏ vào giá trị của gene

|              |        |        |        |        |
|--------------|--------|--------|--------|--------|
|              |        | ↓      | ↓      |        |
| Chronosome A | 1.4765 | 6.2324 | 3.8653 | 9.2134 |
| Sau đột biến | 1.4765 | 6.2334 | 3.8643 | 9.2134 |

# Các phương pháp đột biến

## Đảo đoạn

30

- Chọn 2 vị trí ngẫu nhiên
- Đảo đoạn nằm giữa 2 vị trí đó

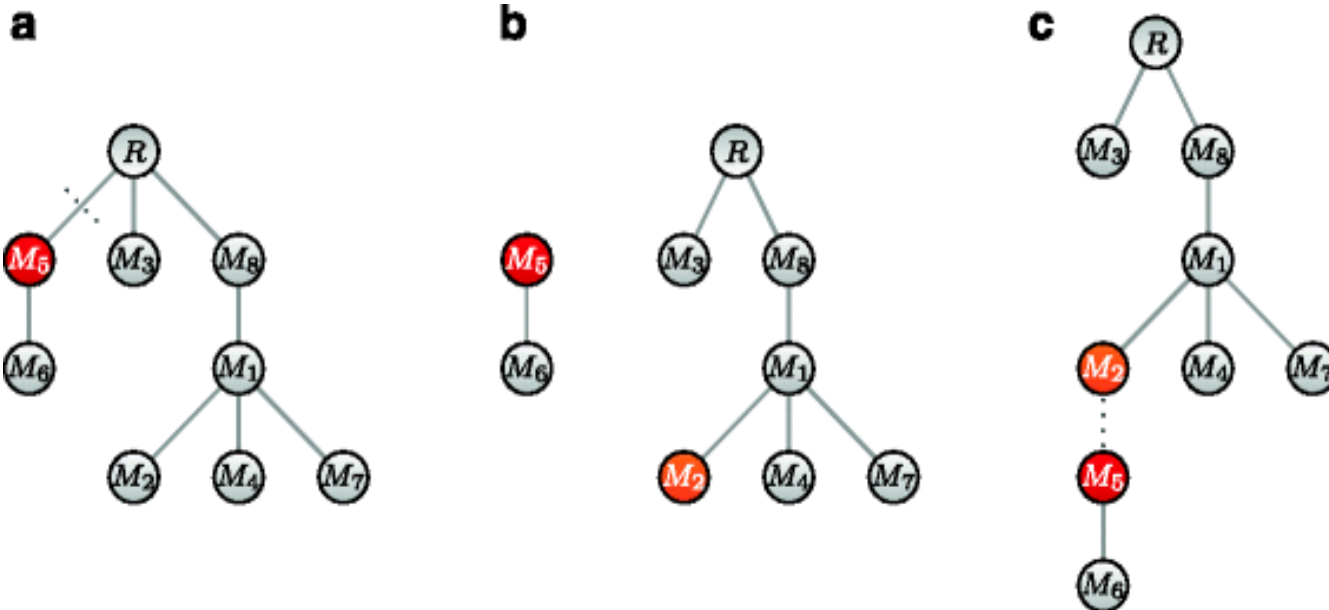


# Các phương pháp đột biến

## Đột biến cây

31

- Cắt một cây con (subtree) trên cây ban đầu và gắn vào một nút khác trong cây



# Các phương pháp đột biến

## Đột biến đa thức

32

- Đối tượng: Biểu diễn số thực
- Cá thể đột biến từ theo các bước sau:
  - Bước 1: Lấy ngẫu nhiên một giá trị  $u$  thuộc  $[0,1]$
  - Bước 2: Tại mỗi vị trí trên  $p$  tính các giá trị và Cập nhật vị trí tương ứng trên cá thể con :



# Các phương pháp đột biến

## Đột biến đa thức

33

- Đặc điểm:
  - Phân phối của các cá thể con gần với cha mẹ
  - Toán tử parent-centric

# Các phương pháp chọn lọc cha mẹ

34

- Chọn lọc ngẫu nhiên
- Chọn lọc theo vòng quay roulette
- Chọn lọc theo xếp hạng
- Chọn lọc theo thể thức giao đấu

# Các phương pháp lựa chọn cha mẹ

## Lựa chọn ngẫu nhiên

35

- Các cá thể cha mẹ mang đi giao phối được chọn ngẫu nhiên hoàn toàn

# Các phương pháp lựa chọn cha mẹ

## Lựa chọn theo bánh xe roulette

36

- Tính tổng độ thích nghi của cả quần thể
- Tính xác suất lựa chọn cá thể thứ  $i$  là
- Xác suất quỹ tích của cá thể thứ  $i$  là
- Lấy ngẫu nhiên một số thực  $r$  trong  $[0,1]$
- Cá thể thứ  $i$  được lựa chọn nếu

# Các phương pháp lựa chọn cha mẹ

## Lựa chọn theo thứ hạng

37

- Tiến hành xếp hạng các cá thể trong quần thể dựa trên độ thích nghi
- Các xếp hạng có thể chỉ đơn giản là sắp xếp, cũng có thể sử dụng các hàm đặc biệt
- Dựa trên hạng đã xếp chọn tỉ lệ tương ứng các cá thể theo ý muốn.
- Ví dụ:
  - Chọn 50% tốt nhất
  - Chọn 40% tốt nhất và 10% tồi nhất
  - Chia ra làm 3 khoảng: Tốt, trung bình, xấu. Mỗi khoảng lấy 50% tốt nhất (Elitsm)

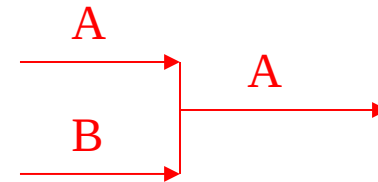
# Các phương pháp lựa chọn cha mẹ

## Lựa chọn theo thể thức giao đấu

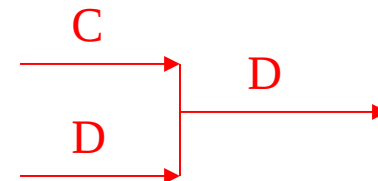
38

- Chọn ngẫu nhiên  $k$  cá thể cha mẹ
- Ghép cặp cá thể được so sánh ngẫu nhiên với nhau và chọn ra hai cá thể tốt nhất làm cha mẹ

$\text{Fitness}(A) > \text{Fitness}(B)$



$\text{Fitness}(D) > \text{Fitness}(C)$



# Phương pháp đấu tranh sinh tồn

39

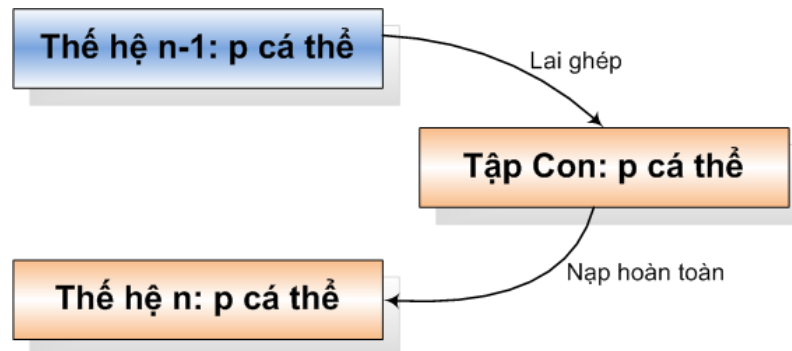
- Nạp lại hoàn toàn
- Nạp lại ngẫu nhiên
- Giữ lại cá thể ưu tú
- Áp dụng các phương pháp của chọn lọc cha mẹ

# Các phương pháp đấu tranh sinh tồn

## Nạp lại hoàn toàn

40

- Sinh ra số con bằng số lượng cha mẹ và tiến hành thay thế tất cả cha mẹ bằng con
- Có thể gây ra việc mất đi cá thể cha mẹ tốt
- Tính tăng trưởng ổn định của quần thể bị giảm
- Nguy cơ bị cục bộ thấp hơn



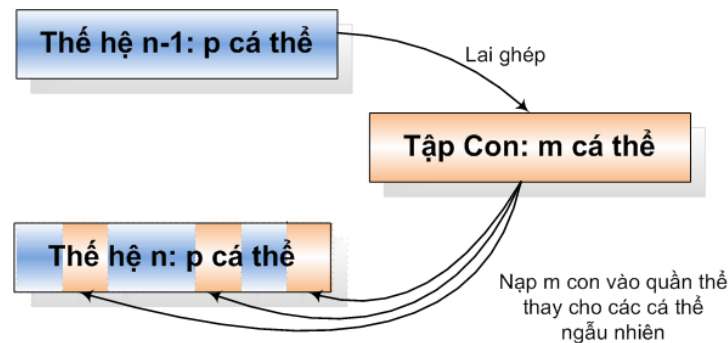


# Các phương pháp đấu tranh sinh tồn

## Nạp lại ngẫu nhiên

41

- Sau khi lai tạo có  $k$  con
- Chọn ngẫu nhiên  $k$  cha mẹ của quần thể để thay thế bằng  $k$  con mới
- Có thể gây ra việc mất đi cá thể cha mẹ tốt

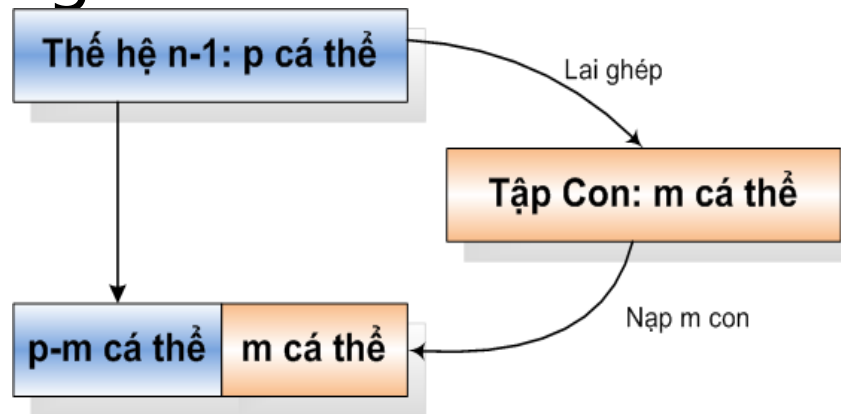


# Các phương pháp đấu tranh sinh tồn

## Nạp lại ngẫu nhiên

42

- Luôn luôn giữ lại cá thể ưu tú nhất của quần thể
- Đảm bảo quần thể không bao giờ bị suy giảm chất lượng



# Các phương pháp đấu tranh sinh tồn

## Áp dụng phương pháp của lựa chọn cha mẹ

43

- Kết hợp các phương pháp chọn lọc để chọn ra cá thể của quần thể cũ bị đào thải
- Hoặc trộn các cá thể con vào quần thể và sử dụng các phương pháp chọn lọc để chọn các cá thể bị đào thải (con có thể cũng bị loại)
- Cũng có thể căn cứ vào tuổi của cá thể để đào thải

- Giải thuật di truyền cơ bản
- Giải thuật di truyền cho không gian thực
- Giải thuật di truyền cho các biểu diễn có thứ tự và hoán vị
- Giải thuật di truyền trên cây và đồ thị
- Giải thuật di truyền cho các bài toán tối ưu có ràng buộc
- Cấu trúc quần thể
- Giải thuật di truyền song song

**Thanks for your attention**