

TRÍ TUỆ NHÂN TẠO NHÓM 01

# ỨNG DỤNG THUẬT TOÁN DI TRUYỀN GIẢI BÀI TOÁN SUDOKU

GV HƯỚNG DẪN: ThS. Võ Trí Thức

THỰC HIỆN: Bùi Việt Ngọc Anh  
Nguyễn Gia Kính  
Dương Thị Tố Như

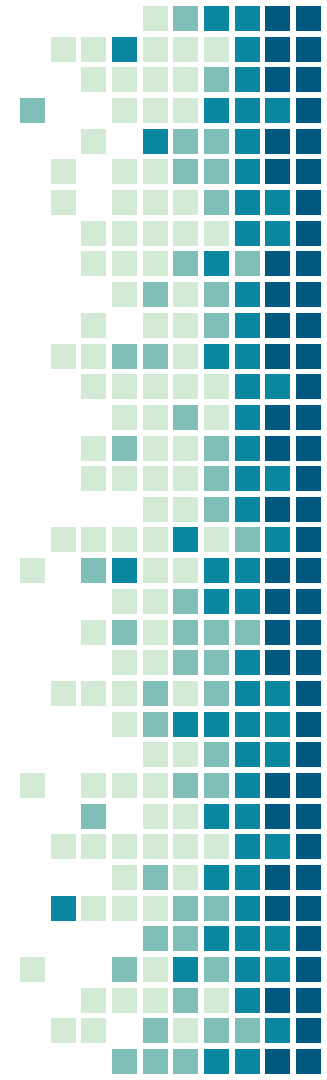
# NỘI DUNG CHÍNH

GIỚI THIỆU

XÂY DỰNG  
THUẬT TOÁN

KẾT QUẢ  
THỰC NGHIỆM

KẾT LUẬN VÀ  
HƯỚNG PHÁT TRIỂN





# I. GIỚI THIỆU

## I. GIỚI THIỆU

# 1. BÀI TOÁN SUDOKU

## Sudoku

- Sudoku (số độc nhất) là một trò chơi câu đố sắp xếp chữ số dựa trên logic tổ hợp, được cho là phát minh bởi Leonhard Euler – nhà toán học thế kỷ 18. Xuất hiện lần đầu tại Mỹ với cái tên Number Place, sau đó du nhập vào Nhật Bản và được nhà xuất bản Nikolo đổi tên thành Sudoku.

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

## I. GIỚI THIỆU

# 1. BÀI TOÁN SUDOKU

## Kích thước

- Kích thước chuẩn của Sudoku theo trò chơi gốc là 9x9 ô, được chia làm 3x3 khối. Về sau được biến thể với nhiều dạng kích thước khác nhau:
  - 4x4, được chia làm 2x2 khối
  - 6x6, được chia làm 2x3 khối
  - 16x16, được chia làm 4x4 khối
  - 25x25, được chia làm 5x5 khối

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

# I. GIỚI THIỆU

## 1. BÀI TOÁN SUDOKU

### Luật chơi

- Một vài con số sẽ được cho sẵn và nằm ở vị trí bất kỳ. Người chơi sẽ phải tuân thủ theo luật chơi là điền kín những ô còn lại đảm bảo điều kiện sau:
  - Phải có đủ các chữ số từ 1 đến 9 ở hàng ngang và các số không trùng nhau.
  - Phải có đủ các chữ số từ 1 đến 9 ở hàng dọc và các số không trùng nhau.
  - Phải có đủ các chữ số từ 1 đến 9 ở từng khối 3x3 và các số không trùng nhau.

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

## I. GIỚI THIỆU

# 2. HƯỚNG GIẢI QUYẾT

### Đưa Sudoku về dạng bài toán tối ưu hóa tổ hợp

- Tạo nên tập hợp các lời giải, mỗi lời giải là kết quả của việc lấp đầy ô trống bằng các giá trị ngẫu nhiên. Sử dụng 1 hàm mục tiêu để khảo sát mức độ phù hợp của từng lời giải.
- Giữ lại những lời giải tốt. Những lời giải chưa tốt được thay đổi giá trị ở các ô để tăng độ phù hợp.
- Lặp lại quá trình cho đến khi tìm được lời giải tối ưu.

## I. GIỚI THIỆU

# 3. GIỚI THIỆU THUẬT TOÁN DI TRUYỀN

## Thuật toán di truyền (GA-Genetic Algorithm)

- Thuật toán di truyền (GA-Genetic Algorithm) là kỹ thuật mô phỏng theo quá trình thích nghi tiến hóa của các quần thể sinh học dựa trên học thuyết Darwin. GA là phương pháp tìm kiếm tối ưu ngẫu nhiên bằng cách mô phỏng theo sự tiến hóa của con người hay của sinh vật. Tư tưởng của thuật toán di truyền là mô phỏng các hiện tượng tự nhiên, là kế thừa và đấu tranh sinh tồn.
- GA hiệu quả trong việc giải quyết những bài toán có sẵn lời giải trong một không gian tìm kiếm lớn

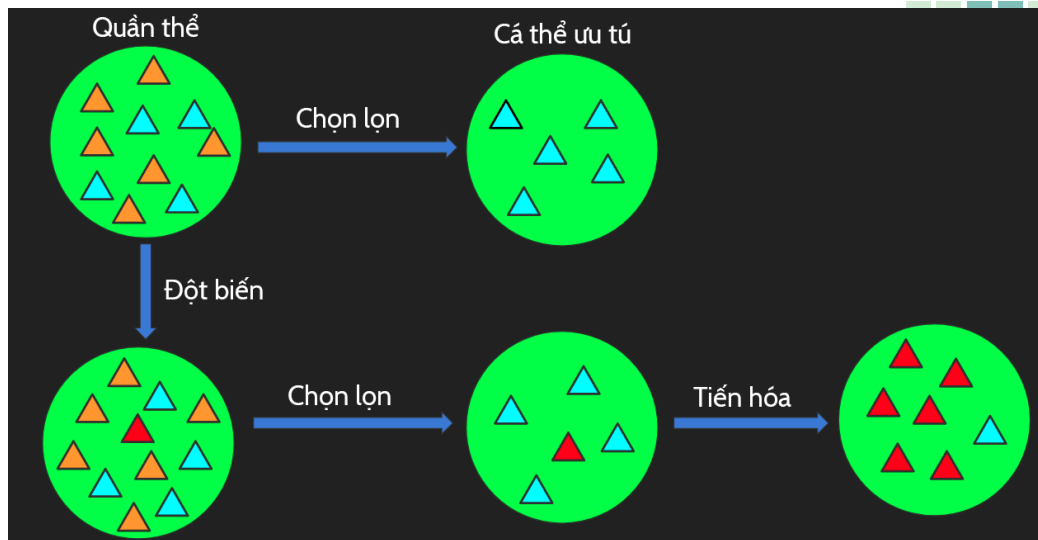


## I. GIỚI THIỆU

# 3. GIỚI THIỆU THUẬT TOÁN DI TRUYỀN

Các thành phần chính và mối liên hệ giữa các thành phần:

- Quần thể (Population)
- Chọn lọc (Selection)
- Đột biến (Mutation)
- Tiến hóa (Evolution)

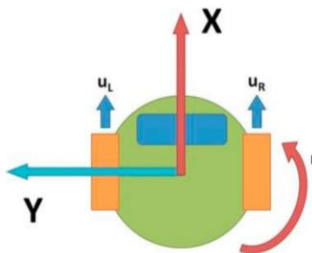
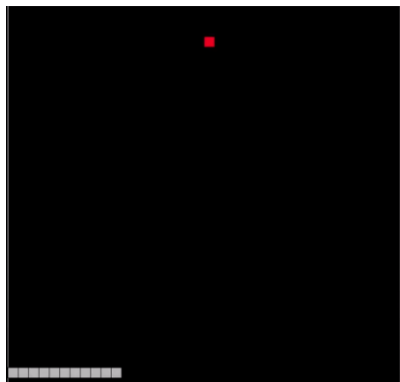


## I. GIỚI THIỆU

# 3. GIỚI THIỆU THUẬT TOÁN DI TRUYỀN

## Ứng dụng thực tiễn

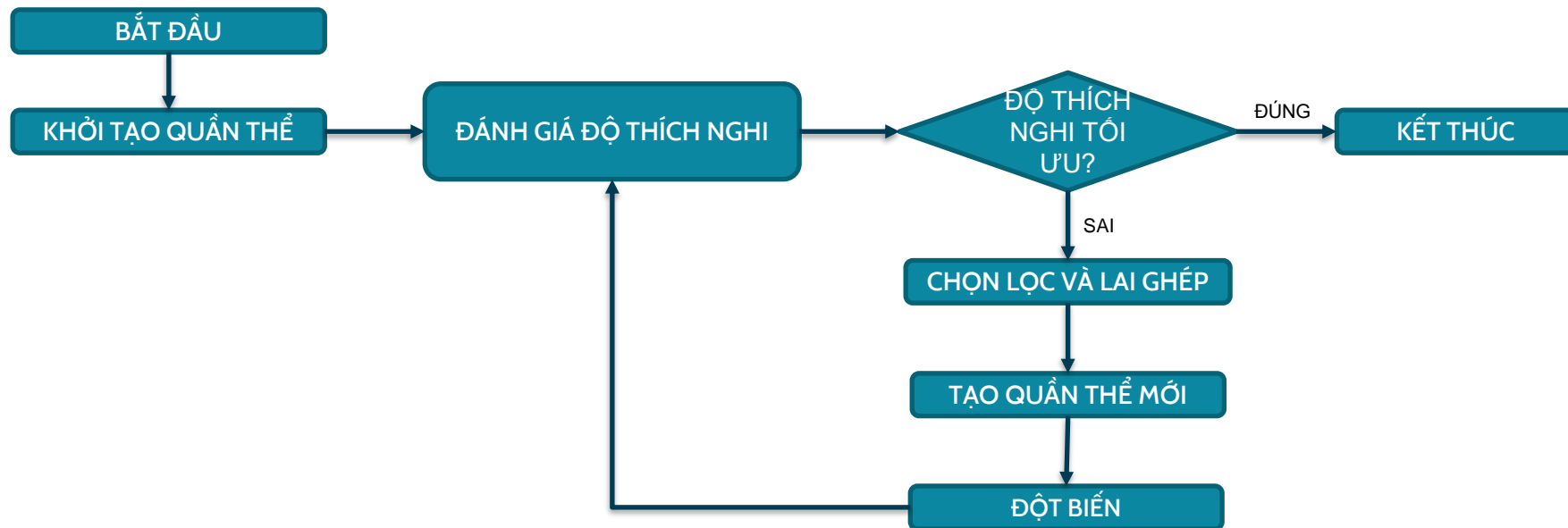
- Giải quyết tốt những bài toán cổ điển như Người du lịch, Cái túi,...
- Có thể kết hợp với việc sử dụng mạng Neural để giải quyết một số bài toán về tự động, hành vi,...



## I. GIỚI THIỆU

# 3. GIỚI THIỆU THUẬT TOÁN DI TRUYỀN

Sơ đồ thuật toán:





## II. XÂY DỰNG THUẬT TOÁN

## II. XÂY DỰNG THUẬT TOÁN

### 1. Khởi tạo quần thể

#### Khởi tạo quần thể

- Quần thể ban đầu là một tập hợp gồm 200 cá thể với những đặc tính khác nhau
- Những cá thể được tạo ra bằng cách “giao” các số ngẫu nhiên lên các ô còn trống trong bản đồ.

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

Cá thể 0

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

Cá thể 199

## II. XÂY DỰNG THUẬT TOÁN

### 2. Đánh giá độ thích nghi

#### Đánh giá độ thích nghi

- Độ thích nghi của một cá thể được xác định bởi mức độ gần đúng của nó so với lời giải của câu đố.

Fitness: 0.834476

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

Cá thể 0

Fitness: 0.823045

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

Cá thể 199

## II. XÂY DỰNG THUẬT TOÁN

### 2. Đánh giá độ thích nghi

Độ thích nghi được tính bằng công thức:

$$f(x) = \sum_{i=1}^9 g_i(x) \times \sum_{i=1, j=1}^3 h_{ij}(x)$$

$$g_i(x) = \frac{|x_i|}{9} \quad h_{ij}(x) = \frac{|x_{ij}|}{9}$$

Trong đó:  $f(x)$  là độ thích nghi của một cá thể

$g_i$  là điểm thích nghi của 1 cột

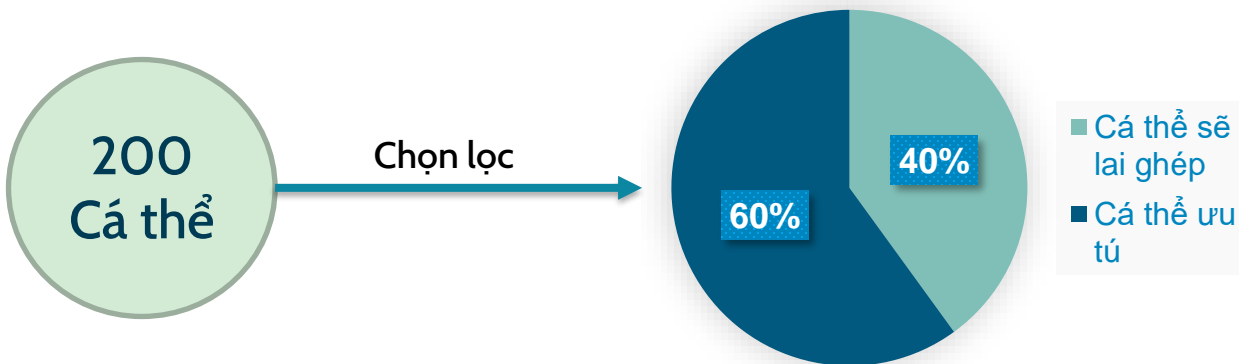
$h_{ij}$  là điểm thích nghi của 1 khối 3x3

## II. XÂY DỰNG THUẬT TOÁN

### 3. Chọn lọc và lai ghép

#### Chọn lọc và lai ghép

- **Giai đoạn chọn lọc:** 60% số cá thể trong quần thể ban đầu có độ thích nghi cao hơn được giữ lại cho thế hệ tiếp theo.
- **Giai đoạn lai ghép:** 40% cá thể còn lại từ quần thể ban đầu sẽ được tiến hành lai ghép để tạo ra các cá thể mới.



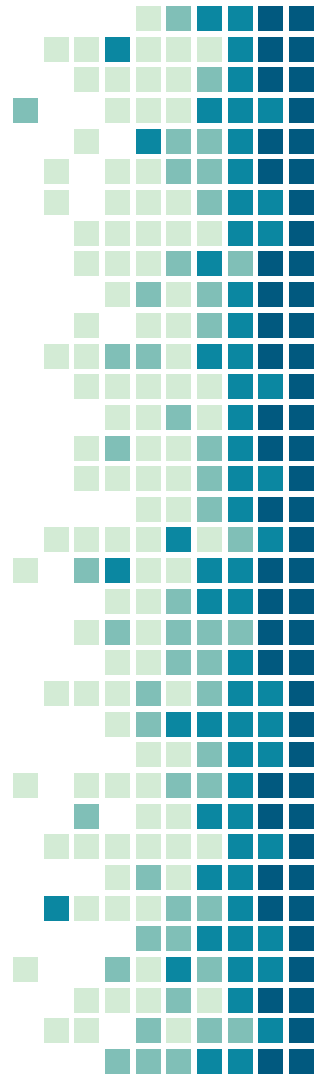


## II. XÂY DỰNG THUẬT TOÁN

### 3. Chọn lọc và lai ghép

#### Chọn lọc và lai ghép

- Giai đoạn lai ghép:
  - Đầu vào là 2 cá thể được chọn ngẫu nhiên từ quần thể ban đầu
  - Chọn cá thể với tỉ lệ chọn là 0.85
  - Thực hiện trao đổi các phần tử trên hai hàng của hai cá thể bằng cách tìm chu trình của các ô ở vị trí chẵn, lưu ý bỏ qua các vị trí cho sẵn giá trị.



## II. XÂY DỰNG THUẬT TOÁN

### 3. Chọn lọc và lai ghép

#### Chọn lọc và lai ghép

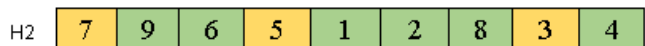
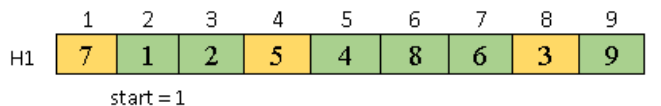
- Các bước để tìm chu trình:
  - Giá trị bắt đầu chu trình là  $start = H1[t]$ , với  $t$  là vị trí của ô đang xét
  - B1: Gán giá trị cho  $next = H2[t]$
  - B2: Thực hiện trao đổi giá trị  $H1[t]$  và  $H2[t]$
  - B3: Tìm vị trí của  $next$  trong  $H1$  và gán cho  $t$
  - B4: Nếu  $start = next$  thì dừng, ngược lại thực hiện các bước với chỉ số mới

## II. XÂY DỰNG THUẬT TOÁN

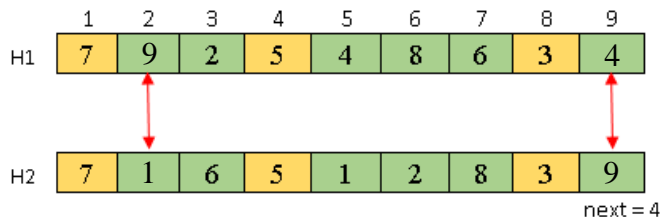
### 3. Chọn lọc và lai ghép

#### Chọn lọc và lai ghép

- Các bước tìm chu trình:



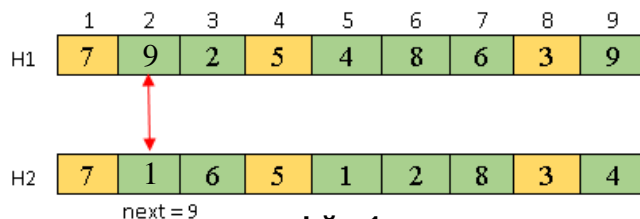
Start



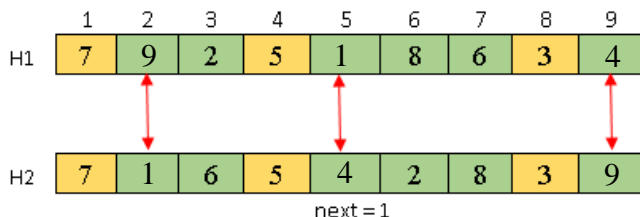
Lặp 2

⬜ Là ô có giá trị trong bảng Sudoku đã cho

⬜ Là ô trống trong bảng Sudoku đã cho



Lặp 1



Lặp 3

## II. XÂY DỰNG THUẬT TOÁN

### 3. Chọn lọc và lai ghép

#### Chọn lọc và lai ghép

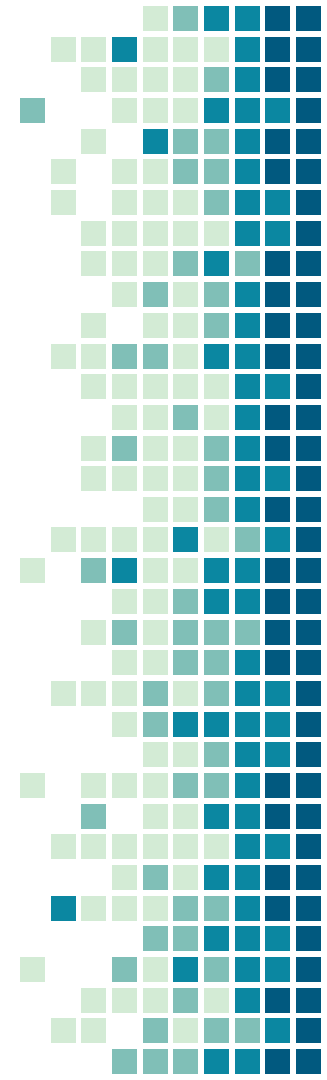
	1	2	3	4	5	6	7	8	9
H1	7	9	2	5	1	8	6	3	4
H2	7	1	6	5	4	2	8	3	9

## II. XÂY DỰNG THUẬT TOÁN

### 4. Đột biến

#### Đột biến

- Tỷ lệ đột biến ban đầu là 0.5, tỷ lệ đột biến sẽ thay đổi ở các thế hệ tiếp theo
- Quá trình này nhận vào một cá thể được sinh ra từ giai đoạn lai ghép và cho ra cá thể mới có độ thích nghi tốt hơn hoặc vẫn là cá thể ban đầu



## II. XÂY DỰNG THUẬT TOÁN

### 4. Đột biến

#### Đột biến

- Chọn ngẫu nhiên 2 ô cùng hàng, nếu thỏa mãn ràng buộc trên hàng cột và khối sẽ trao đổi giá trị của 2 ô này.

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

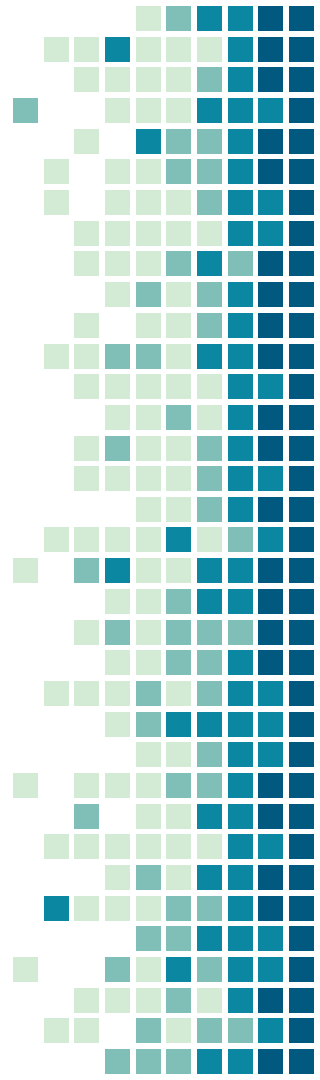


# III. KẾT QUẢ THỰC NGHIỆM

### III. KẾT QUẢ THỰC NGHIỆM

#### Tiến hành thử nghiệm

- Kích thước của mỗi cá thể là 81 số nguyên, chia thành 9 khối chứa 9 số.
- Kích thước quần thể là 200 cá thể: 120 cá thể ưu tú được giữ lại và 80 cá thể được sử dụng cho việc lai ghép.
- Số lượng cá thể con/ cá thể bố mẹ là 2.
- Tỷ lệ đột biến 0.5.
- Thử nghiệm 7 câu đố Sudoku đã được phân loại từ dễ đến khó, số lượng ô được cho trước giá trị từ 24 đến 38 ô.
- Tìm kiếm với tối đa 100000 thế hệ.





### III. KẾT QUẢ THỰC NGHIỆM

No. 1

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

(a) Easy level Sudoku (Givens: 38)

No. 11

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

(b) Easy level Sudoku (Givens: 34)

No. 27

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

(c) Medium level Sudoku (Givens: 30)

No. 29

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

(d) Medium level Sudoku (Givens: 29)

No. 77

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

(e) Difficult level Sudoku (Givens: 28)

No. 106

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

(f) Difficult level Sudoku (Givens: 24)

SD3

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

(c) Super difficult Sudoku from [www.sudoku.com](http://www.sudoku.com) (Givens: 22)

### III. KẾT QUẢ THỰC NGHIỆM

## Kết quả thử nghiệm

- So sánh mức độ hiệu quả trong việc tìm giải pháp của thuật toán di truyền cho những câu đố Sudoku với những độ khó khác nhau.

Xếp hạng độ khó	Giá trị cho trước	Số lần chạy	Nhanh nhất	Chậm nhất	Trung bình
New	0	10	226	637	375.5
Easy1	38		4	10	7.7
Easy2	34		9	22	14.5
Medium1	30		36	813	207.7
Medium2	29		31	756	133.5
Difficult1	28		784	11259	5574.5
Difficult2	24		832	28463	10020.9
SuperDifficult	22		903	50951	17576.1



# IV. KẾT LUẬN VÀ HƯỚNG PHÁT TRIỂN

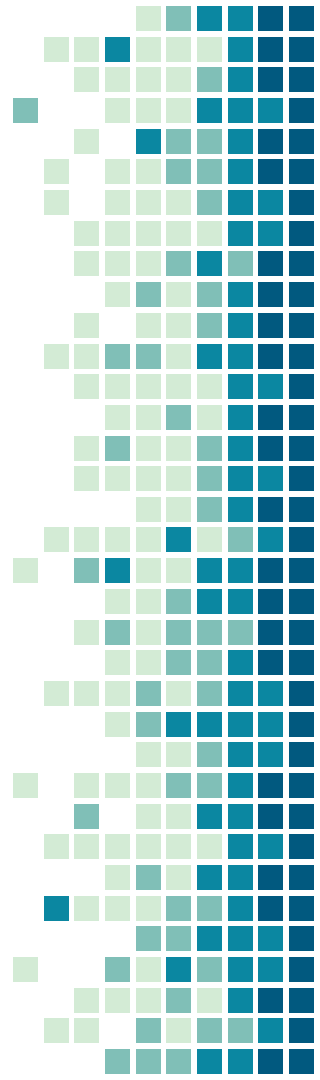
## IV. Kết luận và hướng phát triển

### Kết luận

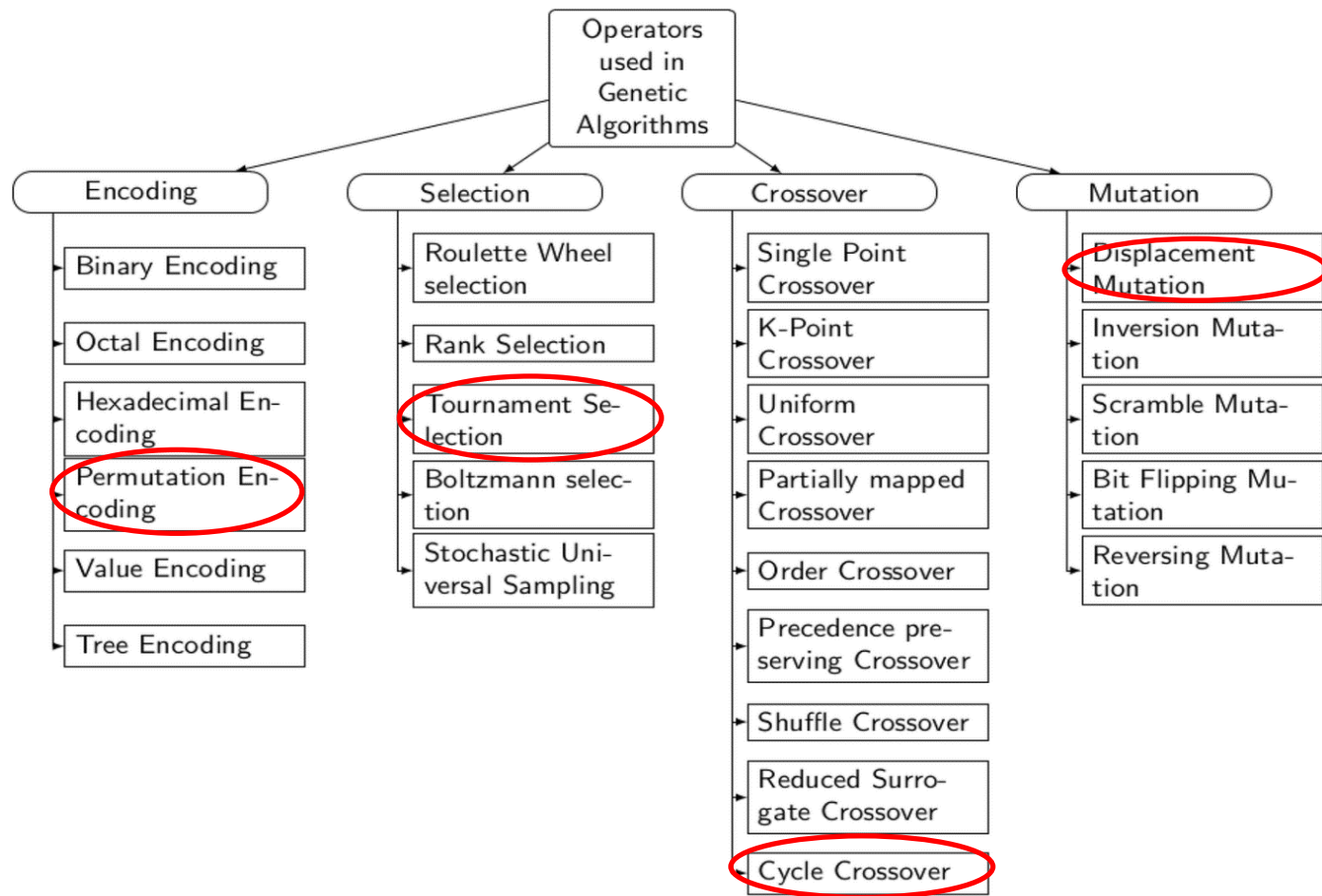
- Kết quả cho thấy thuật toán có thể giải các câu đố Sudoku, nhưng không hiệu quả lắm. Những câu đố Sudoku có xếp hạng độ khó cao hơn sẽ khó hơn đối với các thuật toán di truyền. Điều này cũng có nghĩa là GA có thể được sử dụng để xếp loại câu đố Sudoku

### Hướng phát triển

- Sử dụng thuật toán di truyền để tạo ra các câu đố Sudoku.
- Đánh giá độ khó của một câu đố để xếp loại.
- Ngoài ra có thể kết hợp nhiều phương thức khác nhau cho các giai đoạn trong thuật toán để nâng cao khả năng tìm kiếm giải pháp.



## IV. Kết luận và hướng phát triển



CẢM ƠN THẦY VÀ CÁC BẠN  
ĐÃ LẮNG NGHE

# TÀI LIỆU THAM KHẢO

[GitHub - ctjacobs/sudoku-genetic-algorithm: Solves a Sudoku puzzle using a genetic algorithm.](#)

<https://link.springer.com/article/10.1007/s11042-020-10139-6>

<https://www.researchgate.net/profile/Kim-Viljanen/publication/228840763>

[New Developments in Artificial Intelligence and the Semantic Web/links/09e4150a2d2cbb80ff000000/](#)

[New-Developments-in-Artificial-Intelligence-and-the-Semantic-Web.pdf#page=91](#)

[http://lipas.uwasa.fi/~timan/sudoku/EA\\_ht\\_2008.pdf#search='CT20A5300%Alternative%20Project%20work%202008'](http://lipas.uwasa.fi/~timan/sudoku/EA_ht_2008.pdf#search='CT20A5300%Alternative%20Project%20work%202008')

[Sudoku – Wikipedia tiếng Việt](#)