

# GIẢI THUẬT DI TRUYỀN VÀ ỨNG DỤNG TRONG HỖ TRỢ LẬP LỊCH ĐIỀU HÀNH CÔNG TÁC BỆNH VIỆN

Phan Việt Anh<sup>1</sup>, Bùi Thu Lâm<sup>1</sup>

## Tóm tắt

Bài báo nghiên cứu đề xuất xây dựng mô hình bài toán hỗ trợ ra quyết định: *hỗ trợ lập lịch công tác tại Bệnh viện*. Đối với bài toán này, nhiều cán bộ cần được phân công trực, mỗi người có thể thực hiện nhiều nhiệm vụ khác nhau; mỗi thời điểm chỉ thực hiện duy nhất một nhiệm vụ. Trong khi đó, thời gian trực của các cán bộ phải tương đương nhau. Để giải quyết, đầu tiên chúng tôi mô hình hóa toán học bài toán với 2 tập ràng buộc: cứng và mềm. Dựa trên mô hình toán học, chúng tôi thiết kế giải thuật di truyền để tìm các lời giải cho bài toán. Sau đó chúng tôi tiến hành chạy thử nghiệm nhiều lần trên bộ dữ liệu thực để kiểm tra phương án tốt nhất. Kết quả thu được kiểm nghiệm so sánh với kết quả của thuật toán leo đồi.

In this paper, we propose a model for a decision support problem: staff scheduling at the hospital. For this problem, a wide range of schedules will be applied for different kind of staff; each person may perform many various tasks but a single task at a certain point of time. Meanwhile, working time for staff is set equally.

Regarding the possible solution, we first try to derive a mathematical formulation of the problem with 2 sets of constraints: hard and soft. Based on the formulation, we design a genetic algorithm for finding solutions for this problem. To validate the proposal, we run multiple tests on a real dataset. The testing results are compared with findings of hill-climbing algorithm.

## 1. Giới thiệu

Giải thuật di truyền (GA) là một trong những mô hình tính toán phổ biến và thành công nhất trong lĩnh vực tính toán thông minh. Cùng với các kỹ thuật tính toán thông minh khác như tính toán mờ (fuzzy computing), mạng Nơ-ron (neural networks), hệ đa tác tử (multi-agent systems), trí tuệ bầy đàn (swarm intelligence), giải thuật di truyền ngày càng phát triển, được áp dụng rộng rãi trong các lĩnh vực của cuộc sống. Có thể nói, GA đã bước đầu được áp dụng thành công trong các trường hợp, mà việc mô tả toán học cho bài toán gặp rất nhiều khó khăn. Ví dụ: các hệ thống phức hợp (complex systems) với các hàm mục tiêu ẩn và các mối ràng buộc phức tạp, các bài toán thiết kế với các hàm mục tiêu quá phức tạp không tuyến tính, hay các bài toán lập kế hoạch/lập lịch với không gian tìm kiếm NP-khó (NP-hard). Người đọc có thể xem thêm thông tin chi tiết tại [7].

---

(1) Học viện Kỹ thuật Quân sự

Trong lĩnh vực lập lịch, giải thuật di truyền đã thu hút được rất nhiều các nghiên cứu và đề xuất. Lý do cho xu hướng này có thể thấy là bài toán lập lịch nhìn chung thuộc lớp các bài toán NP-khó và vì vậy, rất cần các giải thuật xấp xỉ [1]. Tính đến nay có rất nhiều các đề xuất sử dụng giải thuật di truyền cho bài toán lập lịch [2], [3], [4], [5], [6], [8], [9]. Tuy nhiên, một điều cần phải chỉ rõ ở đây là bài toán lập lịch là một trong những bài toán mà có nhiều thể loại đa dạng, mỗi một thể loại cần có thiết kế giải thuật di truyền đặc biệt. Về cơ bản, bài toán lập lịch được coi như là việc gán các mốc thời gian (time slots) thực hiện cho các công việc (tasks) sao cho phù hợp với khả năng về tài nguyên (resources). Tuy nhiên, sự đa dạng thể hiện ở các thể loại ràng buộc khác nhau và *mỗi một bài toán thực tế sẽ có những ràng buộc đặc trưng riêng*. Chính vì vậy, mà các nghiên cứu đề xuất giải thuật di truyền cho bài toán lập lịch luôn luôn là một chủ đề nóng.

Trong khuôn khổ bài báo này, các tác giả đã tìm hiểu bài toán lập lịch công tác tại Bệnh viện Mắt Trung Ương, cụ thể là lịch trực chuyên môn và phòng khám. Mục tiêu chính của bài toán là xếp lịch trực cho các cán bộ vào các bộ phận sao cho thời gian trực của các cán bộ tương đương nhau vì điều này ảnh hưởng trực tiếp đến quyền lợi cán bộ (nhiệm vụ và tiền trực).

Đóng góp chính của bài báo này bao gồm: Phân tích và xây dựng mô hình bài toán lập lịch công tác bệnh viện, sau đó thiết kế một giải thuật di truyền cho bài toán này. Chúng tôi đã sử dụng biểu diễn số nguyên, các toán tử lai ghép, đột biến và lựa chọn. Thực hiện phép tiến hóa qua nhiều thế hệ để chọn ra phương án phù hợp nhất. Kết quả thu được trên bộ dữ liệu thử nghiệm cho thấy các lịch tìm được đều thỏa mãn các ràng buộc của bài toán và đạt kết quả tốt về các giá trị hàm mục tiêu. Kết quả này cũng được kiểm chứng thông qua so sánh với giải thuật leo đồi.

Phần còn lại của bài báo được tổ chức như sau: phần 2 - tổng quan về giải thuật di truyền, phần 3 – bài toán lập lịch công tác tại Bệnh viện Mắt Trung Ương và mô hình toán học. Phần 4 - Thiết kế giải thuật di truyền. Phần 5 - Kế hoạch chạy thử. Phần cuối – kết luận.

## 2. Tổng quan về giải thuật di truyền

Giải thuật di truyền (hay giải thuật tiến hóa nói chung) là một trong những phát triển quan trọng của những nhà nghiên cứu về tính toán ứng dụng cuối thế kỷ trước trong việc *giải xấp xỉ* các bài toán tối ưu toàn cục. Việc khai thác nguyên lý tiến hóa như là một định hướng *heuristics* đã giúp cho giải thuật di truyền giải quyết hiệu quả các bài toán tối ưu (với các lời giải chấp nhận được) mà không cần sử dụng các điều kiện truyền thống (liên tục hay khả vi) như là điều kiện tiên quyết.

Một trong những đặc tính quan trọng của giải thuật di truyền là làm việc theo *quần thể các giải pháp*. Việc tìm kiếm bây giờ được thực hiện song song song trên nhiều điểm (multipoints).

Tuy nhiên, đây không phải là thuật toán tìm kiếm đa điểm đơn thuần vì các điểm có tương tác với nhau theo nguyên lý tiến hóa tự nhiên. Trong ngữ cảnh sử dụng giải thuật di truyền, người ta có thể dùng khái niệm “cá thể” tương đương với khái niệm “giải pháp”. Các bước cơ bản của giải thuật di truyền được mô tả như sau:

- **Bước 1:**  $t=0$ ; Khởi tạo  $P(t) = \{x_1, x_2, \dots, x_N\}$ , với  $N$  là tổng số lượng cá thể.
- **Bước 2:** Tính giá trị các hàm mục tiêu cho  $P(t)$ .
- **Bước 3:** Tạo bể lai ghép  $MP = se\{P(t)\}$  với  $se$  là toán tử lựa chọn.
- **Bước 4:** Xác định  $P'(t) = cr\{MP\}$ , với  $cr$  là toán tử lai ghép.
- **Bước 5:** Xác định  $P''(t) = mu\{P'(t)\}$ , với  $mu$  là toán tử đột biến.
- **Bước 6:** Tính giá trị các hàm mục tiêu cho  $P''(t)$
- **Bước 7:** Xác định  $P(t+1) = P''(t)$  và đặt  $t = t+1$
- **Bước 8:** Quay lại Bước 3, nếu điều kiện dừng chưa thỏa mãn.

- **Biểu diễn giải pháp:** Đây là một trong những công việc quan trọng trong thiết kế giải thuật di truyền, quyết định việc áp dụng các toán tử tiến hóa. Một trong những biểu diễn truyền thống của GA là biểu diễn nhị phân. Với phép biểu diễn này, giải pháp cho một bài toán được biểu diễn như là một vector bit, còn gọi là nhiễm sắc thể. Mỗi nhiễm sắc thể bao gồm nhiều gen, trong đó một gen đại diện cho một tham số thành phần của giải pháp. Một kiểu biểu diễn khác cũng thường dùng là biểu diễn số thực. Với phép biểu diễn này, các toán tử tiến hóa sẽ thực hiện trực tiếp trên các giá trị số thực (genes).

- **Lựa chọn:** Việc lựa chọn các cá thể được thực hiện khi cần một số cá thể để thực hiện sinh sản ra thế hệ sau. Mỗi cá thể có một giá trị thích nghi (fitness). Giá trị này được dùng để quyết định xem lựa chọn cá thể nào. Một số phương pháp lựa chọn thường dùng bao gồm:

+ *Roulette wheel*: Dựa trên xác suất (tỷ lệ thuận với giá trị hàm thích nghi) để lựa chọn cá thể.

+ *Giao đấu (nhị phân)*: Chỉ định ngẫu nhiên 2 cá thể, sau đó chọn cá thể tốt hơn trong hai cá thể đó.

- **Lai ghép:** Toán tử lai ghép được áp dụng nhằm sinh ra các cá thể con mới từ các cá thể cha mẹ, thừa hưởng các đặc tính tốt từ cha mẹ. Trong ngữ cảnh tìm kiếm thì toán tử lai ghép thực hiện tìm kiếm xung quanh khu vực của các giải pháp biểu diễn bởi các cá thể cha mẹ.

- **Đột biến:** Tương tự như lai ghép, đột biến cũng là toán tử mô phỏng hiện tượng đột biến trong sinh học. Kết quả của đột biến thường sinh ra các cá thể mới khác biệt so với cá thể cha mẹ. Trong ngữ cảnh tìm kiếm, toán tử đột biến nhằm đưa quá trình tìm kiếm ra khỏi khu vực cục bộ địa phương.

### 3. Lập kế hoạch công tác cho cán bộ tại Bệnh viện Mắt Trung ương (TW)

#### 3.1. Mô tả quy trình lập kế hoạch công tác

Tại Bệnh viện Mắt Trung Ương, hàng tháng Phòng Kế hoạch Tổng hợp (KHTH) phải lập kế hoạch trực dự kiến cho cán bộ; trình Ban Giám đốc duyệt; sau đó triển khai cho các đơn vị thực hiện. Kế hoạch trực dự kiến cho số lượng lớn cán bộ và các bộ phận công tác khác nhau. Các cán bộ có thể tham gia trực khám chữa bệnh theo chuyên môn, trực phòng khám. Một cá nhân có thể tham gia trực các nhiệm vụ sau:

+ Trực chuyên môn: Bệnh viện có nhiều bộ phận chuyên môn. Mỗi ngày, các cán bộ trực phải được phân công theo đúng chuyên môn của mình. Đây là nhiệm vụ chính, ưu tiên hàng đầu của các cán bộ.

+ Trực phòng khám: Bệnh viện có nhiều phòng khám trực thuộc khoa. Nếu cán bộ đã trực chuyên môn thì không xếp trực phòng khám.

Tùy từng bộ phận mà cán bộ được xếp phải trực cả ngày hoặc cả tuần.

+ Các bộ phận chuyên môn trực theo ngày: Ban Giám đốc, Đáy mắt, Glacom, Phòng mổ, ...; Các bộ phận chuyên môn trực theo tuần: Xquang, Dược, Gây mê, Ngân hàng mắt, Điện nước.

+ Các phòng khám trực theo ngày: Phòng khám giáo sư 1 & 2, tư vấn; Các phòng khám trực theo tuần: Tiểu phẫu, Chấn thương, Nhi 1, Nhi 2, Đáy mắt, ...

Một số bộ phận chỉ làm việc nửa ngày, do đó trong ngày chỉ cần xếp một cán bộ, thời gian trực tính bằng nửa ngày.

Cán bộ nào đi công tác hoặc nghỉ phép phải báo cho Phòng KHTH để phòng không xếp cán bộ đó trực thời gian này. Nếu lịch trực đã được trình lên và có chữ ký của Giám đốc thì không được phép sửa. Trường hợp cán bộ ốm đau, có việc đột xuất, ... không thể trực được, cán bộ thay thế sẽ do Phòng KHTH sắp xếp và ghi vào nhật ký kiểm tra.

Mỗi ngày, một bộ phận chuyên môn hoặc một phòng khám phải có bác sĩ và ít nhất 1 điều dưỡng trực. Trong khi đó, cán bộ không thể thực hiện song song 2 nhiệm vụ, số lượng cán bộ thường xuyên có sự thay đổi: công tác, nghỉ phép, nhân viên mới, cán bộ nghỉ hưu, cán bộ thực tập. Nhiệm vụ là phải tìm ra phép gán cán bộ trực các khoảng thời gian của từng bộ phận theo các nhiệm vụ. Điều kiện lý tưởng là các bộ phận chuyên môn và phòng khám luôn có cán bộ trực, không xếp các cán bộ đang nghỉ phép, công tác phải trực, thời gian trực của các cán bộ tương đương nhau. Tuy nhiên, điều này không phải lúc nào cũng đạt được. Do có cán bộ phải công tác, nghỉ phép, mỗi bộ phận phải yêu cầu cán bộ đủ chuyên môn trực, không dễ dàng thay thế cán bộ từ bộ phận này sang bộ phận khác.

Thứ tự sắp xếp lịch như sau: Lịch trực chuyên môn được xếp trước, sau đó đến lịch trực phòng khám. Một phương án chấp nhận được của bài toán phải thỏa mãn các ràng buộc sau:

**Ràng buộc cứng:** - Tại mỗi thời điểm, cán bộ không được phép trực nhiều bộ phận (bao gồm: *nếu cán bộ đã trực chuyên môn thì không xếp trực phòng khám*).

- Không xếp trực những cán bộ nghỉ theo chế độ, quy định của nhà nước hoặc của viện: công tác, đau ốm, thai sản, nghỉ phép, ...

- Mỗi ngày, mỗi bộ phận đều phải có cán bộ trực (bao gồm một bác sĩ và 1 điều dưỡng).

- Mỗi cán bộ chỉ được phép làm việc ở một số bộ phận nhất định (*ví dụ, phòng khám Giáo sư (GS) chỉ phân công giáo sư trực. Do đó, thời gian trực của phòng khám GS có thể rất lớn, không thể tương đương với các phòng khám khác*).

**Ràng buộc mềm:** - Khoảng cách hai lần trực liên tiếp của một cán bộ càng xa nhau càng tốt.

- Tránh xếp cán bộ trực một ngày cố định trong tuần.

- Tổng thời gian trực của các cán bộ tương đương nhau, để đảm bảo chế độ và tiền trực đều nhau.

Rõ ràng, bài toán lập lịch có thể chia ra thành 2 lớp bài toán độc lập là lập lịch cho bác sĩ và lập lịch cho điều dưỡng. Trong khuôn khổ bài báo, chúng tôi chỉ mô tả bài toán lập lịch cho bác sĩ.

### 3.2. Mô hình toán học

#### Inputs:

- Tập S các cán bộ.
- Tập R các bộ phận.
- Tập T các ngày trong khoảng thời gian cần xếp.
- Mảng trạng thái  $S_{s,t}$  trạng thái của bác sĩ s trong ngày thứ t .

$$S_{s,t} = \begin{cases} 0 & \text{rảnh} \\ 1 & \text{ngược lại} \end{cases} \quad (1)$$

- Mảng Q biểu diễn mối quan hệ giữa cán bộ và phòng bộ phận làm việc

$$Q_{s,r} = \begin{cases} 1 & \text{Nếu cán bộ s có thể làm việc ở bộ phận r} \\ 0 & \text{ngược lại} \end{cases} \quad (2)$$

#### Các biến số (Variables):

- Các biến quyết định  $x_{s,t,r}$

$$x_{s,t,r} = \begin{cases} 1 & \text{Bác sĩ s bộ phận r được xếp vào thời gian t} \\ 0 & \text{ngược lại} \end{cases} \quad (3)$$

- Các biến trợ giúp  $y_{s,j}$ , trong đó  $y_{s,j} = k$  : lần trực thứ  $j$  của bác sĩ  $s$  trong cùng một lịch là ngày thứ  $k$  trong tập các ngày cần xếp lịch.
- Các biến  $c_s$  lưu trữ số lần trực trong đợt của cán bộ  $s$

$$c_s = \sum_{r=1}^{|R|} \sum_{t=1}^N x_{s,t,r} \quad (4)$$

- Các biến trợ giúp  $z_{s,j}$ , trong đó  $z_{s,j} = 1$  nếu lần trực thứ  $j - 1$  và  $j$  của cán bộ  $s$  cách nhau 7 ngày, ngược lại  $z_{s,j} = 0$ .

$$z_{s,j} = \begin{cases} 1 & \text{Nếu } (y_{s,j} - y_{s,j-1}) \bmod 7 \neq 0 \\ 0 & \text{ngược lại} \end{cases} \quad (5)$$

Trong đó  $j=1, \dots, |c_s|$ .

#### **Ràng buộc cứng :**

- HC1: Tại một thời điểm, một cán bộ không được phép trực nhiều bộ phận

$$\sum_{r=1}^{|R|} x_{s,t,r} \leq 1 \quad \forall 1 \leq t \leq |T|, 1 \leq s \leq |S| \quad (6)$$

- HC2: Không xếp cán bộ nghỉ phép, công tác phải trực

$$\sum_{s=1}^{|S|} \sum_{t=1}^{|T|} S_{s,t} * x_{s,t,r} = 0 \quad \forall 1 \leq r \leq |R| \quad (7)$$

- HC3: Mỗi ngày, mỗi bộ phận đều phải có một cán bộ trực

$$\sum_{s=1}^{|S|} x_{s,t,r} = 1 \quad \forall 1 \leq t \leq |T|, 1 \leq r \leq |R| \quad (8)$$

- HC4: Mỗi cán bộ chỉ được phép làm việc ở một số bộ phận nhất định

$$\sum_{r=1}^{|R|} \sum_{s=1}^{|S|} Q_{s,r} * x_{s,t,r} = 0 \quad \forall t \quad (9)$$

#### **Ràng buộc mềm:**

- SC1: Khoảng cách giữa 2 lần trực của một cán bộ càng cách xa nhau càng tốt.

$$\sum_{s=1}^{|S|} \sum_{j=2}^{|T|} (y_{s,j} - y_{s,j-1}) \rightarrow \max \quad (10)$$

- SC2: Tránh xếp cán bộ trực một ngày cố định trong tuần. Nếu  $z_{s,j} = 1$  thì 2 lần trực liên tiếp lần  $j-1$  và  $j$  cùng một thứ trong tuần.

$$\sum_{s=1}^{|S|} \sum_{j=2}^{|c_s|} z_{s,j} \rightarrow \min \quad (11)$$

- SC3: Tổng thời gian trực của các cán bộ tương đương nhau. Thời gian trực của một cán bộ gồm: thời gian trực của lịch đang xếp + thời gian đã trực từ lịch trước  $t'$ .

$$\bar{t}_s = c_s + t'_s \quad (12)$$

$$\sum_{i=1}^{|S|} \sum_{j=i+1}^{|S|} (\bar{t}_i - \bar{t}_j)^2 \rightarrow \min \quad (13)$$

#### 4. Thiết kế giải thuật di truyền cho bài toán Lập lịch Bệnh viện Mắt Trung Ương

Trong phần này chúng tôi sẽ mô tả thiết kế giải thuật di truyền để giải quyết bài toán lập lịch Bệnh viện Mắt Trung Ương. Giải thuật bắt đầu bằng việc khởi tạo ngẫu nhiên một quần thể các giải pháp (lịch trực). Quần thể sẽ được tiến hóa qua nhiều thế hệ. Qua mỗi thế hệ, cá thể tốt nhất được lưu giữ cho quần thể tiếp theo. Sau khi tiến hóa xong, cá thể tốt nhất trong quần thể cuối cùng sẽ là phương án xếp lịch của bài toán. Thiết kế tập trung vào các vấn đề sau:

- *Biểu diễn giải pháp*: Biểu diễn các giá trị trong một nhiễm sắc thể.
- *Hàm đánh giá*: Định nghĩa độ thích nghi của một giải pháp.
- *Các toán tử tiến hóa*: định nghĩa phương pháp biến đổi nhiễm sắc thể trong quá trình tiến hóa.

##### 4.1. Biểu diễn quần thể

Biểu diễn là một vấn đề quan trọng đối với việc giải các bài toán lập lịch [8]. Đối với bài toán này, chúng ta có thể sử dụng một trong hai cách: biểu diễn nhị phân và biểu diễn nguyên. Đối với biểu diễn nhị phân, ta có thể thực hiện ánh xạ trực tiếp từ vector nhị phân thành lịch cụ thể (thông qua các biến quyết định  $x$ ). Đối với biểu diễn nguyên, chúng ta có thể sử dụng ánh xạ gián tiếp tới  $x$ . Với ánh xạ gián tiếp, ta có thể loại bỏ một cách tự động một số ràng buộc (ví dụ: HC3). Và đây cũng là lý do mà chúng tôi chọn biểu diễn nguyên trong thiết kế thuật toán của mình.

Một giải pháp hoàn chỉnh bắt buộc phải có đầy đủ các thông tin về lịch trực: bộ phận, thời gian, cán bộ. Do đó, một nhiễm sắc thể (giải pháp) của chúng tôi được biểu diễn như sau (ví dụ lập lịch cho giai đoạn 4 tuần):

	$i_1$	$i_2$	$i_3$	$i_4$	$i_5$	$\dots$	$i_{28}$
$pk_1$	$cb_{1,1}$	$cb_{1,2}$	$cb_{1,3}$	$cb_{1,4}$	$cb_{1,5}$	$\dots$	$cb_{1,28}$
$pk_2$	$cb_{2,1}$	$cb_{2,2}$	$cb_{2,3}$	$cb_{2,4}$			
$\dots$							
$pk_n$	$cb_{n,1}$	$cb_{n,2}$	$cb_{n,3}$	$cb_{n,4}$	$cb_{n,5}$	$\dots$	$cb_{n,28}$

Trong đó:

+  $i_1, i_2, \dots, i_{28}$  là các khe thời gian cần xếp cán bộ trực.

+  $pk_1, pk_2, \dots$  là các phòng khám trong bệnh viện.

+  $cb_{k,j}$  là cán bộ thứ  $j$  của phòng khám  $k$ .

Ở đây, do có một số phòng khám cần lập lịch theo tuần nên có thể thu gọn không gian biểu diễn. Cụ thể:

+ Các phòng khám trực theo tuần chỉ cần xếp 4 đơn vị thời gian ( ví dụ:  $pk_2$ ).

+ Các phòng khám trực theo ngày phải cần xếp 28 đơn vị thời gian ( ví dụ:  $pk_1$ ).

#### 4.2. Đánh giá cá thể

Việc đánh giá cá thể (giải pháp) liên quan tới kiểm tra tính khả thi thiết lập bởi các ràng buộc cứng và mềm. Để đánh giá độ tốt của một cá thể, đầu tiên phải căn cứ vào tổng số lần vi phạm ràng buộc cứng: Nếu hai cá thể cùng vi phạm ràng buộc cứng, mức độ vi phạm ràng buộc cứng sẽ được dùng để đánh giá, vi phạm ít hơn có nghĩa là độ thích nghi cao hơn. Đối với các ràng buộc mềm, SC3 sẽ được ưu tiên xem xét trước (và được coi là hàm mục tiêu), sau đó là SC1 và SC2. Để lựa chọn cá thể cho thế hệ tiếp theo của giải thuật tiến hóa, chúng tôi sử dụng phép lựa chọn giao đấu nhị phân (binary tournament selection).

Sau quá trình tiến hóa, chọn cá thể tốt nhất làm phương án cho bài toán. Giải pháp này cần phải thỏa mãn các ràng buộc cứng. Nếu cá thể này vẫn vi phạm ràng buộc cứng, chúng tôi hiện cảnh báo chi tiết các vi phạm cho người dùng.

#### 4.3. Các toán tử

Chú ý: Phương pháp của chúng tôi vẫn cho phép các cá thể vi phạm ràng buộc cứng tham gia vào quá trình tiến hóa (sử dụng mức độ vi phạm ràng buộc làm giá trị thích nghi). Toán tử chọn lọc dùng để chọn ra những cá thể tốt, sau đó lai ghép chúng với nhau sinh ra thế hệ con tiếp theo. Điều này cũng giống như trong tự nhiên với hy vọng rằng: các hai thể tốt lai với nhau thì con cháu chúng sẽ tốt hơn so với hai cá thể tồi hơn lai với nhau. Chúng tôi đã dùng phép chọn lọc giao đấu (tournament selection). Theo cách này, cứ mỗi cặp ngẫu nhiên 2 cá thể, sẽ chọn ra cá thể tốt hơn của cặp để tham gia lai ghép.

Toán tử lai ghép có vai trò sống còn trong xác định hành vi của các giải thuật tiến hóa (EAs). Thông thường, hai cá thể được lựa chọn và các đặc tính của chúng được kết hợp để sinh ra hai cá thể con (offspring). Ghi chú, các cơ chế tương tự thường xảy ra trong tự nhiên, trong đó lai ghép cho phép thế hệ tiếp theo thừa hưởng các đặc tính từ cha mẹ. Tuy nhiên, từ góc



độ tìm kiếm và tối ưu, toán tử này cung cấp khả năng thám hiểm không gian xung quanh vị trí của các cá thể cha mẹ.

Trong thiết kế này, chúng tôi sử dụng kỹ thuật lai hai điểm cắt (two-point crossover) tương tự như trong biểu diễn nhị phân. Với mỗi một lần thực hiện toán tử lai ghép, cần lựa chọn 2 điểm cắt, sau đó hoán đổi nội dung giữa hai điểm cắt.

Cũng như lai ghép, toán tử đột biến là một thành phần quan trọng trong thiết kế giải thuật tiến hóa. Khi thực hiện đột biến, một số giá trị gen của nhiễm sắc thể sẽ thay đổi ngẫu nhiên. Toán tử này hỗ trợ việc tạo ra một số đặc tính gen đã mất trong quá trình tiến hóa. Mỗi cá thể, chúng tôi chọn ngẫu nhiên một đoạn gen để thực hiện toán tử đột biến số nguyên. Đối với quá trình tìm kiếm và tối ưu, toán tử này tăng cường khả năng khai thác vùng tìm kiếm mới của thuật toán. Trong thiết kế này, các giá trị gen được thay đổi theo phân bố đều.

#### **4.4. Chiến lược tìm kiếm**

Quần thể được tiến hóa qua nhiều thế hệ. Phần tử tốt nhất của thế hệ cuối cùng được chọn làm phương án của bài toán. Người dùng vẫn có thể thực hiện quá trình tiến hóa tiếp theo để chọn phương án phù hợp hơn. Qua mỗi lần tiến hóa, các cá thể ưu tú nhất nhằm giữ lại những thuộc tính tốt của từng thế hệ.

### **5. Thực nghiệm**

#### **5.1. Chuẩn bị dữ liệu**

Dữ liệu thử nghiệm được thu thập tại Bệnh viện Mắt Trung Ương. Dữ liệu bao gồm:

- + Danh sách các cán bộ, nhân viên.
- + Danh sách các bộ phận chuyên môn.
- + Danh sách các phòng khám của viện.

Chuẩn bị dữ liệu lập lịch:

- + Danh sách các ngày nghỉ, ngày lễ, tết.
- + Các thông tin cho từng bộ phận chuyên môn, phòng khám (trực nửa ngày, cả ngày, cả tuần, trực cả thứ 7- chủ nhật hay không).
- + Chuyên môn cho từng cán bộ.
- + Thông tin phòng khám cho từng cán bộ (theo từng khoảng thời gian).
- + Kế hoạch nghỉ phép, công tác, nghỉ hưu của cán bộ.
- + Lịch khám chữa bệnh ngoài giờ, lịch trực ngày lễ - tết dự kiến theo đăng ký của các cán bộ.

#### **5.2. Kịch bản test**

Chúng tôi đã tiến hành thiết lập bộ dữ liệu, chạy thử nghiệm các lần khác nhau để so sánh kết quả thu được bởi giải thuật di truyền (GA) do chúng tôi thiết kế với kết quả của giải thuật

Bảng 1. So sánh giải thuật di truyền và leo đồi trong xếp lịch chuyên môn

Lần chạy	Thời gian (ms)		Giá trị hàm mục tiêu	
	GA	HC	GA	HC
1	1811	1726	293	323
2	1765	1803	346	360
3	1753	1792	320	357
4	1748	1758	319	335
5	1738	1763	294	326
6	1739	1752	307	315
<b>Trung bình</b>	<b>1759</b>	<b>1766</b>	<b>313</b>	<b>336</b>

leo đồi (HC). Phương pháp di chuyển được sử dụng trong giải thuật leo đồi là “di chuyển sang trạng thái tốt nhất”. Mỗi lần lặp, chúng tôi tạo ra cá thể mới bằng toán tử đột biến. Cá thể mới sẽ được lựa chọn nếu tốt hơn cá thể cũ.

Kế hoạch chạy thử nghiệm như sau:

- + Giải thuật di truyền: Số cá thể 200, số thế hệ 150. Điều này có nghĩa là thực hiện 30.000 lần đánh giá cá thể. Xác suất lai ghép và đột biến lần lượt là 0.9 và 0.01.
- + Giải thuật leo đồi: Để đảm bảo cùng điều kiện thử nghiệm, chúng tôi thực hiện giải thuật leo đồi với số lần lặp là 30.000.
- + Chạy thử nghiệm 6 lần, mỗi lần khởi tạo quần thể và cá thể một cách ngẫu nhiên. Qua các lần chạy cho thấy giải thuật di truyền nhanh hội tụ đến lời giải tốt nhất nhanh hơn.

### 5.3. Kết quả và Phân tích

5.3.1. *Phân tích mức độ hiệu quả*: Chúng tôi ghi lại thông tin về các giải pháp tốt nhất trong các lần chạy để tìm hiểu mức độ hiệu quả của thuật toán trên bài toán. Có thể thấy trong tất cả các lần chạy, thí nghiệm của chúng tôi đều tìm thấy các giải pháp mà thỏa mãn mọi ràng buộc cứng. Các kết quả trên cho thấy giải thuật tiến hóa đã cho kết quả tốt với bài toán lập lịch này.

Để thấy rõ hơn kết quả của giải thuật tiến hóa, chúng tôi ghi nhận và so sánh với số liệu thử nghiệm của thuật toán leo đồi. Cụ thể, kết quả thu được được so sánh với giải thuật leo đồi thông qua giá trị hàm mục tiêu của giải pháp tốt nhất (xem Bảng 1 và Bảng 2).

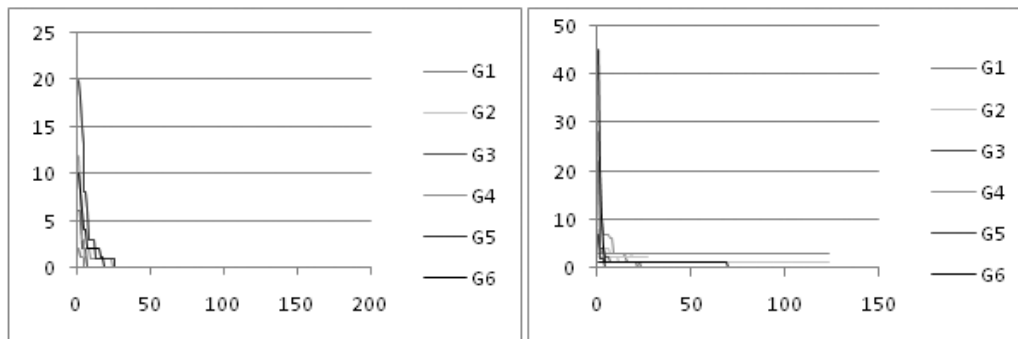
Có thể nhận thấy từ hai bảng kết quả của cả 2 lịch chuyên môn và phòng khám, Giải thuật di truyền đã thu được kết quả tốt hơn hẳn giải thuật leo đồi trong tất cả các lần chạy thử nghiệm; trong khi thời gian thì khá tương đồng. Rõ ràng, nguyên lý tiến hóa tự nhiên giúp cho giải thuật di truyền tìm ra giải pháp một cách hiệu quả hơn.

Bảng 2. So sánh giải thuật di truyền và leo đồi trong xếp lịch phòng khám

Lần chạy	Thời gian (ms)		Giá trị hàm mục tiêu	
	GA	HC	GA	HC
1	642	626	104	125
2	580	569	123	112
3	579	570	110	239
4	580	564	104	154
5	585	569	104	139
6	581	566	119	128
<b>Trung bình</b>	<b>591</b>	<b>577</b>	<b>111</b>	<b>150</b>

5.3.2. *Phân tích tính động*: Việc phân tích hành vi của thuật toán không chỉ dựa vào kết quả cuối cùng mà còn dựa vào kết quả trong quá trình chạy. Để làm điều này, chúng tôi ghi lại các giá trị hàm mục tiêu của các giải pháp tốt nhất qua các thế hệ. Với cả hai trường hợp lịch chuyên môn và lịch phòng khám, giải thuật di truyền đều hội tụ rất nhanh; cụ thể chỉ sau 50 thế hệ, giá trị hàm mục tiêu đều thu được xung quanh 250, trong khi với giải thuật leo đồi thì xung quanh 1000.

Để thấy rõ hơn, chúng tôi ghi lại cả việc vi phạm ràng buộc cứng theo thời gian. Kết quả cho thấy là chỉ sau khoảng 50 thế hệ, giải thuật di truyền đều tìm ra các giải pháp mà không vi phạm các ràng buộc cứng, giải thuật leo đồi thì khá chậm trong việc tìm ra giải pháp không vi phạm (xem ví dụ Hình 1).



Hình 1. Đồ thị minh họa số lần vi phạm ràng buộc cứng của giải thuật di truyền (trái) và leo đồi (phải) theo thời gian (đối với Lịch phòng khám)

## 6. Kết luận

Trong bài báo này, chúng tôi đưa ra vấn đề xếp lịch công tác tại Bệnh viện Mắt Trung Ương. Đây vừa là một bài toán lập nhiều kế hoạch công tác có liên quan đến nhau, vừa là bài toán cấp phát tài nguyên. Để giải quyết vấn đề này, chúng tôi đã mô hình hóa toán học bài toán. Từ đó dùng giải thuật di truyền với biểu diễn nhiễm sắc thể số nguyên để xây dựng

phần mềm hỗ trợ ra quyết định. Dữ liệu thử nghiệm và kiểm tra lấy trực tiếp Bệnh viện Mắt Trung Ương.

## 7. Phụ lục

Thứ	Ngày	Ban giám đốc	Đối cấp cứu	BSI	Nội trú	Cao học K17	Ngoại	ME
Thứ 2	29/10	Nguyễn Xuân Hiệp	Trần Thị Ngọc Bích	Hoàng Thị Tuyết Minh	Nguyễn Quốc Vương	Lê Hồng Chinh	Nguyễn Hữu Thường	Đỗ Hương Huyền
Thứ 3	30/10	Trần An	Dương Quỳnh Chi	Nguyễn Thanh Hồng	Hoàng Thị Tuyết Minh	Đặng Đình Cường	Dương Thu Hiền	Đỗ Hương Huyền
Thứ 4	31/10	Cung Hồng Sơn	Hoàng Minh Anh	Nguyễn Thanh Ly	Lê Thị Thu Thủy	Đỗ Thị Ngọc Hà	Bùi Quỳnh Mai	Đỗ Hương Huyền
Thứ 5	01/11	Đỗ Như Hôn	Nguyễn Thanh Ly	Phạm Thanh Thủy	Ngô Thị Diệp	Trần Đức Đế	Phạm Thu Hiền	Đỗ Hương Huyền
Thứ 6	02/11	Nguyễn Xuân Hiệp	Đào Thủy Hạnh	Dương Quỳnh Chi	Lê Thị Thu Thủy	Lê Tuấn Dương	Phạm Thanh Dũng	Đỗ Hương Huyền
Thứ 7	03/11							
Chủ nhật	04/11							
Thứ 2	05/11	Cung Hồng Sơn	Nguyễn Hương Giang	Nguyễn Thanh Ly	Ngô Thị Diệp	Lê Tuấn Dương	Dương Đức Hiền	Trần Đức Đế
Thứ 3	06/11	Đỗ Như Hôn	Hoàng Minh Anh	Dương Quỳnh Chi	Nguyễn Quốc Vương	Phạm Thanh Dũng	Nguyễn Hữu Thường	Trần Đức Đế
Thứ 4	07/11	Nguyễn Xuân Hiệp	Đào Thủy Hạnh	Nguyễn Thanh Hồng	Hoàng Thị Tuyết Minh	Nguyễn Ngọc Diệp	Phạm Thanh Dũng	Trần Đức Đế
Thứ 5	08/11	Trần An	Hoàng Minh Anh	Nguyễn Thanh Thủy	Lê Thị Thu Thủy	Đỗ Thị Ngọc Hà	Dương Đức Hiền	Trần Đức Đế
Thứ 6	09/11	Cung Hồng Sơn	Lê Thị Hoàn	Bùi Vũ Mai Hiền	Lê Thị Hoàn	Phạm Thanh Dũng	Phạm Thanh Dũng	Trần Đức Đế
Thứ 7	10/11							
Chủ nhật	11/11							
Thứ 2	12/11	Nguyễn Xuân Hiệp	Trần Thị Ngọc Bích	Lê Thị Hoàn	Nguyễn Quốc Vương	Lê Tuấn Dương	Dương Thu Hiền	Đỗ Hương Huyền
Thứ 3	13/11	Nguyễn Đức Thành	Nguyễn Hương Giang	Phạm Thanh Thủy	Lê Thị Thu Thủy	Đỗ Thị Ngọc Hà	Phạm Thu Hiền	Đỗ Hương Huyền
Thứ 4	14/11	Đỗ Như Hôn	Dương Quỳnh Chi	Dương Quỳnh Chi	Lê Thị Hoàn	Phạm Thanh Dũng	Nguyễn Đức Doanh	Đỗ Hương Huyền
Thứ 5	15/11	Cung Hồng Sơn	Hoàng Minh Anh	Phạm Thanh Thủy	Hoàng Thị Tuyết Minh	Lê Tuấn Dương	Đỗ Hương Huyền	Đỗ Hương Huyền
Thứ 6	16/11	Trần An	Lê Vĩnh Hà	Nguyễn Thanh Ly	Đào Thủy Hạnh	Đặng Đình Cường	Nguyễn Hữu Thường	Đỗ Hương Huyền
Thứ 7	17/11							
Chủ nhật	18/11							
Thứ 2	19/11	Nguyễn Đức Thành	Lê Vĩnh Hà	Nguyễn Thanh Hồng	Lê Thị Hoàn	Lê Hồng Chinh	Dương Thu Hiền	Trần Đức Đế
Thứ 3	20/11	Trần An	Trần Thị Ngọc Bích	Phạm Thanh Thủy	Lê Thị Thu Thủy	Nguyễn Ngọc Diệp	Phạm Thanh Dũng	Trần Đức Đế

Hình 2. Màn hình hiển thị Lịch chuyên môn

## Tài liệu tham khảo

- [1] Burke, E. K., Kingston, J. H., & de Werra, D. (2004d). Applications to timetabling. In J. Gross & J. Yellen (Eds.), *The handbook of graph theory* (pp. 445–474). London: Chapman Hall/CRC.
- [2] E. K. Burke, D. G. Elliman, P. H. Ford, and R. F. Weare, “Examination timetabling in british universities a survey,” in *The Practice and Theory of Automated Timetabling: Selected Papers from the 1st International Conference (Lecture Notes in Computer Science 1153)*, E. Burke and P. Ross, Eds. Berlin, Germany: Springer-Verlag, 1996, pp. 76–90.
- [3] Burke, E. K., & Petrovic, S. (2002). Recent research directions in automated timetabling. *European Journal of Operational Research*, 140(2), 266–280.
- [4] Burke, E. K., Elliman, D. G., & Weare, R. F. (1994). A genetic algorithm for university timetabling. In *Proceedings of the AISB workshop on evolutionary computing*, University of Leeds, UK, 11–13 April 1994.
- [5] Colijn, A. W., & Layfield, C. (1995b). Interactive improvement of examination schedules. In E. K. Burke & P. Ross (Eds.), *Proceedings of the 1st international conference on the practice and theory of automated timetabling (pp. 112–121)*, 30 August–1 September 1995. Edinburgh: Napier University.
- [6] Corne, D., Ross, P., & Fang, H. (1994). Evolutionary timetabling: Practice, prospects and work in progress. In P. Prosser (Ed.), *Proceedings of UK planning and scheduling SIG workshop*.
- [7] A. Konar, *Computational Intelligence: Principles, Techniques and Applications*, Springer, 2005.
- [8] Ross, P., Hart, E., & Corne, D. (1998). Some observations about GAbased exam timetabling. In E. K. Burke & M. W. Carter (Eds.), *Lecture notes in computer science: Vol. 1408. Practice and theory of automated timetabling II: selected papers from the 2nd international conference* (pp. 115–129). Berlin: Springer.

Lịch phòng khám

Lưu Danh sách cần bộ Đóng

Bảng đầu khóa

Thứ	Ngày	E 401	PK1-402	PK2-E403	PK3-E404	PK4-E405	PK5-E407	PK6-E408	PK7-E502	PK8
Thứ 2	29/10	Bùi Vũ Mai Hiền	Nguyễn Hương Giang	Lê Tuấn Dương	Cao Vũ Thư	Hoàng Thị Hạnh	Nguyễn Minh Hà	Nguyễn Quang Huân	Văn Thanh Tú	Phạm
Thứ 3	30/10	Bùi Vũ Mai Hiền	Nguyễn Hương Giang	Lê Tuấn Dương	Dương Đức Hiền	Vũ Kim Oanh	Phó Anh Phương	Đoàn Thu Lan	Phạm Kim Toàn	Hoàn
Thứ 4	31/10	Bùi Vũ Mai Hiền	Nguyễn Hương Giang	Lê Tuấn Dương	Nguyễn Ngọc Diệp	Trần Minh Chung	Hoàng Ngọc Trâm	Nguyễn Thị Hoài	Phạm Thị Thanh Thủy	Phạm
Thứ 5	01/11	Bùi Vũ Mai Hiền	Nguyễn Hương Giang	Lê Tuấn Dương	Nguyễn Hữu Thường	Chu Bích Nguyệt	Phó Anh Phương	Nguyễn Thị Huệ	Phạm Thanh Văn	Phạm
Thứ 6	02/11	Bùi Vũ Mai Hiền	Nguyễn Hương Giang	Lê Tuấn Dương	Cao Vũ Thư	Hoàng Thị Hạnh	Nguyễn Thu Thủy	Đỗ Thị Hòa	An Thanh Văn	Phạm
Thứ 7	03/11				Vũ Minh Thu					
Chủ nhật	04/11				Nguyễn Đức Doanh					
Thứ 2	05/11	Lê Vinh Hà	Nguyễn Quốc Vương	Phạm Thu Hiền	Nguyễn Hữu Thường	Trần Minh Chung	Nguyễn Thanh Hải	Trần Như Hoa	Đoàn Thị Thanh Thủy	Nguyễn
Thứ 3	06/11	Lê Vinh Hà	Nguyễn Quốc Vương	Phạm Thu Hiền	Hoàng Anh Tuấn	Nguyễn Kiêm Hiệp	Phạm Thị Hạnh	Nguyễn Bà Hòa	Vũ Duy Niệm	Hoàn
Thứ 4	07/11	Lê Vinh Hà	Nguyễn Quốc Vương	Phạm Thu Hiền	Nguyễn Đức Doanh	Hoàng Thị Hạnh	Hoàng Ngọc Trâm	Nguyễn Thị Huệ	Phạm Xuân Trường	Nguyễn
Thứ 5	08/11	Lê Vinh Hà	Nguyễn Quốc Vương	Phạm Thu Hiền	Bùi Quang Long	Nguyễn Văn Đức	Phạm Văn Tấn	Lê Ngọc Lan	Nguyễn Minh Nguyệt	Trước
Thứ 6	09/11	Lê Vinh Hà	Nguyễn Quốc Vương	Phạm Thu Hiền	Nguyễn Đức Doanh	Nguyễn Văn Đức	Nguyễn Thanh Văn	Nguyễn Văn Huệ	Phạm Thanh Văn	Lê Xu
Thứ 7	10/11				Bùi Quang Long					
Chủ nhật	11/11				Nguyễn Ngọc Diệp					
Thứ 2	12/11	Ngô Thị Diệp	Lê Thị Hoàn	Đỗ Thị Ngọc Hà	Phạm Thu Lan	Hoàng Thị Hạnh	Trần Thanh Bình	Bùi Bạch Liên	Phạm Thị Thanh Thủy	Lê Xu
Thứ 3	13/11	Ngô Thị Diệp	Lê Thị Hoàn	Đỗ Thị Ngọc Hà	Nguyễn Đức Doanh	Chu Thị Hằng	Nguyễn Thủy Văn	Nguyễn Bà Hòa	Phạm Xuân Trường	Lê Xu
Thứ 4	14/11	Ngô Thị Diệp	Lê Thị Hoàn	Đỗ Thị Ngọc Hà	Nguyễn Ngọc Diệp	Trần Minh Chung	Phạm Văn Tấn	Bùi Bạch Liên	Nguyễn Minh Nguyệt	Trước
Thứ 5	15/11	Ngô Thị Diệp	Lê Thị Hoàn	Đỗ Thị Ngọc Hà	Dương Đức Hiền	Chu Thị Hằng	Phạm Thị Hạnh	Nguyễn Quang Huân	Vũ Duy Niệm	Vũ Tr
Thứ 6	16/11	Ngô Thị Diệp	Lê Thị Hoàn	Đỗ Thị Ngọc Hà	Vũ Minh Thu	Chu Bích Nguyệt	Nguyễn Thu Thủy	Đỗ Thị Hòa	Phạm Thanh Văn	Phạm
Thứ 7	17/11				Cao Vũ Thư					
Chủ nhật	18/11				Dương Đức Hiền					
Thứ 2	19/11	Dương Quỳnh Chi	Hoàng Thị Tuyết Minh	Bùi Quỳnh Mai	Nguyễn Hữu Thường	Chu Thị Hằng	Đỗ Đức Giang	Nguyễn Thu Huyền	Văn Thanh Tú	Trước
Thứ 3	20/11	Dương Quỳnh Chi	Hoàng Thị Tuyết Minh	Bùi Quỳnh Mai	Nguyễn Đức Doanh	Nguyễn Kiêm Hiệp	Nguyễn Thu Thủy	Lê Nhi Hà	Nguyễn Minh Nguyệt	Trần
Thứ 4	21/11	Dương Quỳnh Chi	Hoàng Thị Tuyết Minh	Bùi Quỳnh Mai	Phạm Thu Lan	Nguyễn Kiêm Hiệp	Nguyễn Thanh Hải	Nguyễn Văn Huệ	Đoàn Thị Thanh Thủy	Nguyễn

Trùng với thời gian nghỉ phép - công tác Trùng với lịch chuyển môn

12:12 PM Sunday

Hình 3. Màn hình hiển thị Lịch phòng khám

- [9] White, G. M., & Xie, B. S. (2001). Examination timetables and tabu search with longer-term memory. In E. K. Burke & W. Erben (Eds.), *Lecture notes in computer science: Vol. 2079. Practice and theory of automated timetabling III: selected papers from the 3rd international conference* (pp. 85–103). Berlin: Springer.

Ngày nhận bài 16-01-2012; ngày gửi phản biện 21-01-2012.  
Ngày chấp nhận đăng 5-6-2013.



**Bùi Thu Lâm** Nhận bằng tiến sĩ khoa học máy tính tại đại học New South Wales, Kensington, Australia, năm 2007. Đào tạo sau tiến sĩ tại đại học New South Wales từ năm 2007 đến 2009. Được phong Phó giáo sư năm 2012. Hiện nay, là Phó Giáo sư và Phó Chủ nhiệm khoa Công nghệ Thông tin, Đại học Kỹ thuật Lê Quý Đôn. Nơi công tác hiện nay: Khoa Công nghệ Thông tin, Đại học Kỹ thuật Lê Quý Đôn. Hướng nghiên cứu chính: tính toán tiến hóa và tối ưu đa mục tiêu.  
Email: lam.bui@mta.edu.vn



**Phan Việt Anh** Sinh ngày 19/05/1984 tại Phú Thọ. Tốt nghiệp Học viện Kỹ thuật Quân sự năm 2008. Nhận bằng thạc sĩ Khoa học máy tính tại Học viện Kỹ thuật Quân sự năm 2013. Nơi công tác: Khoa Công nghệ Thông tin - Học viện Kỹ thuật Quân sự. Hướng nghiên cứu chính: Hệ quản trị Cơ sở dữ liệu. Lập lịch và lập kế hoạch.  
Email: anhpv@mta.edu.vn