



## ĐỀ XUẤT THUẬT TOÁN LAI GHÉP ĐIỀU HÒA NHÂN LỰC TRONG TIẾN ĐỘ DỰ ÁN

Trần Đức Học<sup>1\*</sup>

**Tóm tắt:** Nhân lực là một loại nguồn lực quan trọng trong quản lý dự án. Điều phối nhân lực hợp lý sẽ tạo nên thành công của dự án. Các công cụ dùng cho việc điều phối nguồn nhân lực thường dùng như phương pháp đường Găng, mô hình toán tuyến tính. Tuy nhiên, các phương pháp này thường không linh hoạt và còn nhiều hạn chế trong quản lý tiến độ. Vì vậy, bài báo này đề xuất thuật toán lai ghép tiến hóa (LGTH) dựa trên thuật toán bầy ong nhân tạo (BONT) và tiến hóa vi phân (THVP) để điều hòa nhân lực thông qua tối ưu các hệ số điều hòa sử dụng nhân công không đều (K1) và hệ số phân bố lao động không đều (K2). Một ví dụ về nhà xưởng lắp ghép được dùng để kiểm chứng tính hiệu quả của thuật toán đề xuất.

**Từ khóa:** Điều hòa nhân lực; quản lý dự án; tiến độ; bầy ong nhân tạo; tiến hóa vi phân.

### A hybrid evolutionary algorithm for levelling manpower in scheduling projects

**Abstract:** Manpower plays an important role in project management. The methodologies were usually used for managing and leveling resource as: Critical path method, linear programming. However, these approaches are inflexible and limited in scheduling projects. Therefore, this study proposed a hybrid evolutionary algorithm, based on artificial bee colony and differential evolutionay algorithms for levelling resource profile according to unstable resource usage (K1) and unstable resource allocation coefficients (K2). A numerical case study of a pole barn project was used to verify the efficiency and effectiveness of the proposed algorithm.

**Keywords:** Manpower levelling; project management; scheduling; artificial bee colony; differential evolution.

Nhận ngày 20/3/2017; sửa xong 27/4/2017; chấp nhận đăng 30/5/2017  
Received: March 20, 2017; revised: April 27, 2017; accepted: May 30, 2017



### 1. Đặt vấn đề

Cùng với sự phát triển của đất nước, ngành công nghiệp xây dựng cũng không ngừng vươn lên và tiến xa hơn về công nghệ và kỹ thuật. Do đó, yêu cầu về một công trình đạt chất lượng với chi phí hiệu quả và thi công trong thời gian ngắn nhất là rất quan trọng. Điều này đòi hỏi những nhà quản lý dự án, các kỹ sư lập nên tiến độ dự án cần có trình độ chuyên môn nhất định, sắp xếp các công việc thực hiện một cách có hiệu quả nhất sao cho các yếu tố quan trọng như nhân công, máy móc, vật liệu được tối ưu một cách hợp lý và đáp ứng nhu cầu một cách chủ động [1].

Trong dự án, biểu đồ nhân lực là cơ sở để đánh giá tổng tiến độ thi công, để thiết kế các công trình tạm và xác định nhu cầu vật chất phục vụ tạm thời như điện, nước... và là căn cứ để lập kế hoạch điều phối lực lượng sản xuất trên công trường [2]. Do vậy, bài toán điều hòa nguồn nhân lực là bài toán quan trọng trong xây dựng và được sự quan tâm của các nhà quản lý dự án ngay từ giai đoạn lập kế hoạch [3]. Có nhiều phương pháp để giải bài toán này như phương pháp dùng toán học tuyến tính, phương pháp tối ưu ngẫu nhiên... [4, 5]. Tuy nhiên, các phương pháp trên chỉ phù hợp với các dự án có ít công việc. Đối với các dự án có nhiều công việc, thì cần có một giải thuật hữu hiệu để giải, chẳng hạn như các thuật toán tiến hóa hay thuật toán bầy ong nhân tạo [6].

Trong lĩnh vực thuật toán tiến hóa, nhiều nhà nghiên cứu đã chỉ ra rằng lai ghép các thuật toán với nhau sẽ tạo ra thuật toán mới tốt hơn các thuật toán đơn lẻ trong việc giải quyết các bài toán tối ưu hóa [7, 8]. Do vậy, lai ghép với các thuật toán khác tạo nên tiềm năng để cải thiện thuật toán BONT và THVP [7, 9, 10]. Những điểm mạnh của thuật toán lai ghép tiến hóa đã được nhiều nhà nghiên cứu áp dụng để giải bài toán tối ưu toàn cục [11] và nhiều công bố minh chứng sự vượt trội của thuật toán LGTH trong các bài toán ở nhiều lĩnh vực khác nhau như tối ưu dòng điện [12], tối ưu lựa chọn đặc điểm trong vấn đề phân loại [13]. Tuy nhiên, theo nghiên cứu tổng quan thì thuật toán LGTH rất ít áp dụng vào bài toán quản lý nhân lực trong tiến độ dự án. Đó là lý do tác giả sử dụng thuật toán LGTH cho bài toán điều hòa nguồn nhân lực.

<sup>1</sup>TS, Khoa Kỹ thuật Xây dựng, Trường Đại học Bách khoa, Trường Đại học Quốc gia thành phố Hồ Chí Minh.

\*Tác giả chính. E-mail: duchoc87@gmail.com.



## 2. Bài toán điều hòa nguồn nhân lực

Bài toán điều hòa nguồn nhân lực nhằm mục đích là giúp cho biểu đồ nhân lực đạt tới ngưỡng lý tưởng, làm cho các hệ số K của biểu đồ nhân lực đạt đến hệ số tốt nhất có thể. Sự điều chỉnh các công việc không Găng sẽ cho ta kết quả mong muốn trên biểu đồ nhân lực [2]. Bài toán điều hòa nhân lực là một dạng của bài toán tối ưu hóa trong đó có các hàm mục tiêu và các biến số được giải thích như sau.

### 2.1 Hàm mục tiêu

Hàm mục tiêu của bài toán được viết dưới dạng sau:

$$\text{Min } f = \min(f_1 - 1 + f_2) \tag{1}$$

Hàm con  $f_1$  là mức độ điều hòa nhân lực trong phạm vi cho phép.

$$f_1 = K_1 = \frac{P_{max}}{P_{tb}} ; P_{tb} = \frac{A}{T} \tag{2}$$

trong đó:  $P_{max}$  là số công nhân trong ngày đông nhất;  $P_{tb}$  là số nhân công trung bình;  $T$  là thời gian lao động (lấy theo tiến độ);  $A$  là tổng hao phí lao động cũng có thể được lấy bằng diện tích đa giác được bao bởi biểu đồ nhân lực.

Hàm con  $f_2$  là mức độ sử dụng nhân lực theo số lượng.

$$f_2 = K_2 = \frac{A_{dôi}}{A} \tag{3}$$

trong đó:  $A_{dôi}$  là lượng lao động dôi trên mức trung bình.

### 2.2 Các biến số

Các biến số của bài toán là thời gian bắt đầu thực hiện của các công tác không nằm trên đường Găng. Sau khi tính toán tiến độ, có D công tác không Găng. Như vậy ta sẽ có các biến số của bài toán là  $X_i, i = 1, 2, \dots, D$ ; trong đó  $X_i$  là thời gian bắt đầu thực hiện của công tác không Găng thứ  $i$ . Do  $X_i$  chỉ được thay đổi trong khoảng thời gian giới hạn bởi thời điểm khởi sớm (KS) và khởi muộn (KM) của công tác  $i$ , nên ta có ràng buộc sau với các biên:

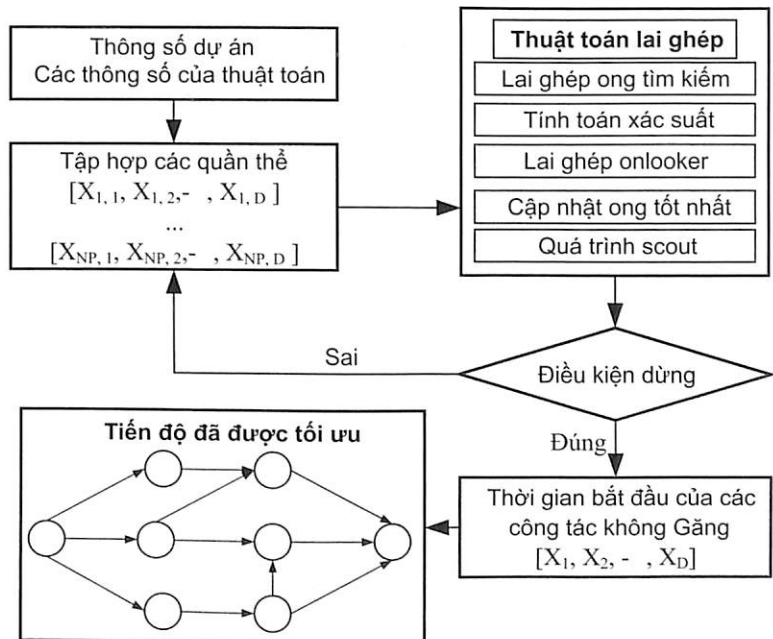
$$KS_i \leq X_i \leq KM_i \tag{4}$$

trong đó:  $KS_i$  và  $KM_i$  lần lượt là thời điểm khởi sớm và khởi muộn của công tác  $i$

## 3. Thuật toán lai ghép cho bài toán điều hòa nguồn nhân lực

Trong phần này, thuật toán lai ghép tiến hóa cho bài toán điều hòa nguồn nhân lực sẽ được giới thiệu chi tiết. Mô hình lai ghép tiến hóa cho bài toán điều hòa nguồn nhân lực được trình bày ở Hình 1. Các bước của mô hình được giải thích chi tiết ở phần tiếp theo.

Đầu tiên, thuật toán lai ghép tiến hóa khởi tạo quần thể sau đó các cá thể sẽ được đưa vào giai đoạn ong tìm kiếm (employed bee phase). Tiếp theo, quá trình đột biến và lai ghép của thuật toán tiến hóa vi phân được áp dụng để cải tiến chất lượng của các cá thể. Kế tiếp, véc tơ xác suất được tính để xem xét cá thể (ong) nào được phép vào giai đoạn ong khai thác (onlooker bee phase). Những giải pháp (ong) được so sánh để lựa chọn giải pháp tốt hơn. Quá trình đột biến và lai ghép của thuật toán tiến hóa vi phân lại được áp dụng trong giai đoạn này. Sau đó, thuật toán sẽ kiểm tra xem những giải pháp (ong) nào không được cải thiện sẽ được thay thế bằng một giải pháp mới thông qua quá trình ong do thám (scout phase). Cuối cùng, những giải pháp tốt (ong) sẽ được giữ và khai thác trong quá trình ong tìm kiếm ở vòng lặp tiếp theo.



Hình 1. Thuật toán lai ghép cho bài toán điều hòa nguồn nhân lực

Thông số đầu vào: Trước khi vào vòng tối ưu của thuật toán, chúng ta cần cung cấp thông số đầu vào đó là thông tin dự án, bao gồm mối quan hệ các công việc, thời gian thi công một công việc, chi phí thực hiện từng công việc và các phương án thi công cho mỗi công việc. Hơn nữa, chúng ta cần cung cấp các thông số của thuật toán tối ưu như số quần thể  $NP$ , số lượng biến  $D$ , biên độ đột biến  $F$ , xác suất lai ghép  $CR$ , giá trị giới hạn "limit", số thế hệ tối đa  $G_{max}$ , giá trị nhỏ nhất  $LB$  và giá trị lớn nhất  $UB$  của các biến.

Khởi tạo và tập hợp quần thể ban đầu: LGTH bắt đầu bằng việc khởi tạo ngẫu nhiên  $NP$  véc-tơ  $X_{i,0}$  trong không gian  $D$  chiều. Ở đây,  $X_{i,0}$  đóng vai trò là cá thể thứ  $i$  trong quần thể  $NP$  cá thể, tại thế hệ đầu tiên.

$$X_{i,0} = LB + rand[0,1] \times (UB - LB) \quad (5)$$

trong đó:  $X_{i,0}$  là cá thể  $i$  tại thế hệ đầu tiên;  $rand[0,1]$  là hàm phân bố chuẩn trong khoảng 0 và 1;  $LB$  và  $UB$  là giá trị lớn nhất và giá trị nhỏ nhất của các biến.

Lai ghép ong tìm kiếm: Sau khi khởi tạo quần thể ban đầu, tại mỗi vòng lặp quá trình đột biến và lai ghép của thuật toán THVP được áp dụng.

$$V_i^{G+1} = X_{r_1}^G + F(X_{r_2}^G - X_{r_3}^G) \quad (6)$$

trong đó:  $r_1, r_2, r_3 \in \{1, 2, \dots, NP\}$  là ba số nguyên được tạo ngẫu nhiên khác nhau và khác  $i$  nằm trong khoảng  $[1, NP]$ ;  $F$  là biên độ đột biến được lựa chọn trong khoảng  $F \in [0, 1]$ .

Tiếp theo quá trình đột biến, quá trình lai ghép được áp dụng nhằm làm đa dạng quần thể bằng cách trao đổi các thành phần của "véc-tơ mẹ" và "véc-tơ đột biến". Quá trình lai ghép sinh ra "véc-tơ con"  $U_i^{G+1} = \{u_{i,1}^{G+1}, u_{i,2}^{G+1}, \dots, u_{i,D}^{G+1}\}$ , trong đó các thành phần véc-tơ con được xác định theo công thức.

$$u_{i,j}^{G+1} = \begin{cases} v_{i,j}^{G+1} & \text{nếu } (rand_j[0,1] \leq CR \text{ hoặc } j = j_{rand}) \\ x_{i,j}^{G+1} & \text{khác} \end{cases} \quad (7)$$

$CR \in [0, 1]$  là xác suất lai ghép;  $j_{rand}$  là số nguyên dương trong khoảng  $[1, D]$ .

Véc-tơ con  $U_{i,G+1}$  và véc-tơ mẹ  $X_{i,G}$  được so sánh với nhau. Nếu véc-tơ con có thể làm giảm giá trị của hàm mục tiêu so với véc-tơ mẹ, nó sẽ thay thế véc-tơ mẹ. Quá trình chọn lọc được diễn tả bằng toán học như sau:

$$X_{i,G+1} = \begin{cases} U_{i,G+1} & \text{khi } f(U_{i,G+1}) < f(X_{i,G}) \\ X_{i,G} & \text{khác} \end{cases} \quad (8)$$

Tính toán xác suất: Véc-tơ xác suất được tính để xem xét cá thể (ong) nào được phép vào giai đoạn lai ghép onlooker. Giá trị xác suất được tính theo công thức.

$$p_i = fit_i / \sum_{i=1}^{NP} fit_i \quad (9)$$

Lai ghép onlooker: Chỉ có những cá thể nào ở được thông qua phần tính toán xác suất sẽ đi vào phần onlooker. Quá trình lai ghép onlooker hoàn toàn tương tự như quá trình lai ghép ong tìm kiếm.

Cập nhật những con ong tốt nhất: Những cá thể (ong) tốt nhất sẽ được cập nhật vào quần thể (bầy ong) sau khi kết thúc quá trình onlooker. Những cá thể mới sẽ thay thế vị trí của cá thể cũ nếu nó cho giá trị hàm mục tiêu tốt hơn hoặc bằng giá trị của cá thể cũ tạo ra. Ngược lại, cá thể cũ sẽ được giữ lại.

Quá trình ong Scout: Nếu cá thể không được cải thiện sau một số vòng lặp cho trước thì nó sẽ bị thay thế bởi một cá thể mới theo cách tạo ngẫu nhiên.

Kiểm tra điều kiện dừng: Ở đây, số thế hệ tiến hóa ( $G_{max}$ ) được chọn làm điều kiện dừng. Quá trình tối ưu hóa sẽ kết thúc khi số thế hệ hiện thời ( $g$ ) vượt quá giá trị của  $G_{max}$ . Nếu điều kiện dừng chưa thỏa mãn, quá trình tối ưu hóa sẽ tiếp tục diễn ra.

## 4. Trường hợp nghiên cứu

### 4.1 Giới thiệu công trình

Công trình nhà xưởng lắp ghép được sử dụng làm trường hợp nghiên cứu trong bài báo này. Dự án này gồm 18 công việc, mối quan hệ các công việc, thông số về thời gian, nhân lực của dự án được thể hiện ở Bảng 1.

### 4.2 Kết quả tối ưu của thuật toán LGTH

Thông số đầu vào cho thuật toán THVP được lựa chọn dựa vào phương pháp thử và các đề xuất từ các nghiên cứu trước. Số lượng biến  $D$  phụ thuộc vào số công việc trong dự án. [14] và [15] đề xuất khoảng lựa chọn cho các thông số đầu vào của thuật toán vi phân và bầy ong nhân tạo như sau:  $NP \in [8D, 10D]$ ;  $CR \in [0, 1]$ ;  $F \in [0, 2]$ ;  $limit \in [0.2G_{max}, 0.4G_{max}]$ . Trong nghiên cứu này  $D=18$ , số lượng cá thể trong quần thể là  $NP=150$ , xác suất lai ghép là  $Cr=0.9$ , biên độ đột biến  $F=0.5$  và giá trị giới hạn "limit" = 40. Để tránh sự ngẫu nhiên trong



kết quả, thuật toán tối ưu hóa được chạy với 10 lần. Kết quả tối ưu của thuật toán được trình bày ở Hình 2 và thời gian bắt đầu của các công việc tìm bởi thuật toán LGTH được trình bày ở Bảng 2.

**4.3 So sánh kết quả**

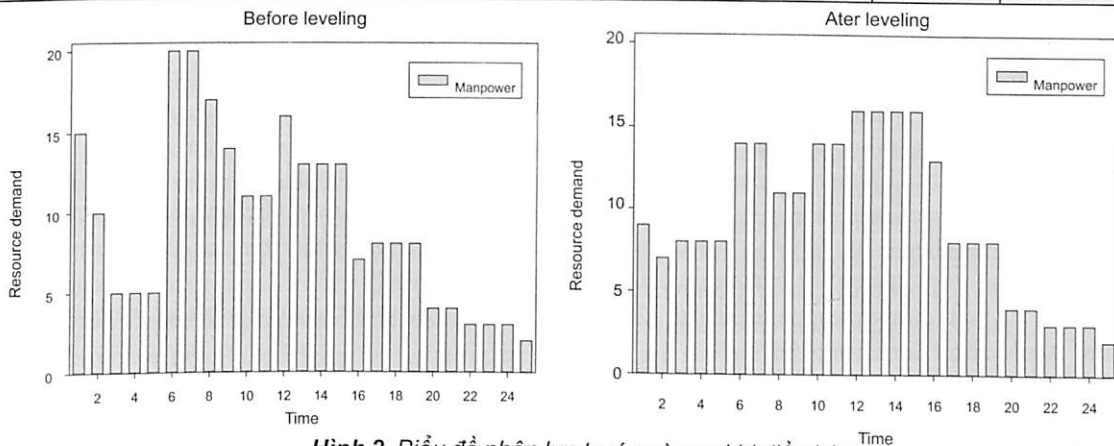
Để chứng minh tính ưu việt của thuật toán lai ghép, kết quả của phương pháp được so sánh với kết quả của phần mềm Microsoft Project 2013, thường được sử dụng để điều nguồn nhân lực. Trong nghiên cứu này thuật toán LGTH, các thuật toán so sánh được viết và chạy trên phần mềm Matlab 2016. Bảng 3 trình bày sự so sánh này.  $Y_{max}$  là nhân lực lớn nhất trong một ngày,  $KB_{max}$  là sự khác biệt lớn nhất giữa hai ngày liên tiếp, tổng sự khác biệt (TSKB) nguồn nhân lực được tính theo công thức (10).

$$TSKB = \sum_{k=1}^n |y_{k+1} - y_k| \tag{5}$$

trong đó:  $y_k$  là nhu cầu tài nguyên của dự án tại ngày  $k$ ;  $y_{k+1}$  là nhu cầu tài nguyên của dự án tại ngày  $k+1$ .

**Bảng 1. Dữ liệu dự án nhà lắp ghép**

STT	Tên công việc	CV trước	Nhân lực	Thời gian
1	Khởi động	-	0	0
2	Định vị	1	5	1
3	Dọn dẹp mặt bằng	1	4	2
4	Đặt hàng gỗ	1	3	2
5	Đặt hàng các vật liệu mái	1	3	2
6	Sàn mặt bằng	3	5	3
7	Dựng cột	2, 6	8	2
8	Lắp đặt ống gas ngầm	6	6	4
9	Đường ống nước ngầm	6	6	3
10	Liên kết cấu kiện	4, 7	5	4
11	Hệ thống gas	8	3	3
12	Hệ thống nước	9	3	3
13	Hệ thống mái	5, 10	7	5
14	Hệ thống tường	8, 10	6	4
15	Lắp cửa	13, 14	4	3
16	Hệ thống điện	11, 12, 13, 14	4	5
17	Sơn toàn nhà	15,16	3	3
18	Dọn dẹp và bàn giao	17	2	1



**Hình 2. Biểu đồ nhân lực trước và sau khi điều hòa**

**Bảng 2. Thời gian bắt đầu của các công việc**

CV	T <sub>bt</sub>	T <sub>đc</sub>	CV	T <sub>bt</sub>	T <sub>đc</sub>	CV	T <sub>bt</sub>	T <sub>đc</sub>
1	1	1	7	6	6	13	12	12
2	1	1	8	6	9	14	12	13
3	1	1	9	6	6	15	17	17
4	1	2	10	8	8	16	17	17
5	1	4	11	10	13	17	22	22
6	3	3	12	9	10	18	25	25

**Bảng 3. So sánh kết quả**

Kết Quả	Tiêu chí đánh giá			
	$f$	$Y_{max}$	$KB_{max}$	TSKB
Tiến độ ban đầu	1.3477	20	15	55
Microsoft Project	0.8939	16	10	51
THVP	0.8919	16	10	39
BONT	0.8919	16	9	39
LGTH	0.8919	16	8	37

Ghi chú:  $T_{bt}$ : Bình thường,  $T_{đc}$ : Điều chỉnh

Từ Bảng 3 chúng ta dễ dàng nhận thấy kết quả nguồn nhân lực của dự án khi dùng thuật toán LGTH cho kết quả tốt hơn chưa tối ưu và hơn cả phần mềm Microsoft Project đã tối ưu. Giá trị hàm mục tiêu  $f$  của LGTH (0.8919) thấp hơn chưa tối ưu (1.3477) và Microsoft Project đã tối ưu (0.8939). Phần mềm làm cho giá trị lớn nhất của biểu đồ nhân lực giảm từ 20 xuống còn 16. Bên cạnh đó phần mềm cũng làm cho sự khác biệt lớn nhất trong BĐNL ( $KB_{max}$ ) và tổng sự khác biệt (TSKB) giảm xuống đáng kể. Như vậy qua các chỉ tiêu so sánh cho thấy LGTH đã làm cho biểu đồ nhân lực về gần hơn với dạng BĐNL lý tưởng, làm giảm thiểu được mức biến động nhu cầu về nhân lực hàng ngày của dự án.

## 5. Kết luận

Nghiên cứu này áp dụng thuật toán lai ghép tiến hóa cho việc điều hòa nguồn nhân lực trong tiến độ dự án. Mô hình đề xuất giúp hạ thấp nhu cầu tài nguyên hằng ngày của dự án và giúp làm giảm sự biến động của nhu cầu nguồn tài nguyên. Điều này có ý nghĩa lớn và mang lại hiệu quả cao trong tiến độ dự án. Kết quả thực nghiệm cho thấy thuật toán LGTH mang lại kết quả vượt trội hơn so với phần mềm Microsoft Project.

Nghiên cứu này chỉ xem xét một loại tài nguyên là nhân lực và giả định rằng nguồn lực này có cùng cấp độ năng lực. Vì vậy, cần nghiên cứu thêm để xây dựng một mô hình tối ưu nhằm giải quyết sự cân bằng đa tài nguyên với năng lực khác nhau. Các yếu tố tài nguyên có thể khác như máy móc, thiết bị, vật liệu cũng nên được xem xét tối ưu đồng thời.

Hướng phát triển trong tương lai là áp dụng và cải thiện thuật toán LGTH cho các bài toán xây dựng khác như rút ngắn thời gian dự án cân nhắc nguồn tài nguyên bị giới hạn, tối ưu nguồn nhân lực trong nhiều dự án.

Lời cảm ơn: Nghiên cứu này được tài trợ bởi Trường Đại học Bách khoa - Đại học Đà Nẵng; mã số B2016-ĐN02-09.

## Tài liệu tham khảo

1. Hoàng Nhật Đức, Phạm Anh Đức (2015), "Một phương pháp mới cho điều hòa tài nguyên của dự án xây dựng sử dụng thuật toán tiến hóa", *Tạp chí khoa học và công nghệ*, Đại học Duy Tân.
2. Phạm Hồng Thái (2005), *Tổ chức thi công xây dựng*, Nhà xuất bản xây dựng.
3. ElRayes K., Jun D.H. (2009), "Optimizing Resource Leveling in Construction Projects," *Journal of Construction Engineering and Management-Asce*, 135:1172-1180.
4. Robert B.H. (1990), "Packing Method for Resource Leveling (Pack)", *Journal of Construction Engineering and Management*, 116(2):331-350.
5. Said M.E. (1989), "Resource Leveling in Construction by Optimization", *Journal of Construction Engineering and Management*, 115(2):302-316.
6. Cheng M. Y., Tran D. H., Hoang N. D. (2016), "Fuzzy clustering chaotic-based differential evolution for resource leveling in construction projects", *Journal of Civil Engineering and Management*, 23(1):113-124.
7. Li X., Yin M. (2012), "Hybrid differential evolution with artificial bee colony and its application for design of a reconfigurable antenna array with discrete phase shifters", *Microwaves, Antennas & Propagation, IET*, 6:1573-1582.
8. Plevris V., Papadrakakis M. (2011), "A Hybrid Particle Swarm-Gradient Algorithm for Global Structural Optimization", *Computer-Aided Civil and Infrastructure Engineering*, 26:48-68.
9. Jadon S.S., Tiwari R., Sharma H., Bansal J. C. (2017). "Hybrid Artificial Bee Colony algorithm with Differential Evolution." *Applied Soft Computing*, 58:11-24.
10. Abraham A., Jatoh R.K., Rajasekhar A. (2012), "Hybrid Differential Artificial Bee Colony Algorithm," *Journal of Computational and Theoretical Nanoscience*, 9:249-257.
11. Worasuchep C. (2015), "An opposition-based hybrid Artificial Bee Colony with differential evolution", in *2015 IEEE Congress on Evolutionary Computation (CEC)*.
12. Li Y., Wang Y., Li B. (2013), "A hybrid artificial bee colony assisted differential evolution algorithm for optimal reactive power flow", *International Journal of Electrical Power & Energy Systems*, 52:25-33.
13. Zorarpaci E., Özal S.A. (2016), "A hybrid approach of differential evolution and artificial bee colony for feature selection", *Expert Systems with Applications*, 62:91-103.
14. Storn R.M., Price K. (1997), "Differential Evolution - A Simple and Efficient Heuristic for Global Optimization over Continuous Spaces", *Journal of Global Optimization*, 11:341-359.
15. Karaboga D., Basturk B. (2008), "On the performance of artificial bee colony (ABC) algorithm", *Applied Soft Computing*, 8(1):687-697.