

ĐỀ XUẤT THUẬT TOÁN ĐA MỤC TIÊU NHÓM XÃ HỘI VÀ PHƯƠNG PHÁP RA QUYẾT ĐỊNH ĐA TIÊU CHÍ CHO BÀI TOÁN THỜI GIAN, CHI PHÍ, RỦI RO TRONG TIỀN ĐỘ DỰ ÁN

Hồ Ngọc Khoa^{a,*}, Trần Đức Học^b, Lương Đức Long^a

^aKhoa Xây dựng dân dụng và Công nghiệp, Trường Đại học Xây dựng, số 55 đường Giải Phóng, quận Hai Bà Trưng, Hà Nội, Việt Nam

^bKhoa Kỹ thuật Xây dựng, Trường Đại học Bách Khoa TP. Hồ Chí Minh, số 268 đường Lý Thường Kiệt, quận 10, TP. Hồ Chí Minh, Việt Nam

Nhận ngày 25/08/2020, Sửa xong 20/10/2020, Chấp nhận đăng 22/10/2020

Tóm tắt

Trong lập kế hoạch dự án, khi rút ngắn thời gian để rút ngắn tổng chi phí thì tổng thời gian dự trữ của dự án sẽ giảm dẫn đến các công việc có xu hướng trở thành công việc căng. Điều này, dẫn đến xác suất hoàn thành dự án sẽ giảm và tăng nguy cơ chậm trễ tiến độ. Yếu tố rủi ro trong nghiên cứu này được cân nhắc thông qua (1) tổng thời gian dự trữ của dự án (2) biến động của tài nguyên. Nghiên cứu này đề xuất một thuật toán đa mục tiêu nhóm xã hội (MOSGO) và phương pháp ra quyết định đa tiêu chí (MCDM) để cân bằng thời gian, chi phí, rủi ro của dự án. Mô hình sẽ áp dụng cho một dự án thực tế để thấy được tính hiệu quả của thuật toán đề xuất. Các kết quả so sánh chỉ ra rằng phương pháp MOSGO là một công cụ mạnh, hiệu quả trong việc tìm kiếm đường cong của tập tối ưu. Ngoài ra, phương pháp ra quyết định đa tiêu chí được áp dụng để giúp nhà quản lý dự án lựa chọn giải pháp phù hợp nhất cho dự án.

Từ khoá: quản lý dự án; tiến độ; thuật toán tiến hóa; thời gian-chi phí-rủi ro; đa tiêu chí.

PROPOSING MULTIPLE OBJECTIVE SOCIAL GROUP OPTIMIZATION AND MULTICRITERIA DECISION-MAKING METHOD FOR TIME-COST-RISK TRADEOFF IN PROJECT SCHEDULING

Abstract

In project scheduling, when the project duration is shortened to reduce total cost, the total float is lost resulting in more critical or nearly critical activities. This results in reducing the probability of completing the project on time and increases the risk of project delays. The aspect of “risk” in this research is considered as a function that integrates the two elements: (1) the total float of project; (2) the resource fluctuation. This study proposes multiple objective social group optimization (SGO) and multicriteria decision-making method (MCDM) for time-cost-risk tradeoff in project scheduling. The performance of proposed model is verified by a case study of real construction project. The comparison results indicated that the proposed approach is a powerful, efficient and effective tool in finding the Pareto curve. In addition, the multi-criteria decision making approaches are applied to help the project managers in selecting an appropriate schedule for project implementation.

Keywords: project management; scheduling; evolutionary algorithms; time-cost-risk; multicriteria.

[https://doi.org/10.31814/stce.nuce2020-14\(5V\)-01](https://doi.org/10.31814/stce.nuce2020-14(5V)-01) © 2020 Trường Đại học Xây dựng (NUCE)

1. Giới thiệu

Phát triển một phương pháp lập kế hoạch tài nguyên phù hợp là một trong những nhiệm vụ quan trọng nhất của người quản lý dự án để giảm những chi phí không cần thiết và tạo ra lợi nhuận cao hơn.

*Tác giả đại diện. Địa chỉ e-mail: tdhoc@hcmut.edu.vn (Học, T. Đ.)

Thông thường ở các dự án sự cân bằng giữa hai yếu tố quan trọng là thời gian và chi phí [1–3]. Các nhà nghiên cứu đã thiết lập nhiều mô hình và áp dụng nhiều phương pháp để tối ưu hóa vấn đề cân bằng chi phí thời gian (TCT) trong ngành xây dựng. Trong số các phương pháp này, các thuật toán tiến hóa đã được chứng minh là hiệu quả nhất trong việc tìm kiếm giải pháp cân bằng thời gian và chi phí [4–8]. Chi phí tài nguyên và công nghệ được sử dụng trong một dự án thường liên quan đến năng suất và thời gian thực hiện dự án. Khi sử dụng tài nguyên nhiều và công nghệ cao sẽ rút ngắn thời gian dự án [9]. Tuy nhiên rút ngắn thời gian và chi phí dự án dẫn đến rủi ro về chất lượng dự án, làm cho dự án xuống cấp nhanh hơn dự kiến và sẽ tăng chi phí bảo trì [10].

Các dự án xây dựng có nhiều rủi ro và nhiều yếu tố không chắc chắn do điều kiện thời tiết, kỹ năng lao động, điều kiện công trường, vật liệu, thiết bị và cách thức quản lý [11]. Do tính chất động và không chắc chắn của dự án xây dựng, những trì hoãn không mong đợi sẽ xảy ra và ảnh hưởng xấu đến tiến độ dự án. Trì hoãn các công tác không Găng có thể không ảnh hưởng đến tiến độ toàn bộ dự án, tuy nhiên giảm thiểu thời gian dư trữ có thể gia tăng chi phí của dự án. Thêm vào, khi thời gian dự án rút ngắn, tổng thời gian dư trữ bị giảm sẽ có thêm nhiều công tác găng hoặc gần găng. Điều này làm giảm xác suất hoàn thành dự án đúng hạn và tăng nguy cơ chậm trễ tiến độ [1, 12, 13]. Do vậy cần phải đưa yếu tố rủi ro và trong mô hình thời gian chi phí của dự án để có một mô hình quản lý tiến độ hiệu quả hơn.

Satapathy và Naik [14] đã phát triển một thuật toán tối ưu hóa hiệu quả mới, được gọi là tối ưu hóa nhóm xã hội (SGO), được xây dựng từ hành vi xã hội của con người để giải quyết một vấn đề tối ưu toàn cục phức tạp. Thuật toán SGO có cấu trúc đơn giản và dễ vận hành, đồng thời thể hiện sự hiệu quả, dễ dàng tính toán và có tính ổn định trong việc cung cấp các giải pháp tối ưu cho vấn đề tối ưu hóa đơn mục tiêu. Các nghiên cứu gần đây chỉ ra rằng thuật toán SGO mới vượt trội hơn nhiều phiên bản cải tiến của các thuật toán hiện đại như tối ưu hóa bầy đàn (PSO-Particle swarm optimization), tiến hóa vi phân (DE-Differential evolution) và đàn ong nhân tạo (ABC- Artificial bee colony algorithm)... và các biến thể của chúng trong việc giải quyết các bài toán tối ưu toàn cục và các vấn đề kỹ thuật liên quan [15–17].

Từ thuật toán SGO đơn mục tiêu, nghiên cứu này mở rộng thành thuật toán SGO đa mục tiêu kết hợp lý thuyết ra quyết định đa tiêu chí trong mô hình đề xuất để giải quyết vấn đề cân bằng thời gian, chi phí và rủi ro trong dự án xây dựng.

2. Bài toán thời gian chi phí rủi ro trong tiến độ dự án

Một dự án M công tác được biểu diễn trên sơ đồ công tác trên nút bao gồm M nút và các mối quan hệ giữa các nút. Mỗi công tác trong một dự án có thể được thực hiện thông qua các phương án thi công khác nhau tùy thuộc vào số lượng tài nguyên, công nghệ và thiết bị được sử dụng. Mỗi phương án lựa chọn của một công tác tương ứng thời gian, chi phí và điểm rủi ro cụ thể để thực hiện. Vấn đề cân bằng thời gian, chi phí và rủi ro trong các dự án xây dựng tập trung vào việc xác định phương án thi công của các công tác và thời gian bắt đầu của các công tác không phải đường găng để đạt được tiến độ tối ưu, chi phí hiệu quả và giảm thiểu được rủi ro.

- Giảm thiểu thời gian dự án được tính theo công thức [18].

$$T_p = \min \left(\max_{i=1, \dots, M} (FT_i) \right) = \min \left(\max_{i=1, \dots, M} (ST_i + D_i) \right) \quad (1)$$

trong đó ST_i , FT_i là thời gian bắt đầu (Start time) và kết thúc (Finish time) của công tác (i) tương ứng. Thời gian thực hiện của mỗi công tác i được ký hiệu là D_i . Thời gian thực hiện công tác có thể thay đổi giữa thời gian bình thường và thời gian rút ngắn tùy thuộc vào tùy chọn phương án.

- Giảm thiểu chi phí dự án được tính theo công thức [18].

$$TC_p = C_D + C_I = \sum_{i=1}^M c_i + C_0 + bT_p \quad (2)$$

trong đó chi phí trực tiếp được tính bằng tổng chi phí trực tiếp của tất cả các công tác $C_D = \sum_{i=1}^M c_i$.

Rút ngắn thời gian dự án liên quan đến chi phí trực tiếp kết hợp với việc lựa chọn phương án thực hiện công tác. Tuy nhiên, có nhiều loại chi phí khác nhau thường gặp trong dự án. Trong chi phí trực tiếp bao gồm chi phí chung C_0 (có thể bao gồm chi phí văn phòng, chi phí huy động và các chi phí ban đầu khác) và một tỷ lệ chi phí liên quan đến thời gian dự án bT_p . Hệ số b là hệ số chi phí tương ứng với đơn vị thời gian trễ của dự án, b thường được lấy theo phần trăm của tổng chi phí (10-20%). T_p biểu thị thời gian chênh giữa thời gian dự án thuật toán tìm được và thời gian giả định trước. Thông thường thời gian giả định là thời gian khi mà tất cả các công tác đều khởi sớm và thực hiện ở phương án thi công có thời gian thực hiện nhỏ nhất.

- Giảm thiểu rủi ro dự án

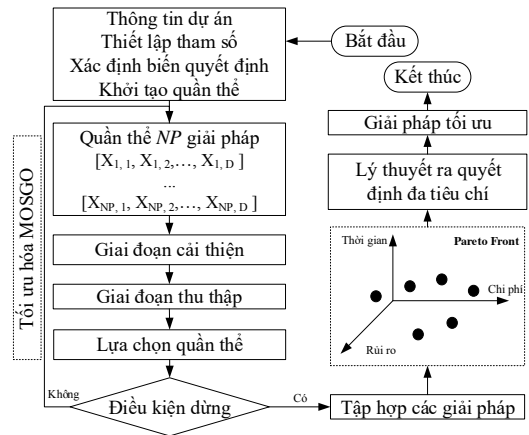
Yếu tố rủi ro trong nghiên cứu này được cân nhắc thông qua (1) tổng số thời gian dự trữ của dự án (2) biến động của tài nguyên. Thời gian dự trữ được định nghĩa là khoảng thời gian công tác có thể trì hoãn mà không ảnh hưởng tổng thời gian hoàn thành dự án. Khoảng thời gian dự trữ sẽ được quyết định bởi các bên liên quan để giảm thiểu rủi ro cho các công tác không găng dựa vào phân tích xáo trộn thời gian của dự án [13, 19, 20]. Các tiến độ được lập ban đầu thường bị biến động tài nguyên dẫn đến sự không hiệu quả, tốn kém và rủi ro cao cho các nhà thầu thực hiện. Vì vậy, các nhà quản lý xây dựng bắt buộc phải thực hiện quy trình điều chỉnh tiến độ để giảm các biến động không cần thiết của việc sử dụng tài nguyên trong quá trình thực hiện dự án. Giảm thiểu rủi ro của dự án được tính theo công thức [1].

$$R = w_1 * \left(1 - \frac{TF_{current} + 1}{TF_{max} + 1}\right) + w_2 \frac{\sum_{t=1}^{P_d} (R_t - \bar{R})^2}{P_d * (\bar{R})^2} \quad (3)$$

trong đó $TF_{current}$ tổng thời gian dự trữ của dự án theo tiến độ hiện tại; TF_{max} là tổng thời gian dự trữ của dự án ở mức linh động nhất khi và các công tác được sắp xếp khởi sớm nhất có thể. R_t nhu cầu tài nguyên ở thời điểm t ; $\bar{R}$ tài nguyên trung bình; w_i hệ số chia theo mức độ quan trọng của các tài nguyên; P_d tổng thời gian thực hiện của dự án.

3. Đề xuất mô hình cho bài toán thời gian chi phí rủi ro

Phần này mô tả thuật toán tối ưu hóa nhóm xã hội đa mục tiêu dựa trên thuật toán gốc SGO để cân bằng đồng thời thời gian chi phí và rủi ro trong tiến độ các dự án xây dựng. Hình 1 mô tả sơ đồ toàn bộ cấu trúc mô hình đề xuất kết hợp MOSGO và MCDM cho vấn đề cân bằng thời gian, chi phí và rủi ro (TCR).



Hình 1. Sơ đồ của thuật toán MOSGO-TCR

3.1. Khởi tạo

Đầu vào của mô hình bao gồm các mối quan hệ giữa các công tác, thời gian thực hiện các công tác và chi phí trong mỗi tùy chọn c_i . Chúng ta cần thiết lập các thông số của MOSGO như: kích thước quần thể (NP); số thế hệ tối đa ($G_{\max}$); số biến quyết định (D); giới hạn dưới (LB) và giới hạn trên (UB) cho từng biến quyết định; số hàm mục tiêu (O).

MOSGO sử dụng phương pháp ngẫu nhiên để khởi tạo quần thể đầu tiên gồm NP cá thể với $x_{i,j} \in [0, 1]$ được định nghĩa trong công thức (4).

$$X_{i,j}^{G=0} = LB_i + x_{i,j} * (UB_i - LB_i); \quad i = \overline{1, D}; \quad j = \overline{1, NP} \quad (4)$$

3.2. Biến quyết định

Một giải pháp tiềm năng cho vấn đề TCR trong các dự án xây dựng được biểu diễn bằng vectơ D phần tử trong công thức (5). Vector này gồm hai phần a) lựa chọn phương án thi công cho các công tác; b) thời gian bắt đầu của các công tác.

$$X = [\underbrace{x_{1,j}, \dots, x_{n,j}, \dots, x_{N,j}}_{\text{Phương án thi công } S_n}, \underbrace{x_{N+1,j}, \dots, x_{t,j}, \dots, x_{2N,j}}_{\text{Giá trị thời gian bắt đầu } ST_t}]; \quad n = \overline{1, N}; t = \overline{N+1, 2N} \quad (5)$$

Trong phần a) (Execution option – phương án thi công) N biểu thị số lượng công tác. $x_{i,j}$ đại diện cho một số nguyên trong khoảng $[1, M_i]$ (M_i là tổng các phương án có thể lựa chọn để thực hiện công tác i). Hàm *Ceil* trong công thức (6) được sử dụng để ánh xạ các biến này tới các số nguyên gần nhất của chúng, xác định các phương án thi công cho mỗi công tác.

$$X_{i,j} = \text{Ceil}(x_{i,j} \times UB(i)) \quad (6)$$

Phần b) (Start time value – giá trị thời gian bắt đầu) $x_{i,j}$ dùng để xác định thời gian bắt đầu công tác trong khoảng thời gian dữ trữ.

3.3. Giai đoạn cải thiện

Trong giai đoạn này, giải pháp mới X_i của cá thể i^{th} được tạo ra dựa trên cá thể tốt nhất G^{best} , xuất phát từ nhóm các cá thể tốt nhất (first rank) của quần thể. Kỹ thuật lọc nhanh các giá trị không vượt trội [21] sẽ phân loại ra các lớp (rank). Để cân bằng giữa tính hiệu quả và tối ưu, cơ chế của giai đoạn cải thiện được sửa đổi bằng phương trình (7).

$$X_{i,j}^{new} = \frac{\sum F(X_{i,j})}{\sum F(G^{best})} X_{i,j}^{old} + \beta(G^{best} - X_{i,j}^{old}); \quad j = 1, 2, \dots, D \quad (7)$$

Quá trình tối ưu hóa chỉ phát triển nếu cá thể mới tốt hơn. Cá thể tốt hơn được hiểu là các thể đó cho các giá trị hàm mục tiêu (thời gian, chi phí) tốt hơn so với cá thể cũ. Trong trường hợp như vậy, $X_{i,j}^{old}$ được thay thế ngay lập tức bởi cá thể mới $X_{i,j}^{new}$. Cá thể cũ $X_{i,j}^{old}$ được thêm vào một quần thể ngoài. Ngược lại, $X_{i,j}^{new}$ được thêm vào quần thể ngoài.

3.4. Giai đoạn thu thập

Phương trình (8) mô tả cơ chế hoạt động của giai đoạn thu thập.

$$X_{i,j}^{new} = \begin{cases} X_{i,j}^{old} + \beta_1 (X_{i,j} - X_{k,j}) + \beta_2 (G^{best} - X_{i,j}) & \text{nếu } f(X_i) \text{ vượt trội } f(X_k) \\ X_{i,j}^{old} + \beta_1 (X_{k,j} - X_{i,j}) + \beta_2 (G^{best} - X_{i,j}) & \text{khác} \end{cases} \quad (8)$$

Quy trình lựa chọn trong giai đoạn thu thập tương tự như trong quy trình cải thiện. Nếu cá thể $X_{i,j}^{new}$ mới vượt trội cá thể $X_{i,j}$, thì $X_{i,j}^{new}$ thay thế $X_{i,j}$ và $X_{i,j}$ được đưa vào quần thể ngoài; ngược lại, $X_{i,j}^{new}$ được chuyển vào quần thể ngoài.

3.5. Lựa chọn quần thể

Nghiên cứu này áp dụng kỹ thuật lọc nhanh các giá trị không vượt trội [21] và kỹ thuật entropy [22] để chọn các giải pháp NP tốt nhất từ quần thể kết hợp cho thế hệ tiếp theo. Lúc đầu, kỹ thuật lọc nhanh các giá trị không vượt trội được áp dụng để chia quần thể hình thành các tập con không vượt trội cho $F_1, F_2, \dots, F_n$. Số quần thể được lấy lần lượt từ F_1 đến F_k . Giả sử rằng F_k là tập con được chọn cuối cùng. Kỹ thuật entropy được áp dụng để xác định chính xác các thành viên NP.

3.6. Điều kiện dừng

Điều kiện dừng do người dùng xác định, chẳng hạn như số lần đánh giá hàm mục tiêu hoặc số vòng lặp G_{max} tối đa được chạy. Nghiên cứu này sử dụng số vòng lặp tối đa được chạy là điều kiện dừng.

4. Trường hợp nghiên cứu

Tính hiệu quả và khả thi của mô hình đề xuất được minh chứng bằng dự án thực tế. Dự án xây dựng cửa hàng đồ ăn nhanh tại thành phố Hồ Chí Minh, Việt Nam. Bảng 1 minh họa dữ liệu dự án, bao gồm các mối quan hệ logic giữa các công tác, thời gian thực hiện từng công tác (T), chi phí (C) và nhân công (R) ứng với mỗi lựa chọn phương án thực hiện.

4.1. Kết quả tối ưu hóa

Thuật toán MOSGO chỉ có tham số điều khiển chung là kích cỡ quần thể và số vòng lặp tối đa. Các thông số này được cài đặt thông qua phương pháp kiểm tra thử. Số quần thể được chọn vào khoảng 8 đến $10 \cdot D$ (D là số biến), Số vòng lặp tối đa được xác định sau một số vòng lặp mà giá trị số các thể trong tập không vượt trội (non-dominated set) không tăng. Trong trường hợp nghiên cứu này, kích cỡ quần thể được đặt là 100 và số vòng lặp tối đa là 100. Để tránh sự ngẫu nhiên trong quá trình tối ưu, nghiên cứu ngày tiến hành chạy mô hình với 30 lần trong môi trường Matlab.

Bảng 2 liệt kê tám giải pháp tốt nhất tương ứng với các mục tiêu thời gian, chi phí, rủi ro và cân bằng giữa hai mục tiêu. Phương án thi công và thời gian bắt đầu công tác của các công tác cũng được thể hiện ở Bảng 2. Ví dụ, giải pháp 1, công tác số 1 (dầm móng) sẽ lựa chọn phương án thi công số 2 và thời gian bắt đầu công tác là ngày đầu tiên (0); công tác số 4 (dàn mái) sẽ lựa chọn phương án thi công số 3 và thời gian bắt đầu công tác là ngày thứ 8. Có thể thấy, giải pháp 1 và 2 được tạo ra đã cung cấp các lựa chọn tốt nhất cho thời gian dự án. Giải pháp 3 và 4 mang lại lựa chọn tối ưu cho chi phí dự án. Giải pháp 5 và 6 giảm thiểu rủi ro cho dự án và các giải pháp khác thỏa hiệp giữa ba mục tiêu. Có được những giải pháp này nhà quản lý dự án có thể lựa chọn phương án thi công theo ý đồ tổ

Bảng 1. Dữ liệu dự án

No	Tên công tác	Công tác trước	Lựa chọn 1			Lựa chọn 2			Lựa chọn 3		
			T	C	R	T	C	R	T	C	R
1	Dầm móng	–	7	1900	6	3	5900	8	–	–	–
2	Tấm tường Panel	1	9	5000	5	7	6000	7	5	10000	8
3	Khu vực đậu xe	1;	8	2900	7	7	3500	9	5	4400	12
4	Dàn mái	2;	12	1700	2	10	3500	4	9	4700	7
5	Mái	4;	4	1300	3	3	2000	4	2	2800	6
6	Cửa và cửa sổ	5;	9	3200	4	7	5800	6	5	6200	7
7	Quầy	6;	7	2600	2	6	4000	3	4	5800	5
8	Thiết bị tủ lạnh	6;	10	5400	2	6	7400	4	–	–	–
9	Thiết bị tại quầy	7;	6	4200	3	5	5000	5	4	6200	6
10	Thiết bị bếp	8;9	10	6400	3	6	8400	4	–	–	–
11	Lát sàn	7;10	8	5000	4	7	6000	5	5	8000	7
12	Hoàn thiện	11;	7	3000	2	6	4500	3	4	5800	5
13	Cảnh quan	5;	6	2600	2	5	4500	3	4	5800	5
14	Ký kết	3;	4	3000	4	6	2000	5	–	–	–

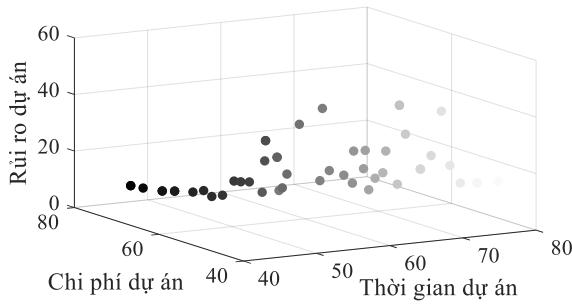
Ghi chú: T (Thời gian dự án – đơn vị ngày); C (Chi phí dự án – Đơn vị ngàn đồng); R (Nhân công – Người)

Bảng 2. Các giải pháp tốt nhất đạt được bởi mô hình MOSGO-TCT

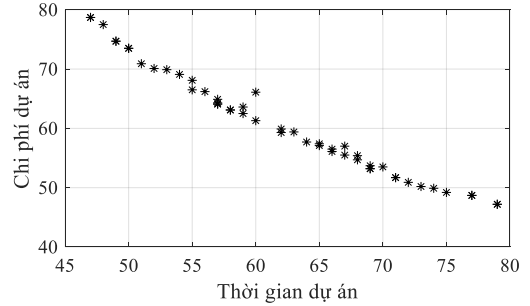
TT	Sắp xếp ưu tiên	[Phương án thi công; Thời gian bắt đầu công tác]	Thông số dự án		
			Thời gian (ngày)	Chi phí (nghìn đồng)	Rủi ro (%)
1	Theo thời gian	[2.3.1.3.3.3.2.3.2.3.3.1.2; 0.3.3.8.17.19.24.24.28.32.38.43.19.11]	47	78700	6.29
2		[2.3.1.2.3.3.3.2.3.2.3.3.1.2; 0.3.3.8.18.20.25.25.29.33.39.44.20.11]	48	77500	5.74
3	Theo chi phí	[1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.2; 0.7.7.16.28.32.41.41.48.54.64.72.32.15]	79	47200	14.09
4		[2.3.1.3.3.3.2.3.2.3.3.1.2; 0.7.11.16.28.30.39.39.46.52.62.70.30.19]	77	48700	13.28
5	Theo rủi ro	[2.1.1.3.3.2.1.3.2.3.3.1.2; 0.3.3.12.21.23.28.28.34.38.44.49.23.11]	53	69900	4.99
6		[2.1.1.3.2.3.2.1.3.2.3.3.1.2; 0.3.3.12.21.24.29.29.35.39.45.50.24.11]	54	69100	5.54
7	Cân bằng	[2.2.1.3.2.3.2.1.3.2.3.3.1.2; 0.3.3.10.19.22.27.27.33.37.43.48.22.11]	52	70100	7.25
8		[1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.2; 0.7.7.16.28.32.41.41.48.54.60.68.33.15]	75	49200	13.51

chức. Ví dụ rủi ro dự án sẽ được đánh giá thông qua một con số cụ thể để nhà quản lý dự án có thể đánh giá về mặt định lượng.

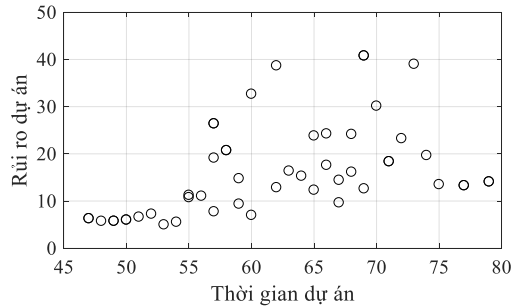
Hình 2(a) hiển thị các giải pháp không vượt trội tốt nhất được gọi là tập Pareto do MOSGO tìm kiếm được. Hình 2(b), (c), (d) là hình chiếu của tập Pareto lên các không gian 2D. Các đường cong Pareto này cho thấy rõ mối quan hệ thời gian, chi phí và rủi ro trong dự án. Ví dụ ở Hình 2(b), giải pháp S1 tạo ra thời gian dự án ngắn nhất; trong khi giải pháp S2 cung cấp chi phí dự án nhỏ nhất trong khi và các giải pháp cân bằng thời gian và chi phí dự án. Hình 3 minh họa các giải pháp 1, 3, 5 ở Bảng 2, Minh họa biểu đồ tài nguyên của dự án, thời gian hoàn thành dự án.



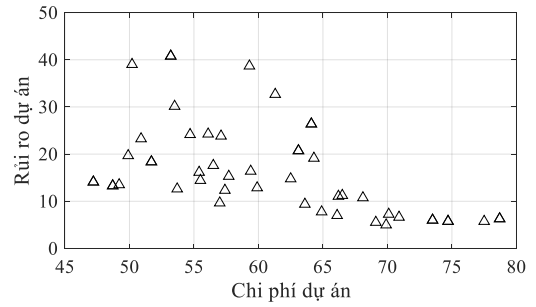
(a) Tập giải pháp không vượt trội



(b) Đường cong thời gian – chi phí

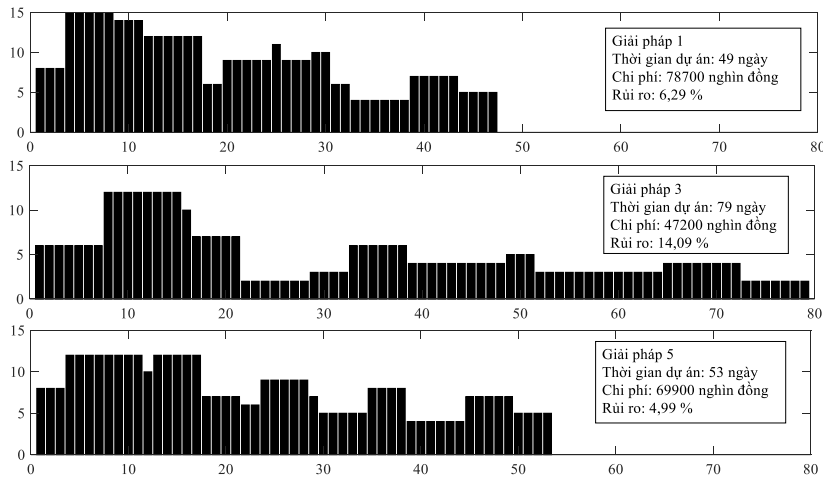


(c) Đường cong thời gian – rủi ro



(d) Đường cong rủi ro – chi phí

Hình 2. Các giải pháp tốt nhất đạt được bởi MOSGO



Hình 3. Phân bố tài nguyên, tiến độ liên quan đến các giải pháp tối ưu

4.2. So sánh kết quả

Để đánh giá hiệu quả so sánh của thuật toán được đề xuất, chúng tôi đã so sánh hiệu suất MOSGO với các thuật toán được sử dụng rộng rãi – thuật toán tối ưu hóa bầy đàn đa mục tiêu (MOPSO) [23] và thuật toán di truyền sắp xếp không vượt trội II (NSGA-II) [21]. Để tạo sự so sánh công bằng trong cả ba thuật toán được xem xét, hai tham số phổ biến được đặt với kích thước quần thể là 100 và số vòng lặp tối đa là 100 cho trường hợp nghiên cứu.

Các cài đặt tham số cho các thuật toán so sánh như sau. Trong MOPSO, các tham số nhận thức và xã hội là c_1 và c_2 , đều được đặt thành 2 và tham số trọng lượng quán tính w được xác định từ 0,3 đến 0,7. Trong NSGA-II, xác suất chéo $p_c = 0,9$ và xác suất đột biến $p_m = 0,5$. Các thông số này được lựa chọn từ các đề xuất của các nghiên cứu trước [6, 21].

Khác với thuật toán đơn mục tiêu, thông thường thuật toán đa mục tiêu sử dụng các chỉ số sau để so sánh tính hiệu quả. Bảng 3 thể hiện kết quả so sánh giữa các thuật toán, trong bảng này MOSGO chứng tỏ là thuật toán hiệu quả nhất trong tất cả các thuật toán so sánh. Với các tiêu chí được định nghĩa như sau.

Bảng 3. Kết quả các chỉ số so sánh giữa các thuật toán

Thuật toán	Chỉ số 1: DM	Chỉ số 2: SP	Chỉ số 3: HV
MOSGO	18.352	0.424	0.818
MOPSO	12.727	0.606	0.724
NSGA-II	10.409	0.734	0.715

Độ phân bố (DM) tính theo công thức 9, Min, Max f_i là giá trị nhỏ nhất và lớn nhất tương ứng theo từng hàm mục tiêu; k là số hàm mục tiêu. Giá trị DM càng lớn càng tốt.

$$DM = \sqrt{\sum_{i=1}^k (Min f_i - Max f_i)^2} \quad (9)$$

Độ mở rộng (SP) được tính theo công thức 10.

$$SP = \frac{d_f + d_l + \sum_{i=1}^{N-1} |d_i - \bar{d}|}{d_f + d_l + (N - 1)\bar{d}} \quad (10)$$

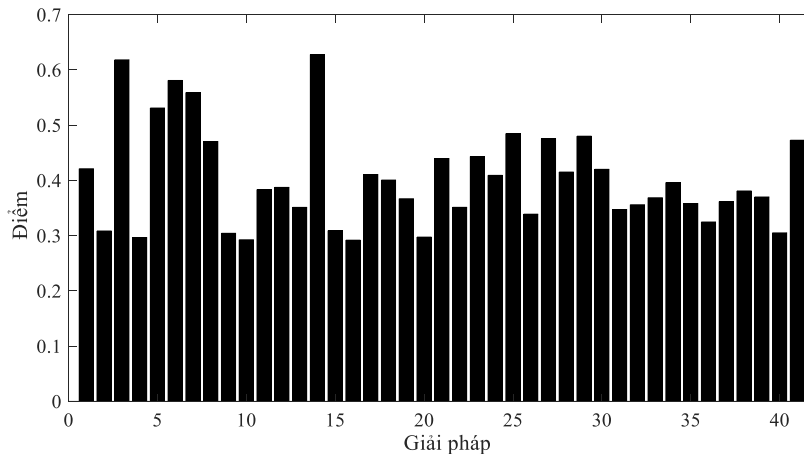
d_f và d_l là các khoảng cách của điểm xa nhất ở tập tối điểm biên, d_i là khoảng cách giữa hai điểm liên tiếp trong tập tối ưu, $\bar{d}$ là giá trị trung bình. SP càng nhỏ thì thuật toán càng hiệu quả.

Thể tích hình bao (HV) tính theo công thức (11). v_i là độ lớn từ một điểm bất kỳ tới điểm tham khảo được cho bởi người ra quyết định. Giá trị HV càng lớn thể hiện thuật toán tìm được các giải pháp tốt hơn.

$$HV = volume \left(\bigcup_{i=1}^{|\Omega|} v_i \right) \quad (11)$$

4.3. Lý thuyết ra quyết định

Thuật toán tối ưu hóa đa mục tiêu cho kết quả dưới dạng một tập hợp các giải pháp không vượt trội gọi là tập Pareto. Thông thường, tất cả các mục tiêu trong bài toán đa mục tiêu là xung đột lẫn nhau, bộ Pareto có thể rất lớn và rất khó để người quản lý đưa ra quyết định lựa chọn giải pháp phù hợp nhất. Phương pháp ra quyết định đa tiêu chí dựa trên nhiều tiêu chí giúp xếp hạng tất cả các giải pháp không vượt trội theo thứ tự, phương pháp này tương tự như các phương pháp đề xuất trong nghiên cứu của các tác giả Shannon [24], Monghasemi, Nikoo [25]. Hình 4 trình bày xếp hạng của tập Pareto đã chọn thu được bằng thuật toán đề xuất MOSGO theo điểm số ưu tiên cho trường hợp nghiên cứu.



Hình 4. Điểm số của các giải pháp trong tập Pareto

5. Kết luận

Nghiên cứu này đã trình bày một thuật toán tối ưu hóa nhóm xã hội đa mục tiêu mới để giải quyết vấn đề cân bằng thời gian chi phí và rủi ro trong các dự án xây dựng. MOSGO được phát triển dựa trên thuật toán gốc đơn mục tiêu. MOSGO là một thuật toán mạnh, đáng tin cậy, và khả năng tạo ra tập Pareto với nhiều giải pháp, có độ phân bố rộng. Tập Pareto được tạo ra cung cấp thông tin hữu ích cho các nhà quản lý dự án để cân bằng tối ưu các mục tiêu của dự án bao gồm thời gian, chi phí và rủi ro của dự án. Phương pháp ra quyết định đa tiêu chí chấm điểm và xếp hạng các giải pháp giúp nhà quản lý lựa chọn được phương pháp phù hợp nhất.

Trường hợp nghiên cứu là dự án xây dựng thực tế đã được phân tích để xác nhận tính hiệu quả của mô hình đề xuất và để chứng minh khả năng của mô hình trong việc tạo ra các giải pháp không vượt trội. Việc so sánh kết quả đã được thực hiện trên một dự án để chứng minh hiệu suất của phương pháp đề xuất so với các thuật toán tiến hóa đa mục tiêu đã được sử dụng rộng rãi. MOSGO có khả năng tìm kiếm mạnh và hiệu quả hơn so với các thuật toán được so sánh.

Mô hình đề xuất dễ hiểu và dễ minh họa trong máy tính. Thuật toán không giới hạn về số hàm mục tiêu và số biến. Do vậy, thuật toán này sẽ được ứng dụng trong các bài toán đa mục tiêu không những trong lĩnh vực xây dựng mà còn trong các lĩnh vực khoa học kỹ thuật khác.

Tài liệu tham khảo

- [1] Al Haj, R. A., El-Sayegh, S. M. (2015). [Time-cost optimization model considering float-consumption impact](#). *Journal of Construction Engineering and Management*, 141(5):04015001.
- [2] Zahraie, B., Tavakolan, M. (2009). [Stochastic time-cost-resource utilization optimization using nondominated sorting genetic algorithm and discrete fuzzy sets](#). *Journal of Construction Engineering and Management*, 135(11):1162–1171.
- [3] Linh, L. Đ., Toàn, N. Q., Hải, N. H., Cường, V. K. (2016). Sử dụng phương pháp mô phỏng Monte Carlo để ước lượng thời gian dự phòng khi lập tiến độ thi công xây dựng. *Tạp chí Khoa học Công nghệ Xây dựng (KHCN XD)-ĐH XD*, 10(3):64–67.
- [4] Feng, C.-W., Liu, L., Burns, S. A. (1997). [Using genetic algorithms to solve construction time-cost trade-off problems](#). *Journal of Computing in Civil Engineering*, 11(3):184–189.
- [5] Hegazy, T. (1999). [Optimization of construction time-cost trade-off analysis using genetic algorithms](#). *Canadian Journal of Civil Engineering*, 26(6):685–697.

- [6] Yang, I.-T. (2007). [Using elitist particle swarm optimization to facilitate bicriterion time-cost trade-off analysis](#). *Journal of Construction Engineering and Management*, 133(7):498–505.
- [7] Xiong, Y., Kuang, Y. (2008). [Applying an ant colony optimization algorithm-based multiobjective approach for time–cost trade-off](#). *Journal of Construction Engineering and Management*, 134(2):153–156.
- [8] Geem, Z. W. (2010). [Multiobjective optimization of time-cost trade-off using harmony search](#). *Journal of Construction Engineering and Management*, 136(6):711–716.
- [9] Học, T. Đ. (2019). [Tối ưu cân bằng thời gian chi phí trong tiến độ các dự án có công tác lắp lại](#). *Tạp chí Khoa học Công nghệ Xây dựng (KHCN XD)-ĐH XD*, 13(1V):56–65.
- [10] El-Rayes, K., Kandil, A. (2005). [Time-cost-quality trade-off analysis for highway construction](#). *Journal of Construction Engineering and Management*, 131(4):477–486.
- [11] Sakka, Z. I., El-Sayegh, S. M. (2007). [Float consumption impact on cost and schedule in the construction industry](#). *Journal of Construction Engineering and Management*, 133(2):124–130.
- [12] Mohammadipour, F., Sadjadi, S. J. (2016). [Project cost–quality–risk tradeoff analysis in a time-constrained problem](#). *Computers & Industrial Engineering*, 95:111–121.
- [13] Al-Gahtani, K. S. (2009). [Float allocation using the total risk approach](#). *Journal of Construction Engineering and Management*, 135(2):88–95.
- [14] Satapathy, S., Naik, A. (2016). [Social group optimization \(SGO\): a new population evolutionary optimization technique](#). *Complex & Intelligent Systems*, 2(3):173–203.
- [15] Naik, A., Satapathy, S. C., Ashour, A. S., Dey, N. (2018). [Social group optimization for global optimization of multimodal functions and data clustering problems](#). *Neural Computing and Applications*, 30(1): 271–287.
- [16] Nagireddy, V., Parwekar, P., Mishra, T. K. (2019). Comparative Analysis of PSO-SGO Algorithms for Localization in Wireless Sensor Networks. *Information Systems Design and Intelligent Applications*, Springer, 401–409.
- [17] Rajinikanth, V., Satapathy, S. C. (2018). [Segmentation of ischemic stroke lesion in brain MRI based on social group optimization and Fuzzy-Tsallis entropy](#). *Arabian Journal for Science and Engineering*, 43 (8):4365–4378.
- [18] Tran, D.-H., Cheng, M.-Y., Cao, M.-T. (2015). [Hybrid multiple objective artificial bee colony with differential evolution for the time–cost–quality tradeoff problem](#). *Knowledge-Based Systems*, 74:176–186.
- [19] Gong, D., Rowings Jr, J. E. (1995). [Calculation of safe float use in risk-analysis-oriented network scheduling](#). *International Journal of Project Management*, 13(3):187–194.
- [20] de la Garza, J. M., Prateapusanond, A., Ambani, N. (2007). [Preallocation of total float in the application of a critical path method based construction contract](#). *Journal of Construction Engineering and Management*, 133(11):836–845.
- [21] Deb, K., Pratap, A., Agarwal, S., Meyarivan, T. A. M. T. (2002). [A fast and elitist multiobjective genetic algorithm: NSGA-II](#). *IEEE Transactions on Evolutionary Computation*, 6(2):182–197.
- [22] Wang, Y.-N., Wu, L.-H., Yuan, X.-F. (2010). [Multi-objective self-adaptive differential evolution with elitist archive and crowding entropy-based diversity measure](#). *Soft Computing*, 14(3):193.
- [23] Dai, C., Wang, Y., Ye, M. (2015). [A new multi-objective particle swarm optimization algorithm based on decomposition](#). *Information Sciences*, 325:541–557.
- [24] Shannon, C. E. (1948). [A mathematical theory of communication](#). *The Bell System Technical Journal*, 27 (3):379–423.
- [25] Monghasemi, S., Nikoo, M. R., Fasaee, M. A. K., Adamowski, J. (2015). [A novel multi criteria decision making model for optimizing time–cost–quality trade-off problems in construction projects](#). *Expert Systems with Applications*, 42(6):3089–3104.