

See discussions, stats, and author profiles for this publication at: <https://www.researchgate.net/publication/328715975>

ỨNG DỤNG THUẬT TOÁN BẦY ĐÀN CHO CÁC BÀI TOÁN TỐI ƯU HÓA TRONG QUẢN LÝ XÂY DỰNG VỚI CÔNG CỤ PSO-EXCEL SOLVER

Article · November 2018

CITATIONS

0

READS

5,671

4 authors, including:



[Nhat-Duc Hoang](#)

Duy Tan University

159 PUBLICATIONS 2,624 CITATIONS

[SEE PROFILE](#)

Some of the authors of this publication are also working on these related projects:



Construction Management [View project](#)



Call for Papers, Special Issue "Intelligent Techniques for Structural Health Monitoring of Civil Engineering Structures [View project](#)

ỨNG DỤNG THUẬT TOÁN BẦY ĐÀN CHO CÁC BÀI TOÁN TỐI ƯU HÓA TRONG QUẢN LÝ XÂY DỰNG VỚI CÔNG CỤ PSO-EXCEL SOLVER

Applications of Particle Swarm Optimization for Solving Optimization Problems in Construction Management with PSO-Excel Solver

Hoàng Nhật Đức^{1,2}, Nguyễn Duy Tân¹, Nguyễn Trần Mộng Thùy¹, Trần Xuân Linh²

¹Khoa Sau Đại Học, Đại học Duy Tân, Việt Nam

¹Graduate School, Duy Tan University, Vietnam

²Khoa Xây Dựng, Đại học Duy Tân, Việt Nam

²Faculty of Civil Engineering, Duy Tan University, Vietnam

Email các tác giả:

hoangnhatduc@dtu.edu.vn (Hoàng Nhật Đức), ndtan108@gmail.com (Nguyễn Duy Tân),
nguyentranmongthuy@gmail.com (Nguyễn Thị Mộng Thùy), xlinhtran@gmail.com (Trần Xuân
Linh)

Tóm tắt

Các dự án xây dựng thường yêu cầu nguồn vốn đầu tư lớn và có thời gian thi công dài. Do đó, tối ưu hóa các công tác trong quản lý xây dựng là một nhiệm vụ quan trọng và cần được thực hiện thường xuyên. Bài báo này nghiên cứu ứng dụng thuật toán tối ưu hóa bầy đàn để giải quyết các bài toán trong lĩnh vực quản lý xây dựng. Chúng tôi xây dựng công cụ PSO-Excel Solver với ngôn ngữ lập trình VBA để ứng dụng thuật toán trên Excel, một phần mềm được sử dụng rộng rãi bởi các nhà quản lý dự án và các kỹ sư xây dựng. Các ví dụ về các bài toán tối ưu hóa được trình bày trong bài báo chứng tỏ rằng PSO-Excel Solver là một công cụ có tiềm năng để giúp cho các nhà quản lý dự án thực hiện các dự án xây dựng một cách hiệu quả.

Từ khóa: Tối ưu hóa bầy đàn; dự án xây dựng; quản lý dự án; Excel; VBA.

Abstract

Construction projects often require significant investment and long construction time. Therefore, optimizing the tasks within the project is an important part of construction management and must be implemented regularly. This article studies the application of the Particle Swarm Optimization (PSO) algorithm to solve problems in the field of construction management. We develop the PSO-Excel Solver as an optimization tool with the VBA programming language. The newly developed tool is implemented to solve several optimization problems. The optimization results show that the PSO-Excel Solver is a promising tool to assist managers in the tasks of construction project management.

Key words: Particle Swarm Optimization; construction projects; project management; Excel; VBA.

ỨNG DỤNG THUẬT TOÁN BẦY ĐÀN CHO CÁC BÀI TOÁN TỐI ƯU HÓA TRONG QUẢN LÝ XÂY DỰNG VỚI CÔNG CỤ PSO-EXCEL SOLVER

Applications of Particle Swarm Optimization for Solving Optimization Problems in Construction Management with PSO-Excel Solver

Tóm tắt

Các dự án xây dựng thường yêu cầu nguồn vốn đầu tư lớn và có thời gian thi công dài. Do đó, tối ưu hóa các công tác trong quản lý xây dựng là một nhiệm vụ quan trọng và cần được thực hiện thường xuyên. Bài báo này nghiên cứu ứng dụng thuật toán tối ưu hóa bầy đàn để giải quyết các bài toán trong lĩnh vực quản lý xây dựng. Chúng tôi xây dựng công cụ PSO-Excel Solver với ngôn ngữ lập trình VBA để ứng dụng thuật toán trên Excel, một phần mềm được sử dụng rộng rãi bởi các nhà quản lý dự án và các kỹ sư xây dựng. Các ví dụ về các bài toán tối ưu hóa được trình bày trong bài báo chứng tỏ rằng PSO-Excel Solver là một công cụ có tiềm năng để giúp cho các nhà quản lý dự án thực hiện các dự án xây dựng một cách hiệu quả.

Từ khóa: Tối ưu hóa bầy đàn; dự án xây dựng; quản lý dự án; Excel; VBA.

Abstract

Construction projects often require significant investment and long construction time. Therefore, optimizing the tasks within the project is an important part of construction management and must be implemented regularly. This article studies the application of the Particle Swarm Optimization (PSO) algorithm to solve problems in the field of construction management. We develop the PSO-Excel Solver as an optimization tool with the VBA programming language. The newly developed tool is implemented to solve several optimization problems. The optimization results show that the PSO-Excel Solver is a promising tool to assist managers in the tasks of construction project management.

Key words: Particle Swarm Optimization; construction projects; project management; Excel; VBA.

87

1. Giới thiệu

88 Trong một thị trường ngày càng có tính cạnh tranh cao, sự thành bại của một doanh nghiệp
89 xây dựng phụ thuộc rất lớn vào tối ưu hóa các vấn đề như lựa chọn dự án [1], quản lý tài chính
90 [2, 3], quản lý tài nguyên [4, 5], quản lý nhân lực [6, 7], và quản lý tiến độ-chi phí [8-10]. Việc
91 quản lý các công tác xây dựng dựa trên kinh nghiệm mà không sử dụng các công cụ hỗ trợ ra
92 quyết định có thể dẫn đến những tác hại cả về mặt tài chính lẫn tiến độ của các dự án [11, 12].

93 Các dự án xây dựng ngày nay có tính phức tạp ngày càng cao, tính cạnh tranh lớn, và điều
94 kiện thi công phức tạp. Các đặc điểm khác biệt về công trường thi công và sự triển khai dự án tại
95 thực địa khiến cho các công trình luôn có những yếu tố mới, bất định, và không đồng nhất. Do
96 đó, các nhà quản lý xây dựng cần nắm và sử dụng được các công cụ tối ưu hóa hiện đại để
97 nâng cao hiệu quả của quá trình thực các công tác trong dự án xây dựng. Với mục đích đó, các
98 công đoạn trong quá trình thực hiện dự án có thể được mô hình hóa và phân tích dựa trên các đặc
99 điểm của chúng. Các mô hình này sau đó có thể được tối ưu hóa nhằm xác định được các thông
100 số tối ưu của mô hình. Các nghiên cứu trước đây trên thế giới và Việt Nam đã chứng tỏ các vấn
101 đề phức tạp trong một dự án xây dựng có thể được mô hình hóa và tìm ra lời giải có ích cho thực
102 tế [11, 13, 14].

103 Tối ưu hóa là một nhiệm vụ quan trọng trong công tác quản lý các dự án xây dựng. Vấn đề
104 này xuất hiện khi trong nhiều phương án khả thi, người quản lý dự án phải chọn lựa ra một
105 phương án không chỉ có tính khả thi mà còn phải có tính tối ưu trong nhiều mặt như chi phí và
106 tiến độ, đồng thời phải thỏa mãn nhiều ràng buộc. Các phương pháp toán học truyền thống cho
107 tối ưu hóa có ràng buộc thường có nhiều nhược điểm khi áp dụng vào các vấn đề thực tế trong
108 quản lý dự án. Một số phương pháp (nhân tử Lagrange, Gradient, mặt phẳng cắt) chỉ áp dụng
109 được cho các hàm mục tiêu là các hàm lồi và chỉ giải được các vấn đề có số biến thiết kế nhỏ
110 [15, 16]. Các bài toán tối ưu hóa trong công tác quản lý xây dựng thường có hàm mục tiêu, các
111 ràng buộc, và các biến thiết kế rất đa dạng (hàm lồi/lõm/gián đoạn, tuyến tính/phi tuyến, liên
112 tục/rời rạc). Do đó, chúng ta cần khảo sát các công cụ tốt hơn và tổng quát hơn để giải quyết các
113 bài toán nêu trên.

114 Thuật toán bầy đàn (Particle Swarm Optimization – PSO), được đề xuất bởi Kennedy and
115 Eberhart [17], là một thuật toán mạnh được sử dụng cho tối ưu hóa toàn cục. Thuật toán này lấy
116 ý tưởng từ quá trình tương tác của bầy đàn trong tự nhiên để thực hiện một mục tiêu chung. Sự
117 hiệu quả của thuật toán bầy đàn PSO đã được minh chứng trong việc giải các bài toán tối ưu hóa
118 toàn cục có tính phức tạp cao [18, 19]. Dẫu vậy, các nghiên cứu về việc ứng dụng thuật toán PSO
119 cho các bài toán tối ưu hóa trong quản lý dự án xây dựng tại Việt Nam còn rất hạn chế.

120 Thêm vào đó, tính toán với bảng biểu dựa trên nền tảng Excel là một công cụ được sử dụng
121 rộng rãi bởi các kỹ sư ở Việt Nam cũng như trên thế giới. Dẫu vậy, hiện nay Excel chưa được
122 tích hợp công cụ để giải bài toán tối ưu hóa bằng Thuật toán bầy đàn– PSO. Nghiên cứu của
123 chúng tôi khắc phục hạn chế này của Excel bằng việc xây dựng một công cụ có tên là PSO-Excel
124 Solver. Công cụ này được lập trình bằng ngôn ngữ Visual Basics Application (VBA) và được sử
125 dụng tích hợp trong Excel. Phần còn lại của bài báo này được trình bày như sau: Phần 2 trình bày
126 phương pháp nghiên cứu. Phần 3 miêu tả công cụ PSO-Excel Solver. Kết quả tính toán sử dụng
127 mô hình PSO trong Excel được trình bày trong phần tiếp theo. Các kết luận của bài báo được nêu
128 trong phần cuối cùng.

2. Phương pháp nghiên cứu

2.1 Mô hình tổng quát của một bài toán tối ưu hóa

Một bài toán tối ưu hóa có thể được mô tả như sau [15, 16]:

Tìm cực tiểu hóa hàm $f(x)$:

$$f(x_1, x_2, \dots, x_d), d = 1, 2, \dots, D \quad (1)$$

Với các ràng buộc sau:

$$g_q(x_1, x_2, \dots, x_d) \leq 0; d = 1, 2, \dots, D; q = 1, 2, \dots, M \quad (2)$$

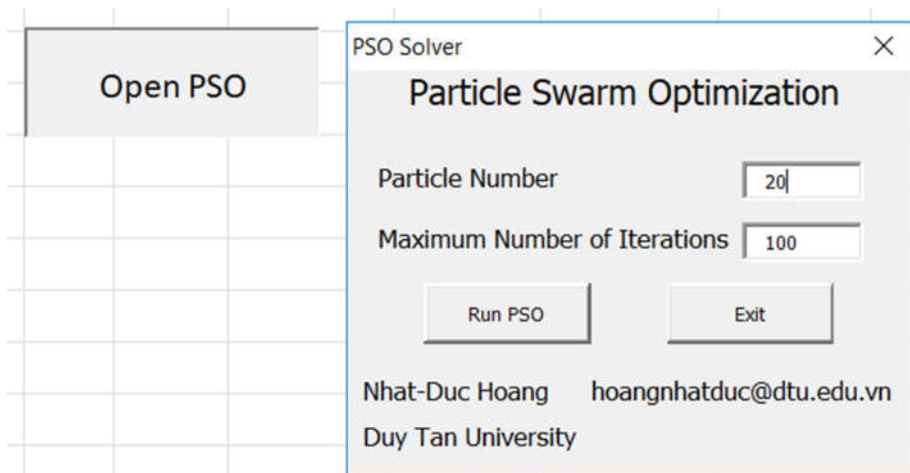
$$h_r(x_1, x_2, \dots, x_d) = 0; d = 1, 2, \dots, D; r = 1, 2, \dots, N \quad (3)$$

$$x_d^L \leq x_d \leq x_d^U \quad (4)$$

trong đó, $f(x_1, x_2, \dots, x_d)$ là hàm mục tiêu. x_1, x_2, \dots, x_d là các biến số thiết kế. $g_q(x_1, x_2, \dots, x_d)$ và $h_r(x_1, x_2, \dots, x_d)$ là các ràng buộc. x_d^L, x_d^U là các cận trên và cận dưới của biến thiết kế x_d . D là số lượng biến số thiết kế. M và N là số lượng ràng buộc bất đẳng thức và đẳng thức [16].

2.2 Thuật toán bầy đàn (PSO) và công cụ PSO-Excel Solver

PSO, được đề xuất bởi Kennedy and Eberhart [17], là một thuật toán được sử dụng rộng rãi để giải quyết các vấn đề tối ưu hóa trong không gian liên tục. PSO dựa vào trí thông minh tập thể của một bầy đàn (ví dụ đàn chim trong tự nhiên) để tìm giải pháp tối ưu trong không gian tìm kiếm. Thông qua các áp dụng thành công của PSO trong các công trình nghiên cứu gần đây [18, 19], thuật toán này được nghiên cứu ứng dụng để giải quyết các vấn đề trong quản lý xây dựng. Trong nghiên cứu của chúng tôi, thuật toán PSO được tích hợp trong Excel thông qua ngôn ngữ lập trình VBA. Giao diện của công cụ PSO-Excel Solver được thể hiện trong **Hình 1**. Thông qua giao diện, người dùng có thể hiệu chỉnh số cá thể (Particle Number) trong quần thể và số vòng lặp của thuật toán PSO (Maximum Number of Iterations).



Hình 1. Giao diện của công cụ PSO-Excel Solver

Trong vòng lặp đầu tiên, PSO tạo ra một quần thể trong không gian tìm kiếm khả thi bằng cách sử dụng phương trình sau:

$$X_i = X_{\min} + Rand(0,1)(X_{\max} - X_{\min}) \quad (5)$$

trong đó X_i biểu thị một biến số cần tìm; X_{\max} and X_{\min} là các cận trên và dưới của biến số. $Rand(0,1)$ là một số ngẫu nhiên được tạo ra từ một phân bố đồng đều trong khoảng 0 và 1.

Sau khi quần thể của PSO được khởi tạo, giá trị hàm mục tiêu của mỗi cá thể được đánh giá bằng cách tính toán hàm $f(X)$. Trong quá trình tìm kiếm, vị trí của một cá thể được cập nhật thông qua vị trí của các giải pháp tối ưu toàn cục và giải pháp tối ưu cục bộ. Giải pháp tối ưu toàn cục là giải pháp tốt nhất được tìm thấy bởi tất cả các cá nhân cho đến nay. Giải pháp tối ưu cục bộ của một cá thể là giải pháp tốt nhất được phát hiện bởi cá thể đó. Vị trí mới của một cá thể được tính toán theo công thức sau:

$$X^{iter+1} = X^{iter} + V^{iter} \quad (6)$$

Trong đó V^{iter} là vận tốc của cá thể X . V^{iter} được tính thông qua công thức sau:

$$V^{iter} = W \times V^{iter-1} + C_1 \times r_1 \times (LB^{iter} - X^{iter}) + C_2 \times r_2 \times (GB^{iter} - X^{iter}) \quad (7)$$

trong đó LB^{iter} và GB^{iter} là các giải pháp tối ưu cục bộ và toàn cục. W biểu thị trọng lượng quán tính. C_1 và C_2 là các thông số học tập cá nhân và xã hội. r_1 và r_2 đại diện cho hai số ngẫu nhiên được tạo ra từ hai phân bố đồng đều trong phạm vi 0 và 1.

Nếu vị trí của một cá thể không nằm trong vùng khả thi, các phương trình sau đây được áp dụng để điều chỉnh vị trí của cá thể:

$$\bullet \text{ Nếu } X(k) > X_{\max} \text{ thì } X(k) = X_{\max} - \varepsilon \quad (8)$$

$$\bullet \text{ Nếu } X(k) < X_{\min} \text{ thì } X(k) = X_{\min} + \varepsilon \quad (9)$$

với ε là một số ngẫu nhiên nhỏ. $\varepsilon = (X_{\max} - X_{\min}) \times Rand(0,0.01)$.

Các giải pháp tối ưu hóa toàn cục và cục bộ được cập nhật thông qua cách sau:

$$\bullet \text{ Nếu } f(X^{iter+1}) < GB \text{ thì } GB = f(X^{iter+1}) \quad (10)$$

$$\bullet \text{ Nếu } f(X^{iter+1}) < LB \text{ thì } LB = f(X^{iter+1}) \quad (11)$$

Các bài toán tối ưu hóa trong thực tế thường có các ràng buộc. Để xử lý các ràng buộc khi sử dụng thuật toán PSO, nghiên cứu của chúng tôi sử dụng phương pháp hàm phạt. Phương pháp hàm phạt khá đơn giản và có thể áp dụng cho tất cả các loại ràng buộc [16]. Để hướng các cá thể của PSO vào miền hợp lệ, dạng ban đầu của hàm mục tiêu được thay đổi bằng cách cộng thêm các giá trị phạt nếu như cá thể đó không thỏa mãn điều kiện ràng buộc. Khi các cá thể ở trong

miền hợp lệ, thì các giá trị phạt được cho bằng 0. Khi cá thể ở càng xa miền hợp lệ, các giá trị phạt càng tăng lên [16].

Hàm mục tiêu mới $f_n(x)$ có thể được định nghĩa như sau [16]:

$$f_n(x) = f_0(x) + \sum_{i=1}^m P_i(x) \quad (12)$$

với m là số lượng ràng buộc. $P_i(x)$ là hàm phạt tương ứng với ràng buộc thứ i của bài toán.

Với ràng buộc có dạng $g_i(x) \leq 0$, hàm phạt $P_i(x)$ được cho như sau [16]:

$$P_i(x) = a_i \cdot \max(0, g_i(x)) \quad (13)$$

với a_i là hệ số phạt.

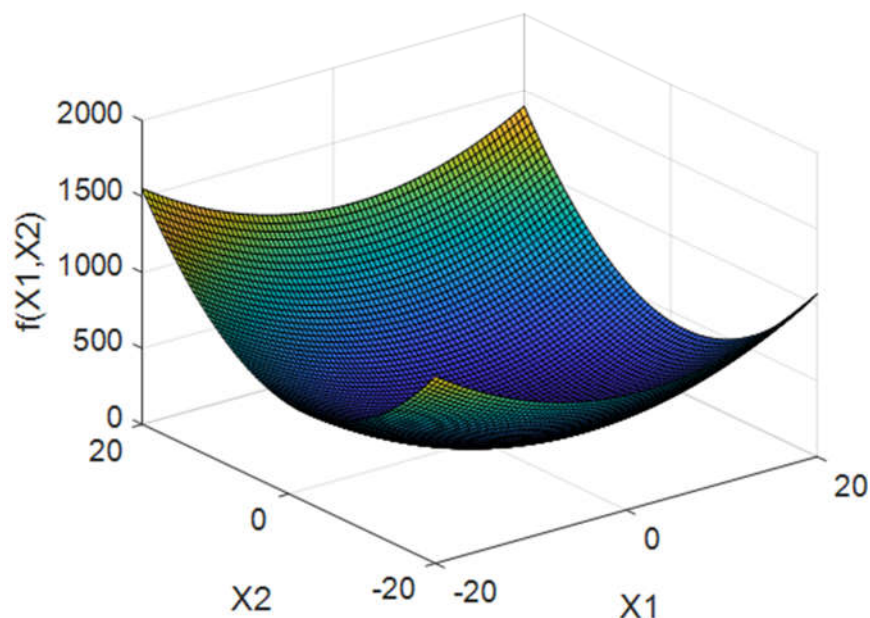
3. Ví dụ áp dụng công cụ PSO-Excel Solver

3.1 Ví dụ áp dụng 1

Trong ví dụ này, thuật toán PSO được sử dụng để tối ưu hóa một hàm phi tuyến đơn giản. Hàm mục tiêu của ví dụ tính toán được cho trong **Hình 2**, kết quả tối ưu được tìm ra bởi công cụ được cho trong Hình 3. Vấn đề tối ưu hóa ở ví dụ này được mô tả như sau:

$$\text{Tìm cực tiểu } f(X) = (X_1 - 2)^2 + 2(X_2 + 3)^2 + 100 \quad (14)$$

với $-20 \leq X_1, X_2 \leq 20$



199

200

Hình 2. Hàm mục tiêu của ví dụ 1

PSO_Example1_UnconOpt [Compatibility Mode] - Microsoft

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K
1											
2											
3											
4											
5											
6											
7											
8											

Variables	Cost Function	Lower Bound (LB)	Upper Bound (UB)	Var Type (VT)
X1 = 2.00	CF = 100.00	LB_X1 = -20.00	UB_X1 = 20.00	VT_X1 = 1.00
X2 = -3.00		LB_X2 = -20.00	UB_X2 = 20.00	VT_X2 = 1.00

Open PSO

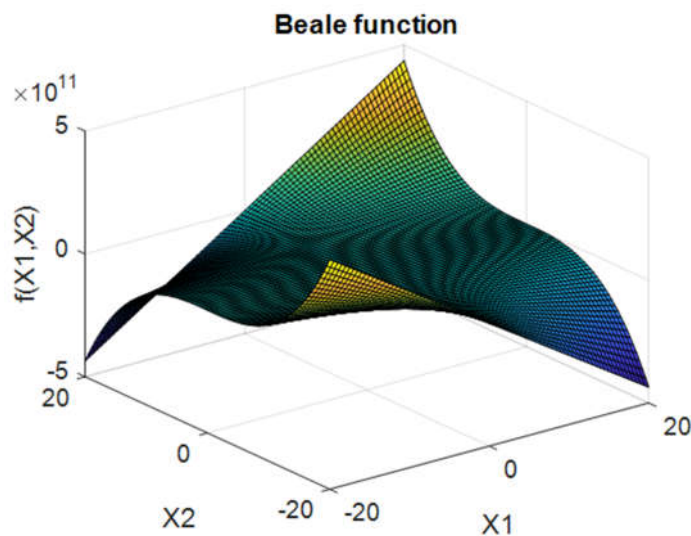
Hình 3. Kết quả tính toán của ví dụ 1

3.2 Ví dụ áp dụng 2 (hàm Beale)

Trong ví dụ 2, thuật toán PSO được sử dụng để tối ưu hóa hàm Beale. Hàm mục tiêu của hàm Beale được minh họa trong Hình 4. Vấn đề tối ưu hóa ở ví dụ này được mô tả như sau:

$$\text{Tìm cực tiểu } f(X) = (1.5 - X_1 + X_1X_2)^2 + (2.25 - X_1 + X_1X_2^2)^2 + (2.625 - X_1 + X_1X_2^3)^2 \quad (15)$$

với $-4.5 \leq X_1, X_2 \leq 4.5$



Hình 4. Hàm mục tiêu của ví dụ 2

Kết quả tối ưu toàn cục của hàm số Beale trong miền hợp lệ là $X_{\text{tối ưu}} = (3, 0.5)$ và $f(X_{\text{tối ưu}}) = 0$. Từ **Hình 5**, công cụ PSO-Excel Solver đã tìm ra kết quả tối ưu của hàm Beale.

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K
1											
2		Variables	Cost Function	Lower Bound (LB)	Upper Bound (UB)	Var Type (VT)					
3		X1 = 3.00	CF = 0.00	LB_X1 = -4.50	UB_X1 = 4.50	VT_X1 = 1.00					
4		X2 = 0.50		LB_X2 = -4.50	UB_X2 = 4.50	VT_X2 = 1.00					
5											
6		Open PSO									
7											

Hình 5. Kết quả tính toán của ví dụ 2

3.3 Ví dụ áp dụng 3 tối ưu hóa có ràng buộc

Trong ví dụ 3, thuật toán PSO được sử dụng để tối ưu hóa một hàm phi tuyến được nêu trong ví dụ 1 với một số ràng buộc được thêm vào, kết quả tối ưu được tìm ra bởi công cụ được cho trong Hình 6. Vấn đề tối ưu hóa ở ví dụ này được mô tả như sau:

$$\text{Tìm cực tiểu } f(X) = (X_1 - 2)^2 + 2(X_2 + 3)^2 + 100 \quad (16)$$

$$\text{với: } -20 \leq X_1, X_2 \leq 20; X_1 - 1.8 \leq 0; -X_2 - 2.5 \leq 0; -X_1 - X_2 - 0.5 \leq 0$$

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K
1											
2		Variables	Cost Function (CF) without Constraints	Lower Bound (LB)	Upper Bound (UB)	Var Type (VT)					
3		X1 = 1.78	CF = 101.08	LB_X1 = -20.00	UB_X1 = 20.00	VT_X1 = 1.00					
4		X2 = -2.28		LB_X2 = -20.00	UB_X2 = 20.00	VT_X2 = 1.00					
5											
6		Open PSO									
7											
8											
9											
10											
11		Constraints									
12		Constr 1	X1	≤	1.80	<->	X1 - 1.8	≤	0.00		
13		Constr 2	X2	≥	-2.50	<->	-X2 - 2.5	≤	0.00		
14		Constr 3	X1 + X2	≥	-0.50	<->	-X1 - X2 - 0.5	≤	0.00		
15											
16			Formula	Value	Penalty Fun.	Pen. Coeff	Sum				
17		Constr 1	X1 - 1.8	-0.02	0.00	100.00	0.00				
18		--> Constr 2	-X2 - 2.5	-0.22	0.00	100.00					
19		Constr 3	-X1 - X2 - 0.5	0.00	0.00	100.00					
20											
21			Cost Function (CF) with Constraints								
22			CFc=	101.08							
23											
24											

Hình 6. Kết quả tính toán của ví dụ 3

Với bài toán tối ưu hóa có ràng buộc, hàm mục tiêu ban đầu đã được hiệu chỉnh để tích hợp các ràng buộc. Có thể thấy so với bài toán ban đầu không chịu ràng buộc mà $X_{\text{tối ưu}} = (2, -3)$ và $f(X_{\text{tối ưu}}) = 100$ thì sau khi tích hợp các ràng buộc, kết quả tìm ra như sau: $X_{\text{tối ưu}} = (1.78, -2.28)$ và $f(X_{\text{tối ưu}}) = 101.08$. Thêm vào đó, tất cả các ràng buộc của bài toán đều được thỏa mãn.

3.4 Ví dụ áp dụng 4 (tối ưu hóa việc chọn lựa dự án)

Trong công tác quản lý xây dựng, với nguồn lực hạn chế, người quản lý dự án phải xác định lựa chọn dự án nào để đầu tư từ một nhóm các dự án tiềm năng. Vấn đề lựa chọn dự án trong thực tế là một vấn đề phức tạp với nhiều yếu tố liên quan, chẳng hạn như ngân sách có sẵn, cơ hội thành công [1]. Thêm vào đó, việc phân bổ hiệu quả nguồn vốn cho các dự án phải được xem xét đồng thời. Trong ví dụ này, chúng tôi xem xét một bài toán chọn lựa dự án được đơn giản hóa trong **Hình 7**.

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K
1											
2		Variables		Cost Function (CF) without Constraints		Lower Bound (LB)		Upper Bound (UB)		Var Type (VT)	
3		X1	0.00	CF =	0.01	LB_X1	0.00	UB_X1	1.00	VT_X1	0.00
4		X2	1.00	Open PSO		LB_X2	0.00	UB_X2	1.00	VT_X2	0.00
5		X3	0.00			LB_X3	0.00	UB_X3	1.00	VT_X3	0.00
6		X4	1.00			LB_X4	0.00	UB_X4	1.00	VT_X4	0.00
7		X5	1.00			LB_X5	0.00	UB_X5	1.00	VT_X5	0.00
8		X6	1.00			LB_X6	0.00	UB_X6	1.00	VT_X6	0.00
9		X7	1.00			LB_X7	0.00	UB_X7	1.00	VT_X7	0.00
10		X8	0.00			LB_X8	0.00	UB_X8	1.00	VT_X8	0.00
11		X9	1.00			LB_X9	0.00	UB_X9	1.00	VT_X9	0.00
12		X10	1.00			LB_X10	0.00	UB_X10	1.00	VT_X10	0.00
13											

File

Home

Insert

Page Layout

Formulas

Data

Review

View

Developer

Foxt Reader PDF

Acrobat

133

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L
14												
15		Project	Revenue	Investment	Because	Capital Capacity	=	120.00				
16		Project 1	27.00	19.57	-->	Actual Investment	=	118.65	≤	120.00		
17		Project 2	30.00	21.44								
18		Project 3	11.00	7.95								
19		Project 4	29.00	23.22	-->	Constraint:	-1.35	≤	0.00	0.00	100.00	0.00
20		Project 5	13.00	10.62								
21		Project 6	28.00	23.28								
22		Project 7	29.00	21.72								
23		Project 8	12.00	9.48		Cost Function (CF) with Constraints						
24		Project 9	14.00	10.45		CFc =	0.01					
25		Project 10	11.00	7.91								
26		Total	154.00	118.65								

Hình 7. Mô hình hóa bài toán trong ví dụ 4

Vấn đề được tóm tắt như sau:

- Người ra quyết định cần chọn lựa việc có hay không đầu tư vào 10 dự án tiềm năng.
- Mỗi dự án có mức đầu tư và doanh thu tương ứng.

- Ràng buộc của bài toán là năng lực về vốn đầu tư của công ty đầu tư xây dựng.

Bài toán được mô hình hóa như sau:

Biến thiết kế X_i , $i = 1, 2, \dots, 10$ với $X_i \in \{0, 1\}$. $X_i = 0$: không đầu tư và $X_i = 1$: có đầu tư.

$$\text{Tìm cực đại } f(X) = \sum_{i=1}^N R_i \times X_i \quad (17)$$

với R_i là doanh thu của dự án thứ i và $N = 10$ là số dự án tiềm năng.

Hàm mục tiêu trên có thể quy đổi tương đương như sau:

$$\text{Tìm cực tiểu } f(X) = 1 / \left(\sum_{i=1}^N R_i \times X_i + 1 \right) \quad (18)$$

Chịu ràng buộc sau:

$$\sum_{i=1}^N C_i \times X_i \leq NL \quad (19)$$

với C_i là chi phí đầu tư cho dự án thứ i và NL là năng lực về vốn của nhà đầu tư.

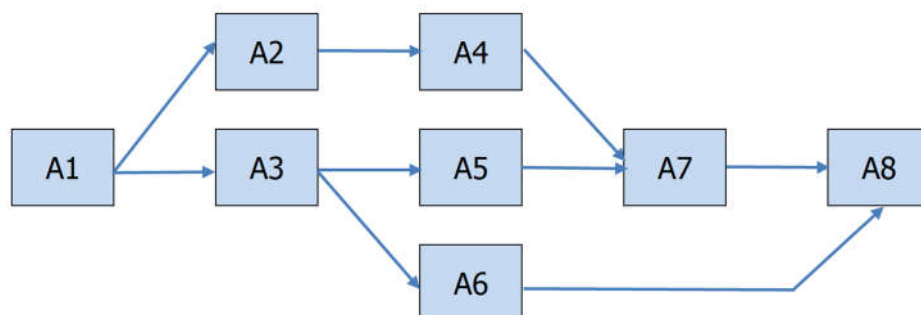
Ràng buộc trên có thể quy đổi tương đương như sau:

$$\sum_{i=1}^N C_i \times X_i - NL \leq 0 \quad (20)$$

Sử dụng công cụ PSO-Excel Solver, kết quả của việc chọn lựa dự án được cho trong **Hình 7**. Các dự án 2, 4, 5, 6, 7, 9, 10 đã được lựa chọn; điều này thể hiện qua việc các biến số $X_2, X_4, X_5, X_6, X_7, X_9$, và $X_{10} = 1$. Tổng doanh thu từ các dự án là 154 (đơn vị tiền tệ) tương ứng với yêu cầu về vốn đầu tư là 118.65 (đơn vị tiền tệ). Kết quả cho trong **Hình 7** cũng cho thấy ràng buộc về năng lực vốn đầu tư của chủ đầu tư cũng đã thỏa mãn.

3.5 Ví dụ áp dụng 5 (bài toán rút ngắn tiến độ dự án)

Tối ưu hóa tiến độ của một dự án là một công tác quan trọng trong quản lý dự án xây dựng [11]. Trong phần này của bài báo, chúng tôi trình bày một ví dụ đơn giản hóa của bài toán tối ưu hóa tiến độ. Mục tiêu của bài toán là tối thiểu hóa chi phí xây dựng đồng thời thỏa mãn yêu cầu về thời gian thi công. Thông thường, mỗi dự án được xem như là tập hợp của nhiều công tác và mỗi công tác có những phương án thi công ứng với các thời gian thi công và chi phí khác nhau. Vì vậy, nhiệm vụ đặt ra là phải tìm được phương án thi công phù hợp nhất cho từng công tác. Trong nghiên cứu này, mối liên hệ giữa thời gian và chi phí thi công được thể hiện một cách đơn giản hóa thông qua hàm chi phí-tiến độ của từng công tác. Một dự án giả định gồm 8 công tác có sơ đồ cho trong **Hình 8** được dùng để minh họa cho bài toán tối ưu hóa.



Hình 8. Sơ đồ dự án

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K
1											
2		Variables		Cost Function (CF) without Constraints		Lower Bound (LB)		Upper Bound (UB)		Var Type (VT)	
3											
4		X1	1.49	CF =	118.80	LB_X1	1.00	UB_X1	3.00	VT_X1	1.00
5		X2	2.96	Open PSO		LB_X2	1.00	UB_X2	3.00	VT_X2	1.00
6		X3	1.12			LB_X3	1.00	UB_X3	3.00	VT_X3	1.00
7		X4	1.78			LB_X4	1.00	UB_X4	3.00	VT_X4	1.00
8		X5	3.09			LB_X5	2.00	UB_X5	5.00	VT_X5	1.00
9		X6	3.47	Cost Function (CF) with Constraints		LB_X6	2.00	UB_X6	5.00	VT_X6	1.00
10		X7	2.47	CFc =	118.80	LB_X7	2.00	UB_X7	5.00	VT_X7	1.00
11		X8	3.42			LB_X8	2.00	UB_X8	5.00	VT_X8	1.00

Activity	ST	Dur	ET	Time-Cost Function
A1	1	=ROUND(C4,0)	=C15+D15	=-5*D15+25
A2	=E15	=ROUND(C5,0)	=C16+D16	=-6*D16+30
A3	=E15	=ROUND(C6,0)	=C17+D17	=-7*D17+35
A4	=E16	=ROUND(C7,0)	=C18+D18	=-3*D18+18
A5	=E17	=ROUND(C8,0)	=C19+D19	=-1*D19+12
A6	=E17	=ROUND(C9,0)	=C20+D20	=-0.5*D20+6
A7	=MAX(E18:E19)	=ROUND(C10,0)	=C21+D21	=-0.8*D21+15
A8	=MAX(E20:E21)	=ROUND(C11,0)	=C22+D22	=-0.7*D22+22

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K
13											
14		Activity	ST	Dur	ET	Time-Cost Function	Constraints				
15		A1	1.00	1.00	2.00	20.00	Project Duration				Pen. Func.
16		A2	2.00	3.00	5.00	12.00	12.00	≤	12.00		
17		A3	2.00	1.00	3.00	28.00	-->	0.00	≤	0.00	0.00
18		A4	5.00	2.00	7.00	12.00					
19		A5	3.00	3.00	6.00	9.00					
20		A6	3.00	3.00	6.00	4.50					
21		A7	7.00	2.00	9.00	13.40					
22		A8	9.00	3.00	12.00	19.90					

Hình 9. Mô hình hóa bài toán rút ngắn tiến độ dự án trên Excel và giải bằng PSO-Excel Solver

Vấn đề rút ngắn tiến độ của một dự án có thể được xem như là một bài toán tối ưu hóa và được mô hình hóa như sau:

Tối thiểu hóa: $f(X) = CP$ (21)

Chịu các ràng buộc sau:

$$KS_i + t_i - KS_j \leq 0, \text{ với } \forall j \in A_i \quad (22)$$

$$TD = \max_{\forall i} \{KS_i + t_i\} \leq TD_{RB} \quad (23)$$

$$C_i = F_i(t_i) \quad (24)$$

Với:

CP = tổng chi phí của dự án.

TD = tổng tiền độ của dự án được tính toán theo phương pháp đường Găng.

TD_{RB} = ràng buộc về tiền độ của dự án.

$F_i(X_i)$ hàm số biểu thị mối tương quan giữa chi phí và thời gian thi công X_i của công tác i .

Trong ví dụ này, thời gian thi công của 8 công tác được xem là biến số. Tổng chi phí của dự án là hàm mục tiêu cần tối thiểu hóa. Bài toán có ràng buộc về thời gian thi công không được vượt quá 12 ngày, cùng với các ràng buộc về cận trên và cận dưới của thời gian thi công của từng công tác. Chi tiết về hàm số biểu thị mối tương quan giữa chi phí và thời gian thi công X_i của công tác i được cho trong **Hình 8**. Kết quả về lập tiến độ của dự án sau khi được tối ưu hóa với PSO-Excel Solver cho thấy chi phí của dự án là 118.80 (đơn vị tiền tệ) và tổng thời gian thi công là đúng 12 ngày. Do đó, kết quả tìm ra là thỏa mãn với ràng buộc của bài toán.

4. Kết luận

Trong nghiên cứu này, chúng tôi xây dựng công cụ PSO-Excel Solver dựa trên thuật toán tối ưu hóa bầy đàn để giải quyết các bài toán trong lĩnh vực quản lý xây dựng. Công cụ PSO-Excel Solver được lập trình bằng ngôn ngữ VBA và được tích hợp trong Excel. Điều này sẽ giúp ích cho các nhà quản lý dự án và các kỹ sư xây dựng trong việc mô hình hóa và giải các bài toán tối ưu hóa. Các ví dụ tính toán cho các bài toán tối ưu hóa không có ràng buộc và có ràng buộc chứng tỏ rằng PSO-Excel Solver là một công cụ hiệu quả để giúp cho các nhà quản lý dự án trong việc lập kế hoạch triển khai các dự án một cách tối ưu.

Tài liệu tham khảo

- [1] S. A. Gabriel, S. Kumar, J. Ordóñez, and A. Nasserian, "A multiobjective optimization model for project selection with probabilistic considerations," *Socio-Economic Planning Sciences*, vol. 40, pp. 297-313, 2006/12/01/ 2006.
- [2] C. Zopounidis, "Multicriteria decision aid in financial management," *European Journal of Operational Research*, vol. 119, pp. 404-415, 1999/12/01/ 1999.
- [3] X. Zhang, "Financial Viability Analysis and Capital Structure Optimization in Privatized Public Infrastructure Projects," *Journal of Construction Engineering and Management*, vol. 131, pp. 656-668, 2005.
- [4] K. El-Rayes and D. H. Jun, "Optimizing Resource Leveling in Construction Projects," *Journal of Construction Engineering and Management*, vol. 135, pp. 1172-1180, 2009.

- [5] H.-H. Tran and N.-D. Hoang, "A Novel Resource-Leveling Approach for Construction Project Based on Differential Evolution," *Journal of Construction Engineering*, vol. 2014, p. 7, 2014.
- [6] C.-M. Lin and M. Gen, "Multi-criteria human resource allocation for solving multistage combinatorial optimization problems using multiobjective hybrid genetic algorithm," *Expert Systems with Applications*, vol. 34, pp. 2480-2490, 2008/05/01/ 2008.
- [7] N.-D. Hoang, Q.-L. Nguyen, and Q.-N. Pham, "Optimizing Construction Project Labor Utilization Using Differential Evolution: A Comparative Study of Mutation Strategies," *Advances in Civil Engineering*, vol. 2015, p. 8, 2015.
- [8] N.-D. Hoang, "NIDE: A Novel Improved Differential Evolution for Construction Project Crashing Optimization," *Journal of Construction Engineering*, vol. 2014, p. 7, 2014.
- [9] M.-Y. Cheng, D.-H. Tran, and N.-D. Hoang, "Fuzzy clustering chaotic-based differential evolution for resource leveling in construction projects," *Journal of Civil Engineering and Management*, vol. 23, pp. 113-124, 2017/01/02 2017.
- [10] S. Monghasemi, M. R. Nikoo, M. A. Khaksar Fasaee, and J. Adamowski, "A novel multi criteria decision making model for optimizing time–cost–quality trade-off problems in construction projects," *Expert Systems with Applications*, vol. 42, pp. 3089-3104, 2015/04/15/ 2015.
- [11] N. Đ. Hoàng, Q. L. Nguyễn, and Q. N. Phạm, "Tối ưu hóa tiến độ và chi phí cho dự án xây dựng sử dụng thuật toán tiến hóa vi phân," *Tạp Chí Khoa Học và Công Nghệ, Đại Học Duy Tân*, vol. 1, pp. 135–141, 2015.
- [12] N. Đ. Hoàng, T. H. Vũ, L. T. Phan, and T. T. Nguyễn, "Ứng dụng phương pháp quy hoạch tuyến tính cho bài toán tối ưu hóa trong quản lý dự án xây dựng," *Tạp Chí Khoa Học và Công Nghệ, Đại Học Duy Tân*, vol. 2, pp. 89-95, 2017.
- [13] M. Rogalska, W. Bożejko, and Z. Hejducki, "Time/cost optimization using hybrid evolutionary algorithm in construction project scheduling," *Automation in Construction*, vol. 18, pp. 24-31, 2008/12/01/ 2008.
- [14] Y. Zhang and Z.-P. Fan, "An optimization method for selecting project risk response strategies," *International Journal of Project Management*, vol. 32, pp. 412-422, 2014/04/01/ 2014.
- [15] G. V. Reklaitis, A. Ravindran, and K. M. Ragsdell, "Engineering Optimization Methods and Applications," *Wiley, New York*, 1983.
- [16] N. Đ. Hoàng and D. T. Vũ, "Tối ưu hóa kết cấu có điều kiện ràng buộc sử dụng thuật toán bầy đom đóm và các hàm phạt," *Tạp Chí Khoa Học và Công Nghệ, Đại Học Duy Tân*, vol. 2, pp. 75–84, 2015.
- [17] J. Kennedy and R. Eberhart, "Particle swarm optimization," in *Neural Networks, 1995. Proceedings., IEEE International Conference on*, 1995, pp. 1942-1948 vol.4.
- [18] I.-T. Yang, "Using Elitist Particle Swarm Optimization to Facilitate Bicriterion Time-Cost Trade-Off Analysis," *Journal of Construction Engineering and Management*, vol. 133, pp. 498-505, 2007.
- [19] S. Aminbakhsh and R. Sonmez, "Discrete particle swarm optimization method for the large-scale discrete time–cost trade-off problem," *Expert Systems with Applications*, vol. 51, pp. 177-185, 2016/06/01/ 2016.