

PHƯƠNG PHÁP TỐI ƯU CHI PHÍ QUẢN LÝ DỰ ÁN XÂY DỰNG DỰNG GIẢI THUẬT BELLMAN

THÁI PHƯƠNG TRÚC

Khoa Kỹ thuật Xây dựng, Trường Đại học Công nghiệp Thành phố Hồ Chí Minh
thaiphuongtruc@iuh.edu.vn

DOIs: <https://doi.org/10.46242/jstiuh.v67i01.5041>

Tóm tắt. Bài báo trình bày về việc sử dụng giải thuật Bellman trên nền tảng phần mềm toán học Mathcad Prime trong quản lý dự án xây dựng. Nội dung bao gồm phần giới thiệu về giải thuật Bellman và cơ sở lý thuyết liên quan, đồng thời trình bày các giải thuật Bellman được tích hợp và áp dụng trong phần mềm Mathcad Prime. Mục tiêu của bài báo là cung cấp một phương pháp tối ưu chi phí quản lý dự án xây dựng dựa trên giải thuật Bellman. Kết quả nghiên cứu góp phần cải thiện hiệu quả và tăng hiệu suất trong quản lý dự án xây dựng, tối ưu chi phí quản lý, bên cạnh đó cũng đáp ứng nhu cầu tham khảo cho sinh viên và kỹ sư quản lý dự án xây dựng.

Từ khóa: phương pháp tối ưu, chi phí quản lý, quản lý dự án xây dựng, giải thuật Bellman, Mathcad Prime.

1. ĐẶT VẤN ĐỀ

Giải thuật Bellman là một phương pháp quan trọng trong lĩnh vực tối ưu hóa, được đề xuất bởi Richard Bellman [1] vào những năm 1952. Phương pháp này đưa ra một cách tiếp cận phân tích và giải quyết các bài toán tối ưu dựa trên tính toán đệ quy, giúp tìm ra lời giải tối ưu một cách hiệu quả.

Cơ sở lý thuyết của giải thuật Bellman dựa trên nguyên tắc của quy hoạch động, để tìm kiếm đường đi ngắn nhất giữa hai đỉnh trong đồ thị có hướng hoặc vô hướng, có thể có trọng số hoặc không có trọng số, trong đó bài toán lớn được giải quyết thông qua việc tối ưu hóa các bước con, từ đó đạt được lời giải tối ưu cho toàn bộ quá trình quyết định. Sau này, giải thuật Bellman được mở rộng bởi Lester Ford và Fulkerson [2] vào năm 1956 đưa ra mô hình toán học về dòng chảy trong mạng, mở rộng và ứng dụng giải thuật Bellman trong bài toán này. Công trình của Howard [3] vào năm 1960 đưa ra phương pháp giải quyết bài toán quy hoạch động bằng tính toán đệ quy. Công trình nghiên cứu tiếp theo của Puterman [4] vào năm 2008 đề cập đến quy trình đưa ra quyết định Markov, một dạng phổ biến của quy hoạch động, và cung cấp phương pháp giải quyết dựa trên giải thuật Bellman. Cuối cùng, công trình của Sutton và Barto [5] vào năm 2018 là một cuốn sách giới thiệu về học tăng cường, một lĩnh vực liên quan đến giải thuật Bellman, đưa ra những kiến thức cơ bản và ứng dụng của giải thuật Bellman trong lĩnh vực này. Tuy nhiên, việc vận dụng giải thuật Bellman trong quản lý dự án xây dựng vẫn còn hạn chế, dù nó có tiềm năng giải quyết các bài toán phức tạp trong lĩnh vực này. Mục tiêu của nghiên cứu là áp dụng giải thuật Bellman cho bài toán tối ưu chi phí quản lý dự án xây dựng. Nghiên cứu phân tích các công trình liên quan, xác định đặc trưng của bài toán và đề xuất mô hình toán học, thuật toán dựa trên giải thuật Bellman cho vấn đề này. Kết quả nghiên cứu mở rộng ứng dụng của giải thuật Bellman, cung cấp công cụ hỗ trợ ra quyết định cho các nhà quản lý dự án.

Giải thuật Bellman có rất nhiều ứng dụng đa dạng trong thực tế, chẳng hạn trong quản lý dự án, quản lý tài nguyên, quy hoạch sản xuất, quản lý rủi ro, đầu tư tài chính, và nhiều lĩnh vực khác.

2. NỘI DUNG NGHIÊN CỨU

2.1 Cơ sở lý thuyết

Giải thuật Bellman là một giải thuật tìm đường đi ngắn nhất trong đồ thị có hướng và có thể chứa các cạnh có trọng số âm. Giải thuật Bellman có thể được áp dụng cho đồ thị không âm, nhưng nó cũng có thể được sử dụng để tìm đường đi ngắn nhất trong đồ thị có trọng số âm nếu không có chu trình âm. Giải thuật Bellman Ford sử dụng phương pháp lặp để tìm đường đi ngắn nhất từ đỉnh bắt đầu đến tất cả các đỉnh khác trong đồ thị. Nó duyệt qua tất cả các cạnh trong đồ thị và cập nhật giá trị của các đỉnh liên quan. Giải thuật Bellman được viết dưới dạng:

$$z(i, j) = \min_{k=1, 2, \dots, m_i} \{c(i, j, k) + z(i + 1, k)\} \quad (1)$$

trong đó:

$z(i+1, j)$ - là chi phí tối thiểu để thực hiện công tác $(i+1, j)$ xác định từ thời điểm xảy ra sự kiện $i+1$ đến khi kết thúc sự kiện j ;

$z(i, j)$ - tương tự là chi phí tối thiểu để thực hiện công tác (i, j) xác định từ thời điểm xảy ra sự kiện i đến khi kết thúc sự kiện j ;

2.2 Quy trình giải thuật Bellman

Bước 1: Khai báo các tham số

Trong giai đoạn này, ta xác định các tham số quan trọng của bài toán tối ưu, bao gồm số lượng giai đoạn T , số lượng sự kiện hoặc công việc N , cũng như các thông tin về chi phí và ràng buộc tương ứng.

Bước 2: Khai báo ma trận chi phí các công tác

Đối với mỗi giai đoạn t , ta tạo một ma trận $C^{(t)}$ kích thước $N \times N$, trong đó phần tử $C_{i,j}^{(t)}$ biểu thị chi phí thực hiện công việc j trong giai đoạn t sau khi đã hoàn thành công việc i ở giai đoạn trước.

Bước 3: Khai báo ma trận sự kiện ứng với từng giai đoạn

Chúng ta cũng định nghĩa ma trận $P^{(t)}$ kích thước $N \times N$ trong đó phần tử $P_{i,j}^{(t)}$ biểu thị xác suất sự kiện j có thể xảy ra trong giai đoạn t sau khi đã hoàn thành công việc i ở giai đoạn trước.

Bước 4: Xác định ma trận giá trị tối ưu

Sử dụng công thức Bellman, ta tính toán ma trận giá trị tối ưu $V^{(t)}$ kích thước $N \times 1$ cho từng giai đoạn t . Giá trị $V_i^{(t)}$ thể hiện giá trị tối ưu cho việc thực hiện các công việc từ giai đoạn t đến T bắt đầu từ công việc i ở giai đoạn t .

Bước 5: Xác định đỉnh vector sự kiện tối ưu

Dựa vào ma trận giá trị tối ưu $V^{(t)}$, ta tính toán đỉnh vector sự kiện tối ưu $D^{(t)}$ kích thước $N \times 1$ cho từng giai đoạn t . Đỉnh vector $D_i^{(t)}$ thể hiện công việc hoặc sự kiện tối ưu cần được thực hiện ở giai đoạn t sau khi hoàn thành công việc i ở giai đoạn trước.

Bước 6: Xác định giá trị chi phí tối ưu

Cuối cùng, chúng ta tính tổng giá trị tối ưu J^* bằng cách lấy tổng của đỉnh vector sự kiện tối ưu $D^{(1)}$ ở giai đoạn đầu tiên:

$$J^* = \sum_{i=1}^N D_i^{(1)} \quad (2)$$

Quy trình này áp dụng giải thuật Bellman để xác định giá trị chi phí tối ưu của chuỗi sự kiện trong các giai đoạn. Các ma trận chi phí và xác suất được sử dụng trong các phép tính Bellman để cập nhật giá trị và xác định hướng thực hiện tối ưu.

3. THÍ DỤ ÁP DỤNG

Xác định chi phí tối ưu của dự án theo sơ đồ mạng dựa trên chi phí và các mối quan hệ giữa các công tác theo bảng 1:

Bảng 1: Tổng hợp chi phí và mối quan hệ giữa các công tác.

Số thứ tự	Công tác	Công tác trước đó	Chi phí (đồng)
1	AB	-	25
2	AC	-	16
3	AD	-	12
4	BE	AB	18
5	BF	AB	15
6	BG	AB	17
7	CE	AC	26
8	CF	AC	19
9	DE	AD	24
10	DF	AD	21

11	DG	AD	40
12	FH	BF, CF, DF	35
13	FI	BF, CF, DF	29
14	IJ	EI, FI	15
15	IK	EI, FI	23
16	IL	EI, FI	25
17	JM	IJ	0
18	KM	HK, IK	3
19	LM	HL, IL	8

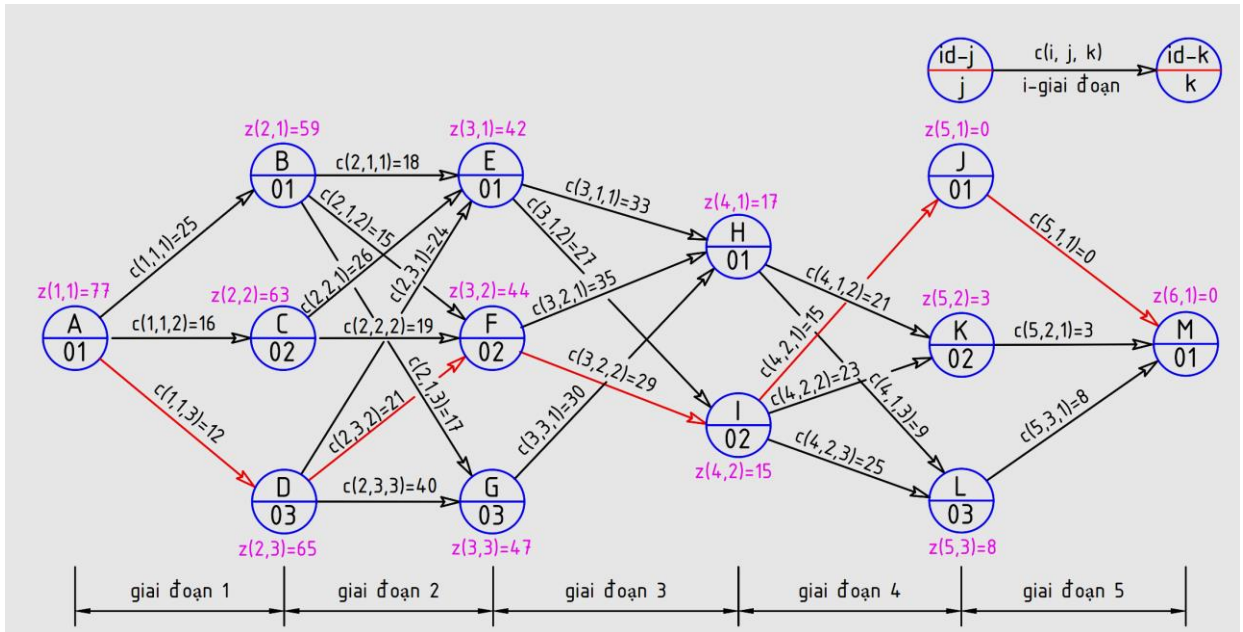
Bảng 2: Bảng tổng hợp chi phí cho dự án dựa trên giải thuật Bellman.

i	j	k	$z(i, j) = \min_{k=1,2,\dots,m_i} \{c(i, j, k) + z(i+1, k)\}$	
5	1	1	$z(5,1) = c(5,1,1) + z(6,1)$	$z(5,1) = 0 + 0 = 0$
	2	1	$z(5,2) = c(5,2,1) + z(6,1)$	$z(5,2) = 3 + 0 = 3$
	3	1	$z(5,3) = c(5,3,1) + z(6,1)$	$z(5,3) = 8 + 0 = 8$
4	1	2	$z(4,1) = \min \begin{cases} c(4,1,2) + z(5,2) \\ c(4,1,3) + z(5,3) \end{cases}$	$z(4,1) = \min \begin{cases} 21 + 3 \\ 9 + 8 \end{cases} = 17$
		3		
	2	1	$z(4,2) = \min \begin{cases} c(4,2,1) + z(5,1) \\ c(4,2,2) + z(5,2) \\ c(4,2,3) + z(5,3) \end{cases}$	$z(4,2) = \min \begin{cases} 15 + 0 \\ 23 + 3 \\ 25 + 8 \end{cases} = 15$
2				
3				
3	1	1	$z(3,1) = \min \begin{cases} c(3,1,1) + z(4,1) \\ c(3,1,2) + z(4,2) \end{cases}$	$z(3,1) = \min \begin{cases} 33 + 17 \\ 27 + 15 \end{cases} = 42$
		2		
	2	1	$z(3,2) = \min \begin{cases} c(3,2,1) + z(4,1) \\ c(3,2,2) + z(4,2) \end{cases}$	$z(3,2) = \min \begin{cases} 35 + 17 \\ 29 + 15 \end{cases} = 44$
2				
3	1	$z(3,3) = c(3,3,1) + z(4,1)$	$z(3,3) = 30 + 17 = 47$	
2	1	1	$z(2,1) = \min \begin{cases} c(2,1,1) + z(3,1) \\ c(2,1,2) + z(3,2) \\ c(2,1,3) + z(3,3) \end{cases}$	$z(2,1) = \min \begin{cases} 18 + 42 \\ 15 + 44 \\ 17 + 47 \end{cases} = 59$
		2		
		3		
	2	1	$z(2,2) = \min \begin{cases} c(2,2,1) + z(3,1) \\ c(2,2,2) + z(3,2) \end{cases}$	$z(2,2) = \min \begin{cases} 26 + 42 \\ 19 + 44 \end{cases} = 63$
		2		
	3	1	$z(2,3) = \min \begin{cases} c(2,3,1) + z(3,1) \\ c(2,3,2) + z(3,2) \\ c(2,3,2) + z(3,3) \end{cases}$	$z(2,3) = \min \begin{cases} 24 + 42 \\ 21 + 44 \\ 40 + 47 \end{cases} = 65$
2				
3				
1	1	1		
		2		

PHƯƠNG PHÁP TỐI ƯU CHI PHÍ...

		3	$z(1,1) = \min \begin{cases} c(1,1,1) + z(2,1) \\ c(1,1,2) + z(2,2) \\ c(1,1,3) + z(2,3) \end{cases}$	$z(1,1) = \min \begin{cases} 25 + 59 \\ 16 + 63 = 77 \\ 12 + 65 \end{cases}$
--	--	---	---	--

Mối quan hệ giữa các công tác (bảng 1) và kết quả tổng hợp chi phí (bảng 2) được thể hiện như hình 1 bên dưới:



Hình 1: Sơ đồ mạng thể hiện chi phí dự án theo giải thuật Bellman.

Khai triển giải thuật Bellman trên nền tảng Mathcad Prime [6]

Bước 1: Khai báo các tham số

$n := 5$ Xác định số lượng giai đoạn thực hiện các công tác trong sơ đồ mạng

$m := 3$ Xác định số lượng sự kiện tối đa ở mỗi giai đoạn

$r := \infty$ Tham số đầu vào cho chi phí, trong trường hợp công tác đầu ra của sự kiện không tồn tại

Bước 2: Khai báo ma trận chi phí các công tác

$$C_1 := \begin{bmatrix} 25 & 16 & 12 \\ 18 & 15 & 17 \\ 33 & 27 & r \\ r & 21 & 9 \\ 0 & r & r \end{bmatrix}$$

$$C_2 := \begin{bmatrix} r & r & r \\ 26 & 19 & r \\ 35 & 29 & r \\ 15 & 23 & 25 \\ 3 & r & r \end{bmatrix}$$

$$C_3 := \begin{bmatrix} r & r & r \\ 24 & 21 & 40 \\ 30 & r & r \\ r & r & r \\ 8 & r & r \end{bmatrix}$$

Bước 3: Khai báo ma trận sự kiện ứng với từng giai đoạn

$$t := \begin{bmatrix} 3 \\ 3 \\ 2 \\ 3 \\ 1 \end{bmatrix}$$

Bước 4: Xác định ma trận chi phí của các sự kiện

$$N := \prod_{i=1}^n t_i \quad k := 1..m \quad z_{n+1,k} := r$$

```

z := for i ∈ n..1
      for j ∈ 1..m
        zi,j ← for k ∈ 1..m
                  Zk ← (Cj)i,k + zi+1,k
                  min(Z)
      return z
    
```

$$u := 1..t_n \quad z_{n+1,u} := 0$$

$$z \rightarrow \begin{bmatrix} 77 & \infty & \infty \\ 59 & 63 & 65 \\ 42 & 44 & 47 \\ 17 & 15 & \infty \\ 0 & 3 & 8 \\ 0 & \infty & \infty \end{bmatrix}$$

Bước 5: Xác định đỉnh vector các sự kiện có các công tác chi phí tối ưu

$$N_{optimal} :=$$

```

for i ∈ 1..n
  x1 ← 1
  for s ∈ 1..m
    if xi = s
      j ← s
      k ← Cs
  for s ∈ 1..ti
    if zi,j = ki,s + zi+1,s
      xi+1 ← s
  return x
    
```

$$N_{optimal} = \begin{bmatrix} 1.0 \\ 3.0 \\ 2.0 \\ 2.0 \\ 1.0 \\ 1.0 \end{bmatrix}$$

Bước 6: Xác định giá trị chi phí tối ưu

$$i := 1..n$$

$$Cost_i := (C_{N_{optimal}_i})_{i, N_{optimal}_{i+1}}$$

$$Z_{min} := \sum_{i=1}^n Cost_i = 77.0$$

Thứ tự các sự kiện có công tác tối ưu chi phí:

$$i = \begin{bmatrix} 1.0 \\ 2.0 \\ 3.0 \\ 4.0 \\ 5.0 \end{bmatrix}$$

$$Conn_i = \begin{bmatrix} 12.0 \\ 21.0 \\ 29.0 \\ 15.0 \\ 0.0 \end{bmatrix}$$

Kết quả nghiên cứu cho thấy, việc sử dụng giải thuật Bellman để thiết lập và giải quyết bài toán tối ưu hóa chi phí cho sơ đồ mạng là hợp lý. Thí dụ tính toán đã được trình bày chính xác và được kiểm chứng bằng cách so sánh với kết quả lập trình bằng ngôn ngữ Mathcad Prime.

4. KẾT LUẬN

Qua kết quả nghiên cứu, tác giả nhận thấy rằng giải thuật Bellman là phương pháp hiệu quả để giải quyết bài toán tối ưu hóa, đặc biệt là trong các bài toán có tính phức tạp cao. Kết quả này có thể đưa ra những hướng phát triển mới cho các nghiên cứu trong lĩnh vực quản lý dự án xây dựng. Ứng dụng thuật toán Bellman trong lĩnh vực xây dựng và quản lý dự án còn rất nhiều tiềm năng, do đó tác giả cũng đề xuất hướng nghiên cứu tiếp theo như sau:

- Một là: nghiên cứu và phát triển các biến thể của thuật toán Bellman nhằm tối ưu hóa hiệu quả giải quyết các bài toán phức tạp trong lĩnh vực xây dựng và quản lý dự án: kết hợp thuật toán Bellman với các phương pháp tối ưu hóa khác như Linear Programming, Integer Programming, hoặc Dynamic Programming để giải quyết các bài toán phức tạp, đặc biệt là trong việc lập kế hoạch và điều chỉnh tiến độ dự án. Thuật toán có thể giúp phát hiện và giải quyết các rủi ro trong quá trình triển khai dự án. Áp dụng thuật toán Bellman vào lập kế hoạch ngân sách dự án, giúp quản lý tài chính hiệu quả và đảm bảo dự án được hoàn thành đúng tiến độ.

Hai là: phát triển các ứng dụng và công cụ dựa trên thuật toán Bellman, giúp người quản lý dự án và nhân viên có thể sử dụng dễ dàng và nhanh chóng. Tăng cường đào tạo và giáo dục về thuật toán Bellman cho các chuyên gia và nhân viên trong lĩnh vực xây dựng và quản lý dự án, nhằm nâng cao năng lực và hiệu quả làm việc của họ.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1] R. Bellman, "On the theory of dynamic programming. Proceedings of the National Academy of Sciences," *Journal of the Operations Research Society of America*, vol. 38, no. 8, pp. 716–719, 1952, doi: 10.1287/opre.3.3.347.
- [2] L. R. jun Ford and D. R. Fulkerson, "Maximal Flow Through a Network," *Canadian Journal of Mathematics*, vol. 8, Jan. 1956, doi: 10.4153/CJM-1956-045-5.
- [3] Ronald A. Howard, "Dynamic programming: a computational tool. Operations Research," *Technology Press of Massachusetts Institute of Technology*, vol. 8, no. 6, pp. 871–899, 1960.
- [4] M. L. Puterman, *Markov decision processes: Discrete stochastic dynamic programming*. 2008. doi: 10.1002/9780470316887.
- [5] R. S. Sutton and A. G. Barto, "Reinforcement Learning: An Introduction," *IEEE Trans Neural Netw*, vol. 9, no. 5, 1998, doi: 10.1109/tnn.1998.712192.
- [6] Brent Maxfiel, *Engineering with Mathcad: Using Mathcad to Create and Organize Your Engineering Calculations*. Elsevier's Science, 2006.

OPTIMAL COST MANAGEMENT METHOD FOR CONSTRUCTION PROJECTS USING BELLMAN ALGORITHM

T.Thai-Phuong

*Faculty of Civil Engineering, Industrial University of Ho Chi Minh City
thaiphuongtruc@iuh.edu.vn*

Abstract. This article presents the implementation of the Bellman algorithm on the mathematical software platform Mathcad Prime for construction project management. The content includes an introduction to the Bellman algorithm and related theoretical foundations, and presents the Bellman algorithms integrated and applied in Mathcad Prime software. The objective of this paper is to provide an optimal cost management approach for construction projects based on the Bellman algorithm. The research findings contribute to improving efficiency and productivity in construction project management, optimizing management costs, while also meeting the demand for reference materials among students and construction project management engineers.

Keywords: Optimization method, project management cost, construction project management, Bellman algorithm, Mathcad Prime.

Ngày gửi bài: 05/05/2023

Ngày chấp nhận đăng: 24/08/2023