

Ứng dụng lý thuyết mờ lập tiến độ xây dựng

Application of full theory for construction progress

Bùi Mạnh Hùng, Đinh Doãn Tú

Tóm tắt

Hiện tại thời gian của các hoạt động xây dựng khi lập tiến độ xây dựng thường dựa trên kinh nghiệm chuyên môn và khả năng phán đoán của người có kinh nghiệm nên thiếu cơ sở khoa học và thường không chính xác. Trong khi, lý thuyết mờ và số mờ là một công cụ toán học hữu hiệu, rất phù hợp để tính toán, so sánh chính xác thời gian của hoạt động xây dựng.

Bài viết này giới thiệu việc ứng dụng lý thuyết mờ để xác định thời gian thực hiện các hoạt động trong một dự án khi lập tiến độ xây dựng cho một dự án.

Từ khóa: Lý thuyết mờ; tên hoạt động; kết thúc sớm; bắt đầu sớm; kết thúc muộn; bắt đầu muộn

Abstract

Currently, the time of construction activities tends to be determined by professional judgment and experience when making a construction schedule, so it lacks a scientific basis and is often inaccurate. Fuzzy theory and fuzzy numbers are effective mathematical tools, very suitable for calculating construction times accurately.

The article discusses how fuzzy theory can be applied to create construction schedules in a project that allow for determining how long activities will take to complete.

Key words: Fuzzy theory; Activity name; Early finish; Early start; Late finish; Late start

Đặt vấn đề:

Thực tế hiện hữu khi lập kế hoạch nói chung và lập tiến độ xây dựng nói riêng thường dựa trên kinh nghiệm và dự đoán của người lập, nên nhiều trường hợp thiếu cơ sở khoa học và mức độ tin cậy không cao, dẫn tới phải điều chỉnh kế hoạch. Do vậy, sử dụng một công cụ toán học về lý thuyết mờ và số mờ để xác định thời gian thực hiện các hoạt động trong một dự án khi lập tiến độ xây dựng cho một dự án là cần thiết. Việc làm này cho số liệu có độ tin cậy cao cả trên phương diện khoa học và thực tiễn.

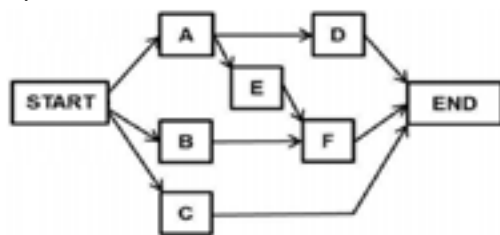
I. Dự án giả thiết

Giả sử thời gian thực hiện các hoạt động (các quá trình thi công xây dựng) của một dự án thu thập từ bốn nguồn khác nhau (các chuyên gia 1, 2, 3, 4) và giá trị của chúng được trình bày trong Bảng 1.

Bảng 1. Thời gian của các hoạt động do các chuyên gia thu được

Hoạt động	Chuyên gia			
	CG1	CG2	CG3	CG4
A	4	6	6	8
B	9	6	12	10
C	2	4	7	5
D	3	5	6	7
E	1	6	3	9
F	9	6	12	6

Ứng dụng của phương pháp đường găng mờ sẽ được minh họa bằng ví dụ Hình 1.



Hình 1. Sơ đồ mạng dự án giả thiết

Do đó, các chú thích mờ của chúng như sau: A (4, 6, 6, 8), B (6, 9, 10, 12), C (2, 4, 5, 7), D (3, 5, 6, 7), E (1, 3, 6, 9) và F (6, 9, 9, 12).

Các hoạt động 'Bắt đầu - Start' và 'Kết thúc - End' được gọi là các 'hoạt động mốc', nghĩa là chúng chỉ đại diện cho các sự kiện quan trọng nên không có thời gian, tức là giá trị của chúng là Bắt đầu (0, 0, 0, 0) và Kết thúc (0, 0, 0, 0).

II. Phân tích đường Găng

Phương pháp đường găng (CPM - Critical Path Method) trong quản lý dự án sử dụng thời gian của các hoạt động và mối quan hệ giữa các hoạt động để tính toán tiến độ dự án. Tính toán này được thực hiện trong ba lần thông qua các hoạt động trong dự án:

- Tính toán theo chiều xuôi;
- Tính toán theo chiều ngược;
- Tổng thời gian dự trữ.

2.1. Tính toán theo chiều xuôi

PGS.TS. Bùi Mạnh Hùng

Khoa Quản lý đô thị

Đại học Kiến trúc Hà Nội

ĐT: 0903218152

Email: hungbm@hau.edu.vn

TS. Đinh Doãn Tú

Thanh tra Thành phố Hà Nội

ĐT: 0969888786

Email: dinhtu.ksxd.1102@gmail.com

Ngày nhận bài: 17/11/2021

Ngày sửa bài: 8/4/2022

Ngày duyệt đăng: 8/4/2022

Tính toán theo chiều xuôi là phần đầu tiên của quy trình tính toán CPM. Mục đích của việc tính toán theo chiều xuôi là xác định thời điểm sớm nhất mà các hoạt động có thể kết thúc hoặc bắt đầu mà không ảnh hưởng đến tổng thể dự án. [1], [2], [3]

Quy trình bắt đầu với hoạt động đầu tiên trong lịch trình và đặt ngày bắt đầu dự án vào ô thời gian bắt đầu sớm (ES) của hoạt động mốc “Bắt đầu”, trong đó thuật ngữ “hoạt động mốc” biểu thị hoạt động có thời gian bằng 0 đại diện cho một sự kiện quan trọng, thường là khởi đầu và/hoặc kết thúc dự án.

Nhiều dự án được lên lịch trình theo ngày làm việc và do đó, nếu tác động không được xem xét hoặc nếu không được chỉ dẫn khác, dự án có thể được giả định là bắt đầu vào một ngày 0.

Do đó, thời gian bắt đầu sớm của hoạt động “Bắt đầu” là $ES_{start} = (0, 0, 0, 0)$.

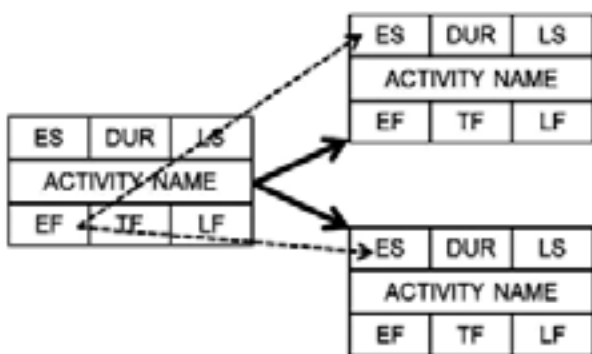
Nếu biểu thị thời gian của bất kỳ hoạt động nào là DUR, thì thời gian kết thúc sớm (EF) của hoạt động đó có thể được tính như sau:

$$EF = ES + DUR \quad (5)$$

Thời gian kết thúc sớm (EF) của hoạt động “Bắt đầu” sẽ là:

$$EF_{start} = ES_{start} + DUR_{start} = (0,0,0,0) + (0,0,0,0) \quad (6)$$

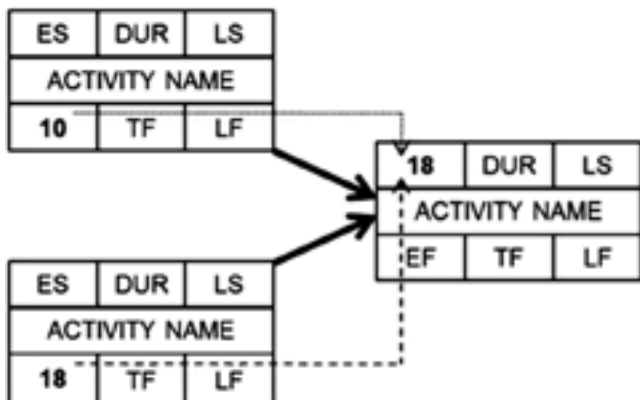
Thời gian kết thúc sớm của bất kỳ hoạt động nhất định nào sẽ trở thành thời gian bắt đầu sớm của các hoạt động tiếp theo nó.



Hình 2. Môi tương quan giữa kết thúc sớm và bắt đầu sớm của các hoạt động tiếp theo

(trong hình Activity name là Tên hoạt động)

$$\text{Do đó: } ESA = ESB = ESC = EF_{start} = (0, 0, 0, 0) \quad (7)$$



Hình 3. Bắt đầu sớm trong trường hợp có nhiều hoạt động trước đó

Đối với các hoạt động có nhiều hoạt động trước đó, ES cho bất kỳ hoạt động nào sẽ là EF lớn nhất (tức là mới nhất) trong tất cả các hoạt động trước đó, dựa trên logic mạng.

Theo đó, hoạt động F (hình 1) có hai hoạt động trước đó (E và B) nên:

$$\begin{aligned} ES_{(F)} &= \max [EF_{(B)}; EF_{(E)}] \\ &= \max [\langle ES_{(B)} + DUR_{(B)} \rangle; \langle ES_{(E)} + DUR_{(E)} \rangle] \\ &= \max [\langle (0, 0, 0, 0) + (6, 9, 10, 12) \rangle; \langle (4, 6, 6, 8) + (1, 3, 6, 9) \rangle] \\ &= \max [(6, 9, 10, 12); (5, 9, 12, 17)] \end{aligned}$$

Để xác định giá trị thu được nào lớn hơn, áp dụng công thức giải mờ để tính giá trị thực của các số mờ.

Các số mờ (6, 9, 10, 12) và (5, 9, 12, 17) được chuyển thành các số thực như sau:

$$D(6, 9, 10, 12) = \frac{(10^2 + 12^2 + 10 \times 12) - (6^2 + 9^2 + 6 \times 9)}{3 \times [(10 + 12) - (9 + 6)]}$$

$$D(6, 9, 10, 12) = 9.19$$

$$D(5, 9, 12, 17) = \frac{(12^2 + 17^2 + 12 \times 17) - (5^2 + 9^2 + 5 \times 9)}{3 \times [(12 + 17) - (9 + 5)]}$$

$$D(5, 9, 12, 17) = 10.08$$

Vì $10.8 > 9.19$ nên số (5, 9, 12, 17) > (6, 9, 10, 12), do đó: $ES(F) = (5, 9, 12, 17)$.

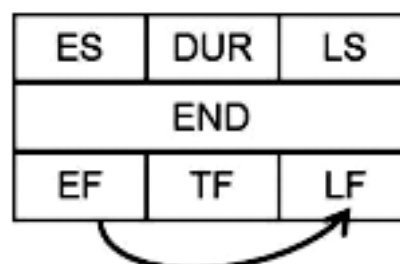
Tất cả các giá trị tính toán của ES và EF cho các hoạt động được đưa ra trong sơ đồ mạng được trình bày trong Bảng 2.

Bảng 2. Các giá trị của ES và EF cho các hoạt động trong sơ đồ mạng

Hoạt động	ES	DUR	EF
BẮT ĐẦU	(0,0,0,0)	(0,0,0,0)	(0,0,0,0)
A	(0,0,0,0)	(4,6,6,8)	(4,6,6,8)
B	(0,0,0,0)	(6,9,10,12)	(6,9,10,12)
C	(0,0,0,0)	(2,4,5,7)	(2,4,5,7)
D	(4,6,6,8)	(3,5,6,7)	(7,11,12,15)
E	(4,6,6,8)	(1,3,6,9)	(5,9,12,17)
F	(5,9,12,17)	(6,9,9,12)	(11,18,21,29)
KẾT THÚC	(11,18,21,29)	(0,0,0,0)	(11,18,21,29)

2.2. Tính toán theo chiều ngược

Tính toán theo chiều ngược là bước thứ hai của quy trình tính toán CPM và mục đích của nó là xác định thời điểm mới nhất mà một hoạt động có thể kết thúc hoặc bắt đầu mà không ảnh hưởng đến tổng thể dự án. [2]



Hình 4. Kết thúc sớm và muộn của hoạt động cuối cùng

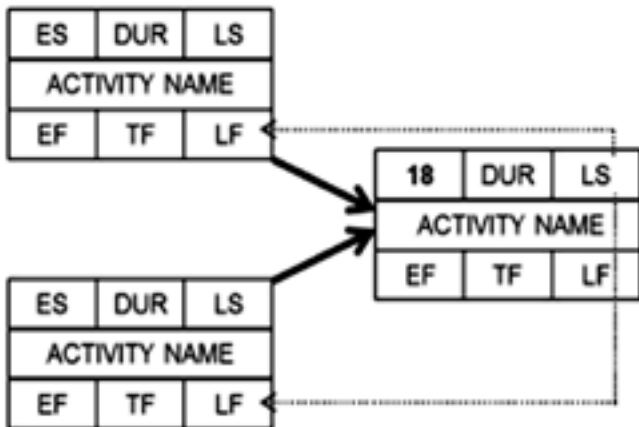
Việc tính toán theo chiều ngược phải được bắt đầu với hoạt động cuối cùng trong mạng và được thực hiện đối với hoạt động đầu tiên trong mạng.

Bước đầu tiên trong tính toán theo chiều ngược là lấy thời gian kết thúc sớm của hoạt động cuối cùng trong lịch trình làm thời gian kết thúc muộn (LF) của hoạt động đó, tức là $EFEND = LFEND$.

Khi thời gian kết thúc muộn của hoạt động cuối cùng đã được thiết lập, có thể tính thời gian bắt đầu muộn (LS) của hoạt động bằng cách trừ thời gian của hoạt động (DUR) cho thời gian kết thúc muộn:

$$LS = LF - DUR \quad (8)$$

Thời gian bắt đầu muộn của bất kỳ hoạt động nhất định nào sẽ trở thành thời gian kết thúc muộn cho hoạt động hoặc các hoạt động trước đó.

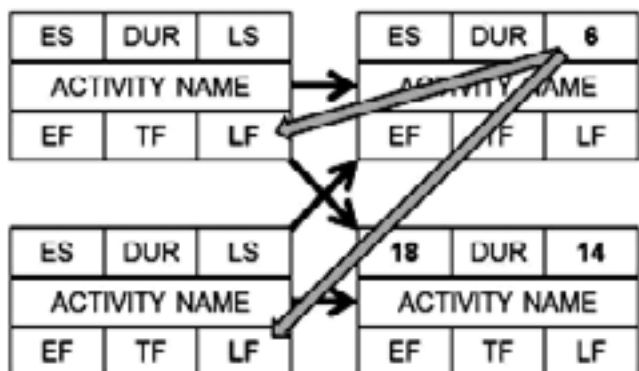


Hình 5. Môi trường quan giữa bắt đầu muộn và kết thúc muộn của các hoạt động trước đó

Khi đó:

$$LFC = LFD = LFF = LSEND = (11, 18, 21, 29) \quad (9)$$

Trong trường hợp các hoạt động có nhiều hoạt động kế tiếp, thời gian kết thúc muộn của một hoạt động nhất định sẽ là thời gian sớm nhất của các thời gian bắt đầu muộn của những hoạt động kế tiếp.



Hình 6. Kết thúc muộn trong trường hợp có nhiều hoạt động kế tiếp

Hoạt động A có hai hoạt động kế tiếp (D và E), vì vậy:

$$\begin{aligned} LF(A) &= \min[LS_{(D)}; LS_{(E)}] \\ &= \min[\langle LF_{(D)} - DUR_{(D)} \rangle; \langle LF_{(E)} - DUR_{(E)} \rangle] \\ &= \min[\langle (11, 18, 21, 29) - (3, 5, 6, 7) \rangle; \langle (-1, 9, 12, 23) - (1, 3, 6, 9) \rangle] \\ &= \min[(4, 12, 16, 26); (-10, 3, 9, 22)] \end{aligned}$$

So sánh các số mờ thu được sau khi giải mờ:

$$\begin{aligned} D(4, 12, 16, 26) \\ &= \frac{(16^2 + 26^2 + 16 \times 26) - (4^2 + 12^2 + 4 \times 16)}{3 \times [(16 + 26) - (4 + 12)]} = 14.6 \end{aligned}$$

Như vậy, số mờ (4, 12, 16, 26) tương đương với số thực 14.6.

$$\begin{aligned} D(-10, 3, 9, 22) \\ &= \frac{(9^2 + 22^2 + 9 \times 22) - [(-10)^2 + 3^2 + (-10) \times 3]}{3 \times [(9 + 22) - (-10 + 3)]} = 6 \end{aligned}$$

Số mờ (-10, 3, 9, 22) tương đương với số thực 6.

$$\text{Do đó: } LS(D) > LS(E) \quad (10)$$

$$\text{Kết quả: } LF(A) = \min[LS(D), LS(E)] = LS(E) \quad (11)$$

$$\text{Do đó: } LF(A) = (-10, 3, 9, 22) \quad (12)$$

Các giá trị được tính toán của LF và LS cho tất cả các hoạt động trong sơ đồ mạng được trình bày ở Bảng 3.

Bảng 3. Các giá trị của LF và LS cho các hoạt động

Hoạt động	LF	DUR	LS
BẮT ĐẦU	(0,0,0,0)	(0,0,0,0)	(-18,-3,3,18)
A	(-10,3,9,22)	(4,6,6,8)	(-18,-3,3,18)
B	(-1,9,12,23)	(6,9,10,12)	(-13,-1,3,17)
C	(11,18,21,29)	(2,4,5,7)	(4,13,17,27)
D	(11,18,21,29)	(3,5,6,7)	(4,12,16,26)
E	(-1,9,12,23)	(1,3,6,9)	(-10,3,9,22)
F	(11,18,21,29)	(6,9,9,12)	(-1,9,12,23)
KẾT THÚC	(11,18,21,29)	(0,0,0,0)	(11,18,21,29)

2.3. Tổng thời gian dự trữ

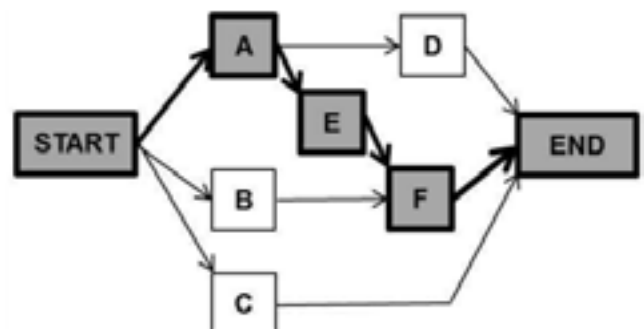
Phần thứ ba của tính toán lịch trình sử dụng CPM là tính toán tổng thời gian dự trữ hoặc thời gian trì hoãn. [2]

Tổng thời gian dự trữ (TF) là khoảng thời gian mà một hoạt động (hoặc toàn bộ chuỗi hoạt động) có thể được trì hoãn từ khi bắt đầu sớm mà không làm chậm ngày hoàn thành theo kế hoạch. Tổng thời gian dự trữ cho bất kỳ hoạt động nào có thể được tính như sau:

$$TF = LF - EF \quad (13)$$

Các giá trị tính toán của tổng thời gian dự trữ cho các hoạt động trong sơ đồ mạng ở Hình 3 sẽ được trình bày trong Bảng 3.

Mặc dù tổng thời gian dự trữ phải được tính toán và báo cáo cho mọi hoạt động trong mạng, nhưng nó là một thuộc tính của đường mạng và do đó không được liên kết với bất kỳ hoạt động cụ thể nào.



Hình 7. Đường găng mờ



Hình 8. Kết quả thu được khi giải quyết vấn đề bằng phương pháp đường găng tất định

Tổng thời gian dự trữ của hoạt động A, được xác định là $TFA = (-18, -3, 3, 18)$, sau khi giải mở sẽ là:

$$D(A) = \frac{(3^2 + 18^2 + 3 \times 18) - [(-18)^2 + (-3)^2 + (-18) \times (-3)]}{3 \times \{ (3+18) - [(-3) + (-18)] \}} = 0$$

Số mờ $(-18, -3, 3, 18)$ tương đương với số thực 0.

Bảng 4. Các giá trị tổng thời gian dự trữ (TF) của các hoạt động

Hoạt động	LF	EF	TF
BẮT ĐẦU	(0,0,0,0)	(0,0,0,0)	$(-18,-3,3,18)$
A	$(-10,3,9,22)$	$(4,6,6,8)$	$(-18,-3,3,18)$
B	$(-1,9,12,23)$	$(6,9,10,12)$	$(-13,-1,3,17)$
C	$(11,18,21,29)$	$(2,4,5,7)$	$(4,13,17,27)$
D	$(11,18,21,29)$	$(7,11,12,15)$	$(-4,6,10,22)$
E	$(-1,9,12,23)$	$(5,9,12,17)$	$(-18,-3,3,18)$
F	$(11,18,21,29)$	$(11,18,21,29)$	$(-18,-3,3,18)$
KẾT THÚC	$(11,18,21,29)$	$(11,18,21,29)$	$(-18,-3,3,18)$

Bảng 5. Các giá trị Tổng thời gian dự trữ (TF) của các hoạt động

Hoạt động	TF (số mờ)	TF (số thực)
BẮT ĐẦU	$(-18,-3,3,18)$	0
A	$(-18,-3,3,18)$	0
B	$(-13,-1,3,17)$	1.62
C	$(4,13,17,27)$	11.97
D	$(-4,6,10,22)$	8.08
E	$(-18,-3,3,18)$	0
F	$(-18,-3,3,18)$	0
KẾT THÚC	$(-18,-3,3,18)$	0

Trong sơ đồ mạng, có nhiều trường hợp có thể xảy ra, nhưng đường Găng là đường kéo dài từ khi bắt đầu dự án

đến khi kết thúc dự án mà trên đó tất cả các tổng thời gian dự trữ đều có giá trị bằng 0.

Điều này có nghĩa là đường găng cho vấn đề đã cho bao gồm các hoạt động Bắt đầu, A, E, F và Kết thúc (Hình 7).

III. Bàn luận

Nếu bài toán tương tự được giải quyết bằng cách sử dụng phiên bản CPM tất định, sẽ có bốn giải pháp, mỗi giải pháp dựa trên tập hợp dữ liệu khác nhau thu được từ một nguồn khác (Hình 8).

Các chuyên gia 1 và 2 dự đoán tổng thời gian của dự án nhất định như nhau (18 ngày), nhưng với các đường găng khác nhau đáng kể và dữ liệu quan trọng về bắt đầu và kết thúc các hoạt động.

Các chuyên gia 3 và 4 dự đoán thời gian dự án dài hơn nhiều (tương ứng là 24 và 23 ngày), và họ cũng đưa ra các đường găng khác nhau.

Giải pháp duy nhất phù hợp với giải pháp thu được bằng phương pháp đường Găng mờ đó là giải pháp dựa trên dữ liệu do Chuyên gia 2 cung cấp, tuy nhiên cũng sẽ có một số khác biệt khi xét đến thời điểm bắt đầu, kết thúc và tổng thời gian dự trữ của các hoạt động Găng.

Điều này không có nghĩa là các chuyên gia 1, 3 và 4 không đáng tin cậy, mà là ý kiến của họ dựa trên những kinh nghiệm và quan điểm khác nhau. Nếu cho rằng tất cả các dữ liệu được trình bày trong Bảng 5 đều đủ thích đáng, thì có thể kết luận rằng giải pháp thu được bằng phương pháp đường Găng mờ là giải pháp có thể xảy ra nhất vì nó bao gồm các thông tin khác nhau đáng kể từ bốn nguồn khác nhau nhưng đáng tin cậy và đưa ra các giới hạn thời gian không được xác định một cách tất định nhưng theo xác suất, tức là các khoảng thời gian.

Thời gian của các hoạt động trong ví dụ trình bày được có ý lấy khác nhau đáng kể nhằm sử dụng một nhóm nhỏ các hoạt động để minh họa cho việc các ý kiến và các nguồn khác nhau có thể dẫn đến các kết luận và quyết định khác nhau đáng kể. Trong trường hợp hoạt động E, có rất ít khả

(xem tiếp trang 80)

mức nước đầu vào giảm thì chỉ vận hành một bơm. Thông số bơm như sau:

- + Lưu lượng mỗi bơm 5000 m³/h;
- + Cột áp tổng 3 m cột nước;
- + Đường kính ống bơm D800 mm;
- + Công suất động cơ 75KW.

Kết cấu trạm bơm bằng BTCT (hình 7, 8) được thiết kế đơn giản tương tự như một cống xả có cửa phai ngăn nước vận hành bằng thiết bị điện, bơm được gắn vào cửa phai. Trước bơm có đặt một song chắn rác thủ công. Với kết cấu này chỉ tương đương như việc xây dựng một cống xả ở dòng chảy chính nên sẽ giảm rất nhiều kinh phí xây dựng.

Như vậy ở những dòng kênh mương hiện hữu mà đang có sẵn cống điều tiết nước, khi khả năng tiêu thoát bằng tự chảy không còn đảm bảo, có thể nghiên cứu cải tạo để tạo ra một cống bơm một cách nhanh chóng và dễ dàng.

V. Kết luận

Công nghệ chế tạo bơm luôn cải tiến cho ra những sản phẩm đa dạng với những ưu điểm vượt trội. Khi thiết kế trạm bơm chống ngập cần xem xét đến các thông số đặc thù chính của tiêu thoát nước mưa đó là: (1) Lưu lượng lớn và không ổn định; (2) Cột áp cần bơm nhỏ; (3) Trạm bơm hoạt động không liên tục (hoạt động theo mùa). Như vậy cần lựa

chọn được chủng loại bơm và kết cấu nhà trạm phù hợp có ảnh hưởng rất lớn đến quá trình vận hành khai thác, đảm bảo tính bền vững ổn định, hiệu quả kinh tế.

Cống bơm là công trình mới có nhiều ưu điểm nổi bật rất phù hợp với việc chống ngập cục bộ khi hệ thống thoát nước tự chảy không còn đảm bảo khả năng tiêu thoát do gặp mưa lớn hoặc triều cường. Có thể thấy rằng nếu chọn phương án xây dựng công trình cống bơm cho trường hợp chống ngập đường Nguyễn Hữu Cảnh Thành phố Hồ Chí Minh sẽ là phương án phù hợp.

Tài liệu tham khảo

1. Tài liệu Hội thảo Việt - Nhật về Quản lý nước mưa và chống ngập Đô Thị- Bộ Xây Dựng & Cơ quan hợp tác Quốc tế Nhật Bản, Ngày 15 tháng 11 năm 2018.
2. Hồ sơ thiết kế chống ngập Khu công nghiệp Đồng Văn II Tỉnh Hà Nam, tháng 1 năm 2018. Chủ trì thiết kế TS. KS Nguyễn Thanh Phong.
3. Máy Bơm và trạm bơm Cấp Thoát nước. Lê Thị Dung- Nhà xuất bản KH & KT 2002.
4. <https://vnexpress.net/vi-sao-duong-nguyen-huu-canh-van-ngap-du-co-sieu-may-bom-3765150.html>

Ứng dụng lý thuyết mờ lập tiến độ xây dựng...

(tiếp theo trang 74)

năng đối với cùng một hoạt động, một chuyên gia sẽ dự đoán rằng nó sẽ kéo dài 1 ngày, trong khi chuyên gia còn lại nói rằng nó sẽ là 9 ngày. Mặt khác, dự án giả thiết được trình bày chỉ có 6 hoạt động, trong khi các dự án xây dựng thực tế bao gồm hàng chục hoặc thậm chí hàng trăm hoạt động và do đó, ngay cả những khác biệt nhỏ một hoặc hai ngày cũng có thể tạo nên sự khác biệt đáng kể trong tổng thời gian dự án hoặc cấu trúc đường Găng.

Trong hình 8, có thể thấy rằng các kết quả khác nhau đáng kể khi xét đến cả hai khía cạnh quan trọng nhất của vấn đề, tức là tổng thời gian của dự án và cấu trúc đường Găng.

IV. Đánh giá

Trên thực tế, thời gian của các hoạt động xây dựng trong các kế hoạch xây dựng động thường được đánh giá dựa trên kinh nghiệm chuyên môn và khả năng phán đoán của các cá nhân có kinh nghiệm. Do đó, lý thuyết mờ và số mờ có thể là một lựa chọn tốt và là một công cụ toán học phù

hợp để giải quyết vấn đề không chính xác và tránh mọi tính chủ quan khi xem xét thời gian của hoạt động xây dựng.

Dự án giả thiết được trình bày trên hy vọng là công cụ rất hữu hiệu để giải quyết các vấn đề của kế hoạch xây dựng động.

Tài liệu tham khảo

1. Awss Hatim Mahmoud (2019), Critical Paths in a fuzzy construction project network, *International Journal of Civil Engineering and Technology* 10(1):1313-1321.
2. Dronder, Ahmet Oztas (2014), A CPM-based scheduling method for construction projects with fuzzy sets and fuzzy operations, *Journal of the South African Institution of Civil Engineering*, vol.56.
3. Phan Xuân Minh, Nguyễn Doãn Phước, Lý thuyết Điều khiển Mờ, NXB KHK, 2004.