

MỘT THUẬT TOÁN MỚI LẬP MẠNG CÔNG VIỆC AOA

PGS.TS. Nguyễn Văn Vy

Đại học Công nghệ - Đại học Quốc gia Hà Nội

TS. Trần Thị Song Minh

Đại học Kinh tế Quốc dân

Mạng công việc được sử dụng trong phương pháp đường găng (CPM) và phương pháp sơ đồ mạng (PERT) để phân tích và lập lịch cho nhiều bài toán đặt ra, đặc biệt trong quản lý các dự án. Tuy nhiên, chưa có một thuật toán nào cho phép lập sơ đồ mạng có công việc là cung AOA (Activities On Arcs) một cách đơn giản và chính xác. Phần lớn các tài liệu liên quan đến mạng AOA chỉ đưa ra các hướng dẫn vẽ nó mang tính kinh nghiệm và tình huống. Đã có một vài nghiên cứu giới thiệu một cách tiếp cận để xây dựng được mạng AOA từ một bảng phân rã công việc (WBS) đã cho, nhưng chỉ kiểm chứng qua ví dụ mà không được chứng minh. Nghiên cứu này trình bày một thuật toán lập mạng AOA từ một WBS để được một mạng AOA duy nhất, đơn giản và chính xác. Nhờ đó mà người làm quen lần đầu với phương pháp CPM/PERT có thể dễ dàng lập ngay được sơ đồ mạng cho ứng dụng. Tính đúng đắn của thuật toán đã được chứng minh và được minh họa qua một ví dụ.

Từ khóa: Bảng phân rã công việc, phương pháp đường găng, phương pháp sơ đồ mạng PERT, mạng có công việc là cung, mạng có công việc là đỉnh.

1. Đặt vấn đề

Phương pháp đường găng (CPM) là một kỹ thuật mô hình hóa dự án ra đời vào những năm 1950 ([Kell&59]). Cũng vào thời gian này, phương pháp sơ đồ mạng (PERT) được Booz Allen Hamilton thuộc hải quân Mỹ phát triển áp dụng cho chương trình chế tạo tên lửa Solaris của Hải quân Mỹ [Davi&06]. Từ đó đến nay, hai phương pháp này được ứng dụng rộng rãi trong các tổ chức, đặc biệt trong lĩnh vực quản lý dự án ([Hirs&94], [Howe01], [Hugh&02], [PMI.04], [Than06], [Phuo10],...).

Khi áp dụng hai phương pháp CPM và PERT cho quản lý dự án, quy trình được tiến hành đều gồm sáu bước [Will85]:

1. Xác định các công việc cụ thể;
2. Xác định trình tự giữa các công việc;
3. Lập sơ đồ mạng công việc;
4. Ước lượng thời gian hoàn thành mỗi công việc;
5. Xác định đường găng;
6. Cập nhật CPM/PERT cho tiến độ của dự án.

Trong quy trình này, lập sơ đồ mạng là khâu mô hình hóa quan trọng, làm cơ sở cho việc tính toán và

thực hiện các bước tiếp theo, mà nội dung về cơ bản là như nhau. Ở bước này, mỗi phương pháp lại sử dụng một dạng sơ đồ mạng khác nhau.

CPM sử dụng sơ đồ mạng AON (Activities On Nodes Network), mà mỗi đỉnh biểu diễn một công việc, các cung nối các công việc biểu diễn mối quan hệ trình tự giữa chúng. Cách lập sơ đồ này rất đơn giản, ai cũng có thể lập được một cách dễ dàng. Việc ứng dụng mạng AON có một phạm vi hạn chế.

Phương pháp PERT sử dụng sơ đồ mạng AOA (Activities On Arcs Network), trong đó mỗi cung biểu diễn một công việc, mỗi đỉnh biểu diễn sự kết thúc của một số công việc và là điểm bắt đầu cho một số công việc khác. Việc lập mạng AOA thường không đơn giản vì có thể phải sử dụng các công việc giả. Số lượng các công việc giả sẽ đặc biệt nhiều nếu dự án có quy mô quá lớn. Khi đó, với cùng một bảng công việc (*Work Breakdown Structure - WBS*) đã cho, người ta có thể đưa ra một vài mạng AOA khác nhau.

Trong nhiều tài liệu trình bày về phương pháp PERT ([Thai&69], [Than78], [Will85], [Coho&07], [Kiem&08]) cũng như trong các tài liệu ứng dụng

nó, để lập mạng AOA các tác giả chỉ đưa ra những quy tắc hướng dẫn mang tính kinh nghiệm và đưa ra một số trường hợp cụ thể để vẽ mạng AOA, để giải thích cách vẽ như thế nào là đúng, là sai.

Mạng AOA có nhiều lợi thế: vì là một đồ thị có hướng (oriented graph), nó có thể được chuyển sang dạng ma trận để tính toán như trên một bảng. Nó cũng rất thích hợp cho các kỹ thuật phân tích và mô hình hóa nhiều bài toán tối ưu ([Thai&69], [Cohé&07], ([Than10]) như bài toán luồng cực đại, tối ưu hóa phân phối nguồn lực của dự án,...

Vì vai trò quan trọng của mạng AOA, nên có nhiều phương pháp lập mạng AOA đã được nghiên cứu. Một loạt các phương pháp trực cảm để lập mạng AOA hướng đến việc tối thiểu hóa các công việc giả ([Dims63], [Spin80], [Sylo81], [Kamb&92], [Mich&93], [Kamb&00]) đã được đề xuất. Các phương pháp đi theo hướng này gặp nhiều khó khăn, vì theo Krishnamoorty và Deon [Kris&79] bài toán lập mạng AOA tối thiểu hóa các công việc giả là bài toán NP khó.

Mouhoub và Benhocine đã trình bày một thuật toán để xây dựng mạng AOA bằng cách chuyển một mạng AON sang mạng AOA [Mouh&11]. Thuật toán là khá phức tạp, và theo các tác giả độ phức tạp tính toán của thuật toán là $O(n^4)$. Một thuật toán khác xây dựng mạng AOA được Yuval Cohen, Arik Sadeh [Cohé&07] đề xuất, cho phép xác định duy nhất mạng AOA từ một WBS đã cho. Tuy nhiên, thuật toán chỉ được xem xét và thẩm định qua ví dụ mà không được chứng minh.

Dưới đây sẽ trình bày một thuật toán cho phép lập được một mạng AOA duy nhất, đơn giản và dễ dàng từ một WBS cho trước. Thuật toán này đã được giới thiệu trong tài liệu [Vy&09] của các tác giả trước đây, nhưng chưa được chứng minh đầy đủ.

2. Xây dựng thuật toán lập sơ đồ mạng công việc AOA

Giả thiết: chúng ta đã có một bảng phân rã công việc (WBS) xác định đúng đắn theo nghĩa là thứ tự trước – sau của các công việc là đúng đắn (không chứa chu trình), như ví dụ ở bảng 1.

Ý tưởng của thuật toán là tìm cách xác định các đỉnh trung gian của mạng AOA từ bảng WBS cho trước. Mỗi đỉnh trung gian được xác định đảm bảo rằng, mỗi công việc đi ra từ đỉnh này sẽ thỏa mãn ràng buộc ở cột “*Công việc đi trước*” cùng dòng với nó trong WBS. Khi đã xác định được các đỉnh trung gian của mạng AOA thì vẽ mạng bắt đầu từ đỉnh khởi đầu và các cung đi ra khỏi nó. Từng bước, mỗi

lần vẽ một đỉnh trung gian và các cung đi ra khỏi nó dựa vào ràng buộc cho ở bảng WBS cho đến khi đạt đến đỉnh kết thúc. Cuối cùng, xét điều kiện ràng buộc của từng công việc ở cột “*Công việc đi trước*”, nếu thiếu một ràng buộc nào thì bổ sung bằng cách thêm công việc giả vào đỉnh trung gian mà công việc đi ra.

Thuật toán được chia làm hai giai đoạn:

a. Giai đoạn 1: *Đánh dấu xác định các đỉnh trung gian của sơ đồ mạng.*

Bước 1: Duyệt cột “*Công việc đi trước*” của WBS. Nếu mọi bộ công việc đều được đánh dấu hoặc bị xóa thì chuyển đến bước 3 (giai đoạn 2).

Ngược lại, mỗi lần duyệt cột này từ trên xuống chỉ đánh dấu các bộ công việc (gồm một hay một số công việc) còn tự do (chưa đánh dấu hoặc chưa xóa) ở trên một dòng, có cùng số lượng công việc và có số lượng công việc là ít nhất (lần lượt bằng 1, hoặc 2, hoặc 3,..). Như vậy, có ít nhất một bộ công việc ở một dòng được đánh dấu trong bước này và số dòng công việc còn tự do của WBS giảm đi ít nhất một dòng.

Mỗi bộ công việc được đánh dấu sẽ xác định một đỉnh trung gian của sơ đồ mạng công việc AOA và là sự kiện kết thúc của các công việc thuộc bộ này, cũng là điểm bắt đầu của tất cả các công việc có bộ công việc này ở cột “*Công việc đi trước*” cùng dòng với nó.

Bước 2: Duyệt tất cả các bộ công việc ở mỗi dòng thuộc cột “*Công việc đi trước*” của WBS còn tự do (chưa đánh dấu hoặc chưa bị xóa). Nếu chúng có chứa một trong những bộ công việc vừa được đánh dấu ở bước 1 thì xóa đi và quay lại bước 1.

Giai đoạn 1 kết thúc khi cột “*Công việc đi trước*” của WBS không còn bộ công việc tự do nào.

Bổ đề 1. *Quá trình xác định đỉnh trung gian kết thúc sau một số hữu hạn các bước 1.*

Điều này là hiển nhiên, vì mỗi lần thực hiện bước 1 thì cột “*Công việc đi trước*” của WBS giảm đi ít nhất một dòng – tương ứng với một công việc. Số công việc của WBS là hữu hạn nên sau số lần thực hiện bước 1 tối đa bằng số công việc của WBS thì giai đoạn 1 phải kết thúc vì cột “*Công việc đi trước*” của WBS không còn bộ công việc tự do.

Hệ quả 1. *Số các đỉnh trung gian của sơ đồ mạng xác định ở giai đoạn 1 là hữu hạn.*

Theo bổ đề 1, số các bước 1 là hữu hạn. Thêm vào đó, mỗi bước 1 ta xác định được 1 số hữu hạn bộ công việc khác nhau – mỗi bộ này xác định một

đỉnh trung gian, nên tất cả các bộ công việc khác nhau của giai đoạn 1 là hữu hạn. Số đỉnh trung gian của mạng bằng tổng số các *bộ công việc khác nhau* (+ số dòng của cột “Công việc đi trước” có các bộ công việc bị xóa hết – xác định các đỉnh giả) được xác định ở giai đoạn 1 là hữu hạn.

Bổ đề 2. Các bộ công việc đi trước của WBS được xác định bằng các bước của giai đoạn 1 là duy nhất

Ở bước 1, việc đánh dấu các *bộ công việc đi trước* chỉ có một cách duy nhất: Nếu có các *bộ một công việc* chưa đánh dấu thì đánh dấu tất cả chúng. Nếu không còn *bộ một công việc* chưa đánh dấu nào thì đánh dấu tất cả các *bộ có hai công việc* (nếu có),... Việc xóa đi các bộ công việc vừa đánh dấu ở bước 1 trong các *bộ công việc đi trước* còn lại ở bước 2 cũng hoàn toàn xác định, không có sự nhập nhằng nào. Vì vậy kết quả giai đoạn 1 cho các *bộ công việc đi trước* được đánh dấu là duy nhất.

b. Giai đoạn 2: Vẽ sơ đồ mạng.

Bước 3: Trước hết vẽ đỉnh 0. Vẽ tất cả các công việc của WBS không đi sau một công việc nào đi ra từ đỉnh này. Loại các công việc vừa được vẽ khỏi bảng WBS.

Bước 4: Vẽ đỉnh thứ n và các công việc đi ra từ nó

Giả sử ta đã vẽ được đỉnh thứ $(n-1)$ (đỉnh $n-1$ đầu tiên là đỉnh 0) và tất cả các cung công việc đi ra khỏi nó.

Xét các công việc còn lại trong bảng WBS, có thể xây ba trường hợp:

Trường hợp 1: Các công việc của WBS đã bị loại hết. Khi đó, ta cho tất cả các công việc chưa có đỉnh kết thúc kết thúc tại đỉnh thứ n , là đỉnh cuối cùng của mạng AOA. Quá trình vẽ mạng kết thúc.

Trường hợp 2: Tìm một bộ công việc được đánh dấu trong cột “*Công việc đi trước*” ở một dòng của WBS có chứa các công việc đã vẽ. Vẽ đỉnh thứ n là sự kiện kết thúc cho các công việc thuộc bộ này. Tìm tất cả các công việc của WBS mà ở cột “*Công việc đi trước*” chứa bộ công việc vừa được xác định, vẽ chúng đi ra từ đỉnh n .

Trường hợp 3: Tìm một bộ công việc trong cột “*Công việc đi trước*” ở một dòng của WBS có chứa các công việc đã vẽ trong sơ đồ, nhưng các bộ công việc đã bị xóa hết. Khi đó cần thêm một đỉnh giả và vẽ tất cả các công việc, mà ở cột “*Công việc đi trước*” tương ứng có cùng các công việc đã bị xóa hết như của bộ vừa xác định được, và đi ra khỏi đỉnh

giả này (đỉnh giả không có công việc đi vào).

Lặp lại bước 4 cho đến khi các bộ công việc ở cột “*Công việc đi trước*” của WBS đã bị loại hết.

Bước 5: Xác định các công việc giả

Các công việc giả chỉ liên quan đến các bộ công việc bị xóa ở các dòng thuộc cột “*Công việc đi trước*” của WBS.

Nếu một dòng nào đó thuộc cột “*Công việc đi trước*” của WBS có một bộ công việc bị xóa thì ta thêm một công việc giả từ đỉnh tương ứng với bộ công việc bị xóa đến đỉnh mà công việc ở dòng này đi ra.

Chú ý: ở một dòng có thể có một số bộ công việc bị xóa, khi đó sẽ có một số công việc giả đi đến đỉnh mà công việc dòng này đi ra.

Bước 6: Đánh số các đỉnh của sơ đồ mạng

Đánh số 0 cho đỉnh khởi đầu và đánh số 1, 2, ... cho các đỉnh tiếp theo (đỉnh trung gian) nhưng đảm bảo nguyên tắc: Số của đỉnh cuối công việc phải lớn hơn số đỉnh đầu công việc.

Việc đánh số các đỉnh của mạng AOA là không duy nhất, trừ đỉnh đầu và đỉnh cuối cùng.

3. Chứng minh tính đúng đắn của thuật toán

Định lý 1: Mạng AOA được xây dựng bằng thuật toán trên kết thúc sau một số hữu hạn bước.

Chứng minh: Thật vậy, giai đoạn 1 của thuật toán kết thúc sau một số hữu hạn các bước 1 (bổ đề 1). Giai đoạn 2 kết thúc sau số bước 4 bằng số đỉnh trung gian, mà theo hệ quả 1 cũng là hữu hạn.

Định lý 2: Mạng được xác định bằng thuật toán trên là duy nhất và hoàn toàn thỏa mãn điều kiện của WBS đã cho.

Chứng minh: Việc vẽ sơ đồ mạng được tiến hành bằng cách vẽ dần các đỉnh trung gian, mà mỗi đỉnh trung gian (tương ứng với một bộ công việc đi trước trong WBS đã được đánh dấu) đã được xác định duy nhất (bổ đề 2) và thỏa mãn các điều kiện đã xác định ở cột “*Công việc đi trước*” của WBS (các công việc đi ra từ 1 đỉnh được xác định). Vì thế mạng AOA là duy nhất.

Thêm nữa, mỗi công việc trong WBS đều thỏa mãn điều kiện ràng buộc ở cột “*Công việc đi trước*”. Thật vậy, xét một công việc bất kỳ trong bảng WBS. Nếu toàn bộ các công việc đi trước của công việc này là một bộ được xác định trong bước 1, điều kiện ràng buộc ở cột “*Công việc đi trước*” của nó hiển nhiên được thỏa mãn, vì công việc được xét đi ra từ đỉnh kết thúc của tất cả các công việc thuộc bộ công việc đi trước nó. Nếu trong *bộ các công việc đi*

trước của công việc được xét có những bộ công việc bị xóa, thì ràng buộc về các bộ công việc bị xóa này đã được bổ sung bằng công việc giả đi đến từ đỉnh kết thúc của bộ các công việc bị xóa.

4. Ví dụ minh họa thuật toán

Giả sử cho trước một bảng phân rã công việc WBS có nội dung ở bảng 1.

Quá trình vận dụng thuật toán đề xuất ở phần 2 cho bảng 1 được mô tả cụ thể như sau:

a. Giai đoạn 1: Đánh dấu xác định các đỉnh trung gian của mạng.

Bước 1: Trong cột “Công việc đi trước” của bảng công việc (bảng 2) có 4 dòng 4, 5, 7, 10 có các bộ công việc chỉ gồm 1 công việc là a, b, c và g nên ta đánh dấu chúng (bằng cách đưa vào trong ngoặc).

Bảng 1: Bảng phân rã công việc cho trước

TT	Tên công việc	Công việc đi trước	TT	Tên công việc	Công việc đi trước
1	a	-	7	g	a
2	b	-	8	h	a,d
3	c	-	9	i	a,d
4	d	b	10	K	g
5	e	c	11	l	h, k
6	f	b,c			

Kết quả cho ở cột “Bước 1” của bảng 2.

Bước 2: Trong cột “Công việc đi trước” của bảng công việc, có dòng 6 chứa hai bộ công việc đã được đánh dấu ở bước 1 là (b) và (c); dòng 8 và 9 chứa bộ (a) đánh dấu ở bước 1, ta xóa đi những bộ này (xem kết quả ở cột “Bước 2” bảng 2). Loại các bộ công việc đi trước đã đánh dấu và bị xóa khỏi bảng, chuyển sang bước 1’.

Bước 1’: Trong cột “Công việc đi trước” của bảng bây giờ chỉ còn 3 dòng (8, 9, 11): trong đó ở dòng 8 và 9 chỉ có một công việc là d, ta đánh dấu

hai bộ một công việc này (xem cột “Bước 1” bảng 2).

Bước 2’: Trong bảng công việc sau đánh dấu, không có dòng nào chứa bộ công việc vừa đánh dấu ở bước 1’, nên không cần thực hiện thao tác xóa (xem cột “Bước 2” trong bảng 2). Chuyển sang bước 1”.

Bước 1”: Trong cột “Công việc đi trước” của bảng công việc bây giờ chỉ còn duy nhất một dòng 11 với 2 công việc {h,k}, ta đánh dấu chúng. Giai đoạn 1 kết thúc vì trong cột “Công việc đi trước” không còn dòng nào. (xem cột “Bước 2” trong bảng 2).

Như vậy, kết quả việc đánh dấu các bộ công việc và xóa chúng trong giai đoạn 1 được cho ở bảng 3. Trong đó có 6 bộ công việc: (a), (b), (c), (d), (g) và (h,k) được đánh dấu. Chúng xác định 6 đỉnh trung gian của mạng AOA tương ứng với bảng 1.

b. Giai đoạn 2: Vẽ sơ đồ

Bước 3: Vẽ đỉnh đầu tiên đánh số 0. Từ đỉnh 0, vẽ 3 công việc đi ra là a, b, c là những công việc không đi sau một công việc nào. Loại các công việc a, b, c đã được vẽ ra khỏi bảng.

Bước 4a: Vì a được đánh dấu nên sau a ta vẽ đỉnh 1. Có duy nhất công việc g đi sau a, ta vẽ g từ đỉnh 1 (là kết thúc của a). Loại g khỏi bảng.

Bước 4b: Vì b được đánh dấu nên sau b ta vẽ đỉnh 2. Có duy nhất công việc d đi sau b, ta vẽ d từ đỉnh 2 (kết thúc của b). Loại d khỏi bảng.

Bước 4c: Vì c được đánh dấu nên sau c ta vẽ đỉnh 3. Có duy nhất công việc e đi sau c, ta vẽ e từ đỉnh 3 (là kết thúc của c). Loại e khỏi bảng.

Bước 4d: Công việc f đi sau công việc b và c đã được vẽ trong sơ đồ, và cả hai công việc b và c này đều đã bị xóa, vậy cần thêm một đỉnh giả 4, và vẽ f

Bảng 2: Thực hiện các bước của giai đoạn 1

TT	Tên công việc	Bước 1	Bước 2	Bước 1’	Bước 2’	Bước 1”	Bước 2”
		Công việc đi trước	Công việc đi trước	Công việc đi trước	Công việc đi trước	Công việc đi trước	Công việc đi trước
4	d	(b)	(b)				
5	e	(c)	(c)				
6	f	b,c	(b) , (c)				
7	g	(a)	(a)				
8	h	a,d	(a) , d	(a) , (d)			
9	i	a,d	(a) , d	(a) , (d)			
10	k	(g)	(g)				
11	l	h, k	h, k	h, k	h, k	(h,k)	

Bảng 3: Kết quả thực hiện các bước của giai đoạn 1

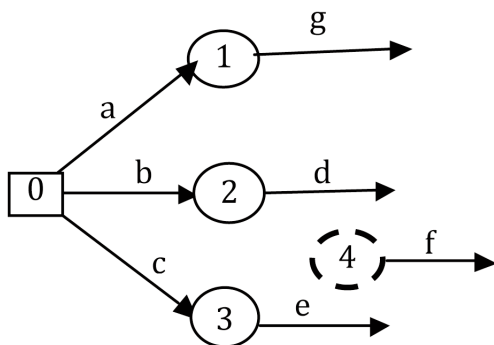
TT	Tên công việc	Công việc đi trước	TT	Tên công việc	Công việc đi trước
1	a	-	7	g	(a)
2	b	-	8	h	(a) , (d)
3	c	-	9	i	(a) , (d)
4	d	(b)	10	k	(g)
5	e	(c)	11	l	(h, k)
6	f	(b) , (c)			

đi ra từ đỉnh giả này. Loại f khỏi bảng. Kết quả nhận được đến bước này cho ở bảng 4 và hình 1.

Bảng 4: Bảng công việc còn lại sau 4 lần lặp lại bước 4 của giai đoạn 2

TT	Tên công việc	Công việc đi trước
8	h	(a) , (d)
9	i	(a) , (d)
10	k	(g)
11	l	(h, k)

Hình 1: Mạng công việc sau bước 4d



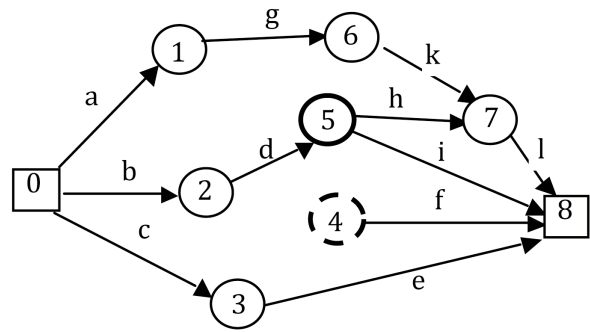
Tiếp tục, vì d và g được đánh dấu nên ta vẽ đỉnh 5 sau d và đỉnh 6 sau g. Từ đỉnh 5 ta vẽ hai công việc h và i đi ra (vì chúng đi sau d). Từ đỉnh 6 sau g ta vẽ công việc k (vì k đi sau g). Công việc l chưa vẽ có chứa bộ {h, k} mà công việc h và k đã được vẽ, nên ta vẽ đỉnh 7 là kết thúc của công việc h và k. Đến đây tất cả các công đã được vẽ, ta thêm đỉnh 8 và cho các công việc chưa có đỉnh kết thúc là e, f, i, l

Tài liệu tham khảo:

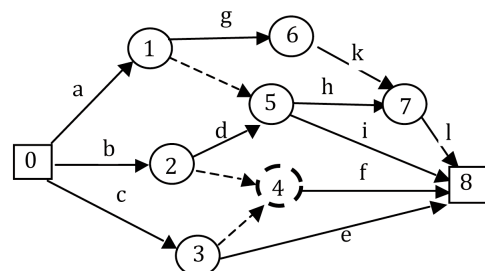
[Agar&96] M. K. Agarawal, S. E. Elmaghraby, W. S. Herroelen, 1996. DAGEN a generator for test sets for project activity nets, *European Journal of Operational Research*, 90, 376-382.

[Cohe&07] Yuval Cohen, Arik Sadeh. 'A New Approach for Constructing and Generating AOA Networks', *Journal of Computer Science*, Volume 1, Issue 1. 2007.

Hình 2: Mạng công việc AOA sau khi kết thúc bước 4



Hình 3: Mạng công việc AOA sau khi kết thúc bước 6



kết thúc tại đây (xem hình 2).

Bước 5: Dòng 8 ở cột “Công việc đi trước” có bộ (d) xác định đỉnh 5 và bộ (a) bị xóa, nên cần thêm công việc giả từ đỉnh 1 sau (a) đến đỉnh 5. Cũng tương tự, ở dòng 6 có bộ (b) và (c) tất cả bị xóa, đã phải thêm đỉnh giả 4 (ở bước 4), nên cần thêm hai công việc giả từ đỉnh 2 (sau b) và đỉnh 3 (sau c) đến đỉnh giả 4. Bước 5 kết thúc, vì cột “Công việc đi trước” của bảng không còn dòng có bộ công việc bị xóa. Mạng công việc AOA kết quả cho ở hình 3. Mạng có 3 công việc giả và một đỉnh giả.

Bước 6: Việc đánh số các đỉnh của mạng thỏa mãn yêu cầu đặt ra nên không cần đánh số lại các đỉnh.

Kết luận

Thuật toán đề xuất trong nghiên cứu này đã được chứng minh đầy đủ về mặt logic toán học. Nó cho phép xây dựng mạng công việc AOA duy nhất từ một bảng WBS cho trước. Các thao tác của thuật toán là đơn giản, trực quan, rất dễ dàng sử dụng cho việc lập kế hoạch quản lý dự án và các kỹ thuật phân tích của các bài toán ứng dụng khác. □

- [DA112.04] Đề án 112: *Quản lý và tổ chức thực hiện các dự án CNTT*, NXB Tư pháp, 2004. trang 85-90
- [Davi&06] David I. Cleland, Roland Gareis (2006). *Global project management handbook*. McGraw-Hill Professional, 2006
- [Deme&93] E. Demeulemeester, B. Dodin, and W. Herroelen, 1993. A random activity network generator, *Operations Research*, 41 (5), 972-980.
- [Dims63] D. Dimsdale, 1963. *Computer construction of minimal project network*, IBM systems journal, 2, 24-36.
- [Fish&68] A.C. Fisher, D.S. Liberman, and G.L. Nemhauser, 1968. Computer construction of project networks, *Communications of the ACM*, 11, 493-497.
- [Haye69] M. Hayes, 1969. The role of activity precedence relations in node-oriented networks. In *H.J.M. Lombaers (ed.), Project planning by network analysis*, North-Holland Publishing Company, Amsterdam, 128-146.
- [Hirs&94] Georges Hirsch, Đặng Hữu Đạo, Nguyễn Tiến Dũng, Nguyễn Chân. *Quản lý dự án*, NXB Giáo dục, Trung tâm Pháp – Việt về Quản lý, Hà Nội, 1994, trang: 188-209.
- [Howe01] Norman R. Howes, *Modern Project Management*. (Successfully Integrating Project Management Knowledge Areas and Process). AMCOM – American Management Association, 2001.
- [Hugh&02] Bob Hughes & Mike Cotterell. *Software Project Management*, Third Edition. McGraw-Hill, 2002.
- [Kamb&92] J. D. Kamburowski, J. Michael, and M. Stallman, 1992. Optimal construction of Project Activity Networks, *Proceeding of the Annual Meeting of the Decision Sciences Institute*, San-Francisco, CA, 1424-1426.
- [Kamb&00] J. D. Kamburowski, J. Michael, and M. Stallman, 2000. Minimizing the Complexity of an Activity Network, *Networks*, 36 (1), 47-52.
- [Kell&59] Kelley, James; Walker, Morgan. *Critical-Path Planning and Scheduling*. 1959 Proceedings of the Eastern Joint Computer Conference.
- [Kiem&08] Lê Văn Kiêm, Ngô Quang Tương. *Quản lý dự án bằng sơ đồ mạng*. NXB Xây dựng, 2008, trang: 13-20.
- [Kris&79] M. S. Krishnamoorthy, and N. Deon, 1979. *Complexity of minimum-Dummy-Activities Problem in a PERT Network*, *Networks*, 9, 189-194.
- [Mich&93] D. Michael, J.Kambourowski and M. Stalim, On the minimum dummy-arc problem, *Recherche opérationnelle/Operations Research*, vol. 27, no 2, 1993, p. 153-168.
- [Mouh&11] Nasser Eddine Mouhoub, Abdelhamid Benhocine. *An efficient algorithm for generating AoA network A networks*. Information System department, Qassim University, Saudi Arabia. Abdelhamid-benhocine@yahoo.fr. 2011.
- [Phuo10] Từ Quang Phương. *Quản lý dự án*. NXB Đại học Kinh tế Quốc dân, Hà nội 2010.
- [PMI.04] Project Management Institute. *A Guide to the, Project Management Body of Knowledge*, 3rd Edition, ANSI/PMI, 2004.
- [Spin80] J. Spinard, 1980. The Minimum Dummy Task Problem, *Networks*, 16, 331-348.
- [Sylo81] M..M. Syslo, 1981. Optimal Construction of Event-Node Networks, *RAIRO*, 15, 241-260.
- [Sylo84] M..M. Syslo, 1984. On the Computational Complexity of the Minimum dummy Activities Problem in PERT Network, *Networks*, 14, 37-45.
- [Thai&69] Nguyễn Quang Thái, Hoàng Phong Oanh. *Phương pháp sơ đồ mạng lưới*. NXB Khoa học và Kỹ thuật, Hà Nội, 1969.
- [Than06] Trịnh Quốc Thắng. *Quản lý dự án xây dựng*. NXB Khoa học và Kỹ thuật, Hà Nội, 2006.
- [Than78] Trịnh Quốc Thắng. *Sơ đồ mạng trong xây dựng*. Trường Đại học Xây dựng Hà Nội, 1978.
- [Than10] Trịnh Quốc Thắng. *Các phương pháp sơ đồ mạng trong xây dựng*. NXB Xây dựng, Hà Nội, 2010.
- [Vy&09] Nguyễn Văn Vy, Nguyễn Việt Hà. *Giáo trình kỹ nghệ phần mềm*, NXB Giáo dục Việt nam, Hà Nội, 2009/2010, Trang: 246-251.
- [Will85] Willis, R.J. 1985. *An algorithm for constructing project network diagrams on an ordinary line printer*. Computers & Operations Research, Volume 12, Issue 2, 1985, Pages 163-168.