

PGS. TS. TRỊNH QUỐC THẮNG

**CÁC PHƯƠNG PHÁP
SƠ ĐỒ MẠNG
TRONG XÂY DỰNG**

(Tái bản)

NHÀ XUẤT BẢN XÂY DỰNG
HÀ NỘI - 2010

LỜI NÓI ĐẦU

Sơ đồ mạng là một phương pháp toán học hiện đại dùng để lập kế hoạch tiến độ và điều khiển tiến độ cho những dự án của nhiều lĩnh vực như xây dựng, giao thông, thủy lợi.

Các nước Tây Âu, Mĩ và các nước ASEAN hết sức quan tâm nghiên cứu và ứng dụng rộng rãi các phương pháp sơ đồ mạng trong sản xuất.

Những năm gần đây, hàng loạt công trình xây dựng liên doanh với nước ngoài, chủ đầu tư đều yêu cầu các nhà thầu xây dựng, phải lập tiến độ bằng sơ đồ mạng trong hồ sơ đấu thầu. Các doanh nghiệp xây dựng dùng sơ đồ mạng để chỉ đạo kế hoạch, đã hoàn thành công trình đúng thời hạn đã định.

Thực tế hiện nay khi nước ta đã là thành viên của WTO, để có thể hội nhập khi thực hiện các dự án đầu tư xây dựng đòi hỏi cần có sự nghiên cứu, phổ biến và ứng dụng rộng rãi các phương pháp sơ đồ mạng. Đáp ứng nhu cầu trên Nhà xuất bản Xây dựng xuất bản cuốn sách "Các phương pháp sơ đồ mạng trong xây dựng" của PGS. TS. Trịnh Quốc Thắng - Giảng viên Trường đại học Xây dựng. Cuốn sách là giáo trình cho việc học tập của sinh viên các trường Đại học chuyên ngành xây dựng đồng thời có thể làm tài liệu tham khảo cho các kỹ sư, các cán bộ kỹ thuật đang công tác trong lĩnh vực xây dựng cơ bản và đồng đảo bạn đọc có quan tâm đến sơ đồ mạng.

Xin trân trọng giới thiệu cùng bạn đọc và mong sự góp ý để cuốn sách được tốt hơn.

Nhà xuất bản xây dựng

Chương 1

CÁC PHƯƠNG PHÁP SƠ ĐỒ MẠNG

TRONG XÂY DỰNG

1.1. MỞ ĐẦU

Một trong những thành tựu to lớn của ngành xây dựng trong nửa cuối thế kỉ 20 là việc áp dụng sơ đồ mạng trong việc lập kế hoạch tiến độ xây dựng. Sơ đồ mạng bắt nguồn từ lý thuyết đồ thị nên còn được gọi là phương pháp Graph, nó là một công cụ toán học hiện đại, diễn tả kế hoạch, tiến độ hoặc một dự án, trong đó thể hiện trình tự và mối quan hệ của các công việc.

Sơ đồ mạng được sử dụng để lập kế hoạch và điều khiển tiến độ thi công các dự án, từ dự án xây dựng một chiếc cầu lớn qua sông, xây dựng một tuyến đường cao tốc, một khách sạn cao tầng đến dự án chế tạo tên lửa... Ngày nay, để giải quyết bất kỳ một nhiệm vụ phức tạp nào trong nghiên cứu khoa học - kỹ thuật, kinh tế - xã hội, an ninh - quốc phòng... người ta đều sử dụng sơ đồ mạng như là một công cụ hữu hiệu để đạt tới mục đích cuối cùng.

Một dự án bao gồm nhiều công việc. Muốn thực hiện dự án một cách khoa học, đúng tiến độ và đạt chất lượng cao, đòi hỏi phải biết chính xác:

- Dự án cần bao nhiêu thời gian để hoàn thành;
- Vào lúc nào có thể bắt đầu hoặc kết thúc công việc; nếu công việc bị kéo dài thì có thể kéo dài bao nhiêu ngày, để vẫn bảo đảm hoàn thành kế hoạch;
- Những công việc nào là trọng tâm, cần sự tập trung chỉ đạo;
- Nếu cần rút ngắn thời hạn xây dựng thì làm thế nào.

Sơ đồ mạng sẽ giúp chúng ta trả lời các câu hỏi đó.

Hiện nay, trong xây dựng có nhiều loại sơ đồ được dùng để thể hiện tiến độ. Nhưng thông dụng hơn cả là sơ đồ ngang và sơ đồ xiên.

A. Sơ đồ ngang, còn gọi là sơ đồ Găng (Gantt Chart)

Henry Gantt là tên một kỹ sư người Pháp, người đầu tiên dùng sơ đồ này trong công việc lập kế hoạch vào đầu thế kỷ 19 năm 1903. Giả sử cần phải xây dựng m ngôi nhà giống nhau ta có thể tổ chức xây dựng theo ba phương pháp: Tuần tự, song song và dây chuyền.

Các phương pháp tổ chức này có thể được diễn tả bằng sơ đồ ngang (hình 1.1).

1						
2						
3						
...						
...						
m						

a) Phương pháp tuần tự

Hình 1.1: Sơ đồ ngang thể hiện các phương pháp tổ chức

Như vậy, chỉ cần một hệ toạ độ vuông góc, trong đó trục tung thể hiện công việc, trục hoành thể hiện thời gian, chúng ta đã diễn tả được một phương pháp tổ chức sản xuất, một kế hoạch xây dựng tương đối đơn giản, rõ ràng. Chính vì vậy phương pháp này được sử dụng đầu tiên để lập kế hoạch tiến độ xây dựng. Ưu điểm cơ bản của sơ đồ ngang là dùng được cho nhiều đối tượng, dễ lập và dễ điều chỉnh, bổ sung... nên đến nay vẫn được dùng phổ biến. Tuy nhiên, nó có nhược điểm là không thể hiện được các dự án phức tạp, không thấy rõ mối liên hệ logic của các công việc trong dự án.

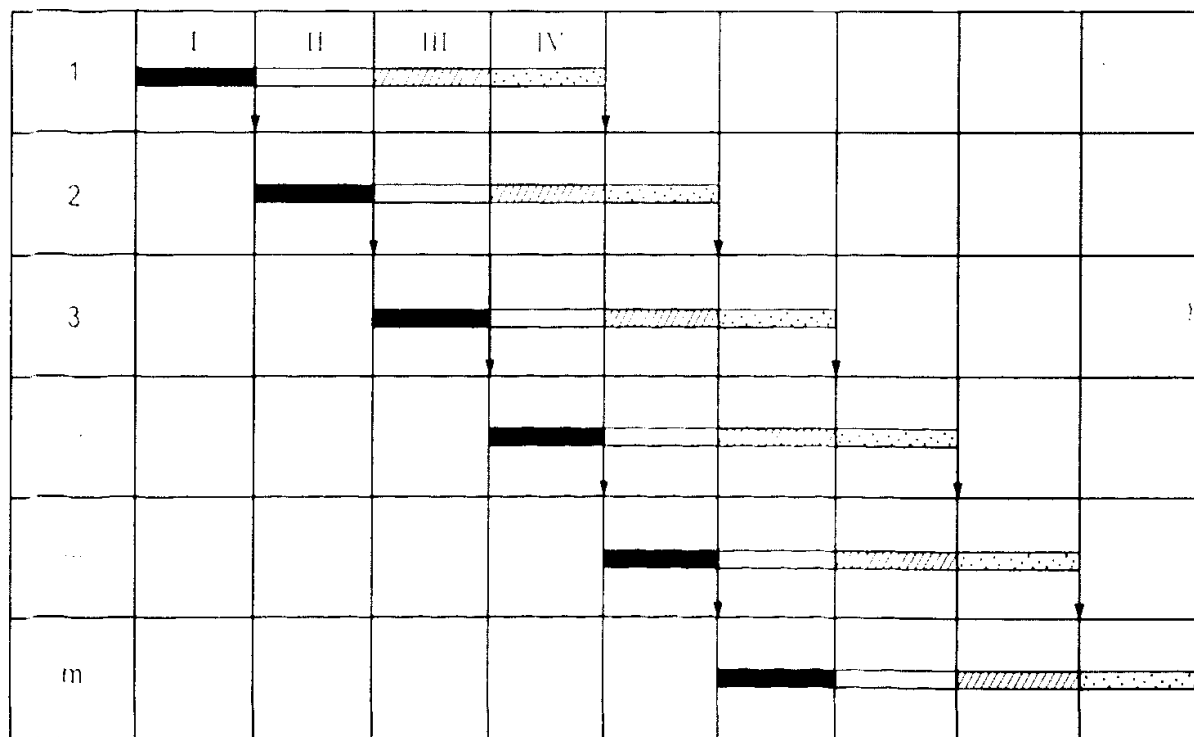
B) Sơ đồ xiên (cyclogram) còn gọi là sơ đồ chu kì:

Là sơ đồ không những diễn tả tiến trình công việc theo thời gian, mà còn thể hiện được mối liên quan giữa các công việc trong không gian. Vì vậy, nó rất thích hợp để thể hiện dự án tổ chức theo phương pháp dây chuyền, nhằm đảm bảo tính liên tục và điều hoà, sự phối hợp nhịp nhàng trong sản xuất. Trở lại với ví dụ trên, gia sư phải xây dựng m ngôi nhà giống nhau. Ta tổ chức sản xuất theo phương pháp dây chuyền, nghĩa là chia nhỏ công nghệ xây dựng ngôi nhà thành nhiều công việc; mỗi công việc được thiết lập một dây chuyền; các dây chuyền này lần lượt đi qua m ngôi nhà.

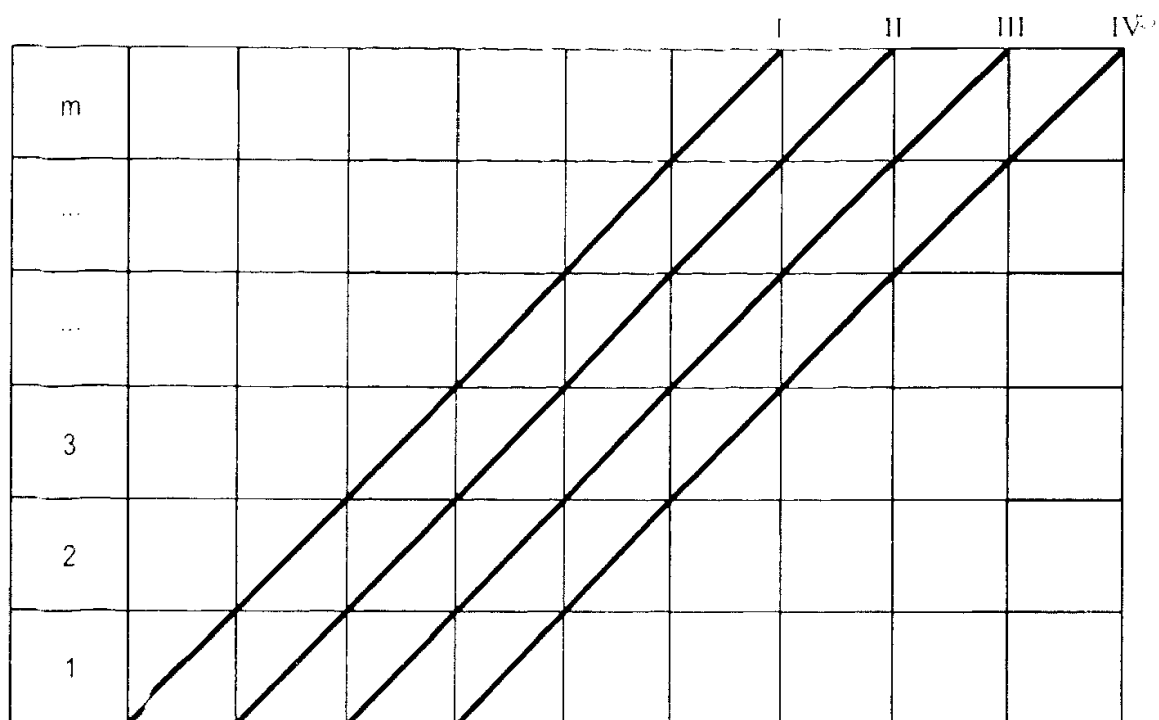
1	
2	
3	
...	
...	
m	

b) Phương pháp song song

Từ hệ toạ độ vuông góc, trục tung thể hiện các ngôi nhà hay còn gọi là phân đoạn; trục hoành thể hiện thời gian, các đường xiên thể hiện công việc (sơ đồ hình 1.2).



c) Phương pháp dây chuyền



Hình 1.2: Dây chuyền xây dựng m ngôi nhà

Tuy nhiên, sơ đồ xiên cũng như sơ đồ ngang chỉ là một mô hình tĩnh, vì các thông số đã được tính trước (về không gian, chia thành các phân đoạn).

Về thời gian lựa chọn một chu kỳ là k ngày... rồi thể hiện lên sơ đồ). Đối với các dự án lớn, phức tạp, sơ đồ xiên không thể hiện hết những vấn đề đặt ra, nhất là khi phải giải quyết những bài toán tối ưu, như rút ngắn thời hạn xây dựng, hoặc những dự án không tính được thời hạn xây dựng theo các phương pháp thông thường, mang nhiều yếu tố ngẫu nhiên. Đó cũng là nhược điểm của loại sơ đồ này.

c) Sơ đồ mạng (Network Diagram)

So với sơ đồ mạng và sơ đồ xiên, sơ đồ mạng có những ưu điểm hơn hẳn. Sơ đồ mạng được xây dựng trên mô hình toán học hiện đại, đó là lý thuyết đồ thị với hai yếu tố logic cơ bản là: công việc và sự kiện. Trong sơ đồ mạng, các công việc được biểu diễn một cách cụ thể và sinh động, không chỉ thấy tên công việc mà còn cho thấy mối liên hệ với các công việc khác. Để lập được sơ đồ mạng, cần phân tích tỉ mỉ trình tự công việc; những mối liên hệ bắt buộc về công nghệ hoặc logic về tổ chức. Vì vậy, không bỏ sót bất kỳ công việc nào và có được một kế hoạch khoa học, chính xác.

Sơ đồ mạng là một mô hình toán học động, thể hiện toàn bộ dự án xây dựng thành một thể thống nhất, chặt chẽ; trong đó thấy rõ vị trí của từng công việc đối với mục tiêu chung và sự ảnh hưởng lẫn nhau giữa các công việc. Nó có thể áp dụng các phương pháp toán học vào việc phân tích, xây dựng và điều khiển kế hoạch. Vì vậy, dễ dàng lập được các thuật toán và viết các chương trình cho máy tính điện tử, kể cả việc tự động hoá thiết kế. Hãng Microsoft đã lập được phần mềm quản lý dự án bằng phương pháp SDM có tên gọi Microsoft Project. Chương trình này sẽ được giới thiệu kỹ ở chương 9. Sơ đồ mạng là tên chung của nhiều phương pháp có sử dụng lý thuyết mạng như: Phương pháp đường găng CPM - (Critical Path Method). Phương pháp kỹ thuật ước lượng và kiểm tra dự án PERT (Program Evaluation and Review Technique). Phương pháp sơ đồ mạng công việc MPM (Metra Potential Method). Các phương pháp sơ đồ mạng hiện nay đã lên đến con số hàng trăm, nhưng người ta vẫn tiếp tục nghiên cứu những phương pháp mới.

Tuy nhiên hai phương pháp CPM và PERT được dùng phổ biến hơn cả. Hai phương pháp này xuất hiện gần như đồng thời vào những năm 1958 - 1960, khi phòng dự án đặc biệt của Hải quân Mỹ lập kế hoạch để chế tạo tên lửa Polaris, dự tính thực hiện trong 5 năm, nhưng nhờ phát minh ra sơ đồ mạng để lập kế hoạch và điều khiển kế hoạch nên đã hoàn thành trong 3 năm.

Từ đó các phương pháp sơ đồ mạng được phổ biến và ứng dụng rộng rãi, không chỉ trong lĩnh vực quân sự mà cả trong các lĩnh vực khác như khoa học công nghệ, kinh tế - xã hội...

Hai phương pháp CPM và PERT cơ bản là giống nhau về hình thức, về trình tự lập mạng, chỉ khác một điểm là: Thời gian trong CPM là một đại lượng xác định, có thể tính toán được từ các định mức lao động, còn thời gian trong PERT không xác định, không có định mức để tính toán, mà phải ước lượng, vì vậy mang nhiều yếu tố ngẫu nhiên. Do đó, khi tính toán các thông số thời gian của CPM và PERT có khác nhau. Trong thực tế, việc rút ngắn thời gian chỉ có ý nghĩa nếu đồng thời xét đến yếu tố giá thành. Vì vậy bài toán thời gian và giá thành là một mục tiêu mà các nhà lập kế hoạch xây dựng phải nghiên cứu giải quyết.

Mặt khác, trong tổ chức sản xuất xây dựng, không phải lúc nào cũng có sẵn nguồn tài nguyên như lao động, tiền vốn, thiết bị, vật tư... để chủ động thực hiện công việc theo kế hoạch thời gian đã định. Vì vậy, nghiên cứu sử dụng hợp lý tài nguyên cũng là một bài toán cần được giải quyết bằng phương pháp sơ đồ mạng.

Một vấn đề hiện nay đang được nhiều nước trên thế giới quan tâm là xây dựng một "Hệ thống điều khiển tự động". Từ chỗ dùng sơ đồ mạng cho từng dự án riêng, người ta tiến tới thành lập những "Hệ thống lớn" sử dụng tổng hợp các công cụ toán học, các phần mềm vi tính và nối mạng máy tính cho một công ty hay một ngành kinh tế.

Sơ đồ mạng giữ vai trò quan trọng trong các hệ thống này.

Ở Việt Nam, sơ đồ mạng đã sớm được phổ biến và ứng dụng, khi chúng ta xây dựng nhà máy cơ khí An Biên (Hải Phòng) năm 1966; xây dựng nhà máy nhiệt điện Ninh Bình năm 1972 và khi công trình đập sông Đáy cần gấp rút hoàn thành đúng kế hoạch trong 9 tháng để phân lũ sông Hồng trước mùa mưa lũ năm 1975 với khối lượng công việc đồ sộ.

- Vận chuyển các loại vật liệu 4.500.000, Tkm;
- Đắp 410 km đê tương đương 4.000.000m³ đất;
- Huy động 17 ngành ở Trung ương tham gia do Bộ Thủy lợi chủ trì;
- Huy động nhân lực ở 9 tỉnh với quân số 3.000 người.

Nhờ lập kế hoạch và điều khiển kế hoạch bằng sơ đồ mạng, công trình đã hoàn thành đúng thời hạn được giao, góp phần chống lũ có hiệu quả. Sau kết quả đó, sơ đồ mạng được phổ biến mạnh mẽ và được áp dụng vào hầu hết các ngành kinh tế quốc dân như Thủy lợi, Giao thông, Nông nghiệp, Tài

chính... Tuy nhiên vào những năm cuối thập kỉ 80, sơ đồ mạng lại tạm thời bị lãng xuống. Khi chúng ta chuyển nền kinh tế từ tập trung bao cấp sang kinh tế thị trường, khi các doanh nghiệp xây dựng không còn được bao cấp theo kế hoạch nữa, họ phải tự tìm một hình thức quản lý "mềm dẻo" hơn; mặt khác, việc ứng dụng sơ đồ mạng đòi hỏi phải qua một quá trình đào tạo mới có thể lập và điều khiển chúng.

Chúng ta đang phát triển kinh tế thị trường theo định hướng xã hội chủ nghĩa, có sự quản lí của Nhà nước, đặc biệt khi nước ta đã là thành viên của Tổ chức Thương mại Thế giới (WTO), thì sơ đồ mạng càng cần phải nghiên cứu và ứng dụng rộng rãi nhất là trong thời đại tin học đã trở thành phổ cập.

1.2. ĐẠI CƯƠNG VỀ SƠ ĐỒ MẠNG

1.2.1. Khái niệm về sơ đồ mạng

Để có một khái niệm sơ bộ về sơ đồ mạng, ta hãy xét một ví dụ sau.

Giả sử để lắp ghép một khung nhà công nghiệp 1 tầng, ta có các công việc chính sau:

1. Làm móng nhà 5 ngày;
2. Vận chuyển cần trục về 1 ngày;
3. Lắp dựng cần trục tháp 3 ngày;
4. Vận chuyển cấu kiện 4 ngày;
5. Lắp ghép khung nhà 7 ngày.

Ta hãy lập tiến độ lắp ghép khung nhà đó theo một sơ đồ quen biết và đơn giản - Sơ đồ ngang (hình 1.3).

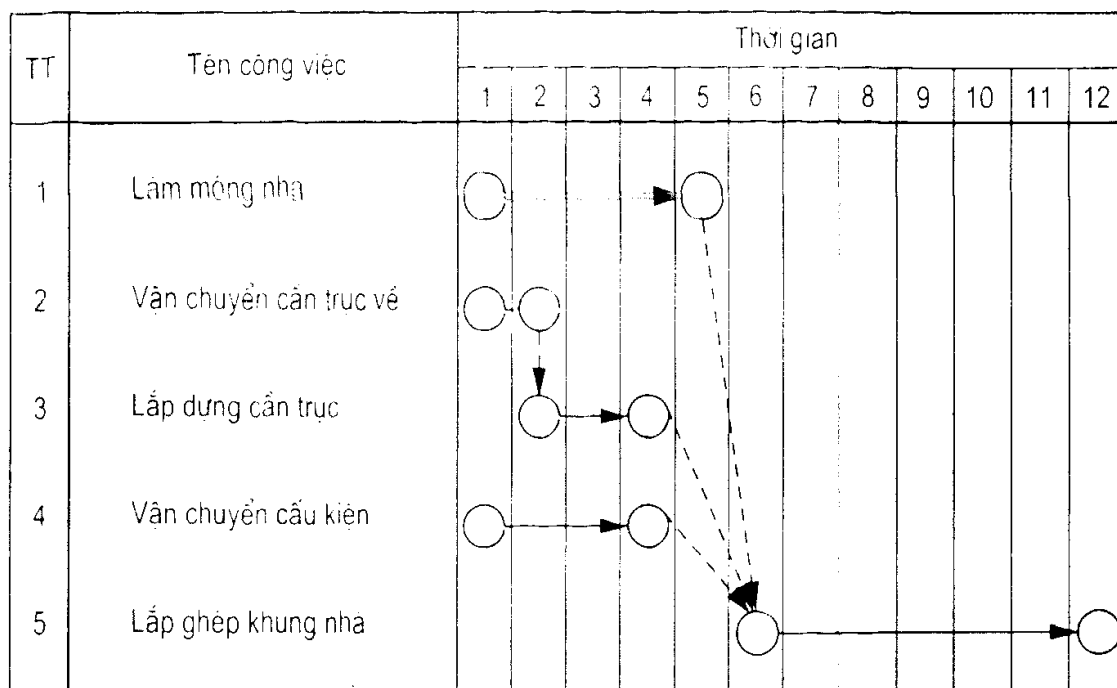
TT	Tên công việc	Thời gian											
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1	Làm móng nhà												
2	Vận chuyển cần trục về												
3	Lắp dựng cần trục												
4	Vận chuyển cấu kiện												
5	Lắp ghép khung nhà												

Hình 1.3: Tiến độ lắp ghép nhà công nghiệp

Bây giờ ta dùng các vòng tròn để đánh dấu các thời điểm bắt đầu hay kết thúc một công việc, còn các công việc thì được ký hiệu bằng một mũi tên nối thời điểm bắt đầu và kết thúc công việc đó.

Ta thấy các công việc: làm móng, vận chuyển cần trục và vận chuyển cầu kiện có thể tiến hành đồng thời và không phụ thuộc lẫn nhau. Còn công việc lắp dựng cần trục chỉ có thể tiến hành sau công việc vận chuyển cần trục về công trường. Cũng như vậy công việc lắp ghép khung nhà chỉ có thể bắt đầu khi các công việc làm móng, vận chuyển và dựng lắp cầu trục, vận chuyển cầu kiện, đã hoàn thành.

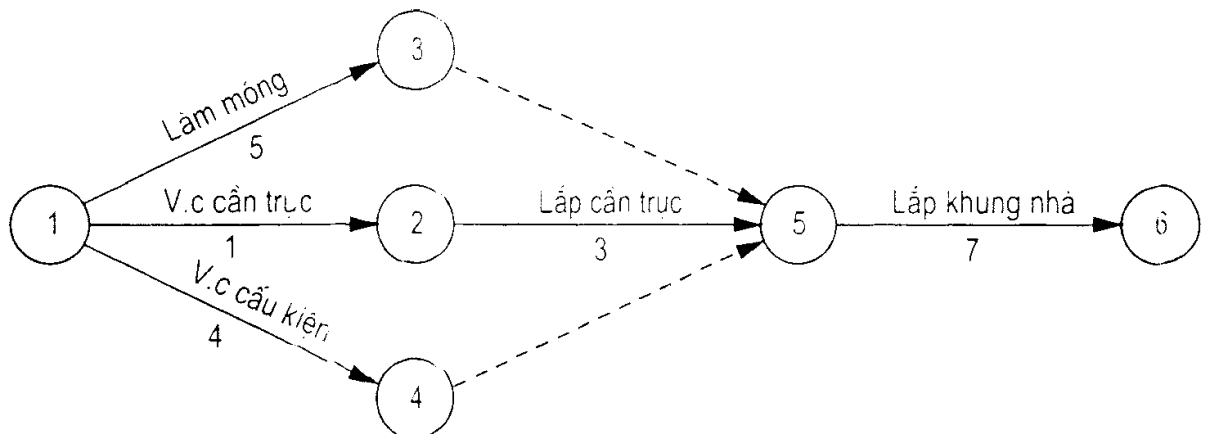
Để biểu thị mối liên hệ phụ thuộc đó giữa các công việc, ta dùng các mũi tên nét đứt nối các công việc. Ta được một sơ đồ mới (hình 1.4).



Hình 1.4

Tiếp tục đơn giản sơ đồ trên hình 1.4: Đánh số thứ tự các khuyên tròn. Ghi tên và thời gian các công việc. Gộp các vòng tròn cùng xuất phát ban đầu. Ta được một sơ đồ mới gọi là sơ đồ mạng (hình 1.5). Như vậy *sơ đồ mạng là một hệ thống các công việc được sắp xếp theo một trình tự nhất định, kể từ khi bắt đầu cho đến khi kết thúc quá trình, để hoàn thành một dự án nào đó. Trong xây dựng, dự án thường là những công trình dân dụng hoặc công nghiệp.*

Về hình thức, sơ đồ mạng là một mô hình mạng lưới gồm những "đường" và "nút" thể hiện mối liên hệ quy ước hoặc logic giữa các công việc thuộc một tập hợp nào đó.



Hình 1.5: Sơ đồ mạng tiến độ lắp ghép khung nhà

Trong lý thuyết mạng, người ta gọi đó là mạng Ford-Fulkerson, tức là một đồ thị có hướng $G(A, U)$, với tập hợp các đỉnh $A(a_1, a_2, a_3, \dots, a_n)$ và tập hợp các cung $U(u_1, u_2, u_3, \dots, u_p)$.

Sao cho đỉnh a_1 với $\bar{u}_1 = \emptyset$

đỉnh a_n với $u_n^1 = \emptyset$

Các đỉnh còn lại a_i (với $i \neq 1$ và $i \neq n$) đều có: $\bar{u}_i \neq \emptyset$ và $u_i^1 \neq \emptyset$

Nghĩa là: Đỉnh đầu tiên a_1 chỉ có toàn cung đi ra. Đỉnh cuối cùng a_n chỉ có toàn cung đi vào. Các đỉnh còn lại vừa có cung đi vào vừa có cung đi ra.

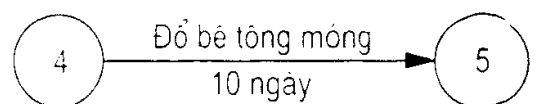
1.2.2. Các phần tử của sơ đồ mạng

Phân trên đã đưa ra ví dụ để đi đến một sơ đồ mạng đơn giản, ở đó ta đã gặp một vài khái niệm mới về các phần tử của sơ đồ mạng. Đó là "công việc" và "sự kiện". Một sơ đồ mạng bất kỳ nào, cũng được xây dựng nên bởi hai phần tử cơ bản đó, vì vậy chúng ta cần hiểu rõ bản chất của các khái niệm ấy.

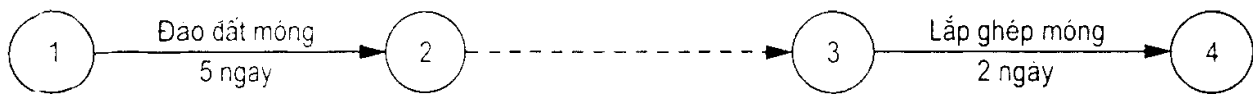
1. Công việc (Task)

Danh từ công việc ở đây được hiểu là một quá trình nào đó, hoặc là một mối liên hệ phụ thuộc, được thể hiện bằng một mũi tên và được gọi tên bằng ký hiệu của hai sự kiện trước và sau. Có hai dạng công việc:

1-a) Công việc thực (Actual Task): là công việc cần sự chi phí về thời gian và tài nguyên, hoặc chỉ cần thời gian trong các công việc chờ đợi, được thể hiện bằng một mũi tên nét liền.



1-b) Công việc ảo (Imaginary Task): là một công việc chỉ mối liên hệ logic giữa hai hoặc nhiều công việc, nói lên sự bắt đầu của công việc này phụ thuộc vào sự kết thúc của công việc kia. Công việc ảo không đòi hỏi sự chi phí về thời gian và tài nguyên, được thể hiện bằng một mũi tên đứt.



2. Sự kiện (Event)

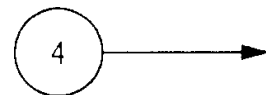
Sự kiện là cái mốc đánh dấu sự bắt đầu hoặc kết thúc của một hoặc nhiều công việc. Sự kiện không phải là một quá trình, nó chỉ xảy ra, mà không đòi hỏi sự chi phí về thời gian hoặc tài nguyên.

Sự kiện được thể hiện bằng một vòng tròn, gọi là vòng tròn sự kiện, hoặc được thể hiện bằng một hình tùy ý.

Sự kiện được ký hiệu bằng một chữ số hoặc một chữ cái.



- Sự kiện mà từ đó mũi tên công việc "đi ra" gọi là sự kiện đầu của công việc.

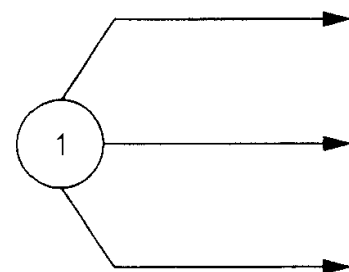


- Sự kiện mà từ đó mũi tên công việc "đi vào" gọi là sự kiện cuối của công việc.

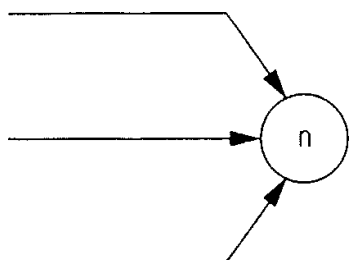


- Sự kiện đầu tiên không có công việc "đi vào" gọi là sự kiện xuất phát, thường ký hiệu bằng số 1.

- Sự kiện cuối cùng không có công việc "đi ra" gọi là sự kiện hoàn thành.

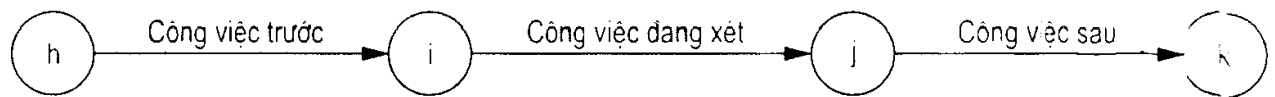


- Những công việc mà sự kiện cuối của nó là sự kiện đầu của công việc đang xét gọi là công việc trước.



- Những công việc mà sự kiện đầu của nó là sự kiện cuối của công việc đang xét gọi là công việc sau.

Như vậy, công việc trước và sau được quy ước theo trình tự thời gian



1.2.3. Một vài định nghĩa

1. Đường (Path)

Đường là một chuỗi các công việc được sắp xếp sao cho sự kiện cuối của công việc này là sự kiện đầu của công việc sau. Chiều dài của đường tính theo thời gian, bằng tổng thời gian của tất cả các công việc nằm trên đường.

Trong lý thuyết đồ thị, độ dài của một đường trong sơ đồ mạng, là tổng số độ dài các cung của nó, ký hiệu là $L(\mu)$.

$$L(\mu) = \sum_{u \in \mu} t(u)$$

Đường trong sơ đồ mạng bao giờ cũng đi từ sự kiện xuất phát đến sự kiện hoàn thành, do đó sẽ có rất nhiều đường như vậy. Đường có độ dài lớn nhất được gọi là "Đường găng". Ta sẽ nói kỹ ở phần sau.

2. Tài nguyên (Resource)

Tài nguyên trong sơ đồ mạng được hiểu là thời gian và các vật chất cần thiết cho quá trình xây dựng.

Ví dụ: Tiền vốn, công nhân, máy móc, thiết bị, nguyên vật liệu xây dựng... Có hai loại tài nguyên:

- Tài nguyên dự trữ hay giữ lại được, như: tiền vốn, máy móc, vật liệu xây dựng...
- Tài nguyên không dự trữ hay không giữ lại được, như: thời gian, công lao động. Loại tài nguyên đặc biệt này nếu không sử dụng sẽ mất đi theo thời gian.

3. Thời gian công việc (Duration) ký hiệu t_{ij} , là khoảng thời gian để hoàn thành công việc theo ước lượng, ấn định trước, hoặc tính toán.

1.2.4. Các quy tắc khi lập sơ đồ mạng

Khi lập sơ đồ mạng cần tuân theo các quy tắc sau:

1. Sơ đồ mạng phải là một mô hình thống nhất chỉ bắt đầu bằng một sự kiện (sự kiện xuất phát) và chỉ kết thúc bằng một sự kiện (sự kiện hoàn thành). Không có sự kiện xuất phát hoặc hoàn thành trung gian.

2. Mũi tên ký hiệu công việc đi từ trái sang phải:

Sự kiện cũng đánh số tăng dần từ trái sang phải, sao cho mũi tên công việc phải đi từ sự kiện có số nhỏ đến sự kiện có số lớn.

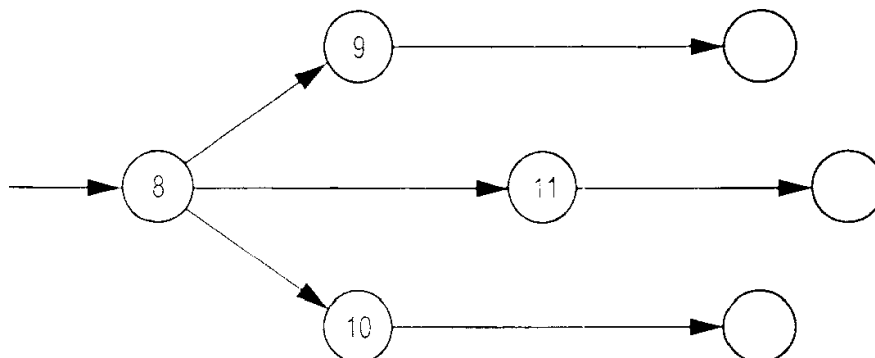
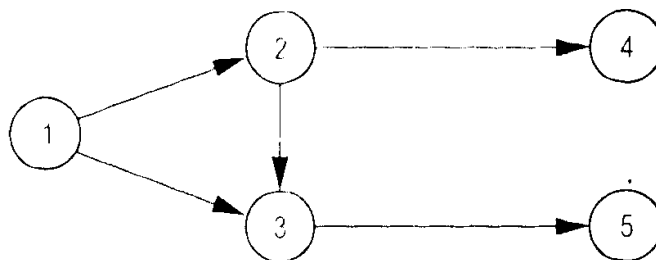


Sau khi lập xong mô hình của mạng, cần tiến hành đánh số thứ tự các sự kiện theo trình tự sau:

- Sự kiện đầu tiên của mạng đánh số 1;
- Sự kiện nào chỉ có mũi tên đi ra sẽ được đánh số trước 2;
- Sự kiện nào vừa có mũi tên đi vào, vừa có mũi tên đi ra được đánh số sau số 3.

Tổng quát: Sau khi một sự kiện được mang số i ; các sự kiện sau chỉ có mũi tên đi ra đánh số $i + 1$; các sự kiện vừa có mũi tên đi vào vừa có mũi tên đi ra đánh số $i + 2$.

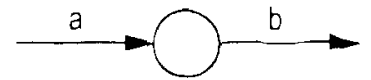
Nếu các sự kiện sau có điều kiện như nhau thì đánh số sự kiện nào trước cũng được.



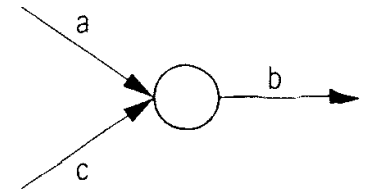
Ở hình vẽ trên, sự kiện 2 chỉ có mũi tên đi ra được đánh số trước. Sự kiện 3 vừa có mũi tên đi vào, vừa có mũi tên đi ra, được đánh số sau. Ở hình vẽ dưới sự kiện 9, 10, 11 giống nhau đều có mũi tên đi ra, đánh số bất kỳ.

3. Mối liên hệ logic hay còn gọi là mối liên hệ phụ thuộc trong sơ đồ mạng được thể hiện như sau:

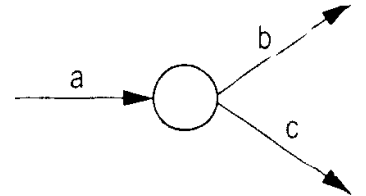
- Nếu công việc b bắt đầu chỉ phụ thuộc vào sự kết thúc của công việc a, thì thể hiện như hình bên:



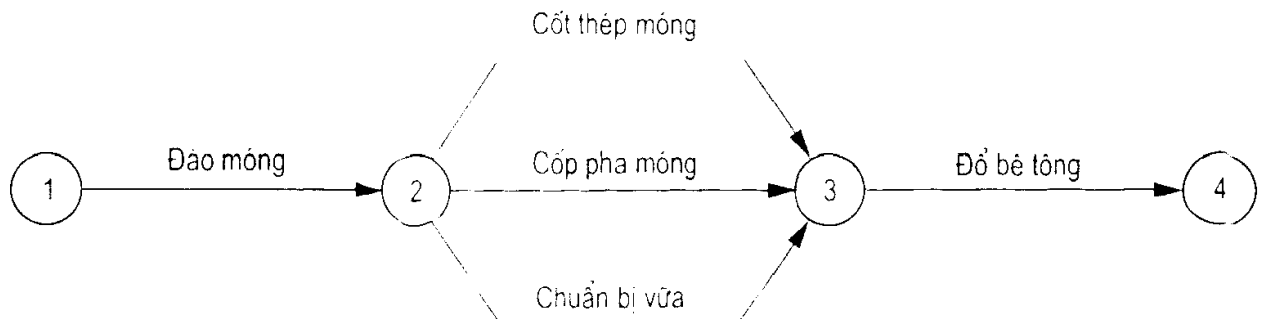
- Nếu công việc b bắt đầu phụ thuộc vào sự kết thúc của hai công việc a, c hoặc nhiều hơn nữa thì thể hiện như hình bên:



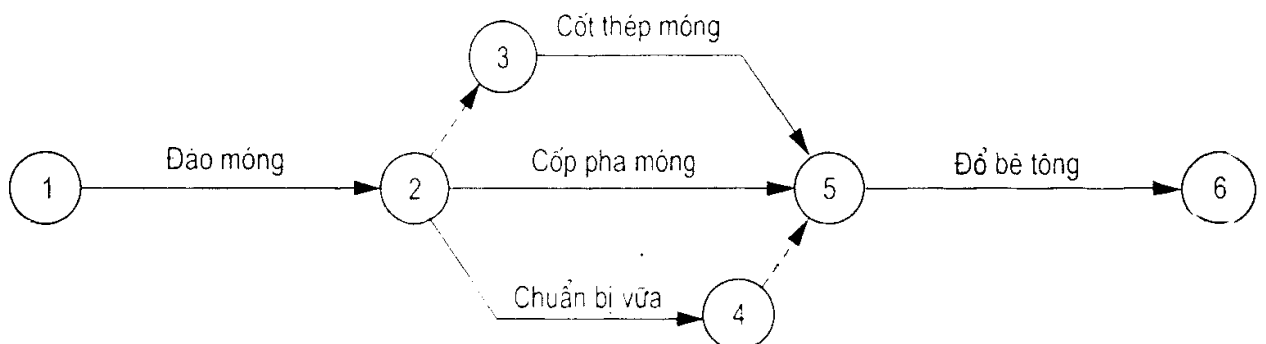
- Nếu công việc b và c hoặc nhiều hơn nữa bắt đầu chỉ phụ thuộc vào sự kết thúc của công việc a thì thể hiện như hình bên:



4. Những công việc riêng biệt không được có cùng sự kiện đầu và cuối, nghĩa là mỗi công việc phải được ký hiệu bằng hai chỉ số riêng. Ta thường mắc sai lầm này khi thể hiện các công việc tiến hành song song. Gặp trường hợp này ta phải thêm các sự kiện phụ và các công việc ảo để tách thành các công việc riêng.

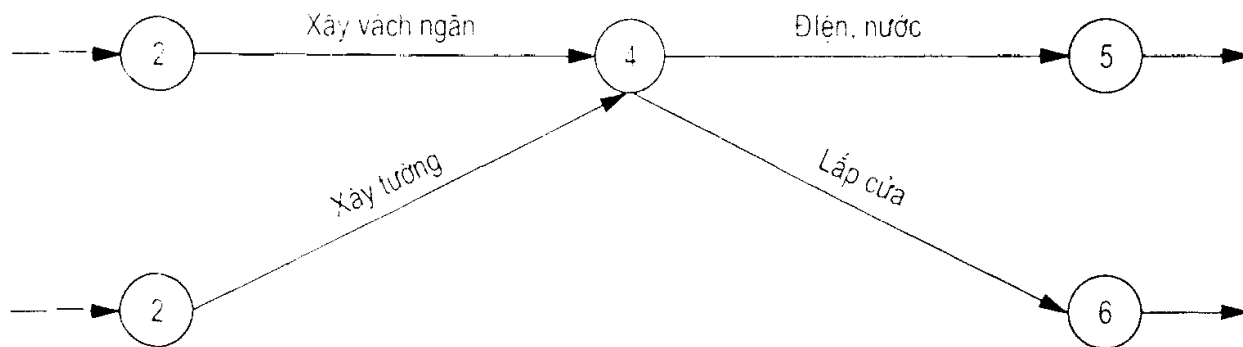


Vẽ không đúng: công việc 2 - 3 là tên chung của ba công việc riêng biệt

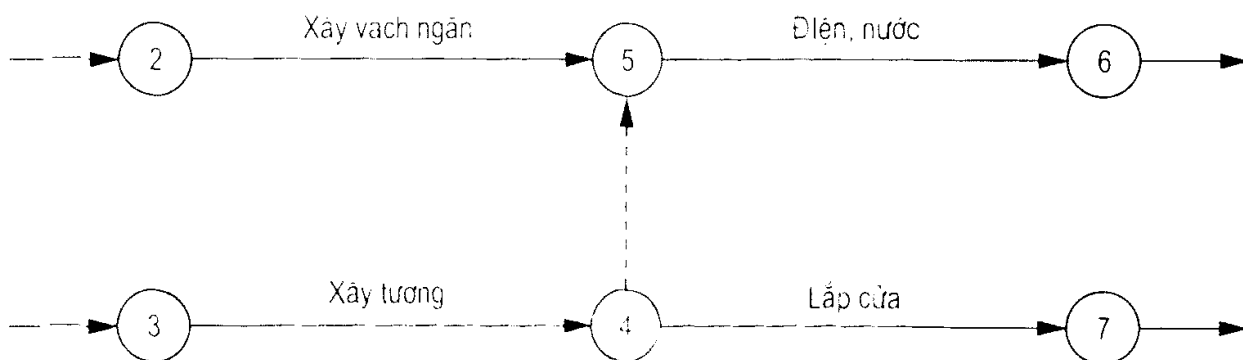


Vẽ đúng. Thêm sự kiện phụ 3, 4 và các công việc ảo, mỗi công việc đã có một ký hiệu riêng.

5. Những công việc có mối liên quan khác nhau thì phải thể hiện đúng mối liên hệ tương quan đó. Không để những phụ thuộc không đúng làm cản trở các công việc khác.



Vẽ không đúng



Vẽ đúng

Nếu vẽ như hình trên thì công việc lắp cửa phải làm sau các công việc xây tường và xây vách ngăn. Nhưng thực ra công việc lắp cửa chỉ phụ thuộc công việc xây tường, vì vậy phải thêm sự kiện phụ và công việc ảo. Hình dưới vẽ đúng vì lắp cửa sẽ làm ngay sau khi xây xong tường.

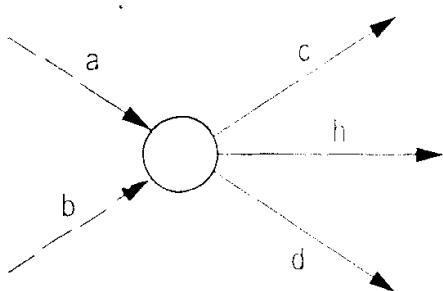
Ví dụ: cho mối liên hệ sau:

Công việc c có thể bắt đầu sau công việc a;

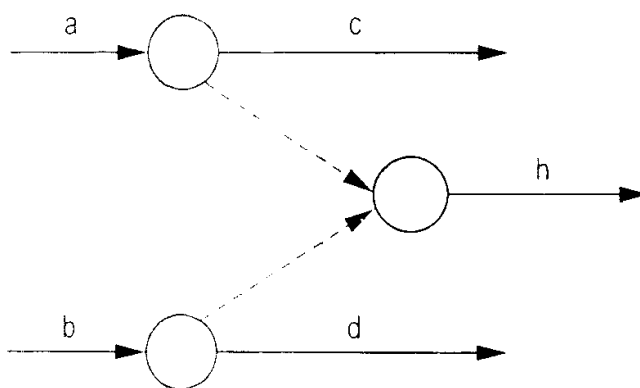
Công việc d có thể bắt đầu sau công việc b;

Công việc h có thể bắt đầu sau công việc a và b.

Ta sử dụng các sự kiện phụ và các công việc ảo để thể hiện đúng, như hình vẽ sau:

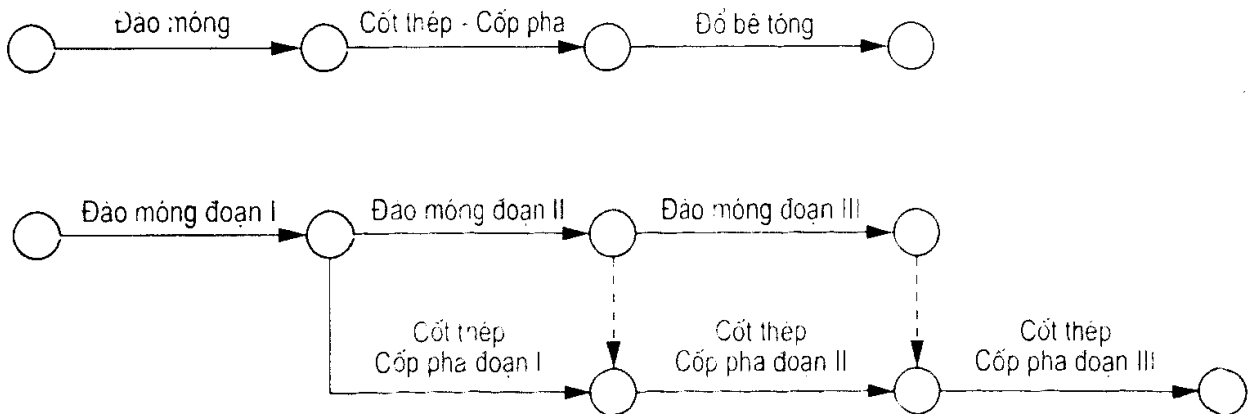


Vẽ sai

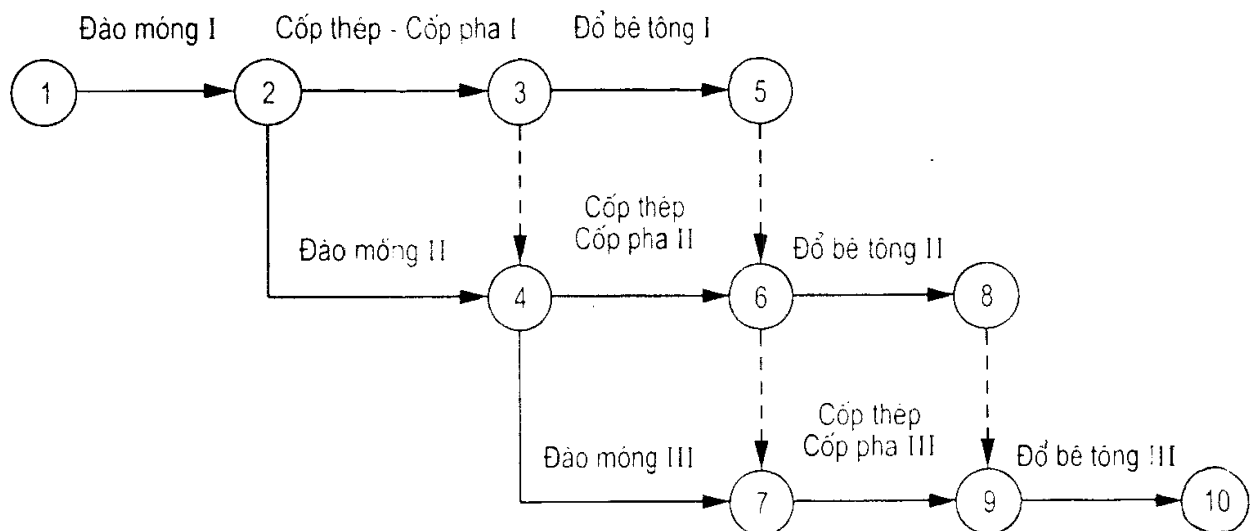


Vẽ đúng

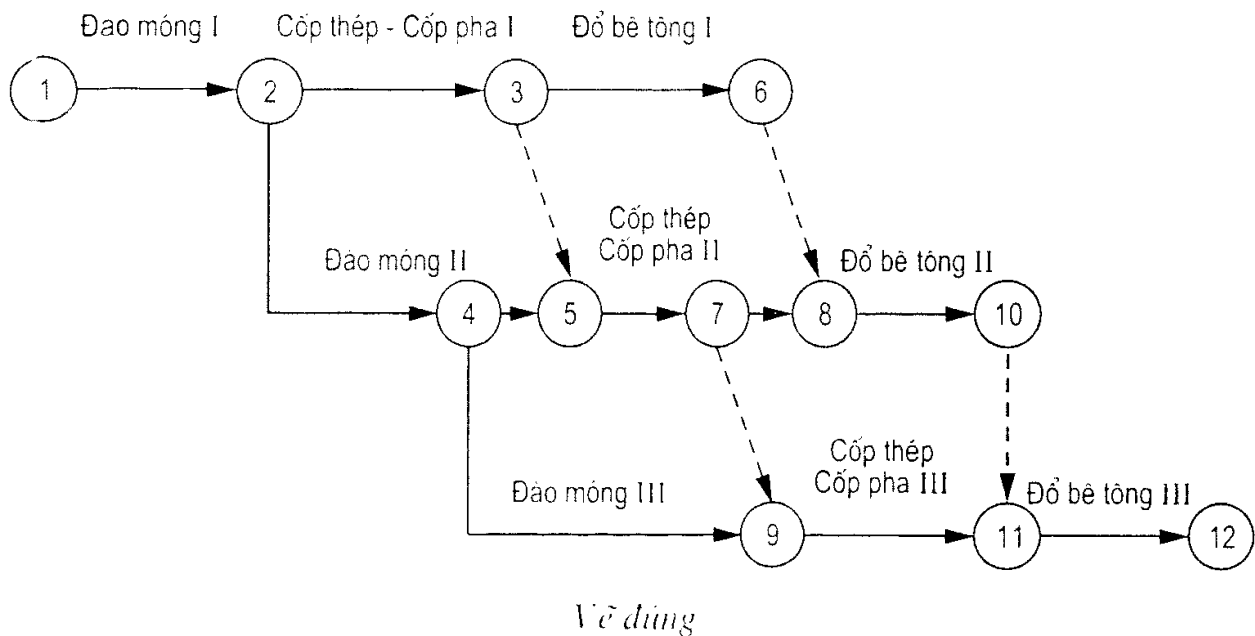
6. Có những công việc có thể bắt đầu khi công việc trước chưa kết thúc, để tránh phải kéo dài thời gian do chờ việc, nên chia công việc trước ra làm nhiều phần, mỗi phần cần có đủ khối lượng để các công việc sau có thể bắt đầu. Quy tắc này rất quan trọng, nó cho phép phối hợp nhiều công việc một cách hợp lý.



7. Khi tổ chức xây dựng theo phương pháp dây chuyền, sẽ có nhiều công việc vừa làm tuần tự vừa làm song song. Trường hợp này cần thêm nhiều sự kiện phụ và các công việc ảo, để chỉ rõ mối liên hệ của các công việc trong dây chuyền, đó là sự liên tục và nhịp nhàng trong sản xuất. Nếu thể hiện không đúng, sẽ làm cho nhiều công việc phải chậm lại vì những phụ thuộc vô lý. Điều đó sẽ phá vỡ nhịp điệu của dây chuyền. Ta hãy xét một đoạn sơ đồ mạng sau:



Vẽ sai



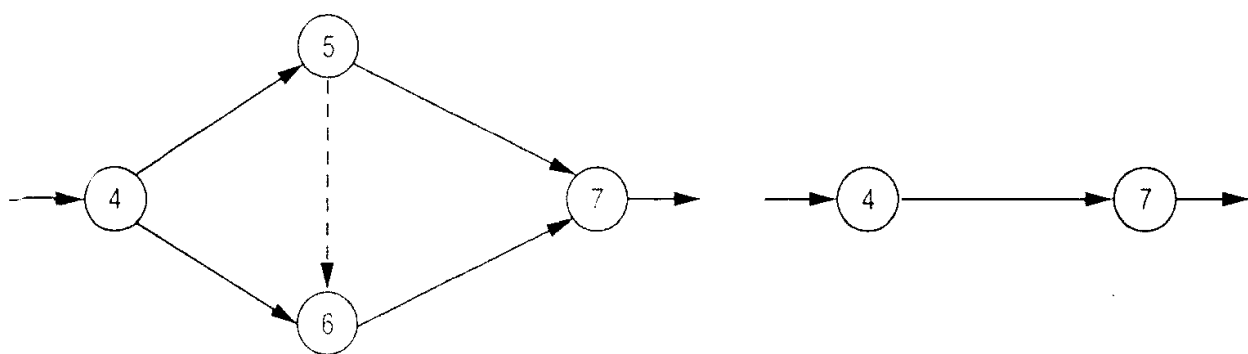
Hình trên vẽ không đúng vì:

Công việc 4-7 "Đào móng III" chỉ sau "Đào móng II" nhưng trên mạng lại thể hiện công việc 4 - 7 phải sau công việc 2-4 và 2-3, nghĩa là việc đào móng ở đoạn III cứ phải chờ công việc lắp cốp pha và cốt thép ở phân đoạn I. Đó là sự phụ thuộc không đúng.

Tương tự cho công việc 7 - 9.

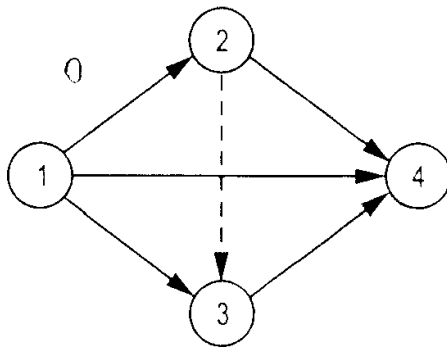
Ở hình dưới vẽ đúng vì đã thêm các sự kiện phụ 5 và 8 và các công việc ảo, đã tách được các liên hệ đúng cho các công việc.

8. Trong sơ đồ mạng, một nhóm công việc có cùng một sự kiện đầu và sự kiện cuối có thể vẽ thành một công việc, hoặc ngược lại từ một công việc có thể tách thành nhiều công việc. Quy tắc này cho phép chi tiết hoá mạng hoặc đơn giản mạng tùy theo mục đích sử dụng.



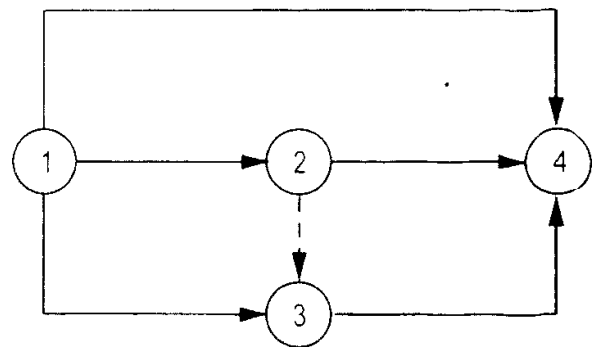
9. Sơ đồ mạng cần thể hiện dưới dạng đơn giản nhất, không nên có nhiều công việc giao cắt nhau, các công việc cắt chéo nhau không sai, nhưng nhìn

sẽ rối, dễ nhầm lẫn khi tính toán và sử dụng. Các mũi tên có thể vẽ xiên, ngang hoặc thẳng đứng:



Không nên vẽ

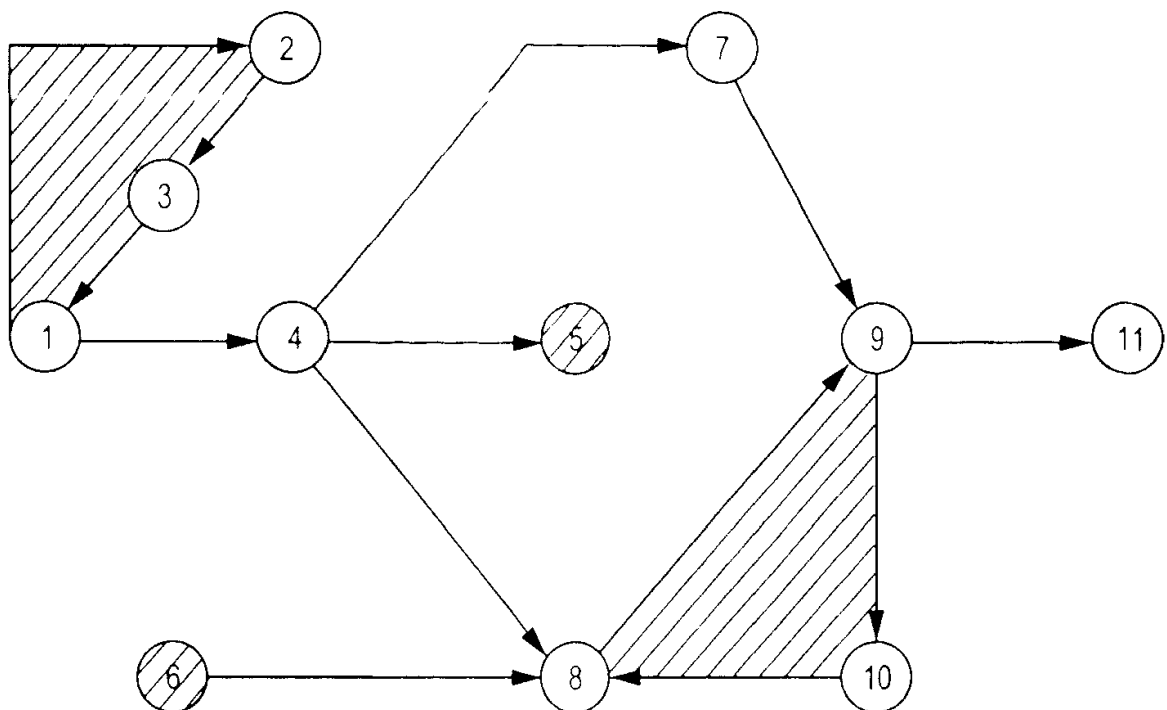
Không nên vẽ



Nên vẽ

Nên vẽ

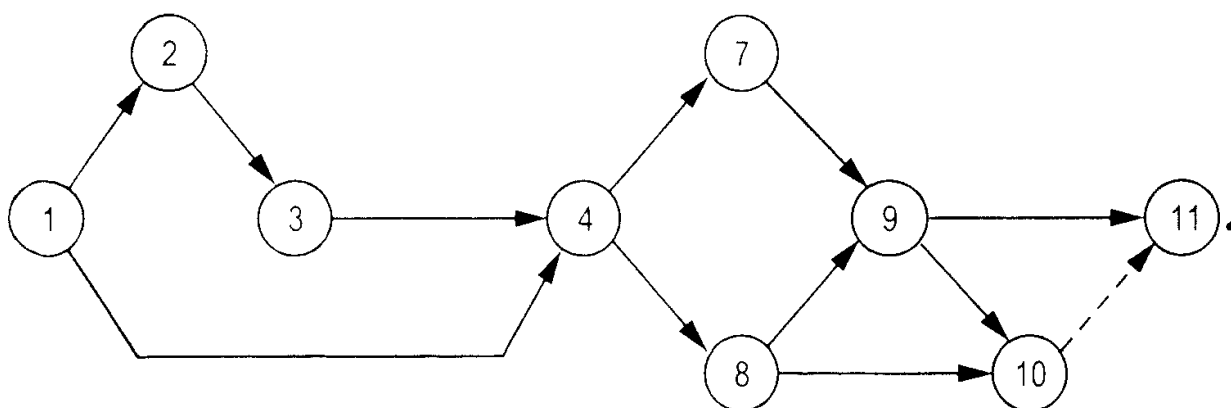
10. Sơ đồ mạng không được có chu kỳ, tức là có những đoạn vòng kín. Nếu có cần sửa lại:



Vẽ sai

Hình vẽ trên thể hiện những điểm sai khi lập mạng.

- Các sự kiện 5 và 6 là các sự kiện hoàn thành và xuất phát trung gian, cần phải bỏ.
- Các chu kỳ $1 \rightarrow 2 \rightarrow 3 \rightarrow 1$ và $8 \rightarrow 9 \rightarrow 10 \rightarrow 8$ là các mạch vòng kín, cần sửa lại.



Vẽ đúng

Để sửa cho đúng bỏ các sự kiện xuất phát và hoàn thành trung gian 5 và 6; bỏ các mạch vòng kín 1-2-3-1 thành 1-2-3 và sửa công việc 10-8 thành 8-10 rồi thêm công việc ảo 10-11 để tránh cho sự kiện 10 thành sự kiện kết thúc trung gian.

Ta được một sơ đồ mạng vẽ đúng như hình trên.

Chương 2

SƠ ĐỒ MẠNG - CPM

2.1. GIỚI THIỆU CHUNG VỀ PHƯƠNG PHÁP CPM

CPM (Critical Path Method) *Phương pháp đường găng*. Phương pháp này có ý nghĩa thực tiễn và được ứng dụng khá rộng rãi trong xây dựng, bởi vì phần lớn các công việc đều có thể xác định được thời gian; và khi từng công việc được xác định thời gian thì thời gian để hoàn thành toàn bộ dự án cũng được xác định. Điều quan trọng chung của mọi phương pháp là phải phân tích được các thông số về thời gian để có cơ sở lập tiến độ cũng như việc điều khiển tiến độ sau này.

Một trong những nguyên tắc quan trọng để điều khiển tự động là phải biết tìm và nắm được "Khâu chủ yếu". Đường găng trong sơ đồ mạng chính là khâu chủ yếu đó. Trong tiến độ, xác định được đường găng chính là tìm ra trong số các công việc phải hoàn thành, những công việc nào là then chốt, là chủ yếu, quyết định thời gian hoàn thành dự án, chính trên ý nghĩa đó mà người ta gọi phương pháp này là *phương pháp đường găng*.

Để hoà nhập trong giao tiếp, nhất là khi sử dụng các phần mềm của máy vi tính, chúng ta thống nhất gọi tên phương pháp này là CPM, cũng như các phương pháp khác mà nhiều nước đã quen gọi như PERT và MPM.

2.2. PHÂN TÍCH VÀ TÍNH TOÁN CÁC THÔNG SỐ THỜI GIAN CỦA SƠ ĐỒ MẠNG

Khi mô hình của mạng đã được thiết lập, người ta sẽ tính được thời gian của từng công việc trên cơ sở các định mức về lao động. Tuy nhiên, thời gian hoàn thành dự án là bao nhiêu, thì cần phải có một phương pháp tính toán để xác định. Muốn tính được điều đó, cần phải biết được các thông số thời gian sau:

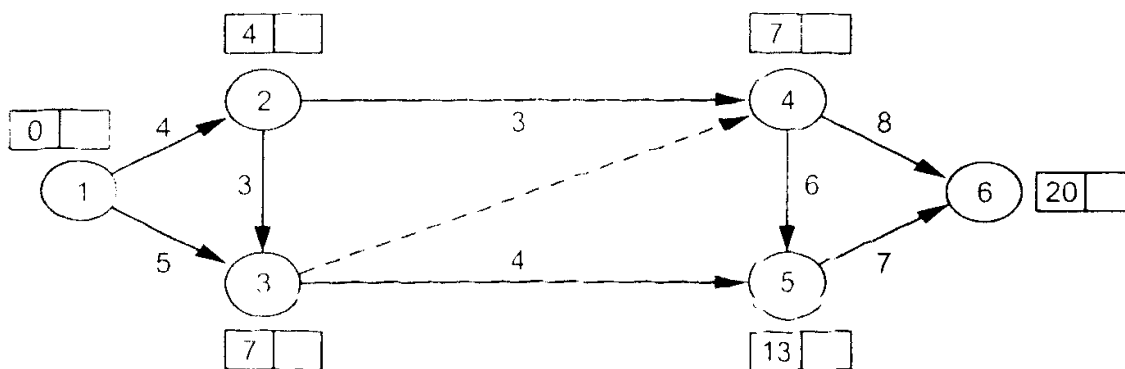
- Thời điểm sớm và muộn của từng sự kiện;
- Thời điểm bắt đầu sớm nhất và muộn nhất của từng công việc;
- Thời điểm kết thúc sớm nhất và muộn nhất của từng công việc;
- Đường găng.

Về hình thức, các thông số thời gian trong CPM và PERT là như nhau. Do đó ở chương này sẽ giới thiệu kỹ cách phân tích và tính toán các chỉ tiêu thời gian, cũng như cách lập và điều khiển tiến độ bằng sơ đồ mạng, coi đó là những cái chung mà phương pháp PERT cũng có thể áp dụng được.

Trước khi tính toán, ta cần hiểu rõ khái niệm cơ bản về các thông số thời gian.

2.2.1. Thời gian sớm của các sự kiện (T_i^s)

Xét một sơ đồ mạng, trên đó đã ghi thời gian của từng công việc như sau: (Ví dụ 2.1).



Ta quy ước thời gian sớm của sự kiện xuất phát 1.

$$T_1^s = 0$$

Bắt đầu xét các sự kiện tiếp theo, theo thứ tự tăng dần.

- Sự kiện 2 xảy ra sớm nhất khi công việc 1-2 hoàn thành thành, tức là sau 4 ngày. Vậy $T_2^s = 4$.

- Sự kiện 3 có hai đường để đi đến:

Đường 1-2-3 có thời gian là $4 + 3 = 7$ ngày;

Đường 1-3 có thời gian là 5 ngày.

- Một sự kiện bất kỳ thứ i chỉ có thể xảy ra sớm nhất, khi tất các công việc đi trước nó, tính từ sự kiện 1 đến sự kiện i đã hoàn thành, nên mặc dù gọi là thời gian sớm nhất, nhưng sự kiện 3 chỉ có thể xảy ra ở ngày thứ 7, chứ không phải ngày thứ 5. Vậy $T_3^s = 4 + 3 = 7$.

- Tương tự xét sự kiện 4 có hai đường đi đến.

Một đường đi qua sự kiện 2 có $T_4^s = 4$

Vậy $T_4^S = 4 + 3 = 7$

Một đường đi qua sự kiện 3 có $T_3^S = 7$

Vậy $T_4^S = 7 + 0 = 7$

Như vậy dù đi bằng đường nào thì T_4^S cũng bằng 7

- Tương tự cho sự kiện 5.

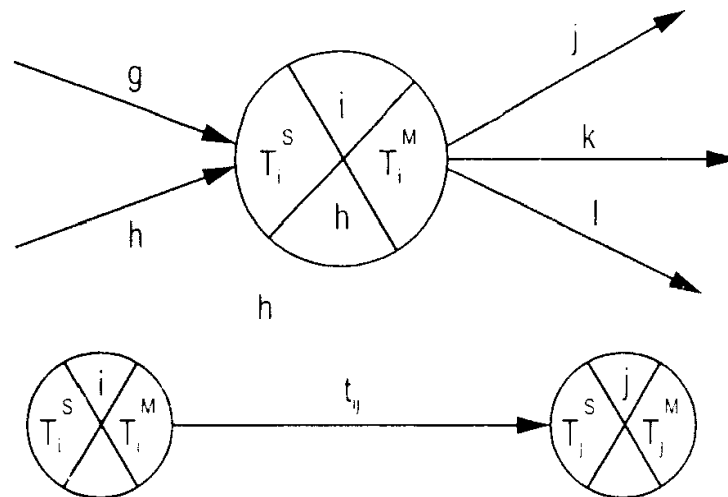
Nếu đi qua sự kiện 3 thì $T_5^S = T_3^S + 4 = 7 + 4 = 11$

Nếu đi qua sự kiện 4 thì $T_5^S = T_4^S + 6 = 7 + 6 = 13$

Vậy $T_5^S = 13$. Tương tự $T_6^S = T_5^S + 7 = 13 + 7 = 20$

Nhận xét: Nếu một sự kiện i đang xét có nhiều con đường đi đến, thì thời gian sớm của sự kiện T_i^S sẽ là con đường lớn nhất đi từ sự kiện $1 \rightarrow i$.

Để thiết lập công thức tính toán ta ký hiệu như sau:



i - sự kiện đang xét;

T_i^S - thời gian sớm của sự kiện i ;

T_i^M - thời gian muộn của sự kiện i ;

t_{ij} - thời gian của công việc $i-j$;

h - sự kiện đi đến i có đường dài nhất.

Như vậy tổng quát ta có công thức:

$$T_i^S = \max L_{\mu}^i = \max \sum_1^i t(u) [u \in \mu]$$

Tuy nhiên, để có lợi cho tính toán ta không cần phải tính từ sự kiện xuất phát số 1 mà chỉ tính từ các sự kiện đứng trước nó, vì thời gian của đường đã được cộng dồn đến đó, tức là:

$$T_j^S = T_i^S + t_{ij} \quad (2.1)$$

Thời gian sớm của sự kiện j bằng thời gian sớm của sự kiện i đứng trước nó cộng với thời gian của công việc i-j.

Nếu trước sự kiện j có nhiều sự kiện đi đến thì T_j^S bằng con đường lớn nhất đi từ các sự kiện đó đến j.

$$T_j^S = \text{Max}[(T_i^S + t_{ij}) ; (T_h^S + t_{hj}) ; \dots] \quad (2.1)'$$

Sự kiện nào đứng trước j mà đường đi qua đó đến j bằng con đường dài nhất sẽ được ghi ở ô dưới trong vòng tròn sự kiện. Ví dụ h.

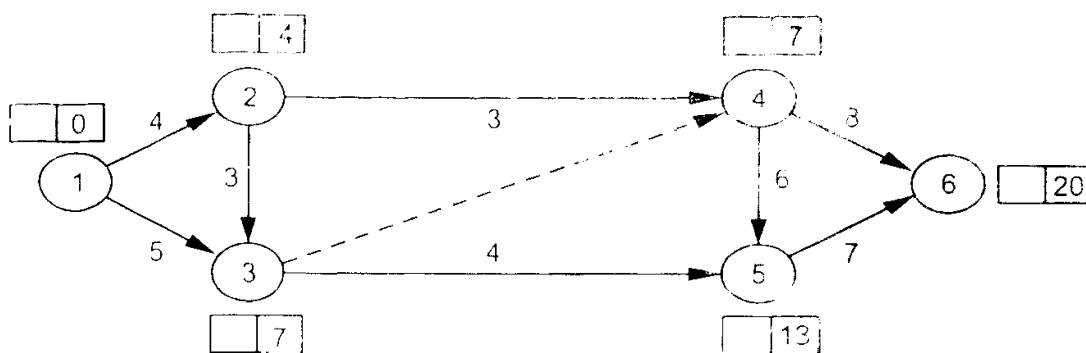
Ta sẽ sử dụng chỉ số này trong việc tìm đường găng (sẽ nói ở mục sau).

2.2.2. Thời gian muộn của các sự kiện (T_i^M)

Một sự kiện được phép xảy ra muộn nhất là ngày thứ bao nhiêu, sau sự kiện xuất phát, mà không làm chậm lại thời hạn hoàn thành dự án. Điều đó có nghĩa là không được làm thay đổi thời điểm sớm của sự kiện hoàn thành cuối cùng T_n^S .

Muốn vậy ta phải đi ngược trở lại, từ sự kiện cuối cùng n đến sự kiện đang xét i, với điều kiện ở sự kiện cuối cùng n có thời gian sớm và thời gian muộn bằng nhau $T_n^S = T_n^M$.

Ta lại xét sơ đồ mạng ở hình vẽ ví dụ 2.1)



Từ sự kiện cuối cùng ta có $T_6^S = T_6^M = 20$

Đó cũng chính là thời gian hoàn thành dự án.

Từ đó lùi về 5 chỉ có một con đường. Vì vậy:

$$T_5^M = T_6^M - t_{5-6} = 20 - 7 = 13$$

Xét tiếp sự kiện 4. Từ sự kiện 6 có hai đường lùi về 4 đó là:

Đường 6 - 4 có thời gian = 8.

Đường 6 - 5 - 4 có thời gian = 7 + 6 = 13.

Vậy có hai khả năng:

Nếu theo đường 6-4 thì $T_4^M = T_6^M - 8 = 20 - 8 = 12$

Nếu theo đường 6-5-4 thì $T_4^M = T_6^M - 13 = 20 - 13 = 7$

Lưu ý rằng chỉ số 7 và 12 ở đây có nghĩa là thời gian muộn nhất để xảy ra sự kiện 4 là ngày thứ 7 hoặc ngày thứ 12 sau sự kiện xuất phát số 1.

Giả sử ta chọn $T_4^M = 12$ thì so với thời hạn hoàn thành dự án $T_6^s = T_6^M = 20$ ngày, ta chỉ còn 8 ngày để hoàn thành tất cả các công việc còn lại. Với thời gian ấy chỉ đủ để hoàn thành công việc 4-6 với $t_{4,6} = 8$ ngày, còn để hoàn thành các công việc 4-5 và 5-6 có thời gian $t_{4,5} + t_{5,6} = 6 + 7 = 13$ ngày, thì thời gian còn lại là 8 ngày không đủ để thực hiện. Nếu cứ quyết định để sự kiện 4 xảy ra muộn nhất là ngày thứ 12, thì thời gian hoàn thành sẽ bị kéo dài thêm. $T_6^M = T_4^M + 13 = 12 + 13 = 25$ ngày. Điều đó là hoàn toàn không được.

Giả sử ta chọn $T_4^M = 7$ nghĩa là sự kiện 4 xảy ra ở ngày thứ bảy thì thời gian còn lại tính đến sự kiện cuối cùng là 13 ngày. Như phân tích ở trên, với thời hạn này ta sẽ hoàn thành tất cả các công việc còn lại, mà không kéo dài thời gian hoàn thành dự án.

Ta thiết lập được công thức sau:

$$T_i^M = T_j^M - t_{ij} \quad (2.2)$$

Tức là thời gian muộn của sự kiện i bằng thời gian muộn của sự kiện j đứng sau nó trừ đi thời gian của công việc i-j.

Nếu đứng sau sự kiện i có nhiều sự kiện có thể lùi đến sự kiện i thì T_i^M bằng hiệu số nhỏ nhất tính từ thời điểm muộn của các sự kiện đó trừ đi thời gian của các công việc đó.

$$T_i^M = \min[(T_j^M - t_{ij}) ; (T_K^M - t_{ik}) ; \dots] \quad (2-2)'$$

Ghi chú: Khái niệm sớm, muộn của sự kiện đồng nghĩa với khái niệm thời điểm sớm nhất và muộn nhất của sự kiện. Còn các khái niệm khởi sớm, kết sớm, khởi muộn, kết muộn, chỉ có nghĩa khi gán các sự kiện vào công việc (các khái niệm này ở phần sau sẽ trình bày cụ thể).

2.2.3. Thời gian sớm của các công việc (T_{ij}^s)

Một công việc có hai thời điểm sớm đó là khởi sớm, ký hiệu $T_{ij}^{kh.s}$ (còn gọi là bắt đầu sớm) và kết sớm ký hiệu T_{ij}^{ks} (còn gọi là hoàn thành sớm). Dễ dàng thấy một công việc là khởi sớm nếu nó bắt đầu ở thời điểm sớm của sự kiện đầu:

$$T_{ij}^{kh.s} = T_i^s \quad (2-3)$$

Và nó sẽ kết sớm nếu nó kết thúc ở thời điểm sớm của sự kiện sau:

$$T_{ij}^{ks} = T_j^s \quad (2-4)$$

vì
$$T_j^s = T_i^s + t_{ij}$$

Nên
$$T_{ij}^{ks} = T_{ij}^{kh.s} + t_{ij} \quad (2-5)$$

Khi thời gian của một công việc không đổi thì công việc được kết thúc sớm nhất nếu nó khởi sớm.

2.2.4. Thời gian muộn của các công việc T_{ij}^M

Một công việc có hai thời điểm muộn. Đó là khởi muộn, ký hiệu $T_{ij}^{kh.m}$ (còn gọi là bắt đầu muộn) và kết muộn, ký hiệu T_{ij}^{km} (còn gọi là hoàn thành muộn). Cũng như thời gian sớm; một công việc là khởi muộn, nếu nó bắt đầu ở thời điểm muộn của sự kiện đầu:

$$T_{ij}^{kh.m} = T_i^M \quad (2-6)$$

và sẽ kết muộn nếu nó kết thúc ở thời điểm muộn của sự kiện sau:

$$T_{ij}^{km} = T_j^M \quad (2-7)$$

Khi thời gian của một công việc không đổi, công việc đó sẽ được kết thúc muộn, nếu nó khởi muộn. Từ đó ta có thể thiết lập được công thức:

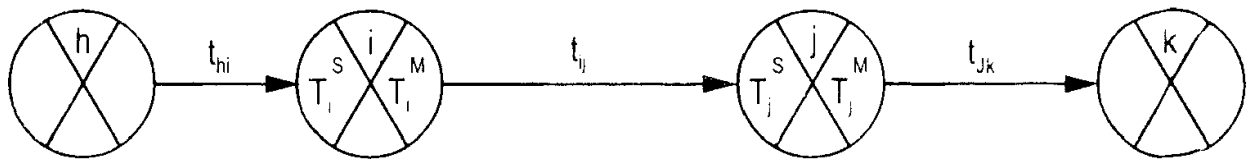
$$T_{ij}^{km} = T_{ij}^{kh.m} + t_{ij} \quad (2-8)$$

Hay
$$T_{ij}^{kh.m} = T_{ij}^{km} - t_{ij} \quad (2-9)$$

Nhận xét:

- Mỗi sự kiện chỉ có hai thời gian sớm, muộn T_i^s, T_i^M ;
- Mỗi công việc gồm có hai sự kiện đầu và cuối nên có bốn thời gian $T_{ij}^{khs}, T_{ij}^{ks} + T_{ij}^{khm}, T_{ij}^{km}$;

- Chỉ cần tính được thời gian sớm, muộn của sự kiện là có thể suy ra các thời gian sớm, muộn của công việc;
- Tùy theo vị trí của sự kiện là đầu hay cuối công việc mà nó là khởi hay kết.



Ví dụ: Xét sự kiện i.

T_i^S sẽ là thời gian khởi sớm của công việc (i-j) nhưng là thời gian kết sớm của công việc (h-i).

Tương tự:

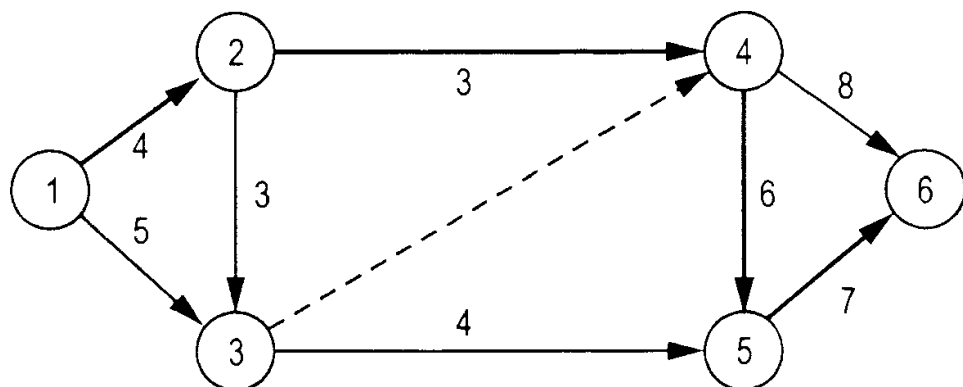
T_i^M sẽ là kết muộn của công việc (h-i) nhưng là thời gian khởi muộn của công việc (i-j).

2.2.5. Đường găng (Critical Path)

Đường găng là đường đi từ sự kiện xuất phát đến sự kiện hoàn thành có chiều dài lớn nhất.

Các công việc nằm trên đường găng gọi là "*Công việc găng*" (Critical Task) trên sơ đồ mạng, các công việc găng được vẽ đậm nét hoặc bằng chì đỏ. Vì vậy người ta còn gọi đường găng là đường đỏ (Red Path). Thời gian của đường găng cũng là thời gian hoàn thành dự án, hoặc là thời gian xây dựng công trình. Trong sơ đồ mạng thường có một đường găng nhưng cũng có thể có nhiều đường găng, thậm chí tất cả các công việc đều găng.

Xét lại ví dụ 2.1.



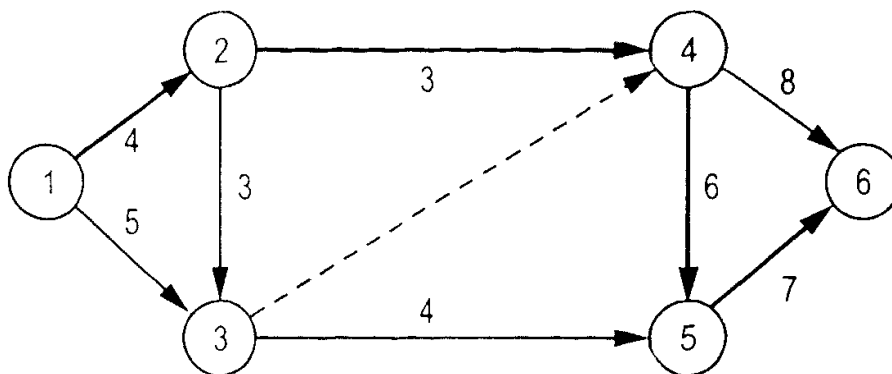
Ta tính được thời gian của các đường trong bảng sau:

Bảng 2.1.

TT	Đường (Ln)	Chiều dài đường Σt_{ij} (tính bằng ngày)
1	1-2-3-4-5-6	$4 + 3 + 0 + 6 + 7 = 20$
2	1-2-3-4-6	$4 + 3 + 0 + 8 = 15$
3	1-2-3-5-6	$4 + 3 + 0 + 6 + 7 = 18$
4	1-2-4-5-6	$4 + 3 + 6 + 7 = 20$
5	1-2-4-6	$4 + 3 + 8 = 15$
6	1-3-4-5-6	$5 + 0 + 6 + 7 = 18$
7	1-3-4-6	$5 + 0 + 8 = 13$
8	1-3-5-6	$5 + 4 + 7 = 16$

Trên bảng 2.1 ta thấy có hai đường

1-2-3-4-5-6 và đường 1-2-4-5-6 đều có thời gian là 20 ngày. Vậy sơ đồ mạng đó có hai đường găng. Trên hình vẽ dưới đây hai đường găng đó được vẽ đậm, các đường còn lại là không găng.



Ý nghĩa đường găng

Việc tìm ra đường găng trong sơ đồ mạng trên cơ sở tính toán, là một trong những ưu điểm nổi bật của sơ đồ mạng.

Trên thực tế, đường găng đóng vai trò hết sức quan trọng trong tiến độ xây dựng vì nó có những ý nghĩa sau:

Như chúng ta đã biết, một trong những nguyên tắc quan trọng để giải quyết tốt những nhiệm vụ phức tạp, trong bất kỳ lĩnh vực hoạt động nào, nhất là trong ngành điều khiển tự động, là phải nắm vững những công việc chủ yếu, quan trọng. Đường găng bao gồm những công việc chủ yếu, quan trọng đó. Trên thực tế, những người có kinh nghiệm thường biết được các

công việc chủ yếu nhưng đó là những nhận biết cảm tính. Một phần nào đó, nó sẽ trùng với các công việc được tính toán một cách ngẫu nhiên; còn với các dự án lớn, phức tạp, mới mẻ thì ngay cả các chuyên gia nhiều kinh nghiệm cũng không thể biết hết được.

Trong xây dựng, xác định đường găng trên cơ sở tính toán, tức là tìm ra trong số những công việc phải hoàn thành, những công việc nào là quan trọng, là then chốt mà nếu hoàn thành được nó, thì toàn bộ kế hoạch xây dựng cũng được hoàn thành.

Những công việc găng, nằm trên đường găng phải hoàn thành đúng thời hạn đã định, nghĩa là phải khởi và kết đúng thời điểm đã được xác định. Nếu vì lý do gì đó, mà một công việc găng bị chậm trễ thì đường găng sẽ bị kéo dài thêm, tức là thời hạn hoàn thành tiến độ cũng bị kéo dài. Trong khi đó các công việc không găng lại có thể kéo dài thêm thời gian (t_{ij}) hoặc thay đổi thời điểm khởi hoặc kết của công việc trong một giới hạn thời gian nào đó. (Các giới hạn này gọi là "*Dự trữ thời gian*" của công việc) mà không làm ảnh hưởng đến tiến độ của dự án. Điều đó có nghĩa là: *Nếu muốn rút ngắn thời hạn tiến độ thì phải rút ngắn thời gian của các công việc găng.*

Có thể sử dụng các biện pháp sau:

- Tăng nhân công lao động để rút ngắn thời gian;
- Chuyển công nghệ từ lao động thủ công sang cơ giới;
- Tăng máy móc, thiết bị xây dựng (ví dụ tăng từ một máy đào đất thành hai máy cùng đào);
- Dùng công nghệ mới để rút ngắn thời gian (ví dụ: Dùng phụ gia đông kết nhanh khi đổ bê tông. Dùng mối nối khô thay cho mối nối ướt. Đổ bê tông bằng bơm thay cho cách đổ bằng cần trục);
- Tổ chức lại sản xuất: Phân chia thành các phân đoạn để có thể thi công theo dây chuyền.

Ghi chú: *Nếu rút ngắn thời gian của các công việc không găng trong giới hạn dự trữ, thì nói chung không làm thay đổi đường găng, nghĩa là thời hạn kế hoạch không được rút ngắn; còn khi rút ngắn thời gian một cách đáng kể vượt quá các dự trữ, thì đường găng sẽ thay đổi, phải tính lại toàn bộ sơ đồ mạng. Khi đó, ta có một mạng mới khác với mạng ban đầu.*

Nói chung trong một sơ đồ mạng, số công việc găng chiếm khoảng $10\% \div 30\%$ tổng số công việc phải làm. Do đó, phân chỉ đạo thi công sẽ

không phải đồng thời chú ý chỉ đạo tất cả mọi công việc với mức độ ưu tiên như nhau, như trong phương pháp dây chuyền. Người chỉ huy chỉ cần tập trung chỉ đạo, ưu tiên nhân lực máy móc, vật tư... vào những công việc nặng nhằm một mục tiêu là hoàn thành kế hoạch đúng thời hạn tiến độ đã được tính toán.

Sơ đồ mạng là một mô hình toán học động, thể hiện một kế hoạch động, nên rất phù hợp với thực tế.

Trong quá trình thi công, các yếu tố về môi trường, thời tiết, những rủi ro trong lao động, sự cung cấp không đồng bộ các tài nguyên... sẽ làm cho tiến độ thay đổi. Khi đó nhờ phân tích sơ đồ mạng mà tính lại được đường găng; ta có thể điều hoà, phối hợp lại tài nguyên từ các công việc không găng cho các công việc găng. Đó là quy tắc ưu tiên một cách khoa học trong chỉ đạo sản xuất. Mặt khác, sau khi lập được mô hình mạng, ta mới tính toán để tìm ra đường găng. Do đó, đường găng mang yếu tố khách quan, nó phản ánh đúng "sự găng" về lô gíc công việc, chứ không phụ thuộc vào tên công việc, là quan trọng hay không quan trọng. Cho nên nhiều công việc găng là các công việc ảo, nó không đòi hỏi chi phí tài nguyên, nếu theo kinh nghiệm thì chắc chắn không được xếp vào công việc quan trọng. Điều đó giúp ta tránh được các căng thẳng giả tạo trong chỉ đạo sản xuất. Đường găng còn có ý nghĩa khi chuyển sơ đồ mạng từ mô hình mạng lưới lên trục thời gian, sẽ làm xuất hiện các dự trữ của các công việc không găng, dùng để điều chỉnh nhân lực sau này. Đường găng còn đóng vai trò chính trong việc giải quyết các bài toán về "Tìm luồng cực đại" trong bài toán vận tải trên mạng lưới đường giao thông. Vì vậy, có thể kết luận đường găng là cái hay nhất, tuyệt vời nhất của SDM mà các phương pháp khác không có, chính vì vậy mà người ta gọi SDM này là phương pháp đường găng.

HỆ SỐ ĐƯỜNG GĂNG

Trong quá trình chỉ đạo sản xuất, khi thời hạn tiến độ bị kéo dài, sẽ làm cho một số công việc không găng trở thành công việc găng. Điều này làm trở ngại cho việc hoàn thành kế hoạch.

Vấn đề đặt ra là: Làm cách nào dự đoán được sự phát triển này, tìm ra các đường có khả năng trở thành đường găng, để có thể quan tâm chỉ đạo, ưu tiên số hai, sau đường găng.

Thông thường thì chỉ cần tìm đường không găng nào có thời hạn dài nhất là được. Tuy nhiên, cũng có trường hợp, có một số đường không găng có chiều dài bằng nhau. Trường hợp này để chọn ra một đường "gần găng" có khả năng trở thành đường găng, ta dùng "Hệ số đường găng", ký hiệu $K_g(L_n)$. Hệ số này được tính theo công thức sau:

$$K_g(L_n) = \frac{T_n(L_n) - \sum_{t \in L_n} T_g}{T_g - \sum_{t \in L_n} T_g}$$

Trong đó:

$T_n(L_n)$ - Độ dài của đường (L_n) đang xét;

T_g - độ dài đường găng;

$\sum_{t \in L_n}$ - tổng độ dài của các công việc găng thuộc đường (L_n) đang xét.

Nhận xét:

Hệ số K_g nằm trong khoảng ($0 \leq K_g < 1$);

Hệ số K_g càng lớn thì đường đó "gần găng" hơn;

Hệ số $K_g = 1$ thì đường đang xét là đường găng.

Ta trở lại ví dụ 2-1 với bảng số liệu đã tính toán. Bảng này kết hợp với sơ đồ mạng có vẽ đường găng bằng nét đậm:

Ta có: $T_g = 20$ ngày

Đường 1-2-3-5-6 có $T_n = 18$ ngày

$$\sum_{t \in L_n} T_g = 4 + 3 + 7 = 14 \text{ ngày}$$

Đường 1-3-4-5-6 có $T_n = 18$ ngày

$$\sum_{t \in L_n} T_g = 0 + 6 + 7 = 13 \text{ ngày}$$

Tính hệ số đường găng:

$$K_g(1-2-3-5-6) = \frac{18-14}{20-14} = \frac{4}{6} = \frac{2}{3} = \frac{14}{21}$$

$$K_g(1-3-4-5-6) = \frac{18-13}{20-13} = \frac{5}{7} = \frac{15}{21}$$

Vậy đường 1-3-4-5-6 gần găng hơn.

2.2.6. Thời gian dự trữ của sự kiện

Như đã phân tích ở phần trên, một sự kiện có hai thời điểm xuất hiện là sớm và muộn. Nó không thể xuất hiện trước thời hạn sớm nhất (T_i^S) và cũng không thể xuất hiện sau thời hạn muộn nhất (T_i^M). Nhưng nó có thể xuất

hiện bất kì lúc nào giữa hai thời hạn đó. Khoảng thời gian chênh lệch giữa thời hạn sớm và muộn, là thời gian dự trữ của sự kiện. Đó là thời gian mà sự kiện có thể chậm lại mà không làm ảnh hưởng tới thời hạn hoàn thành dự án. Ta tính được dự trữ của sự kiện bằng công thức:

$$D_i = T_i^M - T_i^S \quad (2.11)$$

Nếu dự trữ của sự kiện i không có hay $D_i = 0$, ta gọi đó là các *sự kiện găng*. Các công việc găng phải gồm hai sự kiện *đầu và cuối đều găng*, nhưng đây chỉ là điều kiện cần mà chưa đủ, bởi vì nhiều khi nối hai sự kiện găng lại nhưng chưa chắc đã được một công việc găng. Tương tự, đường găng sẽ đi qua tất cả các sự kiện găng và ngược lại sẽ không đúng, nghĩa là nếu nối tất cả các sự kiện găng, ta sẽ được một đường chưa chắc đã là đường găng. Vì vậy, khi tìm đường găng ta phải có quy tắc để đảm bảo cả điều kiện cần và đủ. Quy tắc này sẽ nói rõ trong phần tính toán sơ đồ mạng (mục 2.3).

2.2.7. Thời gian dự trữ của công việc

Một công việc gồm hai sự kiện. Mỗi sự kiện có hai thời điểm sớm và muộn. Vì vậy một công việc có bốn thời điểm: khởi sớm - kết sớm; khởi muộn - kết muộn. Do đó, một công việc có bốn loại dự trữ. Mỗi loại dự trữ có liên quan đến bốn thời điểm trên.

Có nhiều tên gọi khác nhau cho các loại dự trữ. Tuy nhiên, về bản chất và cách tính toán chỉ có một. Đó là các loại dự trữ dưới đây:

a) Dự trữ lớn nhất (D_{ij}) còn gọi là dự trữ toàn phần, dự trữ tổng cộng hay dự trữ chung: là loại dự trữ về thời gian nếu ta sử dụng nó để thay đổi các thời điểm khởi sớm - kết sớm, khởi muộn - kết muộn, hoặc kéo dài thời gian công việc t_{ij} thì chỉ làm ảnh hưởng đến thời điểm sớm hoặc muộn của các công việc trước và sau công việc đó nhưng không làm thay đổi thời hạn hoàn thành dự án.

Dự trữ lớn nhất được tính theo công thức:

$$D_{ij} = T_i^M - T_j^S - t_{ij} \quad (2.12)$$

b) Dự trữ bé nhất (d_{ij}) còn gọi là dự trữ độc lập hay dự trữ riêng: là dự trữ khi sử dụng sẽ không làm ảnh hưởng đến các công việc trước và sau nó. Người ta gọi là dự trữ độc lập vì dự trữ này không bị công việc nào chi phối nó chỉ dùng riêng cho công việc đó:

$$d_{ij} = T_j^S - T_i^M - t_{ij} \quad (2.13)$$

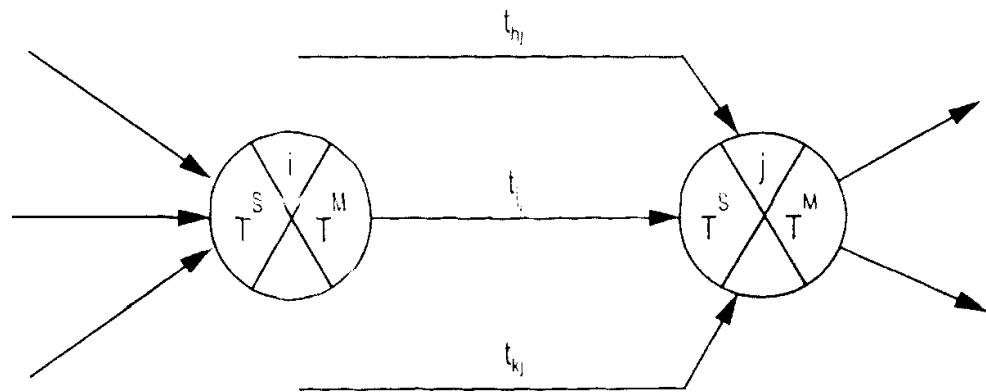
c) Dự trữ tự do khởi sớm ($d_j^{kh.s}$) còn gọi là dự trữ phụ thuộc: là dự trữ khi sử dụng sẽ tự do thay đổi thời điểm khởi sớm, hoặc kéo dài thời gian công việc mà không ảnh hưởng đến sự khởi sớm của công việc tiếp theo:

$$d_{ij}^{k.h.s} = T_j^s - T_i^s - t_{ij} \quad (2.14)$$

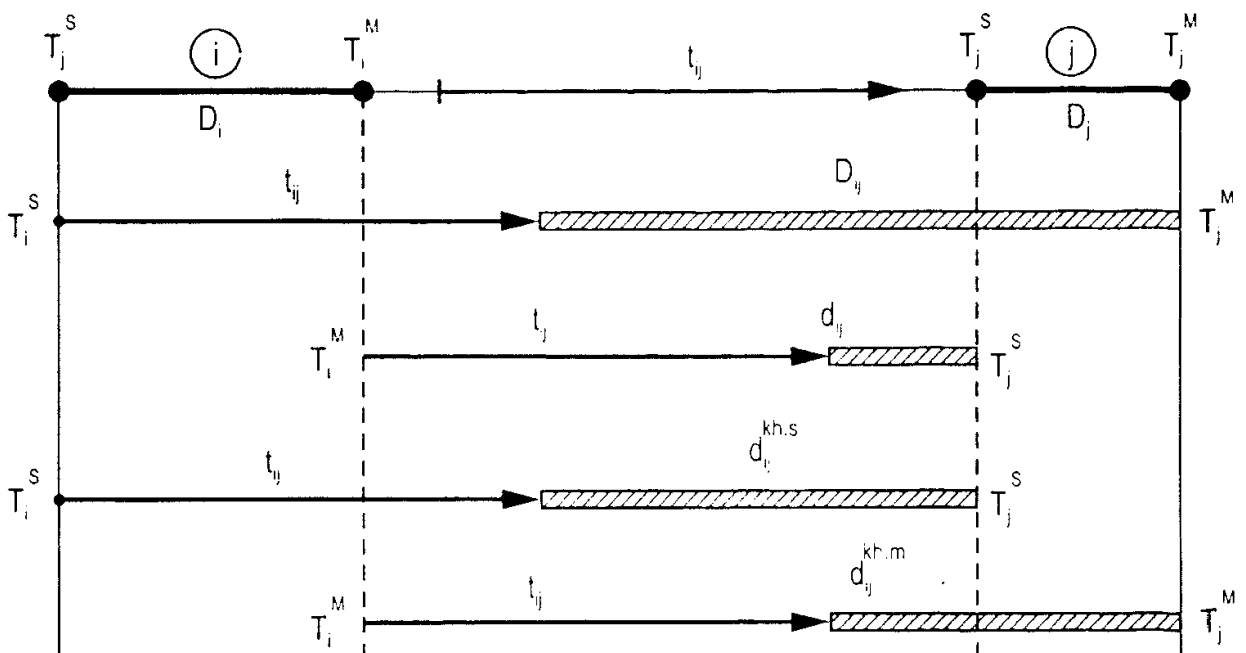
d) Dự trữ tự do khởi muộn ($d_{ij}^{kh.s}$) còn gọi là dự trữ liên quan: là dự trữ khi sử dụng sẽ tự do thay đổi thời điểm khởi muộn hoặc kéo dài thời gian công việc mà không ảnh hưởng đến sự khởi muộn của công việc tiếp theo:

$$d_{ij}^{\text{kh.m}} = T_j^M - T_i^M - t_{ij} \quad (2.15)$$

1) Để dễ hình dung các loại dự trữ, ta có mô hình sau mô tả cách tính các loại dự trữ, từ đó dễ dàng hiểu được ý nghĩa của chúng và việc sử dụng chúng sau này.



Biểu diễn công việc đang xét (i-j) với các thời điểm sớm muộn của hai sự kiện i và j lên trục thời gian.



Hình 2.1: Mô hình các loại dư trữ

2.2.8. Dự trữ lớn nhất và dự trữ bé nhất

Trên thực tế khi tính sơ đồ mạng bằng phương pháp lập bảng chỉ tính hai loại dự trữ này. Từ đây ta thống nhất dùng thuật ngữ: Dự trữ lớn nhất của công việc (D_{ij}) và dự trữ bé nhất của công việc (d_{ij}) để tính toán và sử dụng sau này.

a) Dự trữ lớn nhất (D_{ij}): có thể tính được qua công thức:

$$D_{ij} = T_j^M - T_i^S - t_{ij} \quad (2.12)$$

Hoặc có thể tìm thấy nó khi chuyển sơ đồ mạng lên trục thời gian. Khi một công việc không gặp bị giới hạn bởi các sự kiện găng sẽ làm xuất hiện các dự trữ lớn nhất, đó là đoạn chênh lệch giữa độ dài các công việc găng với độ dài các công việc không găng.

Cần lưu ý rằng, mỗi công việc không găng đều có dự trữ lớn nhất, nhưng tổng dự trữ của tất cả các công việc nằm trên một đường nào đó sẽ không phải là tổng dự trữ của đường; bởi vì dự trữ lớn nhất của một công việc còn là một phần dự trữ của các công việc trước hoặc sau nó, nếu nó sử dụng thì hoặc là công việc sau hay công việc trước nó sẽ mất phần dự trữ này. Vì vậy, người ta gọi nó là dự trữ chung.

b) Dự trữ bé nhất (d_{ij}) dự trữ này không xuất hiện trên sơ đồ khi chuyển sơ đồ mạng lên trục thời gian. Dự trữ này được sử dụng trong trường hợp tính sơ đồ mạng bằng phương pháp lập bảng hoặc bằng máy tính điện tử, theo công thức:

$$d_{ij} = T_j^S - T_i^M - t_{ij} \quad (2.13)$$

Một công việc có $D_{ij} = 0$ và $d_{ij} = 0$ sẽ là một công việc găng. Đây cũng là một quy tắc để xác định đường găng trong phương pháp lập bảng.

Trên thực tế, dự trữ lớn nhất được dùng nhiều hơn cả, còn dự trữ bé nhất chỉ tính và dùng khi có những yêu cầu đặc biệt.

2.2.9. Sử dụng dự trữ trong điều khiển tiến độ

Nhờ có thời gian dự trữ, mà một sự kiện có thể xuất hiện bất kỳ trong khoảng từ T^S đến T^M . Một công việc có thể thay đổi các thời điểm khởi sớm - khởi muộn, kết sớm - kết muộn, hoặc kéo dài thời hạn của công việc (t_{ij}). Đối với dự trữ bé nhất (d_{ij}) vì bị hạn chế bởi điều kiện, không làm ảnh hưởng đến các thời điểm bắt đầu hoặc kết thúc của các công việc trước hoặc sau nó, nên dự trữ bé nhất chỉ dùng để kéo dài thời gian t_{ij} của công việc.

Dự trữ lớn nhất và dự trữ tự do khởi sớm d_{ij}^{khs} được sử dụng nhiều hơn trong các trường hợp sau:

a) Sử dụng dự trữ để điều chỉnh biểu đồ nhân lực:

Khi tính toán xong mạng và chuyển mạng lên trục thời gian, với các công việc điều khởi sớm. Khi đó sẽ tự xuất hiện các dự trữ tự do khởi sớm d_{ij}^{khs} ta sẽ vẽ được biểu đồ nhân lực. Nhìn chung biểu đồ nhân lực sẽ không điều hoà, nghĩa là có chỗ sẽ quá cao (tức là nhiều nhân công) và có chỗ quá thấp (tức là ít nhân công). Ta sẽ dùng thời gian dự trữ để thay đổi các thời điểm khởi sớm - khởi muộn, kết sớm - kết muộn, của công việc, sẽ điều chỉnh được nhân công, từ chỗ nhiều xuống chỗ ít, để có được một biểu đồ sử dụng nhân lực điều hoà hơn.

b) Sử dụng dự trữ để kéo dài thời gian của công việc:

Nếu một công việc, vì lý do nào đó không hoàn thành đúng thời hạn vì thời tiết mưa bão hoặc thiếu nhân công... Ta có thể kéo dài thời gian $t'_{ij} = t_{ij} + D_{ij}$ mà không làm ảnh hưởng tới thời hạn hoàn thành dự án.

c) Sử dụng dự trữ để điều hoà tài nguyên:

Khi một loại tài nguyên nào đó trong xây dựng như: nhân công, vật liệu, máy xây dựng... không thoả mãn tất cả các yêu cầu cùng một lúc thì người ta phải phân phối tài nguyên cho các công việc. Có thể đưa ra một quy tắc ưu tiên phân phối, điều hoà tài nguyên như sau:

- Công việc nào có dự trữ bé được ưu tiên trước. Như vậy, xếp hàng số một sẽ là các công việc gấp vì nó có tất cả các loại dự trữ bằng không. Sau đó là các công việc có dự trữ xếp hàng theo thứ tự tăng dần của dự trữ (D_{ij}).

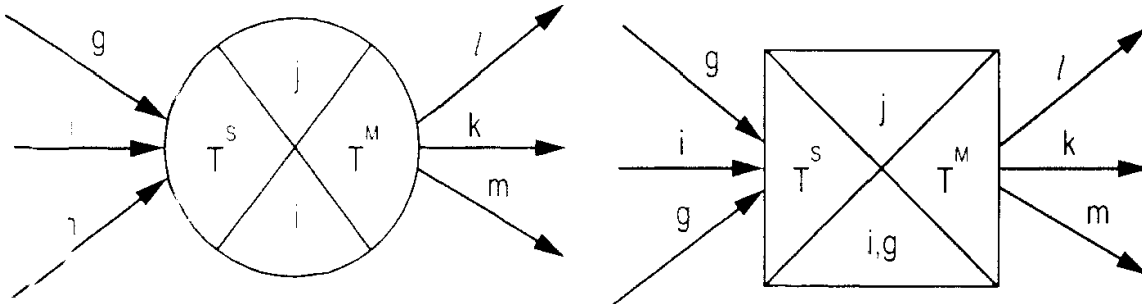
2.3. CÁC PHƯƠNG PHÁP TÍNH SƠ ĐỒ MẠNG

Hiện nay có 3 phương pháp cơ bản để tính sơ đồ mạng, đó là: tính sơ đồ mạng trực tiếp trên sự kiện; tính sơ đồ mạng bằng lập bảng và tính sơ đồ mạng bằng máy tính điện tử.

Ở phần này sẽ giới thiệu hai phương pháp tính được bằng tay, còn phương pháp tính bằng máy tính điện tử sẽ được giới thiệu ở phần "Tin học trong sơ đồ mạng".

2.3.1. Tính sơ đồ mạng trực tiếp trên sự kiện

Theo phương pháp này, người ta chia sự kiện ra làm 4 ô. Sự kiện thường biểu diễn bằng vòng tròn nên còn có tên gọi "vòng tròn sự kiện". Các thông số được ký hiệu như sau:



Hình 2.2: Các ký hiệu trên sự kiện

j - Sự kiện đang xét;

i - Sự kiện đứng trước đi đến j bằng đường dài nhất (nếu có nhiều sự kiện đi đến j có đường dài bằng nhau đến phải ghi i, g...); các chỉ số này dùng để xác định đường găng;

T^S - thời gian sớm của sự kiện đang xét;

T^M - thời gian muộn của sự kiện đang xét;

Trình tự tính toán như sau:

Bước 1: Lướt đi, tính từ trái sang phải

Tính thời điểm sớm của sự kiện (T^S)

- Bắt đầu từ sự kiện xuất phát với $T_1^S = 0$

- Sự kiện tiếp theo nếu chỉ có một công việc đi đến sẽ tính theo công thức:

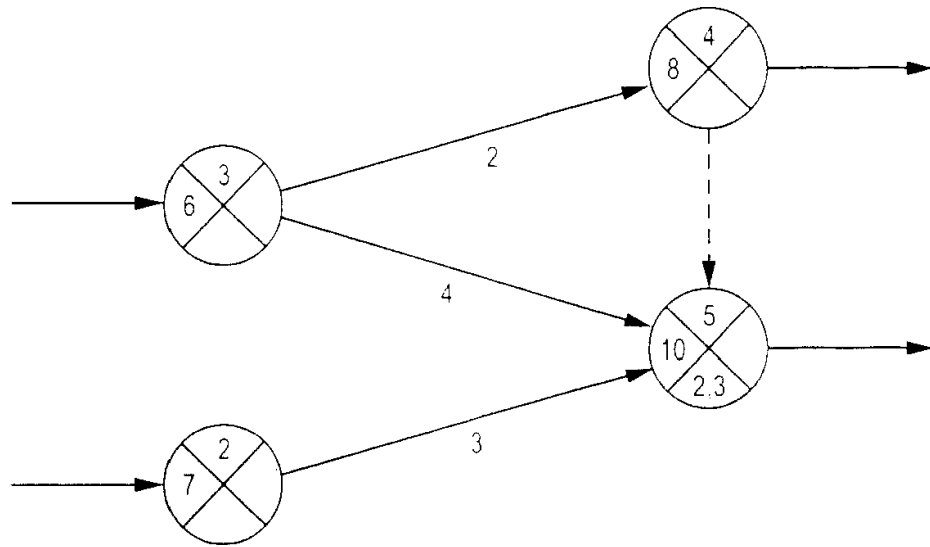
$$T_j^S = T_i^S + t_{ij} \quad (2.1)$$

Nếu có nhiều công việc đi đến sẽ tính như sau:

$$T_j^S = \max[(T_i^S + t_{ij}); (T_h^S + t_{hj}); \dots] \quad (2.1')$$

- Sự kiện nào đứng trước mà đi đến sự kiện đang xét bằng con đường dài nhất sẽ được ghi ở ô dưới (Nếu có hai hoặc nhiều sự kiện đứng trước đi đến sự kiện đang xét đều có chiều dài đường bằng nhau, sẽ được ghi tất cả vào ô dưới).

- Cứ như vậy tính dần lên theo thứ tự tăng dần của chỉ số sự kiện, cho đến sự kiện hoàn thành cuối cùng (T_n^S) thì kết thúc bước thứ nhất.



Kết quả bước thứ nhất tính được ô trái của sự kiện (T^S) và các chỉ số ở ô dưới sự kiện (xem hình vẽ trên).

Bước 2: Lướt về, tính từ phải sang trái

Tính thời điểm muộn của sự kiện (T^M).

- Bắt đầu từ sự kiện cuối cùng với $T_n^M = T_n^S$

Nghĩa là dù sớm hay muộn thì cũng phải hoàn thành tiến độ đúng thời hạn. Do đó thời điểm sớm hoặc muộn của sự kiện cuối cùng phải bằng nhau.

- Tính ngược trở lại các sự kiện $(n-1), (n-2), \dots, (i-1), i, \dots, 1$

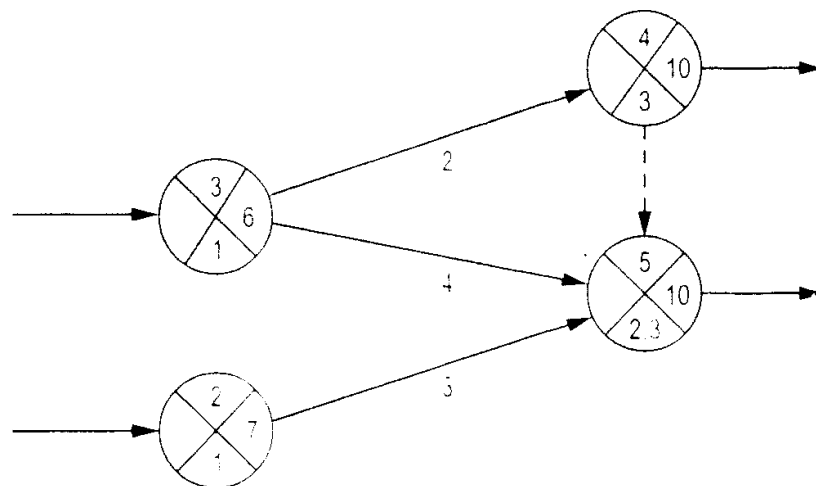
Ta có công thức:

$$T_i^M = T_j^M - t_{ij} \quad (2.2)$$

- Nếu có nhiều sự kiện đứng sau sự kiện đang xét i có thể lùi đến sự kiện i bằng nhiều công việc, thì: T_i^M được tính bằng công thức:

$$T_i^M = \min[(T_j^M - t_{ij}); (T_k^M - t_{ik}); \dots] \quad (2.2)'$$

- Cứ như vậy tính lùi về sự kiện xuất phát số 1 ta kết thúc bước thứ hai.



Kết quả bước thứ hai tính được ô phải của sự kiện T^M (xem hình vẽ trên).

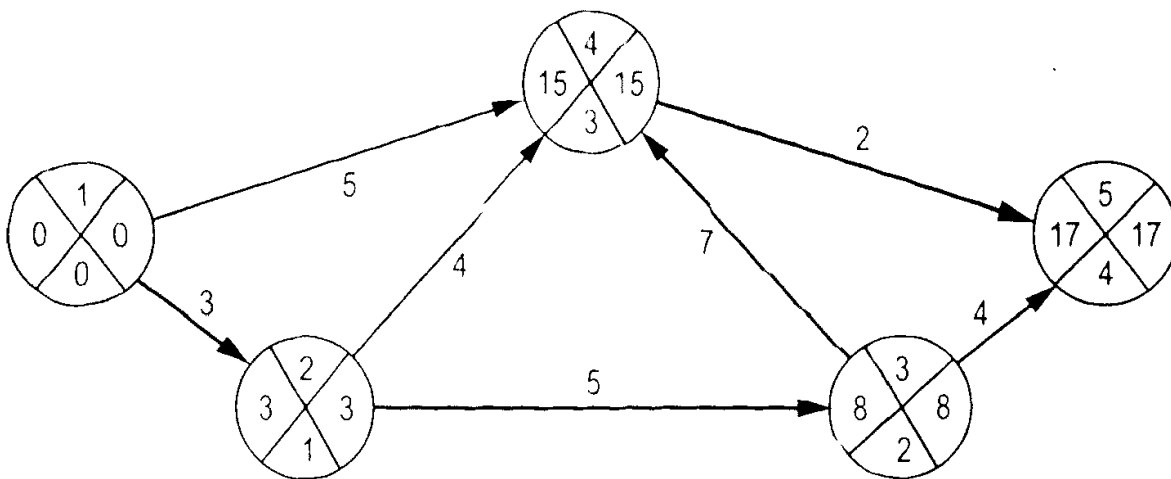
Bước 3: Xác định đường găng

Điều kiện cần và đủ của đường găng là đường đi qua các sự kiện găng và là đường dài nhất.

Vì vậy nếu chỉ nối các sự kiện găng lại (các sự kiện găng là các sự kiện có dự trữ $D_i = T_i^M - T_i^S = 0$).

Nghĩa là có ô trái và ô phải của sự kiện bằng nhau, thì mới đạt được điều kiện cần, nhưng chưa đủ.

Vì vậy đường đó chưa chắc đã là đường găng. Ta hãy xét ví dụ dưới đây (Ví dụ 2.2).



Hình 2.3: Đường găng

Sau khi tính được các thông số T^S , T^M của các sự kiện, ta nhận thấy tất cả các sự kiện đều găng ($D_i = 0$). Nhưng đường găng chỉ có một và đi theo đường 1-2-3-4-5 có chiều dài lớn nhất $T_z = 17$ ngày.

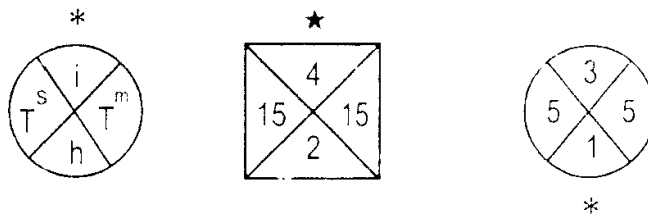
Các công việc 1-4, 2-4 và 3-5 đều nối từ hai sự kiện găng, nhưng không phải là các công việc găng. Vì vậy, đường găng không đi qua các công việc này. Nếu cứ nối các sự kiện găng lại để thành đường găng, sẽ là sai.

Từ đó ta đề ra quy tắc để xác định đường găng như sau:

Trình tự xác định đường găng: gồm có hai quy tắc.

Quy tắc 1: Lướt đi. Đi từ sự kiện đầu đến sự kiện cuối.

Đánh dấu tất cả các sự kiện găng bằng chì đỏ hoặc một ký hiệu nào đó, ví dụ dấu (*) ở cạnh sự kiện.

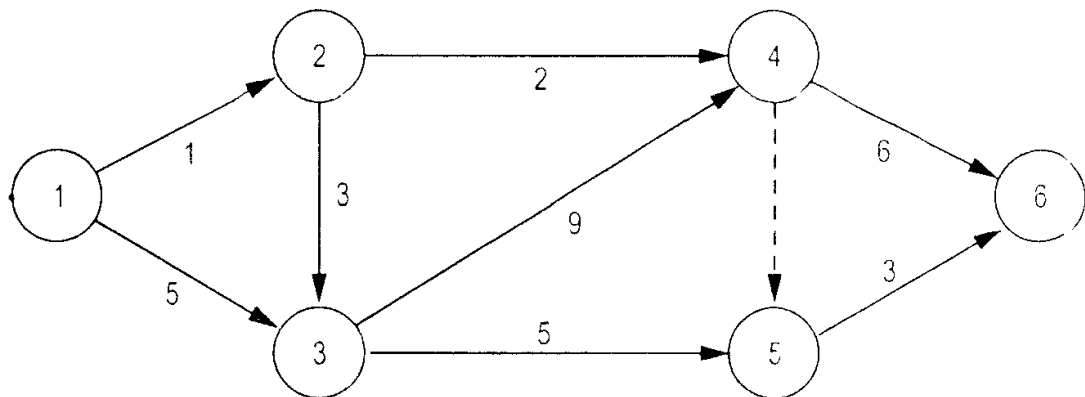


Sự kiện găng có dự trữ $D_i = 0$, nghĩa là có ô bên trái bằng ô bên phải của sự kiện.

Quy tắc 2: Lướt về. Từ sự kiện cuối cùng lùi về các sự kiện găng bằng chỉ số ghi ở ô dưới của sự kiện, vẽ đậm công việc nối hai sự kiện găng ta sẽ được công việc găng. Cứ lùi như vậy đến sự kiện xuất phát số 1 ta sẽ được đường găng. Có thể có một hoặc nhiều đường găng, điều đó phụ thuộc vào các chỉ số sự kiện ghi ở ô dưới của sự kiện.

Dễ dàng nhận thấy mỗi quy tắc của trình tự đảm bảo một điều kiện cần và đủ để xác định đường găng một cách chính xác, không sai sót, nhầm lẫn.

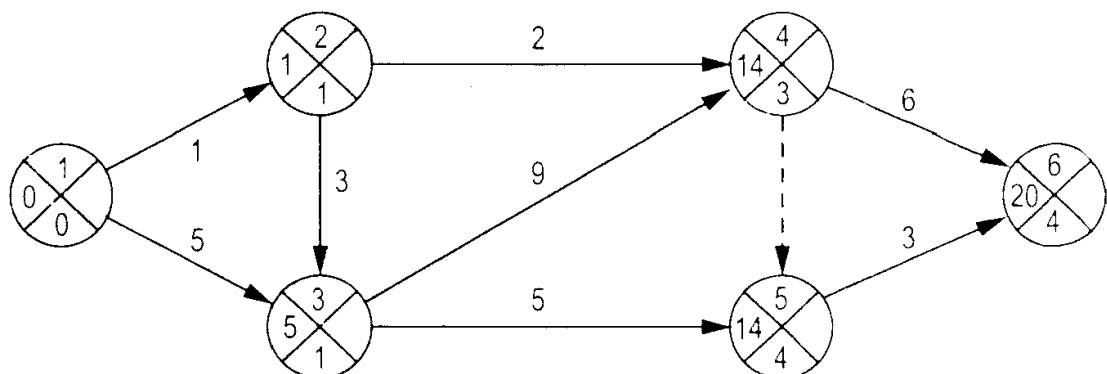
Ví dụ 2.3. Cho sơ đồ mạng sau hãy tính các thông số và xác định đường găng.



Hình 2.4: Sơ đồ mạng trước khi tính toán

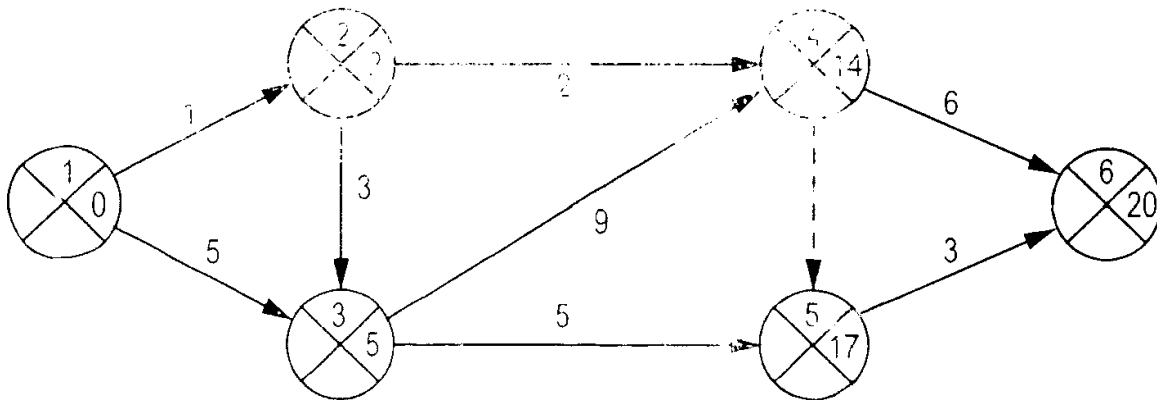
Để tính trực tiếp trên sự kiện, ta chia sự kiện ra làm 4 ô. Để tiện theo dõi, mỗi bước tính toán sẽ được trình bày trên một hình vẽ.

Bước 1: Lướt đi tính từ trái sang phải, bằng các công thức đã biết. Ta được kết quả như sau (T^s).



Hình 2.5: Thời hạn sớm nhất của sự kiện

Bước 2: Lướt về tính từ trái sang phải từ sự kiện cuối cùng số 6 lùi dần về sự kiện 1 ta được các giá trị (T^M) ở hình vẽ sau:



Hình 2.6: Thời hạn muộn nhất của sự kiện

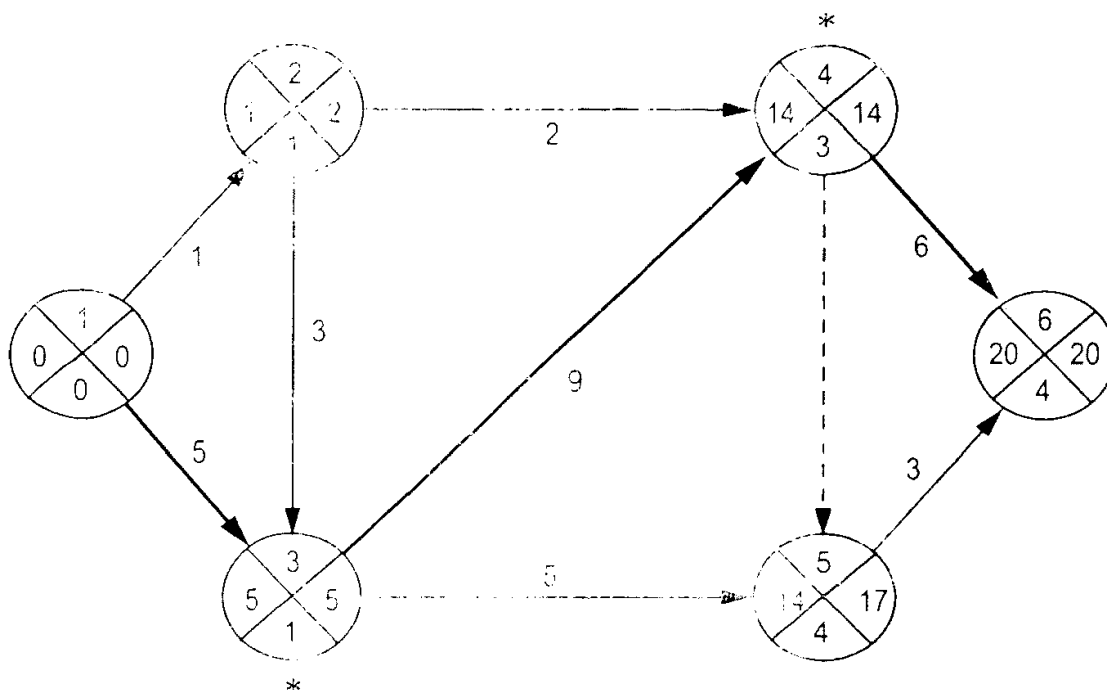
Bước 3: Xác định đường găng

Áp dụng quy tắc xác định đường găng

Quy tắc 1: Đánh dấu các sự kiện găng đi từ trái sang phải.

Quy tắc 2: Nối các công việc găng đi từ phải sang trái; từ sự kiện cuối cùng, sự kiện 6 lùi dần về sự kiện 4-3-1. Nhờ các chỉ số sự kiện ghi ở ô dưới của vòng tròn sự kiện.

Ví dụ: Từ 6 có thể lùi về 5 và 4. Nhưng chỉ số ghi ở ô dưới sự kiện 6 ghi là 4, nghĩa là phải lùi về sự kiện 4 mới đúng đường găng. Kết quả ta được một đường găng vẽ nét đậm (Hình 2.7).



Hình 2.7: Xác định đường găng

Đến đây kết thúc việc tính toán sơ đồ mạng. Các dự trữ của công việc không cần tính; khi chuyển sơ đồ mạng lên trục thời gian sẽ làm xuất hiện các dự trữ này.

2.3.2. Tính sơ đồ mạng bằng phương pháp lập bảng

Tính sơ đồ mạng theo phương pháp lập bảng là cách tính dùng công thức và bảng đã lập, để tính các thời gian: khởi sớm - kết sớm; khởi muộn - kết muộn của từng công việc. Tính các dự trữ lớn nhất và bé nhất của từng công việc. Xác định đường găng.

Vì vậy phương pháp này còn có tên gọi là *phương pháp tính theo công việc*.

Trình tự tính toán đi theo các bước sau:

Bước 1: Lập bảng tính toán

Bảng 2.2. Các thông số của sơ đồ mạng

TT	Tên công việc	Kí hiệu (i_j)	Thời gian (ngày t_{ij})	Nhân công (người)	Sớm		Muộn		Dự trữ		Công việc găng
					$T_{ij}^{kh.s}$	T_{ij}^{ks}	$T_{ij}^{kh.m}$	T_{ij}^{km}	D_{ij}	d_{ij}	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12

Sau khi lập xong bảng, từ cột 1 đến cột 5 các số liệu được lấy từ sơ đồ mạng để điền vào. Từ cột 6 đến cột 12 sẽ được tính toán theo các bước dưới đây.

Chú ý: Các công việc xếp theo thứ tự tăng dần của sự kiện đầu và cuối.

Bước 2: Tính thời gian khởi sớm của công việc (cột 6)

$$T_{ij}^{kh.s} = T_{ik}^{kh.s} = T_{ih}^{kh.s} = \dots = T_i^S \quad (2.6)$$

$$\text{Với } \begin{cases} T_i^S = 0 \text{ sự kiện đầu có thời gian sớm và muộn bằng không.} \\ T_i^S = \text{Max}[(T_q^S + t_{qi}) ; (T_h^S + t_{hi}) \dots] \end{cases} \quad (2.1)'$$

Bước 3: Tính thời gian kết muộn của công việc (cột 9)

$$T_{ij}^{km} = T_{hj}^{km} = T_{gi}^{km} = \dots = T_j^M \quad (2.7)$$

Với $T_n^M = T_n^S$ sự kiện cuối cùng có thời gian sớm và muộn bằng nhau.

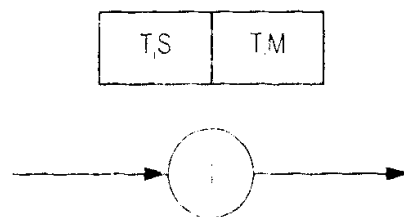
$$T_j^M = \min[(T_k^M - t_{jk}) ; (T_l^M - t_{jl}); \dots] \quad (2-2)'$$

Ghi chú: Kết quả của bước tính 2 ghi vào cột 6 trong bảng. Kết quả của bước tính 3 ghi vào cột 9 trong bảng.

Tuy nhiên để tránh nhầm lẫn khi tính bằng công thức, có thể kết hợp với cách tính trực tiếp trên sự kiện. Khi này các giá trị T_i^S, T_i^M được ghi vào một hình chữ nhật vẽ thêm ở bên cạnh sự kiện. Ta có ngay kết quả:

- Với các công việc có sự kiện đầu là i thì thời gian $T_{ij}^{khs} = T_i^S$, ghi vào cột 6.

- Với các công việc có sự kiện cuối là i thì thời gian $T_{qi}^{km} = T_i^M$ ghi vào cột 9.



Bước 4: Từ bước này ta tính trực tiếp trên bảng

Tính thời gian kết sớm của công việc (cột 7).

Ta có công thức:

$$T_{ij}^{ks} = T_{ij}^{khs} + t_{ij} \quad (2-5)$$

Như vậy cột 7 = cột 4 + cột 6

Tính thời gian khởi muộn của công việc (cột 8)

Ta có công thức:

$$T_{ij}^{khu} = T_{ij}^{kin} + t_{ij} \quad (2-9)$$

Như vậy cột 8 = cột 9 – cột 4

Tính dự trữ của công việc:

- Dự trữ lớn nhất D_{ij} (cột 10)

$$D_{ij} = T_j^M - T_i^S - t_{ij} \quad (2-12)$$

Như vậy cột 10 = cột 9 – cột 6 – cột 4

Nhưng: cột 8 = cột 9 – cột 4

Nên: cột 10 = cột 8 – cột 6

- Dự trữ bé nhất d_{ij} (cột 11)

$$d_{ij} = T_j^S - T_i^N - t_{ij} \quad (2-13)$$

Như vậy: cột 11 = cột 7 – cột 8 – cột 4

Nhưng: cột 7 – cột 4 = cột 6,

Nên cột 11 = cột 6 – cột 8.

Xác định đường găng:

Các công việc nào có tất cả các loại dự trữ

$D_{ij} = 0, d_{ij} = 0$ là công việc găng.

Các công việc găng được ghi ở cột 12.

Ghi chú:

- Các công việc đã có thời gian dự trữ bé nhất thì nhất thiết phải có thời gian dự trữ lớn nhất.

- Nhưng một công việc có dự trữ lớn nhất thì có thể không có dự trữ bé nhất.

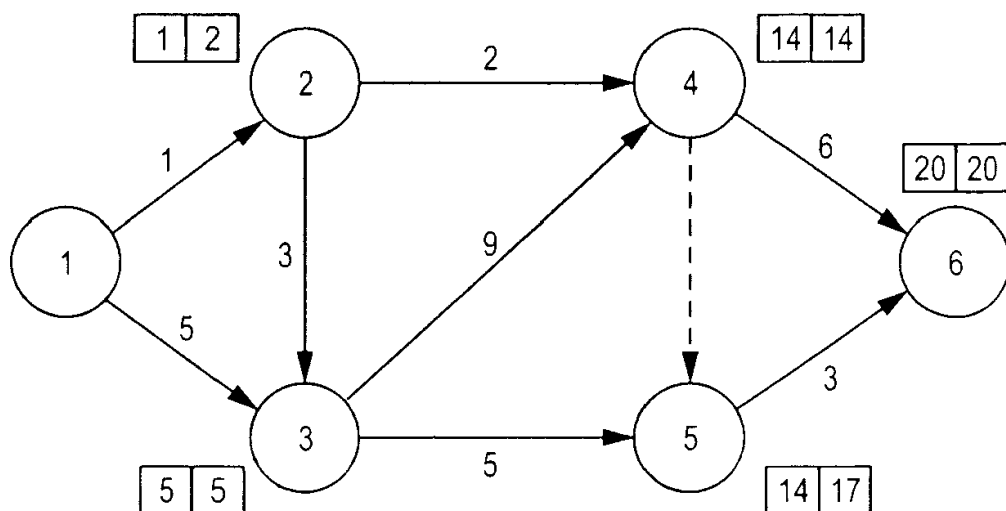
Nhận xét:

Cách tính sơ đồ mạng bằng phương pháp lập bảng có ưu điểm là thấy rõ các giá trị: khởi sớm - kết sớm; khởi muộn - kết muộn; các loại dự trữ - của từng công việc. Tuy nhiên, vì không có trục thời gian nên không vẽ được biểu đồ nhân lực, do đó việc điều chỉnh mạng hoặc tối ưu hoá mạng không làm được. Việc sử dụng trong điều khiển tiến độ là khó khăn, phức tạp.

Vì vậy phương pháp này ít được áp dụng trong thực tế.

Ví dụ 2.4: Tính sơ đồ mạng bằng phương pháp lập bảng

Để có thể so sánh với phương pháp tính trực tiếp trên sự kiện. Ta làm lại ví dụ 2.3 (hình 2.4)



Bước 1. Lập bảng tính toán

Bảng 2.3. Các thông số của sơ đồ mạng

TT	Tên công việc	Kí hiệu (i_j)	Thời gian ngày (t_{ij})	Nhân công (người)	Sớm		Muộn		Dự trữ		Đường găng
					T_{ij}^{khs}	T_{ij}^{ks}	T_{ij}^{khu}	T_{ij}^{km}	D_{ij}	d_{ij}	
1		1-2	1	5	0			2			
2		1-3	5	5	0			5			
3		2-3	3	1	1			5			
4		2-4	2	4	1			14			
5		3-4	9	7	5			14			
6		3-5	5	3	5			17			
7		4-5	0	0	14			17			
8		4-6	6	3	14			20			
9		5-6	3	5	14			20			

Kết hợp cách tính T^S , T^M của sự kiện trực tiếp trên mạng.

Bước 2: Dùng các công thức đã biết để tính toán các số liệu ghi ở cột 6 (bảng 2.3).

Bước 3: Tính như bước 2. Kết quả ghi ở cột 9 (bảng 2.3).

Bước 4: Tính trực tiếp trên bảng.

Kết quả được ghi ở bảng 2.4

Bảng 2.4. Kết quả tính toán các thông số của sơ đồ mạng

TT	Tên công việc	Kí hiệu (i_j)	Thời gian ngày (t_{ij})	Nhân công (người)	Sớm		Muộn		Dự trữ		Đường găng
					T_{ij}^{khs}	T_{ij}^{ks}	T_{ij}^{khu}	T_{ij}^{km}	D_{ij}	d_{ij}	
1		1-2	1	5	0	1	1	2	1	-1	1-3
2		1-3	5	5	0	5	0	5	0	0	
3		2-3	3	1	1	4	2	5	1	-1	
4		2-4	2	4	1	3	12	14	11	-11	3-4
5		3-4	9	7	5	14	5	14	0	0	
6		3-5	5	3	5	10	12	17	7	-7	
7		4-5	0	0	14	14	17	17	3	-3	4-6
8		4-6	6	3	14	20	14	20	0	0	
9		5-6	3	5	14	17	17	20	3	-3	

Nhận xét:

- Nếu giá trị dự trữ là âm ($d_{ij} < 0$) coi như không có dự trữ bé nhất, có thể lấy $d_{ij} = 0$ để xác định đường găng;

- Dự trữ tính toán theo phương pháp lập bảng chỉ có dự trữ lớn nhất (D_{ij}) giống như cách tính theo sự kiện, còn dự trữ nhỏ nhất (d_{ij}) thường là không có, vì ta đã dùng nó để thay đổi thời gian khởi muộn của công việc, buộc các công việc đều khởi muộn theo công thức:

$$T_{ij}^{k_{hm}} = T_{ij}^{k_{m}} - t_{ij}$$

2.4. SƠ ĐỒ MẠNG TRÊN TRỤC THỜI GIAN

Sơ đồ mạng là một mô hình mạng lưới. Nó diễn tả một dự án bằng mối liên hệ giữa các công việc. Sơ đồ mạng ban đầu chỉ chú ý đến logic các công việc, còn độ dài công việc được vẽ ước lệ. Do đó, nó có một nhược điểm là, các công việc không thể hiện theo tỉ lệ; độ dài thời gian của mỗi công việc được tính bằng chỉ số ghi ở mũi tên công việc. Vì vậy, bằng trực giác rất khó nhận ra, tại một thời điểm nào đó có bao nhiêu công việc đang làm? Công việc nào mới bắt đầu và công việc nào đã kết thúc? và không thể vẽ được biểu đồ tài nguyên (nhân lực, vật liệu...) nên không trả lời được các câu hỏi trên.

Vì vậy, sau khi tính toán xong sơ đồ mạng, người ta chuyển sơ đồ mạng lên trục thời gian:

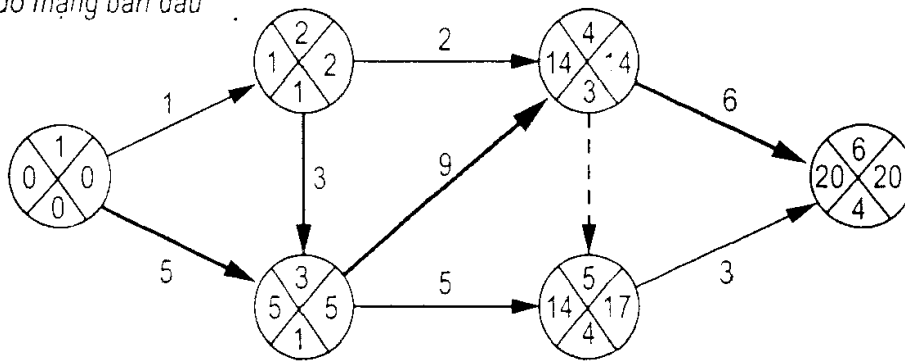
- Đầu tiên, kẻ một trục thời gian tính bằng ngày;
- Căn đường găng lên trục thời gian trước.

Nếu có nhiều đường găng, thì sẽ biểu diễn thành những đường song song với trục thời gian.

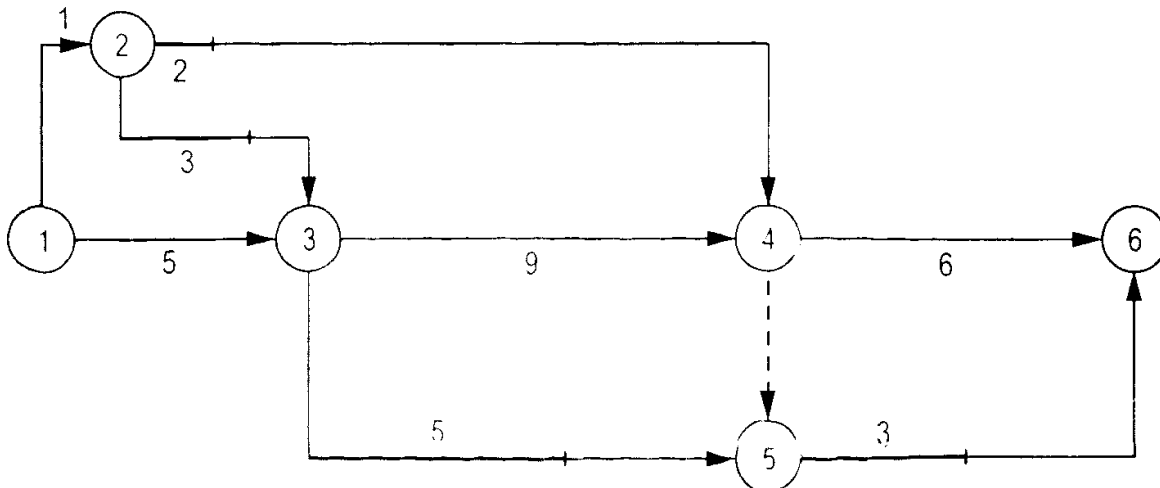
- Đường găng được vẽ nét đậm hoặc chì màu;
- Tiếp theo là sắp xếp các công việc không găng thành những đường nét nhỏ hơn và song song với trục thời gian;
- Nếu các công việc không găng đều khởi sớm, ta thấy xuất hiện dự trữ tự do khởi sớm ($d_{ij}^{kh.s}$).

Thời gian dự trữ được biểu diễn bằng nét mảnh. Nếu các công việc đều khởi sớm, dự trữ sẽ dồn về sau. Điều này có lợi cho việc sử dụng dự trữ cũng như việc điều chỉnh tiến độ sau này. Vì vậy, ta quy định khi chuyển sơ đồ mạng lên trục thời gian thì tất cả các công việc đều khởi sớm.

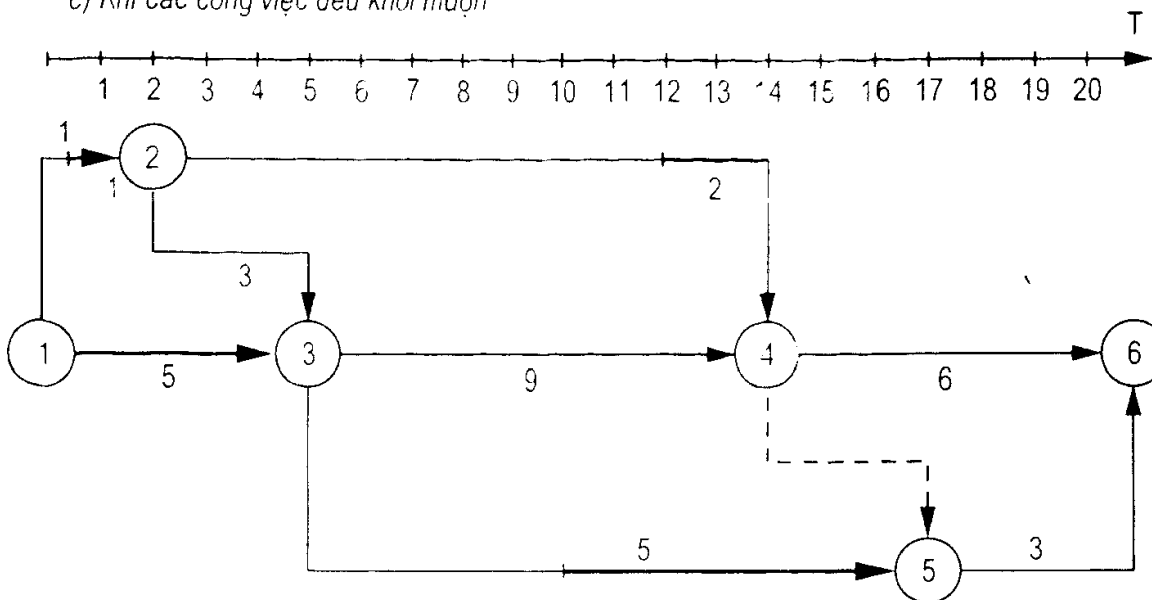
a) Sơ đồ mạng ban đầu



b) Khi các công việc đều khởi sớm



c) Khi các công việc đều khởi muộn



Hình 2.8: Sơ đồ mạng trên trục thời gian

- Tuy nhiên, về lý thuyết có thể biểu diễn các công việc không găng tất cả đều khởi muộn. Lúc này xuất hiện các dự trữ tự do khởi muộn (d_{ij}^{khm}) nhưng các dự trữ này đều dồn về trước, không tiện lợi cho việc sử dụng dự trữ trong điều khiển tiến độ.

- Sơ đồ mạng sau khi chuyển lên trục thời gian dễ dàng vẽ được biểu đồ nhân lực hoặc các biểu đồ tài nguyên khác. Có thể sử dụng các dự trữ để điều chỉnh biểu đồ nhân lực điều hoà hơn. Điều đó giúp người chỉ huy tổ chức và sử dụng nhân công một cách hợp lý. Sau đây trình bày lại ví dụ 2-3 đã được tính toán và xác định đường găng ở hình 2.7.

Ta chuyển sơ đồ mạng này lên trục thời gian.

2.5. CHUYỂN SƠ ĐỒ MẠNG SANG SƠ ĐỒ NGANG

Bên cạnh những ưu điểm rất cơ bản so với sơ đồ ngang, sơ đồ mạng có nhược điểm là, nhìn trên sơ đồ ta không thấy rõ bằng trực giác: Mỗi công việc phải làm từ ngày nào đến ngày nào? Hoặc tại một thời điểm có những công việc nào đang tiến hành? Điều đó gây khó khăn cho việc vẽ biểu đồ tài nguyên mà quan trọng nhất là *biểu đồ nhân lực*.

Nhưng trên sơ đồ ngang thì vấn đề này lại nhìn thấy một cách rõ ràng. Việc vẽ biểu đồ nhân lực trở lên đơn giản và việc sử dụng nó trong điều khiển tiến độ được dễ dàng. Chính vì vậy mà người ta nghĩ cách chuyển sơ đồ mạng sang sơ đồ ngang, để xây dựng *một dạng mới của sơ đồ mạng lưới*, đó là "*Sơ đồ mạng ngang*" còn có tên gọi là "*Sơ đồ Gantt Chart*".

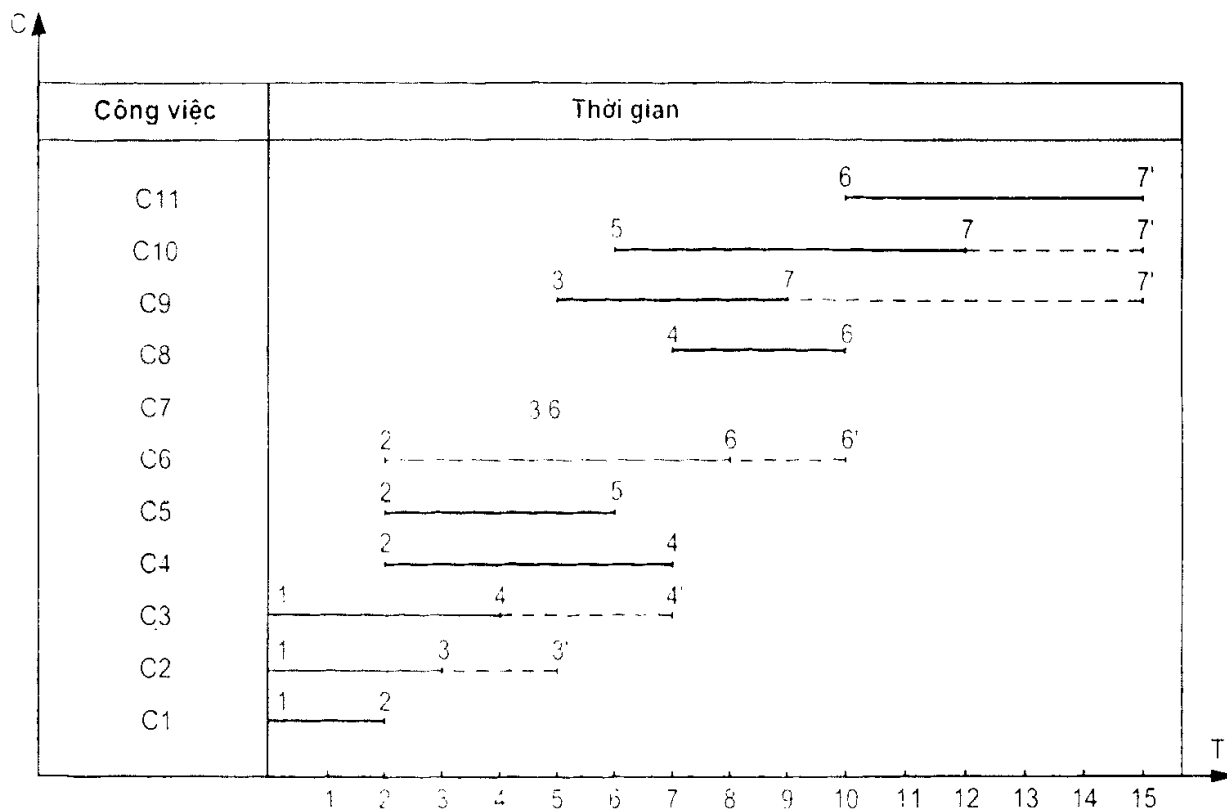
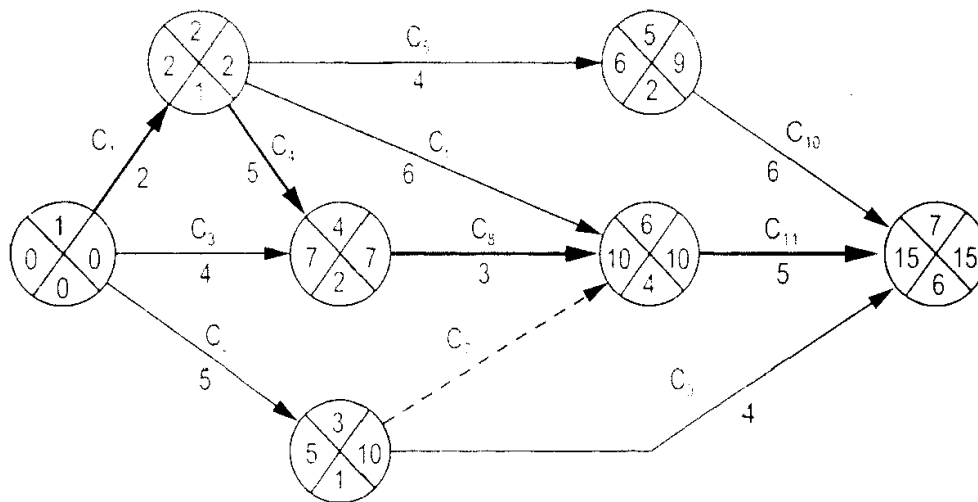
"*Sơ đồ mạng ngang*" kết hợp được những ưu điểm của hai sơ đồ, làm cho phương pháp biểu diễn những ý đồ tổ chức trở nên sinh động và dễ hiểu, phục vụ rộng rãi cho nhiều người sử dụng mà không đòi hỏi những kiến thức cao về sơ đồ mạng. Việc chuyển sơ đồ mạng sang sơ đồ ngang được tiến hành theo các bước sau:

Bước 1: Vẽ góc phần tư thứ nhất của hệ tọa độ vuông góc COT

- Trục hoành OT biểu thị thời gian, được chia theo tỉ lệ nào đó với đơn vị tính bằng ngày;
- Trục tung OC biểu thị công việc;
- Vẽ lưới ô vuông hoặc chữ nhật bằng chì hoặc nét mảnh mờ (hình 2.9).

Bước 2: Mỗi công việc được biểu diễn bởi một đoạn thẳng song song với trục OT. Độ dài đoạn thẳng chính là thời gian của công việc (t_{ij})

- Các công việc ảo được biểu diễn thành một điểm (.);
- Trên đoạn thẳng biểu diễn công việc, đầu mút trái ghi sự kiện bắt đầu, mút phải ghi sự kiện kết thúc;
- Các công việc găng được vẽ đậm hoặc màu đỏ.



Hình 2.9: Sơ đồ mạng ngang (GANIT Chart)

Bước 3: Các công việc được biểu diễn theo quy tắc sau:

- Các công việc biểu diễn lần lượt từ trên xuống dưới theo chiều âm của trục tung, hoặc biểu diễn từ dưới lên theo chiều dương của trục tung (trục công việc OC);
- Thứ tự các công việc "tăng dần về độ lớn của chỉ số sự kiện kết thúc công việc";
- Nếu các công việc có cùng sự kiện kết thúc thì công việc nào có sự kiện đầu nhỏ hơn sẽ được xếp trước.

Ví dụ 1: Công việc C1 có sự kiện kết thúc là 2.

Công việc C2 có sự kiện kết thúc là 3.

Do đó công việc C1 biểu diễn trước C2.

Ví dụ 2: Công việc C3 và C4 cùng có sự kiện kết thúc là 4.

C3 có sự kiện đầu là $1 < 2$, là sự kiện đầu của C4 nên C3 biểu diễn trước C4.

Bước 4: Nếu có nhiều công việc cùng kết thúc ở sự kiện i thì các công việc $i-j$ tiếp theo sẽ bắt đầu ở chỉ số i có hoành độ lớn nhất.

Ví dụ 3: Công việc C8 ký hiệu (4-6) có sự kiện đầu là sự kiện kết thúc của các công việc C3 (1-4) và C4 (2-4) thì công việc C8 (4-6) bắt đầu ở hoành độ kết thúc công việc C4 (2-4), ở ngày thứ 7 là hoành độ lớn nhất so với công việc C3 (1-4), ở ngày thứ 4 (xem các ví dụ này trên hình 2.9).

Bước 5: Xác định dự trữ của các công việc.

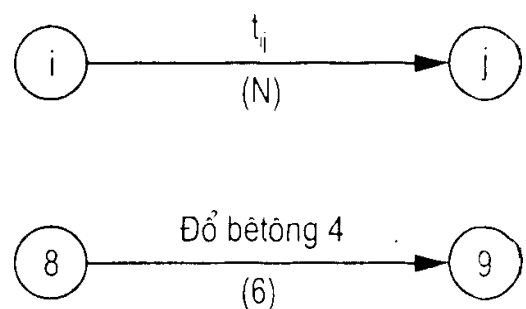
Sau khi biểu diễn xong các công việc trên hệ toạ độ, lần lượt đi từ trên xuống hoặc dưới lên theo trục công việc OC. Ta thấy có nhiều công việc cùng kết thúc ở một sự kiện cuối j , song có hoành độ khác nhau. Đó là do sự chênh lệch về thời gian của các công việc găng và các việc không găng. Sự chênh lệch này chính là dự trữ của các công việc. Để biểu diễn các dự trữ này, ta chỉ việc kéo dài đoạn thẳng biểu diễn các công việc không găng, bằng một đoạn thẳng vẽ nét đứt, sao cho điểm cuối của đoạn thẳng này, trùng với điểm cuối của các sự kiện găng có cùng tên gọi (j). Và được ký hiệu là (j'). Ví dụ: Các công việc C3 (1-4) kết thúc ở ngày thứ 4 nhưng công việc C4 (2-4) kết thúc ở ngày thứ 7. Sau khi kéo dài công việc (1-4) thành (1-4-4'), kết thúc ở ngày thứ 7, ta thấy dự trữ là 3 ngày (hình 2.9).

Để minh hoạ ta sẽ làm một ví dụ sau:

Ví dụ 2.5: Giả sử có một sơ đồ mạng đã được tính bằng phương pháp trực tiếp trên sự kiện. Hãy chuyển sơ đồ mạng này sang sơ đồ ngang. Xem kết quả ở hình 2.9.

2.6. BIỂU ĐỒ NHÂN LỰC

Nhân lực là dạng tài nguyên đặc biệt và quan trọng nhất trong xây dựng. Biểu đồ nhân lực phản ánh trình độ tổ chức sản xuất là hợp lý hay không hợp lý trong việc sử dụng lao động. Vì vậy, sau khi chuyển sơ đồ mạng lên trục thời gian hoặc sang sơ đồ ngang, ta tiến hành vẽ biểu đồ nhân



Hình 2.10: Quy ước cách ghi thời gian và nhân lực cho công việc

lực theo phương pháp mặt cắt, tức là theo trục thời gian lần lượt cắt những mặt cắt vuông góc với trục hoành, mặt cắt này cắt qua các công việc này đang tiến hành. Tổng số công nhân của các công việc này cho biết số nhân lực đang làm việc theo tiến độ. Cứ như vậy, ta sẽ vẽ được biểu đồ nhân lực ở phía dưới sơ đồ mạng. Tuy nhiên, ta sẽ chỉ cắt ở những chỗ có sự thay đổi nhân lực. Để thống nhất cách tính toán và thể hiện, ta quy ước số lượng người làm việc theo công việc ghi trong ngoặc đơn ở dưới mũi tên công việc. Thời gian công việc ghi ở phía trên cùng với tên công việc.

Sau đây là ví dụ minh họa.

Ta trở lại ví dụ 2.3 đã tính toán ở phần trên. Giờ thêm các số lượng nhân công cho từng công việc. Ta chuyển sơ đồ mạng này lên trục thời gian và vẽ được biểu đồ nhân lực thể hiện ở hình 2.11.

Để đánh giá chất lượng một biểu đồ nhân lực, ta hãy xét các điểm sau:

1. Diện tích của biểu đồ nhân lực chính là tổng số công lao động trực tiếp trên công trình cần thiết để hoàn thành dự án. Để dàng tính được tổng số công này (S) bằng cách tính tổng diện tích của từng hình chữ nhật nằm trong diện tích biểu đồ nhân lực.

2. Biểu đồ nhân lực các đội thợ được phép giao động trong phạm vi $10\% \div 15\%$. Vì thực tế, nếu thừa nhân lực thì sẽ làm các công việc vất vả mà ta chưa tính hết khi lập tiến độ và nếu thiếu thì đội thợ đó còn có khả năng nâng cao năng suất lao động so với định mức. Nếu mức độ giao động về nhân lực vượt quá giới hạn trên thì phải điều chỉnh lại tiến độ bằng cách sử dụng các dự trữ của công việc để thay đổi thời điểm khởi sớm hay kéo dài thời gian (t_i) của công việc trên sơ đồ mạng. Đây cũng là một hình thức tối ưu hoá sơ đồ mạng; bởi vì biểu đồ nhân lực được lập từ sơ đồ mạng ban đầu mang tính ngẫu nhiên. Vì vậy, cần điều chỉnh lại cho hợp lý. Phần điều chỉnh này sẽ nói kỹ trong chương 6 "Phân phối tài nguyên".

3. Biểu đồ nhân lực không được có những chỗ quá cao ngắn hạn và những chỗ quá thấp dài hạn (hình 2.12a và hình 2.12b).

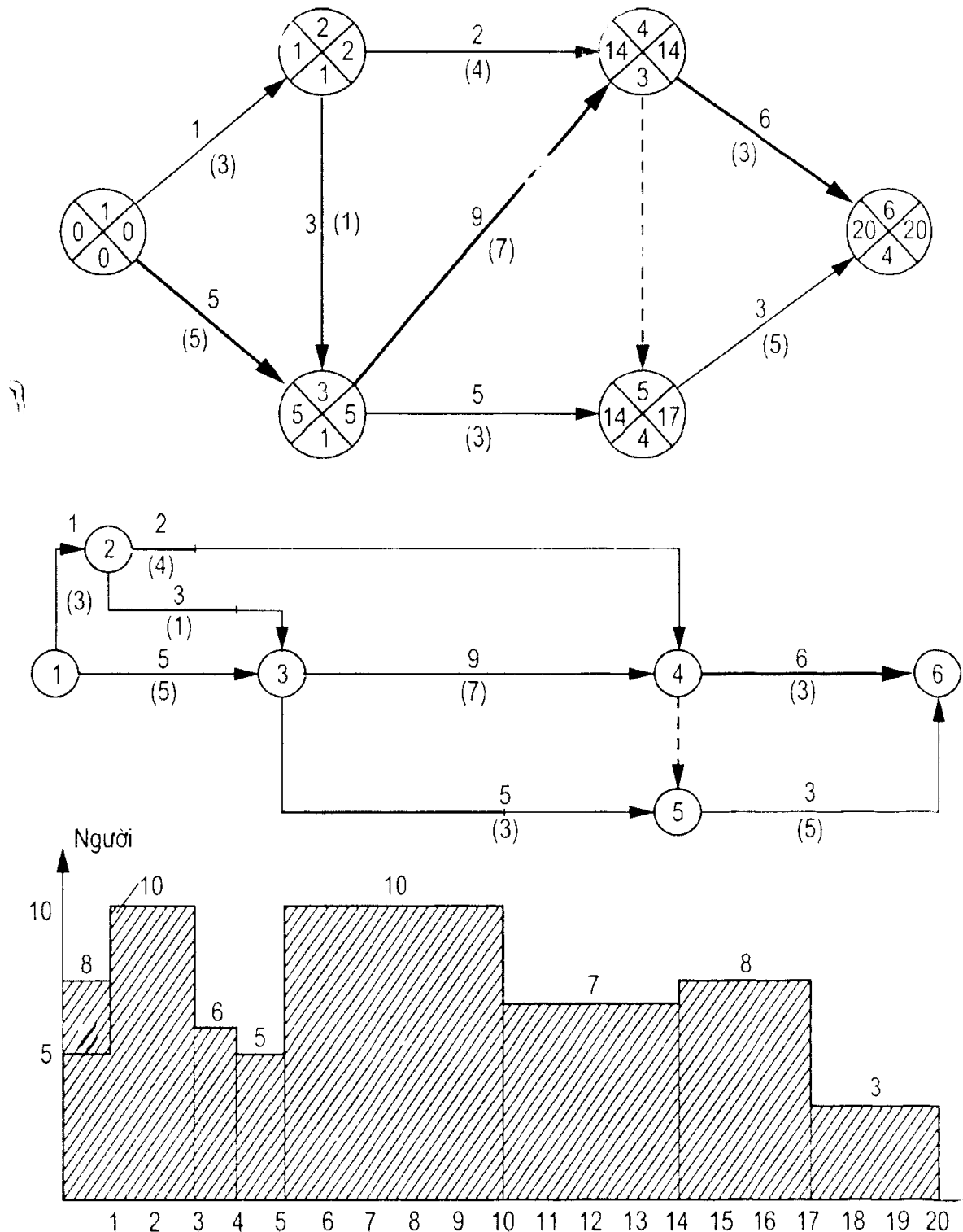
- Nếu quá cao ngắn hạn tức là trong một thời gian ngắn sử dụng một số lượng lao động quá lớn so với số lượng công nhân trung bình. Điều này gây khó khăn cho việc điều động nhân lực mà nếu làm được thì các phụ phí sẽ tăng lên.

- Nếu biểu đồ nhân lực có những chỗ quá thấp dài hạn, thì gây nên dư thừa lao động. Điều này cũng gây bất lợi cho việc sử dụng và điều động nhân lực, hoặc làm tăng các phụ phí.

4. Biểu đồ nhân lực thực phép có những chỗ quá thấp ngàn hạn (hình 2.12c) vì nó không ảnh hưởng lớn đến sự điều động nhân lực. Trên thực tế, trong khoảng thời gian ngắn đó có thể sử dụng số công nhân này làm nhiều việc phụ trên công trường như dọn dẹp, bốc xếp vật liệu...

5. Để đánh giá hoặc so sánh các biểu đồ nhân lực, ta dùng hai hệ số sau:

a) Hệ số sử dụng điều hoà nhân lực (K1)



Hình 2.11: Sơ đồ mạng trên trục thời gian và biểu đồ nhân lực

$$K_1 = \frac{N_{\max}}{N_{Tb}}$$

Trong đó:

$N_{\max}$ - số nhân lực lúc cao nhất;

N_{Tb} - số nhân lực trung bình của biểu đồ nhân lực, được tính bằng tổng số công lao động chia cho thời gian tiến độ.

$$N_{Tb} = \frac{C}{T}$$

C - tổng số công lao động (diện tích biểu đồ nhân lực);

T - thời gian hoàn thành tiến độ.

Hệ số $K_1 \rightarrow 1$ là tốt.

b) Hệ số không ổn định về sử dụng lao động (K_2)

$$K_2 = \frac{C_{kh}}{C}$$

Trong đó:

C_{kh} - số công không ổn định, xác định bằng diện tích phần gạch chéo trên biểu đồ nhân lực.

- Giới hạn bởi đường bao phía trên và đường nhân lực trung bình của biểu đồ nhân lực (hình 2.13).

C - tổng số công lao động, xác định bằng diện tích biểu đồ nhân lực.

Hệ số $K_2 \rightarrow 0$ là tốt.

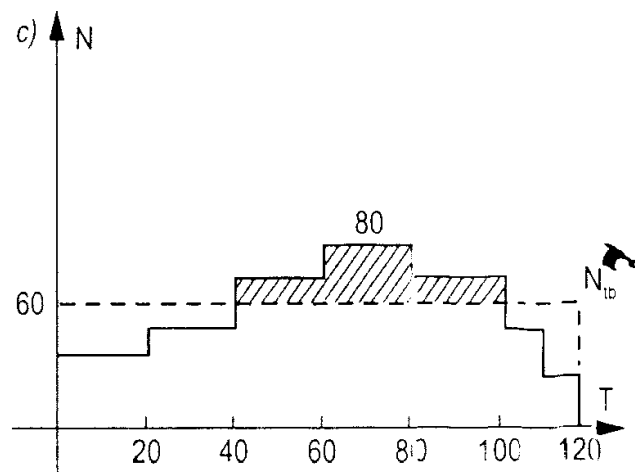
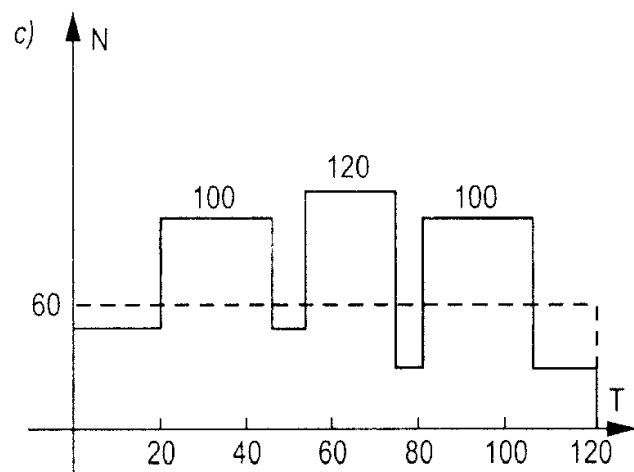
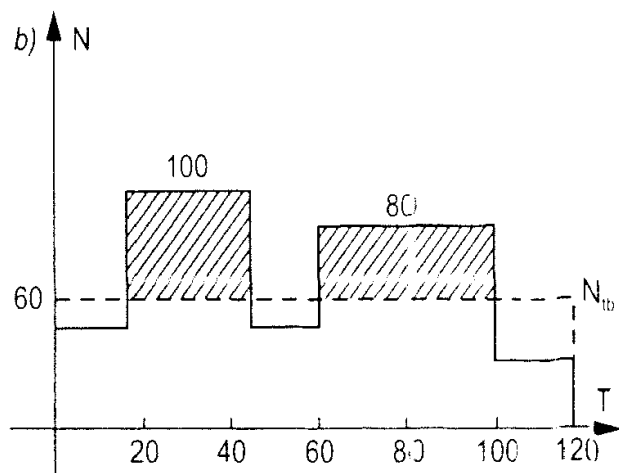
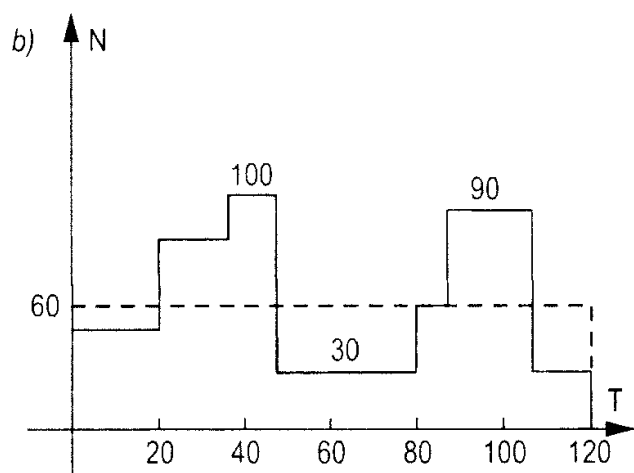
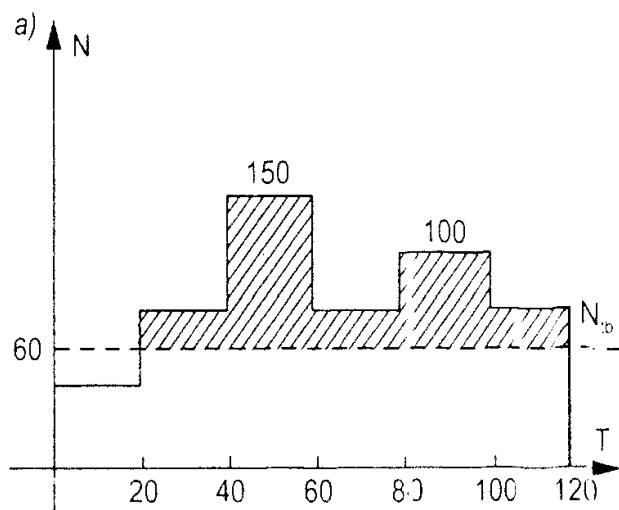
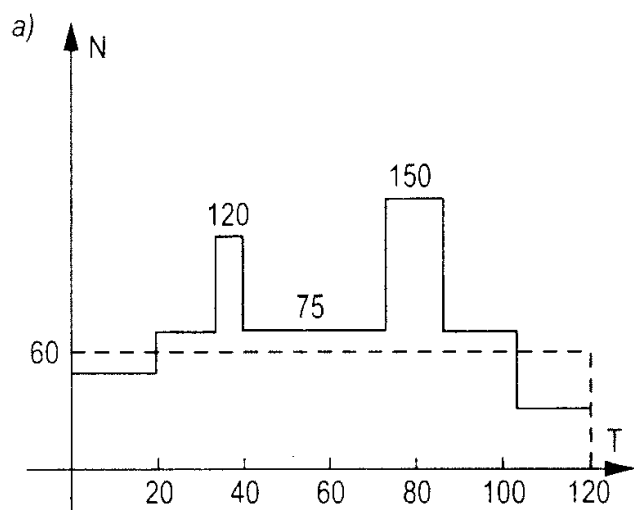
Trên biểu đồ nhân lực (hình 2.13) ta có:

$$\text{H2-13a có } K_1 = \frac{150}{60} = 2,5 \quad K_2 = \frac{2800}{10.800} = 0,25$$

$$\text{H2-13b có } K_1 = \frac{100}{60} = 1,66 \quad K_2 = \frac{1600}{7800} = 0,20$$

$$\text{H2-13c có } K_1 = \frac{80}{60} = 1,33 \quad K_2 = \frac{800}{7000} = 0,11$$

Sau khi tính toán các hệ số K_1 và K_2 có thể kết luận biểu đồ nhân lực trên H2-13c là tốt nhất trong ba biểu đồ nhân lực trên hình 2.13.



Hình 2.12

Hình 2.13

Chương 3

LẬP TIẾN ĐỘ VÀ ĐIỀU KHIỂN

TIẾN ĐỘ BẰNG SƠ ĐỒ MẠNG - CPM

3.1. TRÌNH TỰ LẬP TIẾN ĐỘ BẰNG SƠ ĐỒ MẠNG - CPM

Trình tự lập mạng

Trình tự lập tiến độ xây dựng theo phương pháp sơ đồ mạng nói chung cũng giống như khi lập tiến độ theo các phương pháp khác, tức là phải tiến hành các bước:

- Chọn công nghệ xây dựng;
- Thiết kế phương pháp tổ chức sản xuất;
- Lập danh sách công việc;
- Tính khối lượng công việc;
- Tính thời gian và số người cho từng công việc;
- Lập tiến độ trên sơ đồ mạng;
- Cuối cùng là giải quyết những vấn đề cung cấp tài nguyên và tối ưu hoá tiến độ.

Ở đây chỉ giới thiệu phần lập tiến độ bằng sơ đồ mạng CPM.

Lập sơ đồ mạng ban đầu

Sơ đồ mạng ban đầu là mạng đầu tiên được lập chưa qua một lần điều chỉnh nào.

Để lập mạng ban đầu, trước hết phải căn cứ vào bảng danh sách công việc, vào trình tự công nghệ và phương pháp tổ chức sản xuất như: làm tuần tự, làm song song hay làm dây chuyền hoặc bao gồm cả ba phương pháp đó. Sơ bộ sắp xếp công việc chính, từ trước đến sau, theo trình tự công nghệ và tổ chức. Khi sắp xếp một công việc nào đó cần đặt câu hỏi:

- Những công việc nào đó có thể phải làm trước, làm sau, làm đồng thời, với công việc đang xét. Ví dụ: xét công việc làm móng. Trước công việc làm móng phải làm xong công việc đào đất. Cùng với công việc làm móng có thể

lắp đặt các đường ống. Sau công việc làm móng là công việc lắp đất và xây tường. Sau khi sắp xếp các công việc một cách rời rạc, ta tiến hành liên hệ các công việc lại với nhau cho đúng trình tự và mối liên hệ kỹ thuật cũng như ý đồ về tổ chức xây dựng. Đây là bước khó khăn nhất, căn bản nhất, có ảnh hưởng quyết định đến chất lượng của mạng; bước này bao gồm các công việc:

- Liên kết các công việc lại với nhau;
- Bỏ các sự kiện thừa, thêm các mối liên hệ, thêm các sự kiện phụ nếu cần thiết;
- Tiếp sau đó đánh số sự kiện ghi thời gian các công việc. Kiểm tra lại mạng xem đã đủ các công việc chưa? Các mối liên hệ đã đúng chưa? Có đúng với quy tắc lập mạng chưa? Nếu tất cả đều đúng thì vẽ lại mạng dưới hình thức dễ đọc nhất, rõ ràng nhất. Nếu đã tương đối thành thạo thì không nhất thiết phải theo trình tự trên mà các bước có thể tiến hành đồng thời, chẳng hạn ngay từ đầu vạch ra các công việc với các mối liên hệ của nó, rồi sau đó kiểm tra lại mạng lần cuối cùng.

Đối với các công trình có nhiều công việc (số sự kiện và số công việc nhiều) thì cần chia thành các nhóm công việc, mỗi nhóm công việc lập một mạng con riêng.

Chẳng hạn một mạng con cho phần ngầm, một mạng con cho phần trên mặt đất... rồi sau đó ghép các mạng con lại với nhau, sao cho đúng với trình tự và các mối liên hệ kỹ thuật.

Để đơn giản trong quá trình lập mạng, có những nhóm công việc lúc đầu có thể xem là một công việc, sau khi vẽ hết mạng rồi thì mới chi tiết hoá công việc đó thành một mạng con ghép vào mạng lớn.

Ví dụ: Trong mạng ban đầu ta có thể vạch một công việc "đổ bê tông móng". Sau khi đã vạch xong các công việc chính của mạng, ta mới chi tiết hoá công việc "đổ bê tông móng" thành một mạng con gồm các công việc "ghép cốt pha", "đặt cốt thép" "đổ bê tông" v.v... rồi sau đó đem ghép vào chỗ công việc "đổ bê tông móng".

Khi lập mạng cần đặc biệt chú ý các quá trình thi công dây chuyền, thi công song song xen kẽ; các quá trình như vậy thông thường phải dùng những sự kiện phụ thì mới thể hiện đúng trình tự thi công và mối liên hệ logic giữa các công việc (xem lại Quy tắc 7 để lập sơ đồ mạng ở chương 1).

Sau khi lập xong mạng ban đầu, phải tiến hành xem lại hình thức của mạng. Khi này sơ đồ mạng đóng vai trò như một công cụ, một thứ ngôn ngữ toán học: cho phép diễn tả lại một quy trình công nghệ và các phương pháp tổ chức sản xuất đúng như ý đồ thiết kế. Nếu chưa đúng cần sửa lại cho đến khi hoàn chỉnh mới chuyển sang giai đoạn tính toán mạng.

Khi lập sơ đồ mạng cho một dự án có thể có nhiều cách:

1. Đi từ đầu dự án đến cuối dự án:

Cách này thường làm khi biết rõ các công việc và trình tự các công việc của dự án. Trong xây dựng dân dụng và công nghiệp thường lập sơ đồ mạng theo cách này.

2. Đi ngược lại từ cuối dự án đến đầu dự án:

Khi gặp một dự án hoàn toàn mới mẻ, phức tạp mà không biết rõ các công việc cũng như trình tự các công việc. Ví dụ: dự án chế tạo tên lửa, dự án khoan dầu khí ngoài thềm lục địa. Khi đó, từ kết quả của dự án đi ngược lại, ta sẽ biết cần phải làm những việc gì?

Ví dụ: Kết quả của dự án là có dầu khí.

Đi ngược lại, muốn có dầu khí thì phải khoan, muốn khoan thì phải có đàn khoan, muốn có đàn khoan thì phải tự chế tạo, thuê hoặc nhập, cứ như vậy, ta sẽ phân tích dự án và biết được các công việc phải làm.

3. Làm từng cụm

Khi lập những sơ đồ mạng lớn cho những dự án phức tạp hoặc dự án có nhiều người tham gia lập tiến độ, ta phải phân công cho mỗi người lập một mạng con, cho từng cụm công việc.

Ví dụ:

- Cụm công việc nằm dưới cột ± 0.00 ;
- Cụm công việc xây dựng phần thân công trình;
- Cụm hoàn thiện công trình.

Rồi liên kết các mạng con này thành một sơ đồ mạng lớn, thống nhất. Để đạt tới mục đích cuối cùng thường có nhiều giải pháp và mỗi công việc cũng có nhiều biện pháp thực hiện. Vì vậy, việc sắp xếp thứ tự công việc xác định mối liên hệ giữa các công việc, cũng như việc xác định thời hạn thực hiện mỗi công việc đó, khi phân tích đòi hỏi phải am hiểu chuyên môn và nắm vững kỹ thuật. Lập sơ đồ mạng của những dự án phức tạp cần có sự cộng tác

của nhiều chuyên gia trong các lĩnh vực khác nhau. Trong xây dựng, tùy theo trình độ điều khiển thi công và chức năng công tác mà lập sơ đồ mạng khái quát hoặc chi tiết. Thông thường, ban đầu lập các sơ đồ khái quát gồm từ $30 \div 50$ sự kiện thể hiện tiến độ thi công. Từ sơ đồ mạng đó thấy được những nét lớn trong tiến độ, sau đó tùy theo từng trường hợp mà tiếp tục chi tiết hoá để có một sơ đồ mạng gồm khoảng $100 \div 200$ sự kiện, là mạng phù hợp với cách tính bằng tay.

3.2. VÍ DỤ VỀ LẬP VÀ TÍNH TOÁN TIẾN ĐỘ BẰNG SƠ ĐỒ MẠNG CPM

Để lập được sơ đồ mạng cần phải:

- Xác định thành phần công việc, mối liên hệ và trình tự thực hiện các công việc đó theo từng giai đoạn của công nghệ xây dựng.
- Xác định thời gian và tài nguyên (nhân lực, máy móc, vật liệu v.v...) để thực hiện các công việc. Trong giai đoạn này cần nghiên cứu các tài liệu và lập bảng liệt kê công việc, nghiên cứu kỹ các công việc phải làm.

Để lập tiến độ xây dựng, cần nghiên cứu kỹ các bản vẽ thiết kế về công nghệ đã được thiết kế trong giai đoạn thiết kế tổ chức xây dựng hoặc thiết kế tổ chức thi công. Nếu cần một mạng chi tiết, thì phải liệt kê công việc tỉ mỉ. Nếu cần một mạng sơ bộ thì các công việc được gộp lại thành các công việc chính.

Ví dụ: Công tác đổ bê tông hố móng sẽ gồm các công việc:

- Lắp đặt cốt thép;
- Dựng lắp cốp pha;
- Đổ bê tông;
- Dỡ cốp pha;

Sau đây là ví dụ minh họa.

Ví dụ 3.1.

Lập kế hoạch tiến độ lắp ghép một nhà công nghiệp một tầng bằng sơ đồ mạng CPM.

Tài liệu ban đầu gồm:

- Các bản vẽ chi tiết về kết cấu;
- Các bản vẽ công nghệ xây dựng;
- Định mức xây dựng cơ bản.

Ta có thể phân chia toàn bộ quá trình thành 5 bước:

Bước 1: Sau khi nghiên cứu các tài liệu và tính toán khối lượng công việc kết quả thể hiện ở bảng 3.1.

Trong bảng này cần chú ý tới (cột 8) và (cột 9).

Tổng số công lao động được tính bằng công thức:

$$Q = N.t \text{ (công)}$$

Trong đó: N - số người;

t - thời gian tính bằng ngày.

Vì là một phương trình bậc nhất có hai ẩn số, nên phải chọn một ẩn để tính ra ẩn còn lại.

Ở đây vì là công nghệ lắp phép nên số người bố trí theo các ca máy vì vậy chọn số người trước (cột 8) từ đó tính ra thời gian của từng công việc (cột 9) ở những trường hợp khác có thể chọn thời gian trước rồi tính ra số người thực hiện.

Bảng 3.1. Liệt kê và tính khối lượng công việc

TT	Tên công việc	Đơn vị	Khối lượng	Nội dung về máy và thiết bị xây dựng	Số lượng (chiếc)	Tổng số công	Số người	Thời gian (ngày)
1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	Đào hố móng	m ³	809	Máy đào gầu nghịch 0,25m ³	1	60	6	10
2	Đổ bê tông móng	m ³	358	Máy trộn 500 l	2	72	9	8
3	Đặt ống ngầm	m	134			25	5	5
4	Lấp đất mặt bằng	m ³	451	Ô tô tự đổ 5T	2	72	18	4
5	Vận chuyển cột	cái	64	Ô tô 5 T	4	80	10	8
6	Lắp cột	cái	64	Cần trục xích	1	60	10	6
7	Vận chuyển dầm và tấm mái	cái	32 + 248	Ô tô chuyên dùng	4	80	10	8
8	Lắp mái và tấm mái	cái	32 + 248	Cần trục xích	2	128	16	8
9	Vận chuyển tấm tường + cửa sổ	cái	480	Ô tô 5T	4	50	10	5
10	Lắp tấm tường và cửa sổ	cái	480	Cần trục xích	1	50	10	5
11	Các công việc về mái	m ²	3830			70	10	7

Bảng 3.1 (tiếp theo)

1	2	3	4	5	6	7	8	9
12	Làm nền nhà	tấn	3456	Máy trộn 500 l	1	108	18	6
13	Vận chuyển thiết bị về	m ²	120	Ô tô 5T	4	48	8	6
14	Đưa thiết bị vào	Tấn	120	Cán trục bánh hơi	1	30	10	3
15	Lắp thiết bị	Tấn	120	Cán trục bánh hơi	1	108	12	9
16	Lắp điện - nước	VND	150 triệu			50	10	5
17	Chạy thử - bàn giao					30	10	3

Bước 2: Lập sơ đồ mạng sơ bộ;

Căn cứ vào những công việc liệt kê ở bảng 3.1 ta lập sơ đồ mạng sơ bộ cho từng hạng mục công trình hoặc cho từng công đoạn. Sau đó tiến hành nối các mạng nhỏ lại thành sơ đồ mạng của toàn bộ công trình. Theo kinh nghiệm thực tế, đây là giai đoạn khó nhất trong quá trình lập sơ đồ mạng.

Muốn làm tốt giai đoạn này, chúng ta cần nắm vững trình tự và mối liên hệ giữa các công việc (về tổ chức, công nghệ và an toàn lao động).

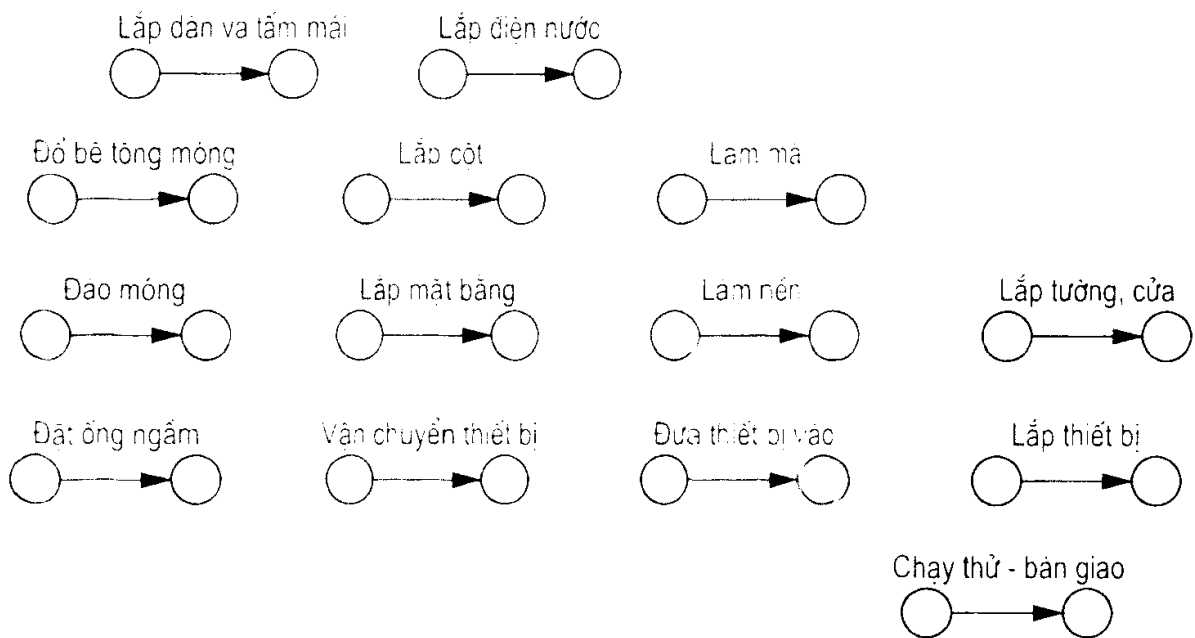
Đầu tiên sắp xếp sơ bộ các công việc chính từ trước đến sau theo trình tự công nghệ và luôn luôn đặt ra câu hỏi: Công việc nào làm trước, công việc nào làm sau, những công việc nào có thể làm đồng thời với công việc đang xét?

Từ các công việc được liệt kê ở bảng 3.1, ta sắp xếp sơ bộ như trên hình 3.1. Các công việc phụ, vận chuyển cấu kiện, thiết bị, vật liệu chưa đưa vào sơ đồ. Trên hình này ta thấy: Bắt đầu là công việc đào hố móng, sau đó là công việc đổ bê tông móng, đồng thời có thể đặt ống dẫn ngầm (như đặt đường ống cấp thoát nước, dây cáp điện...).

Sau khi hoàn thành 2 việc trên, tiến hành lấp đất và san mặt bằng. Cứ như vậy sắp xếp cho đến hết.

Cuối cùng, căn cứ vào trình tự công nghệ để nối các công việc lại với nhau: những mũi tên này có tính chất chỉ mối quan hệ giữa công việc nên phải vẽ đứt quãng. Giả sử theo thiết kế tổ chức thi công thì sau khi san lấp mặt bằng xong mới bắt đầu lắp cột.

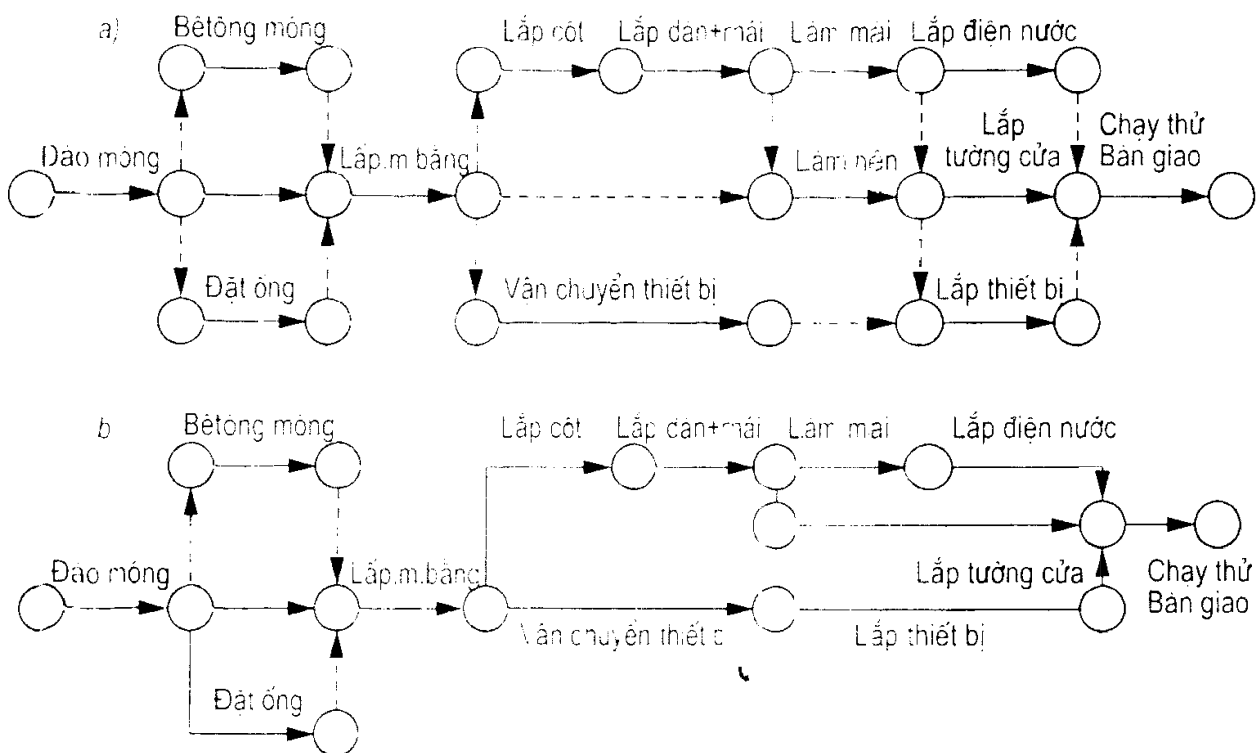
Để thể hiện sự liên hệ này, ta nối sự kiện kết thúc công việc lấp mặt bằng với sự kiện bắt đầu công việc lắp cột. Tiếp theo, công việc làm nền nhà phải sau khi lấp xong mặt bằng và lấp xong tấm mái; do đó phải dùng 2 mũi tên nét đứt, để nối sự kiện cuối của công việc lấp mặt bằng và lắp mái với sự kiện đầu của công việc làm nền.



Hình 3.1: Sắp xếp sơ bộ các công việc chính

Cứ làm như vậy ta sẽ nối được các công việc lại thành một sơ đồ mạng sơ bộ (hình 3.2).

Tuy nhiên, có những công việc không cần phải liên kết với nhau qua một công việc ảo (vẽ một mũi tên nét đứt) mà có thể nối trực tiếp với nhau. Ví dụ: Sau công việc lắp cột là công việc lắp dàn và tấm mái; tiếp theo là công việc làm mái; cứ theo quy tắc như vậy ta được một sơ đồ mạng ban đầu như trên hình 3.2.



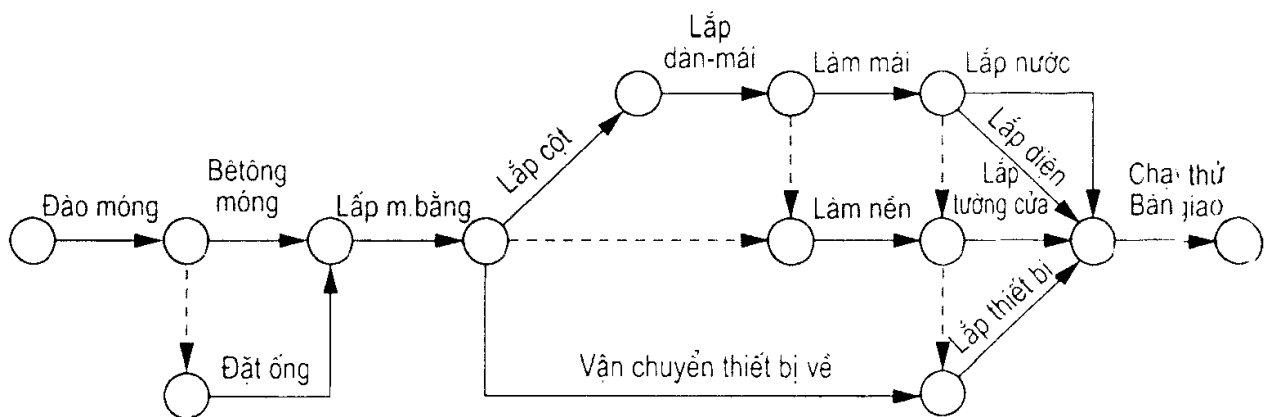
Hình 3.2: Liên kết các công việc

Bước 3: Hoàn thiện sơ đồ mạng

Ở bước 2 ta đã lập được một sơ đồ mạng sơ bộ. Ở bước này ta tiến hành hoàn thiện thêm. Có những công việc lúc trước liệt kê thì có, giờ thấy không cần thiết thì bỏ đi. Ngược lại, có những công việc quên không liệt kê, thì cần phải bổ sung thêm vào, sau đó là hoàn thiện sơ đồ mạng về mặt hình thức; bỏ bớt các công việc ảo, để nối trực tiếp các công việc với nhau, hoặc thêm các công việc ảo để thể hiện cho đúng mối liên hệ về công nghệ. Kết quả ở bước này thể hiện trên hình 3.3.

Bước 4: Tính sơ đồ mạng

Với cách tính bằng tay, thông thường ta vẫn tính sơ đồ mạng bằng phương pháp tính trực tiếp trên sự kiện.



Hình 3.3: Hoàn thiện sơ bộ sơ đồ mạng

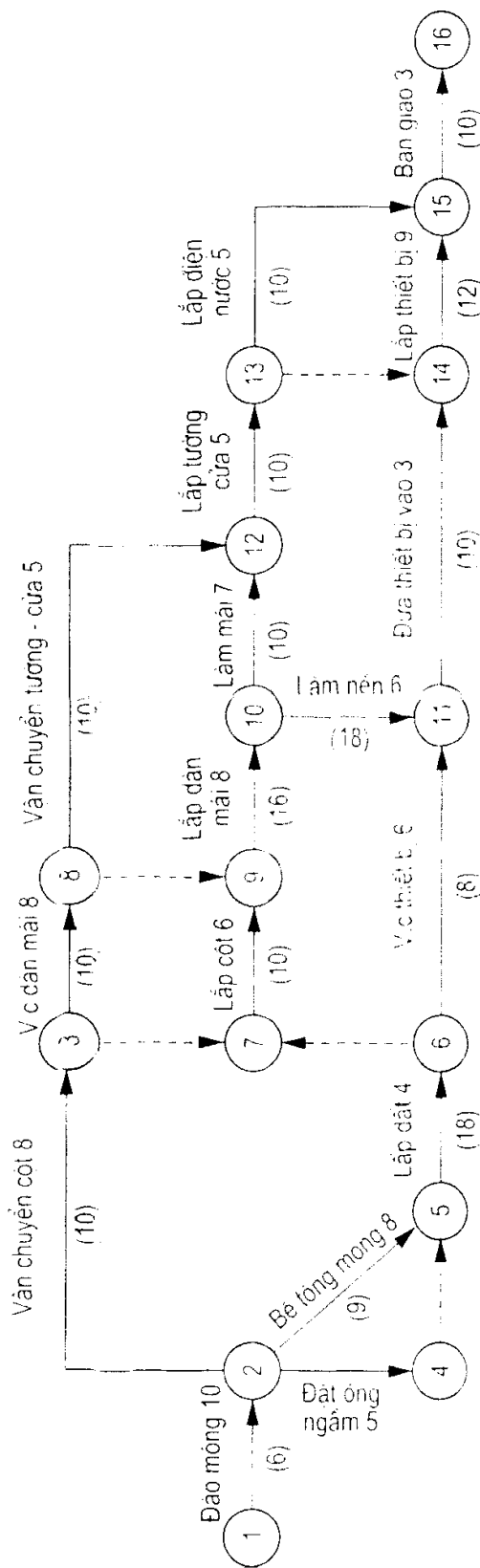
- Đầu tiên tiến hành đánh số các sự kiện. Theo quy tắc sao cho sự kiện đầu nhỏ hơn sự kiện cuối ($i < j$).
- Ghi thời gian của công việc, tên công việc và số người thực hiện (xem hình 3.4).
- Sau đó là tính sơ đồ mạng và xác định đường găng. Để đơn giản, ảnh vẽ này không cần ghi tên công việc, chỉ ghi thời gian công việc và số người thực hiện công việc đó.

Kết quả ở bước này xem hình 3.5.

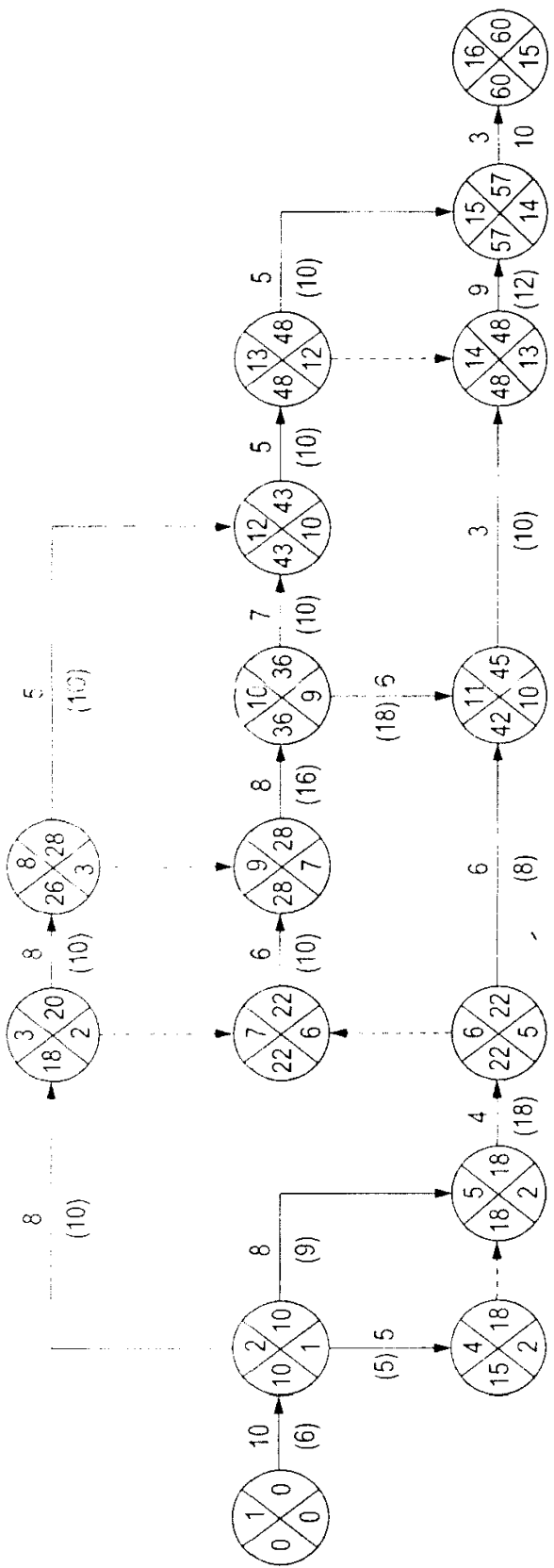
Bước 5: Chuyển sơ đồ mạng lên lịch tiến độ

Để tiện việc theo dõi và điều khiển tiến độ, ta chuyển sơ đồ mạng đi tính toán lên trục thời gian, có thể kèm theo lịch ngày, tháng, năm của năm thực hiện tiến độ đó, sau đó là vẽ biểu đồ nhân lực với các công việc đều khởi sớm, nếu biểu đồ nhân lực nhiều chỗ không hợp lý (như đã nói ở phần biểu đồ nhân lực) cần tiến hành điều chỉnh hay còn gọi là tối ưu hoá sơ đồ mạng

về nhân lực để được một biểu đồ hợp lý hơn. ở ví dụ này biểu đồ nhân lực ở nguyên trạng thái ban đầu, chưa qua một lần điều chỉnh nào. Ta kết thúc quá trình lập và tính toán sơ đồ mạng (xem hình 3.6).

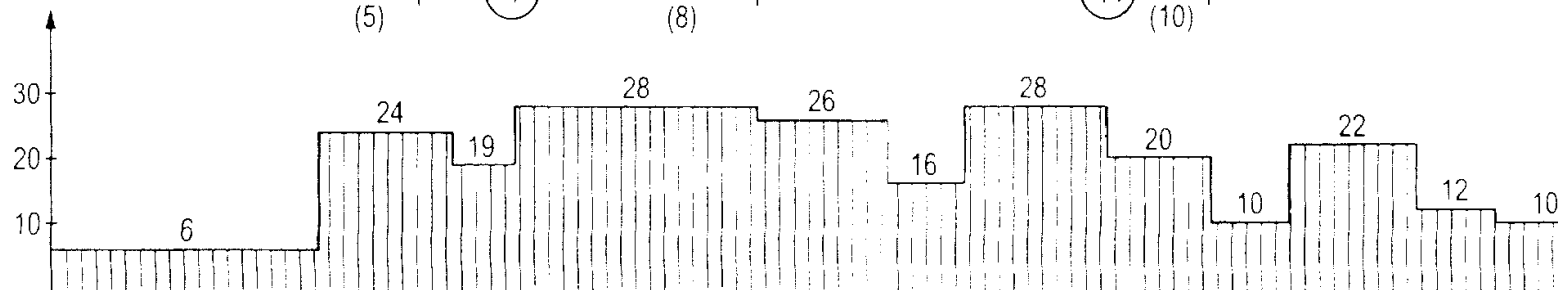
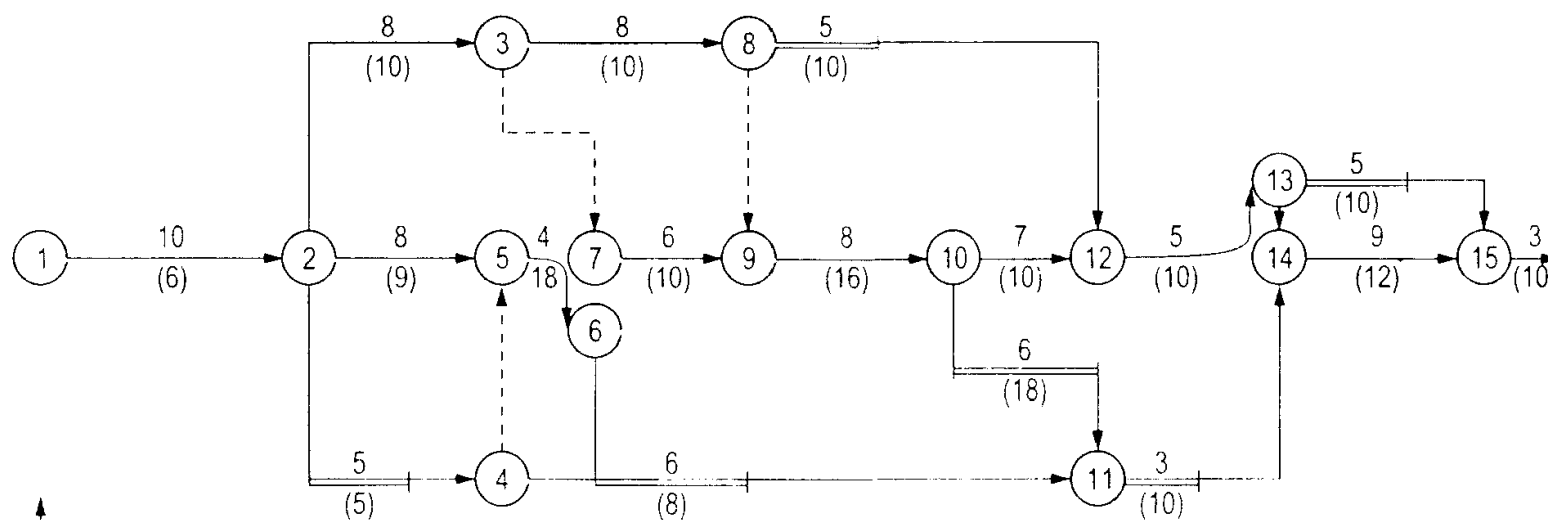


Hình 3.4: Đánh số sự kiện sơ đồ mạng



Hình 3.5: Tính sơ đồ mạng trực tiếp trên sự kiện

Waktu	6 - 2007																														7 - 2007																													
Pengantar	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30		
6 Masing	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50	51	52	53	54	55	56	57	58	59	



3.3. ĐIỀU KHIỂN TIẾN ĐỘ XÂY DỰNG BẰNG SƠ ĐỒ MẠNG CPM

Sau khi lập xong tiến độ xây dựng một công trình bằng sơ đồ mạng CPM, tức là qua tất cả 5 bước, ta có một sơ đồ mạng đã được tính toán hoàn chỉnh. Tính các thông số thời gian, chuyển sơ đồ mạng lên trục thời gian; vẽ biểu đồ nhân lực. Mục tiêu duy nhất trong giai đoạn điều khiển tiến độ này là tìm cách thực hiện các công việc được tính toán trên mạng, để hoàn thành kế hoạch đúng thời hạn đã định. Muốn vậy phải tập trung chỉ đạo các công việc gắng, coi đó là các công việc then chốt cần được ưu tiên về vật tư, nhân lực và sự giám sát chặt chẽ về kỹ thuật và tổ chức.

Trên thực tế xây dựng, việc hoàn thành các công việc như đã tính toán trên sơ đồ mạng là điều hết sức lý tưởng. Nhiều lý do sẽ làm cho các công việc bị chậm lại và cũng có một số công việc lại hoàn thành sớm hơn. Lúc này sơ đồ mạng sẽ bị thay đổi. Vì vậy, sau một tuần hoặc 10 ngày hoặc một tháng, cần thiết phải lập lại mạng; tính toán lại các thông số; cần thành lập một bộ máy lãnh đạo riêng cho việc điều khiển tiến độ bằng sơ đồ mạng.

3.3.1. Tổ chức bộ máy điều khiển

1. Ban chỉ huy công trường là người chịu trách nhiệm chính trong việc tổ chức và trực tiếp điều khiển thi công theo phương pháp sơ đồ mạng.

Công việc của ban chỉ huy bao gồm:

a) Trao nhiệm vụ cho phòng kế hoạch hay kỹ thuật làm công việc này.

b) Thành lập nhóm chuyên môn mang tên "Nhóm sơ đồ mạng". Trách nhiệm, quyền hạn và nội dung công việc của nhóm này phải quy định rõ ràng và chịu sự lãnh đạo trực tiếp của ban chỉ huy. Muốn chỉ huy được tốt, ban chỉ huy công trường phải quản lý chặt chẽ nội dung chủ yếu của sơ đồ mạng theo định kỳ (5 ngày, 1 tuần, 10 ngày hay 15 ngày). Ban chỉ huy phải cùng "Nhóm sơ đồ mạng" nghiên cứu những diễn biến về tình hình thi công, biện pháp cụ thể để khắc phục khó khăn nảy sinh trong quá trình thi công, kịp thời giải quyết những vấn đề thuộc quyền hạn công trường và đề đạt ngay lên cấp trên những gì không giải quyết được càng nhanh càng tốt. Cùng với "Nhóm sơ đồ mạng", ban chỉ huy phải kiểm tra, đôn đốc việc thực hiện các biện pháp đã đề ra.

2. Tổ chức "Nhóm sơ đồ mạng".

Thành phần:

- Chỉ huy trưởng hoặc một chỉ huy phó phụ trách kỹ thuật là nhóm trưởng;

- Một phụ trách phòng kỹ thuật;
- Một phụ trách phòng kế hoạch;
- Một hoặc 2 kỹ sư nắm vững sơ đồ mạng;
- Một hoặc hai kỹ sư tin học hoặc kỹ sư xây dựng biết sử dụng máy tính điện tử.

Nhiệm vụ của nhóm này là:

- a) Trong quá trình lập và hoàn thiện sơ đồ mạng ban đầu:
 - Lập các mạng con cho từng bộ phận công trình;
 - Ghép các mạng con lại thành sơ đồ mạng hoàn chỉnh;
 - Tính các thông số thời gian của sơ đồ mạng;
 - Đưa sơ đồ mạng lên trục thời gian hoặc chuyển sang sơ đồ ngang;
 - Lập bảng cung cấp nhân lực, vật liệu, máy móc... xác định khả năng cung cấp, kí các hợp đồng phụ cần thiết để kế hoạch lập ra có cơ sở thực hiện đúng thời hạn;
 - Trình bày chỉ huy công trường thông qua toàn bộ kế hoạch đã lập.
- b) Trong thời gian điều khiển thi công.
 - Cùng với phòng kỹ thuật, tổ chức phổ biến rộng rãi cho cán bộ, công nhân sơ bộ về kế hoạch tổ chức xây dựng theo phương pháp sơ đồ mạng;
 - Giao nhiệm vụ cụ thể cho từng đơn vị bằng "Phiếu công việc";
 - Tổ chức mạng lưới theo dõi đôn đốc và nắm tình hình thi công;
 - Nhận định tình hình, đề ra biện pháp xử lý khi có biến động;
 - Báo cáo định kỳ các vấn đề trên cho ban chỉ huy;
 - Phổ biến chi tiết kế hoạch trong từng giai đoạn, đến kiểm tra, đôn đốc thực hiện kế hoạch đó. Có thể in thành các phiếu công việc trong tuần để giao cho các đội xây dựng.

3.3.2. Các công việc cần làm trong quá trình điều khiển tiến độ

a) Phổ biến và giao nhiệm vụ

Trước khi tiến hành công việc, cần phổ biến cho mọi người nắm được những đặc điểm, nội dung và các yêu cầu cơ bản của sơ đồ mạng, ưu điểm và nhược điểm của nó, để mọi người hiểu rằng, từng công việc riêng lẻ của họ đều có một mối liên hệ với các công việc khác và có ảnh hưởng chung tới thời hạn hoàn thành tiến độ thực hiện dự án. Sau khi phổ biến mới giao nhiệm vụ cụ thể cho từng đơn vị hoặc tổ đội công nhân.

Đối với công trình lớn, mỗi đội xây dựng có kỹ sư phụ trách, có thể giao tiến độ bằng sơ đồ mạng kèm các công việc được giao.

Nếu không có kỹ sư phụ trách, thì giao nhiệm vụ cho các tổ đội bằng "Phiếu công việc" theo mẫu sau:

Bảng 3.2. Phiếu công việc

Công trường xây dựng nhà máy bê tông A

Công trình: Nhà điều hành

Đơn vị nhận công việc: Đội 2

Công ty xây dựng công nghiệp "LINABOPCO"

Tuần 1: tháng 11 năm 2007

TT	Tên công việc	Kí hiệu	Đơn vị	Khối lượng	Máy móc	Nhân lực	Ngày bắt đầu	Ngày hoàn thành	Ngày hoàn thành chậm nhất có thể
1	Đào móng	1-2	m ³	90		12	18.11	23-11	24.11
2	Đổ BT lót	2-4	m ³	6		12	20.11	24.11	25.11

Người giao nhiệm vụ

Chức danh - chức vụ - Họ tên và ký

Một điều cần chú ý là khi giao nhiệm vụ cho các đội, cần giải thích rõ tầm quan trọng và ảnh hưởng của công việc mình làm đối với công việc khác cũng như đối với thời hạn xây dựng công trình và ngày hoàn thành chậm nhất cho phép đối với mỗi công việc. Chỉ khi xuất hiện những khó khăn không thể khắc phục mới phải thay đổi tiến độ, ngoài ra không có lý do nào khác để không hoàn thành đúng thời hạn quy định.

b) Tổ chức theo dõi tiến độ, nắm tình hình thi công

Ở những công trình nhỏ, việc tổ chức nắm tiến độ xây dựng tương đối đơn giản, nhưng ở các công trường lớn thì vấn đề phức tạp hơn nhiều. Vì

vậy, phải quy định rõ trách nhiệm, nội dung, thời gian báo cáo tình hình thi công cho "Nhóm sơ đồ mạng". Cán bộ trực tiếp điều khiển thi công ở hiện trường, tổ đội báo cáo theo mẫu sau:

Bảng 3.3. Báo cáo tình hình thi công móng nhà B2 nhà máy bê tông A

Đơn vị báo cáo: Đội xây dựng 2

Ngày báo cáo 24/11/2007

Thứ tự	Tên công việc	Kí hiệu	Đơn vị	Khối lượng			Ngày bắt đầu		Ngày kết thúc		Nguyên nhân nhanh chậm
				Kế hoạch	Còn lại	Đạt %	Kế hoạch	Thực tế	Kế hoạch	Thực tế	
1	Đào móng	1-2	m ³	90	0	100%	18-11	23-11	23-11		
2	Đổ bê tông lót	2-4	m ³	6	3	50%	20-11	22-11	24-11		Mưa nghỉ

Người báo cáo

(Ghi rõ: chức danh - chức vụ - họ tên và ký)

Trong bảng cần ghi rõ những công việc đã làm xong; những công việc mới; những công việc có trong kế hoạch nhưng thực tế không cần nữa; những công việc bị kéo dài. Tùy theo điều kiện cụ thể ở công trường, mẫu báo cáo có thể thay đổi cho phù hợp.

c) Nhận định tình hình và đề ra biện pháp xử lý

Sau khi tiến hành các bước trên "Nhóm sơ đồ mạng" cần phải báo cáo định kỳ toàn bộ tình hình cho ban chỉ huy theo mẫu sau;

**BÁO CÁO ĐỊNH KỲ VỀ TÌNH HÌNH XÂY DỰNG
NHÀ MÁY BÊ TÔNG ĐÚC SẴN A**

Hạng mục công trình: Phân xưởng chính

Ngày báo cáo: 8-11-2008

Thời hạn bàn giao công trình theo kế hoạch: 30-11-2008.

Thời hạn bàn giao theo kết quả nghiên cứu tình hình thi công ở công trường: 8-12-2008.

1. Những công việc trong thời gian 15 ngày gần nhất (hoặc là 7 ngày; 10 ngày hay 30 ngày gần nhất).

- Lắp cột bê tông cốt thép ở đoạn II từ trục 15 ÷ 20;
- Lắp dàn thép cũng ở đoạn này.

2. Những công việc cần được ưu tiên sau công việc găng (tính theo hệ số găng của công việc).

- Vận chuyển cột và dàn vì kèo về công trình;
- Làm móng ở đoạn IV.

3. Nguyên nhân làm kéo dài ngày bàn giao công trình:

- Cần trục xích D 1252 bị hỏng;
- Có bão lớn phải nghỉ việc 3 ngày.

4. Những công việc trước có ghi trong sơ đồ mạng nay không cần làm nữa (lý do).

5. Những công việc mới phát hiện cần bổ sung: nguyên nhân xuất hiện công việc mới.

6. Những đề nghị để đảm bảo bàn giao công trình đúng thời hạn quy định.

- Điều thêm một cần trục D 1252;
- Thêm một đội công nhân lắp ghép

THAY MẶT "NHÓM SƠ ĐỒ MẠNG"

(Ghi rõ: chức danh - chức vụ, Họ và kí tên)

✓

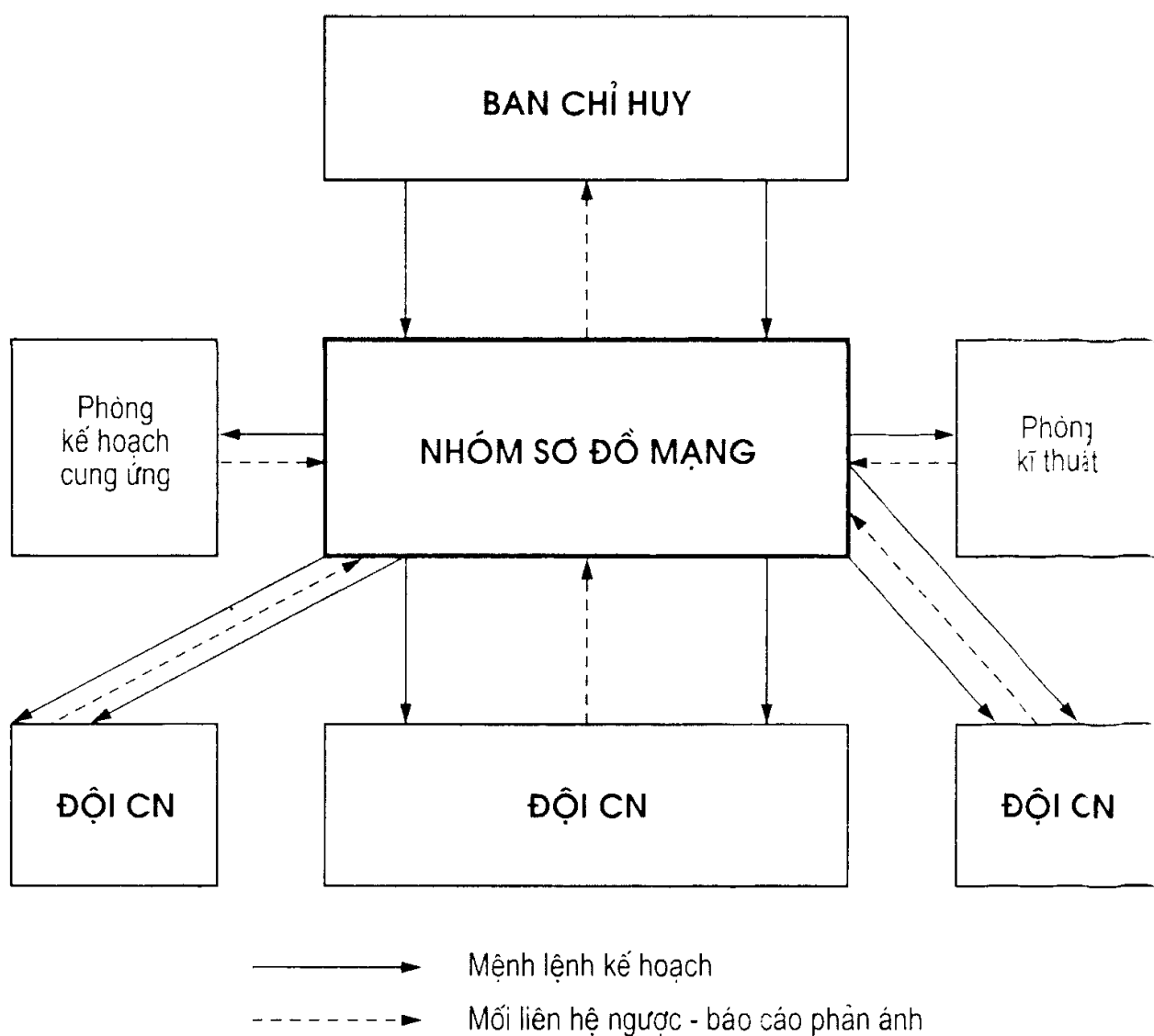
Cấp trên sau khi nghiên cứu báo cáo có thể đồng ý với những biện pháp đề nghị đó hoặc đề ra biện pháp mới.

Ví dụ: Vì không thể điều thêm cần trục nên chỉ thị phải sửa chữa thay thế phụ tùng cho cần trục và tiến hành làm thêm ca.

Sau khi có quyết định chính thức "Nhóm sơ đồ mạng" phải liên hệ chặt chẽ với các phòng kế hoạch, kỹ thuật để tiếp tục tiến hành công việc theo đúng tiến độ.

Nếu những công trình lớn có sự giúp đỡ của những trung tâm tính toán, phải quy định cụ thể những thông tin đưa vào và đưa ra cho thích hợp với quá trình thi công, giúp công trường nắm vững tình hình và có biện pháp xử lý kịp thời, nhằm hoàn thành đúng kế hoạch đã định.

Việc áp dụng "Sơ đồ mạng" vào tính toán và điều khiển tiến độ xây dựng cũng còn gặp nhiều khó khăn và hạn chế, thường là do nguyên vật liệu cung ứng không đúng tiến độ và chủng loại yêu cầu, vì vậy các công việc bị đẩy lùi quá nhiều, gây cho mạng bị rối loạn, không ổn định. Tuy nhiên, trong quá trình đẩy nhanh công nghiệp hoá, hiện đại hoá Ngành Xây dựng đang đòi hỏi phải áp dụng sơ đồ mạng thì các doanh nghiệp xây dựng mới có thể cạnh tranh trong đấu thầu và thắng thầu các dự án, cũng như bảo đảm tiến độ xây dựng công trình theo thời gian dự định.



Hình 3.7: Mô hình mối quan hệ giữa "Nhóm sơ đồ mạng" và các bộ phận trong công trường xây dựng.

Chương 4

SƠ ĐỒ MẠNG PERT

4.1. GIỚI THIỆU CHUNG VỀ PHƯƠNG PHÁP PERT

Trong các phương pháp sơ đồ mạng thì phương pháp PERT được nhiều người biết đến hơn cả. PERT có nghĩa là "Kỹ thuật ước lượng và kiểm tra dự án" (Program Evaluation and Review Technique). Nhưng PERT được coi như đồng nghĩa với phương pháp sơ đồ mạng bởi những lý do sau:

- Trước hết là kết quả đáng chú ý khi ở Mỹ người ta sử dụng PERT để điều khiển việc xây dựng hệ thống tên lửa Polaris vào năm 1958 đã rút ngắn thời gian xây dựng từ 5 năm xuống còn 3 năm. Sau đó PERT được phổ biến rất nhanh chóng sang các lĩnh vực khác trong nền kinh tế quốc dân ở Mỹ. Vì vậy PERT được người ta chú ý và biết đến nhiều hơn với thói quen gọi PERT là phương pháp sơ đồ mạng. Thực tế, các phương pháp CPM và PERT được phát triển gần như đồng thời và PERT chỉ là một trong các phương pháp sơ đồ mạng.

Trong chương 2 đã phân tích về sơ đồ mạng, trên cơ sở xem thời hạn hoàn thành mỗi công việc không đổi ($t_{ij} = \text{const}$). Thật ra trong thực tế, xây dựng thường gặp rất nhiều yếu tố ngẫu nhiên tác động (điều kiện về thời tiết, việc cung cấp nguyên vật liệu, thiết bị...). Vì vậy, thời hạn hoàn thành các công việc nhiều khi không cố định ($t_{ij} \nearrow$).

Ví dụ: Khi cần đóng một hệ thống cọc để gia cố nền của một toà nhà, người điều khiển thi công dự tính làm trong 1 tháng. Có khi do chuẩn bị các mặt tốt, công tác tiến hành trong thời tiết thuận lợi, nên thời gian chỉ hết 20 ngày. Nhưng khi gặp khó khăn về thời tiết, về dụng cụ... thời gian hoàn thành là 35 ngày, mất nhiều thời gian hơn kế hoạch dự tính. Như vậy, vấn đề được đặt ra là: Phải xử lý tình trạng không ổn định về thời gian như thế nào để rút ra được những kết luận đáng tin cậy và có thể sử dụng được trong thực tế thi công. Muốn giải quyết vấn đề này có thể vận dụng các phương pháp của lý thuyết xác suất thống kê để nghiên cứu PERT và đó cũng là một ưu điểm nổi bật trong các ưu điểm của phương pháp PERT. Đối với phương pháp CPM thì sơ đồ mạng là một mô hình xác định. Còn phương pháp PERT

lại đưa yếu tố không xác định (hay còn gọi là yếu tố ngẫu nhiên) vào khi ước lượng thời gian thực hiện các công việc và thời gian hoàn thành dự án; do đó nó rất phù hợp với những trường hợp, những số liệu ban đầu và các công việc đang được nghiên cứu thực hiện chưa có định mức. Chúng ta sẽ nghiên cứu những điểm khác biệt của phương pháp PERT với CPM, còn những vấn đề cơ bản về quy tắc lập mạng, tính toán thời gian... cũng giống như CPM nên không nhắc lại.

4.2. MỘT SỐ KHÁI NIỆM TOÁN HỌC ỨNG DỤNG TRONG PERT

Trong chương này chúng ta sẽ gặp một số khái niệm về lý thuyết xác suất thống kê. Để có thể hiểu được những ứng dụng toán học này vào việc tính toán PERT xin giới thiệu sơ bộ một vài khái niệm cơ bản sẽ dùng đến, ở đây không đi sâu vào lý thuyết và những thuật toán mà chỉ giới thiệu kết quả ứng dụng.

4.2.1. Hàm phân phối xác suất (còn gọi là hàm mật độ xác suất).

Chúng ta xét ví dụ sau:

Ví dụ: Giả sử cần xây dựng công trình A, chúng ta yêu cầu 10 kỹ sư xây dựng dự tính thời hạn hoàn thành xây dựng công trình.

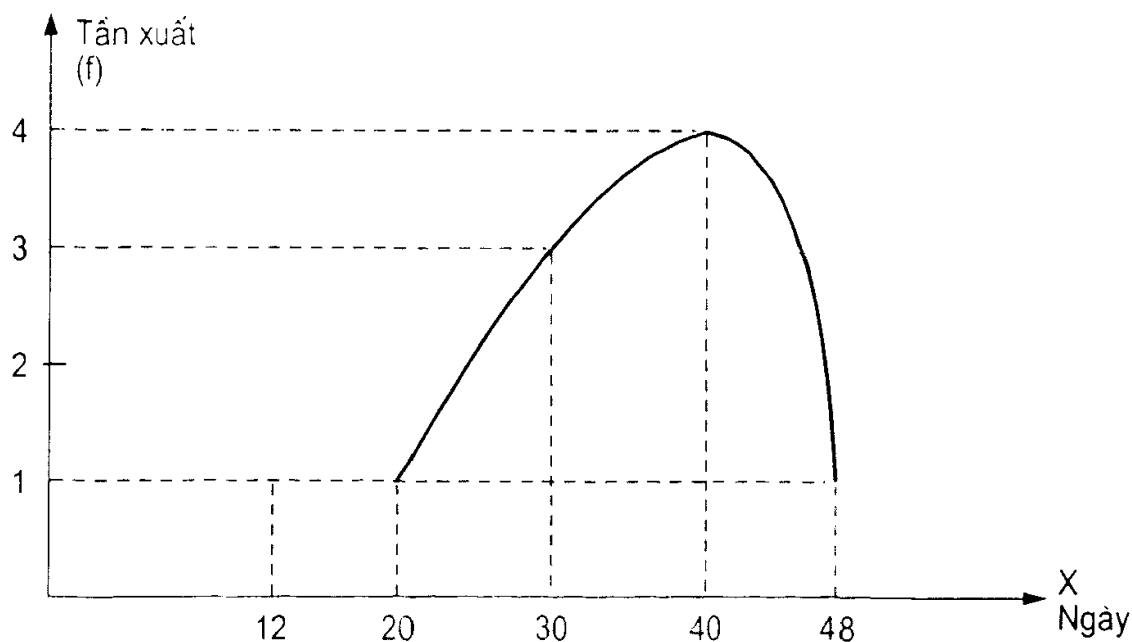
10 kỹ sư cho ta 10 kết quả khác nhau (tính bằng ngày là: 12, 20, 30, 30, 30, 40, 40, 40, 40, 48).

Dựa vào kết quả trên ta có thể lập được bảng chỉ rõ số lần xuất hiện từng giá trị ước lượng (ta gọi là tần suất).

Bảng 4.1.

Giá trị ước lượng (x) ngày	Tần suất (f) lần
12	1
20	1
30	3
40	4
48	1
$\Sigma = 10$	

Dựa vào bảng trên ta vẽ được đồ thị phân phối tần suất như hình 4.1.



Hình 4.1: Đồ thị phân phối tần suất

Như vậy: hàm phân phối xác suất là một hàm số cho mối quan hệ giữa giá trị ước lượng (hay quan sát được) với tần suất (số lần xảy ra).

4.2.2. Giá trị trung bình (Average value)

Ở ví dụ trên ta có 10 giá trị ước lượng là: 12, 20, 30, 30, 30, 40, 40, 40, 40, 48

Tổng thời gian ước lượng là 330 ngày.

Tổng số tần suất 1; 1; 3; 4; 1 là 10.

Theo định nghĩa: giá trị trung bình là một đại lượng số học, được kí hiệu $\bar{X}$ và được tính theo công thức:

$$\bar{X} = \frac{330}{10} = 33$$

Tổng quát ta có công thức tính giá trị trung bình $\bar{X}$

$$\bar{X} = \frac{\sum_{i=1}^n X_i f_i}{\sum_{i=1}^n f_i} = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^n X_i f_i$$

Trong đó: X_i - thời gian ước lượng loại i ;

f_i - tần suất của thời gian loại i ;

n - số loại thời gian ước lượng (ví dụ ở trên $n = 5$);

$N = \sum_{i=1}^n f_i$ - tần suất tổng cộng (ví dụ ở trên $N = 10$).

Thay các giá trị của ví dụ trên vào công thức ta có:

$$\bar{X} = \frac{1.12 + 1.20 + 3.30 + 4.40 + 1.48}{1 + 1 + 3 + 4 + 1} = 33$$

4.2.3. Mốt (Mode)

Trên đồ thị của hàm phân phối xác suất thì tại đỉnh của đường cong, nơi có giá trị của tần suất lớn nhất ($f_{\max}$) được gọi là Mốt (hình 4.2).

4.2.4. Biên độ (Amplitude)

Biên độ của đồ thị là khoảng cách giữa giá trị lớn nhất và nhỏ nhất của thời gian ước lượng.

Trên hình 4.2 ta có biên độ là $48 - 12 = 36$ ngày.

4.2.5. Phương sai (Variance)

Phương sai có thể xem là một đại lượng đo độ phân tán bất định các giá trị của đại lượng ngẫu nhiên xung quanh giá trị trung bình, tức là cho phép ta xác định được độ chênh lệch giữa các giá trị trung bình. Kí hiệu phương sai là V ta có:

$$V = \frac{\sum_{i=1}^n f_i (X_i - \bar{X})^2}{\sum_{i=1}^n f_i} = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^n f_i U_i^2$$

$$U_i = (X_i - \bar{X}) \text{ Độ lệch của } X_i \text{ đối với } \bar{X}$$

4.2.6. Độ lệch tiêu chuẩn (Standard deviation)

Độ lệch tiêu chuẩn là căn bậc hai của phương sai V được dùng để đánh giá mức độ phân tán của giá trị trung bình $\bar{X}$.

$$\sigma = \sqrt{V} = \sqrt{\frac{1}{N} \sum_{i=1}^n f_i U_i^2}$$

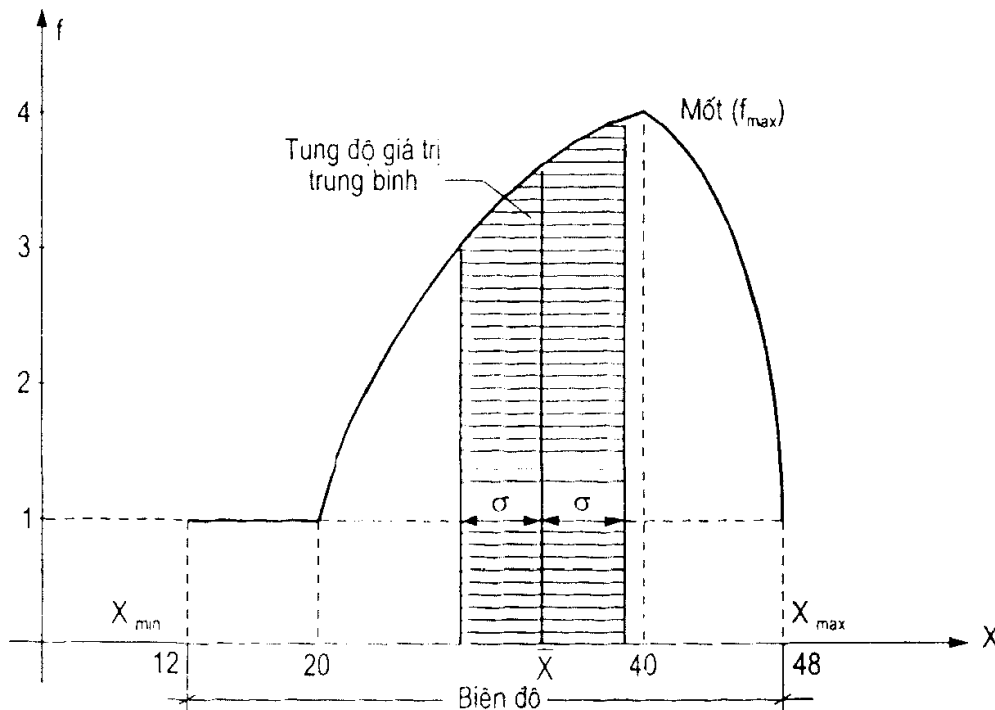
Ghi chú: Cũng có thể đưa ra khái niệm độ lệch tiêu chuẩn σ , là đại lượng đo mức độ phân tán của giá trị trung bình $\bar{X}$.

Từ đó có thể định nghĩa: Phương sai V là bình phương của độ lệch tiêu chuẩn: $V = \sigma^2$.

Tất cả những khái niệm trên có thể biểu diễn trên một mô hình đồ thị hàm phân phối xác suất. Xem hình 4.2.

Trong toán xác suất người ta chứng minh được rằng:

- Với biên độ $\bar{X} = \pm \sigma$ sẽ bao gồm 68% xác suất xảy ra $\bar{X}$;
- Với biên độ $\bar{X} = \pm 2\sigma$ sẽ bao gồm 95%;
- Với biên độ $\bar{X} = \pm 3\sigma$ sẽ bao gồm 99,9%.



Hình 4.2: Đồ thị hàm phân phối xác suất

Kết quả này giúp chúng ta sử dụng các giá trị tính toán để đánh giá khả năng thực hiện công việc.

4.2.7. Ước lượng thời gian hoàn thành công việc

Trong xây dựng công trình dân dụng và công nghiệp, phần lớn các công việc như: Công tác bê tông, xây gạch, lắp ghép, đào đất... đã có định mức, năng suất lao động của Nhà nước ban hành.

Song cũng còn nhiều công việc chưa có định mức hoặc định mức chưa phù hợp với thực tiễn. Khi lập kế hoạch thi công, người ta dựa trên kinh nghiệm để ước lượng thời gian hoàn thành công việc. Vì vậy, thời gian đó không xác định, ta phải lấy thời gian trung bình mong muốn ($\bar{t}$) kèm theo một đại lượng đo sự không xác định của thời gian này làm thời gian thực hiện công việc.

Sự không xác định trên có thể biểu thị bằng độ lệch tiêu chuẩn (σ) hoặc phương sai (V) của thời gian.

Thời gian trung bình mong muốn ($\bar{t}$) là thời gian ước lượng có khoảng 50% khả năng thực hiện công việc sớm hơn và 50% khả năng chậm lại. Do đó, để xác định số liệu của mỗi công việc, ta cần phải dùng hàm phân phối xác suất thời gian thực hiện công việc. Vì không có các thông tin về sự phân phối xác suất thời gian thực hiện công việc nên không thể xác định được thời gian này (vì nó phụ thuộc vào những biến động kéo dài ngẫu nhiên), do đó phải giả thiết một hàm phân phối xác suất phù hợp với từng hoàn cảnh của từng trường hợp cụ thể.

Có 3 ước lượng thời gian được đặt ra và được nằm trong đường cong lý thuyết.

Từ 3 ước lượng đó của thời gian thực hiện công việc, ta có thể tính ra thời gian trung bình mong muốn cùng với độ lệch tiêu chuẩn và phương sai của nó.

1) Thời gian lạc quan (t_a) là thời gian ước lượng ít nhất để hoàn thành công việc trong những điều kiện thuận lợi nhất;

2) Thời gian bi quan (t_b) là thời gian ước lượng lớn nhất để hoàn thành công việc trong điều kiện khó khăn nhất;

3) Thời gian hiện thực (t_m) là thời gian ước lượng để hoàn thành công việc có nhiều khả năng xảy ra nhất (với xác suất lớn nhất), còn gọi là một (Mode của thời gian công việc). Do phải ước lượng 3 thời gian này, buộc người lập kế hoạch phải quan tâm đến những khó khăn của từng công việc. Các ước lượng đó có xu hướng loại bỏ ảnh hưởng của các số liệu đã định sẵn của người lập kế hoạch. Chúng trở thành các điểm để thiết lập đường cong phân phối xác suất cho thời gian thực hiện.

Giả thiết rằng thời gian hoàn thành công việc là một đại lượng ngẫu nhiên tuân theo luật phân phối β , tức là luật phân phối với hàm mật độ xác suất có dạng hàm Beta (β).

$$f(t) = c(t - a)^\alpha \cdot (b - t)^\gamma \quad (4.1)$$
$$\begin{cases} a \leq t \leq b \\ \alpha > -1 \text{ và } \gamma > -1 \end{cases}$$

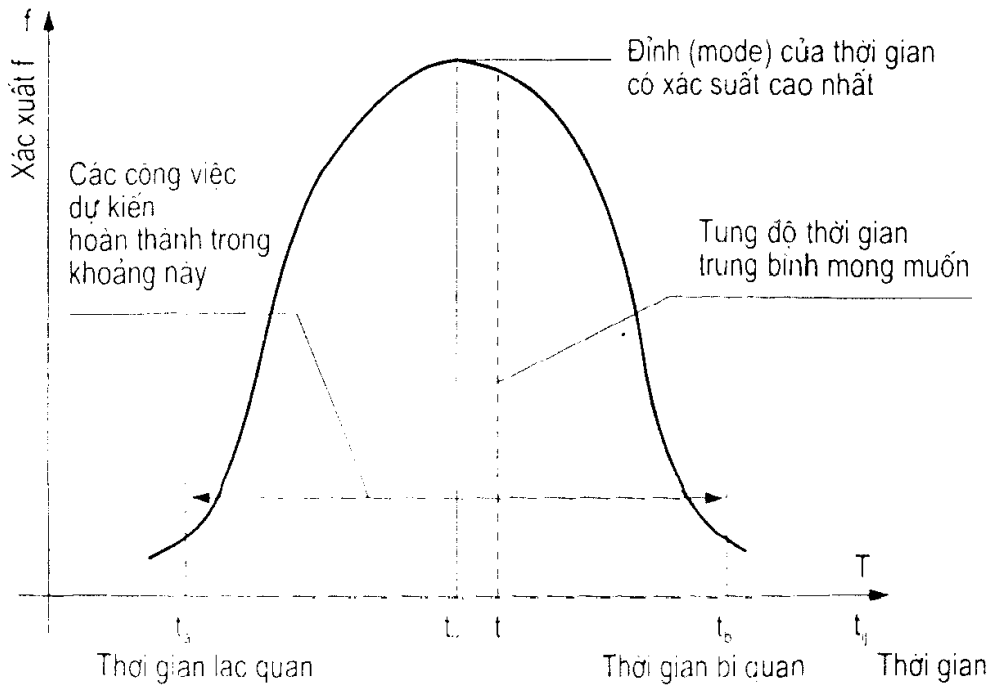
Và $f(t) = 0$ trong các trường hợp còn lại.

Hằng số C là hằng số chuẩn hoá, được xác định từ điều kiện:

$$C \int_a^b (t-a)^u \cdot (b-t)^v dt = 1 \quad (4.2)$$

Phân phối β xảy ra trong điều kiện đại lượng ngẫu nhiên, phụ thuộc vào các nhân tố ngẫu nhiên có tác động rất nhỏ và các nhân tố ngẫu nhiên có tác động đáng kể. Nhiều loại phân phối thường gặp như: Phân phối chuẩn, phân phối lũy thừa... đều là trường hợp riêng của phân phối β .

Hàm β có thể biểu diễn ở dạng đồ thị (hình 4.3).



Hình 4.3: Đồ thị hàm phân phối β

Thời gian trung bình mong muốn $\bar{t}$ (trong toán học gọi là "kỳ vọng") được tính theo công thức thực nghiệm:

$$\bar{t} = \frac{t_a + 4t_m + t_b}{6} \quad (4.3)$$

Giả thiết rằng: độ lệch tiêu chuẩn σ (tức là giá trị đo lường sự không xác định, hay là sự tản mạn của đường cong phân phối xác suất xung quanh giá trị trung bình của nó).

$$\sigma = \frac{t_b - t_a}{6} \quad (4.4)$$

Theo định nghĩa đã nói ở trên, phương sai V là bình phương độ lệch tiêu chuẩn, ta có:

$$V = \sigma^2 = \left(\frac{t_b - t_a}{6} \right)^2 \quad (4.5)$$

Từ công thức (4.3) ta nhận xét thấy: Trừ trường hợp phân phối đối xứng, tức là $t_a + t_b = 2t_m$ thời gian trung bình $\bar{t}$ sẽ khác với thời gian có xác suất lớn nhất t_m như mô tả trên hình 4.3.

Ngoài ra, vì thời gian lạc quan (t_a) và bi quan (t_b) có xác suất xảy ra nhỏ (thường chỉ 1% khả năng đối với hai giá trị biên này). Những thời gian này xác định một cách gần đúng phạm vi của phân phối thời gian có thể của công việc.

Còn độ lệch tiêu chuẩn đo lường sự không xác định là $\frac{1}{6}$ của khoảng này.

Công thức (4.4) dựa trên cơ sở thống kê toán học, người ta giả thiết rằng đối với phân phối 1 mốt (mode) thì độ lệch tiêu chuẩn σ vào khoảng $\frac{1}{6}$ biên độ ($t_b - t_a$). Giả thiết này không phải là đúng trong mọi trường hợp.

Để tính giá trị trung bình của thời hạn công việc, có thể dùng công thức:

$$\bar{t} = \frac{t_a + 4t_m + 2t_b}{7} \quad (4.6)$$

Tuy nhiên, mức độ chính xác không khác nhau lắm, nên chúng ta đồng ý với giả thiết $\sigma = \frac{1}{6}(t_b - t_a)$ và thấy rằng nếu khoảng cách này càng nhỏ thì thời gian của công việc càng chắc chắn hơn.

Trường hợp tới hạn, khi cả 3 ước lượng là một thì $\sigma = 0$, tức là không có độ lệch tiêu chuẩn cũng như phương sai. Bây giờ PERT cũng giống CPM và ta có thể coi CPM là trường hợp đặc biệt của ước lượng thời gian trong phương pháp PERT. Cũng cần chú ý rằng nếu $b \gg a$, tức là b vượt quá a rất nhiều thì độ lệch tiêu chuẩn σ sẽ rất lớn, công việc có tính bất định cao và sự đánh giá sẽ không chính xác.

4.3. TÍNH CÁC THÔNG SỐ THỜI GIAN TRONG SƠ ĐỒ MẠNG PERT

Sau khi tính được giá trị ước lượng trung bình $\bar{t}$ và phương sai V của thời gian hoàn thành công việc, chúng ta sử dụng các giá trị này để đánh giá thời điểm hoàn thành sự kiện.

Thời điểm sớm nhất hoàn thành sự kiện tính trong PERT được tính như trong phương pháp CPM, trong đó thời gian của công việc là giá trị trung bình được tính toán ra từ 3 giá trị ước lượng:

$$\text{Tức là cũng có } \begin{cases} T_i^S = 0 \\ T_j^S = \max(T_i^S + \bar{t}_{ij}) \end{cases} \quad (4.7)$$

Tuy nhiên, trong phương pháp PERT, mỗi thời gian có thêm độ lệch tiêu chuẩn hay phương sai của nó, để đo sự không chắc chắn này.

Vì vậy, đi đôi với việc tính thời điểm T^S . T^M của sự kiện phải tính thêm phương sai sớm, muộn của sự kiện ấy, với quy tắc lấy thời gian trung bình của công việc nào để tính toán, thì cũng lấy phương sai của công việc ấy để tính toán. Ta có:

$$\begin{cases} V_i^S = 0 \\ V_j^S = V_i^S + V_{ij} \end{cases} \quad (4.8)$$

Các thông số về thời điểm muộn cũng đi ngược từ sự kiện cuối cùng về sự kiện xuất phát:

$$\begin{cases} T_n^M = T_n^S \\ T_i^M = \min(T_j^M - \bar{t}_{ij}) \end{cases} \quad (4.9)$$

Và phương sai muộn được tính như sau, tương ứng với từng công việc đã tính:

$$\begin{cases} V_n^M = 0 \\ V_i^M = V_j^M + V_{ij} \end{cases} \quad (4.10)$$

Sau khi tính toán được các thời điểm sớm - muộn của sự kiện, ta nhận thấy rằng thời gian thực hiện dự án là tổng số thời gian trung bình mong muốn của các công việc nằm trên đường găng. Do đó, thời gian dự án cũng là một thời gian trung bình mong muốn.

Vì các công việc găng độc lập với nhau, lý thuyết thống kê cho biết rằng, phương sai của thời gian thực hiện dự án là tổng các phương sai riêng của các công việc nằm trên đường găng đó.

Do đó đối với dự án có thời gian trung bình mong muốn là T_x thì phương sai là $V_x = \sum V_i$.

Từ đó dễ dàng xác định được độ lệch tiêu chuẩn của dự án $\sigma_x = \sqrt{V_x}$

Ghi chú: Việc xác định đường găng trong PERT, cũng giống như trong phương pháp CPM.

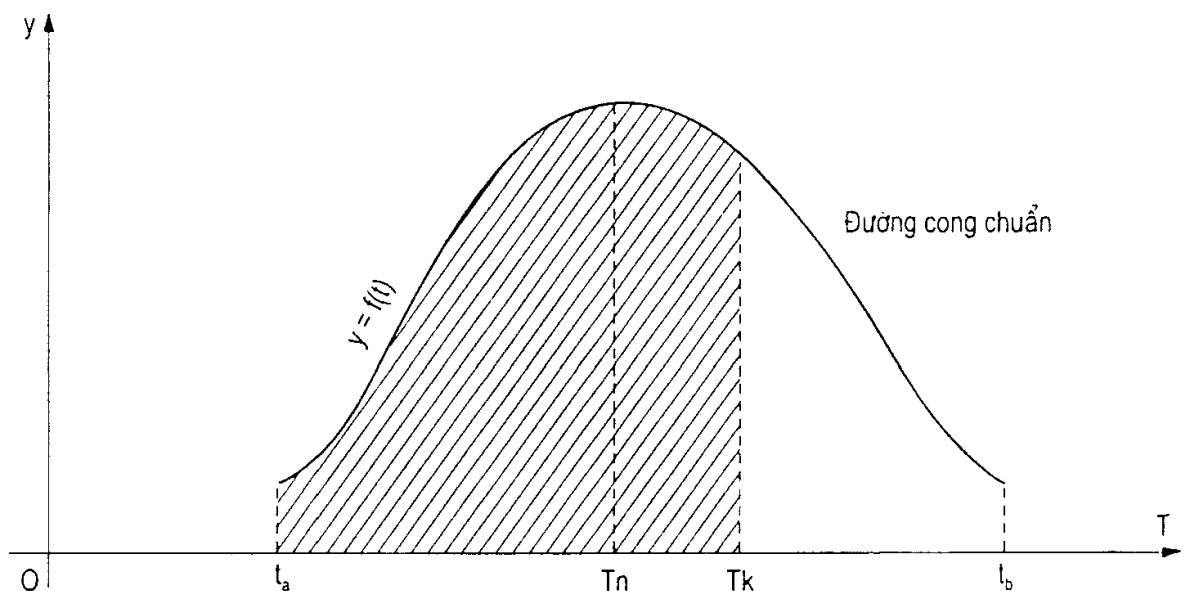
- Nếu có nhiều đường găng thì phương sai của thời gian thực hiện dự án sẽ là số lớn nhất trong các tổng phương sai đi theo từng đường găng độc lập. Phương sai của thời gian trung bình mong muốn của mỗi sự kiện là tổng các phương sai của các công việc dọc con đường tiêu tốn thời gian nhiều nhất dẫn đến sự kiện đó.

4.4. ĐÁNH GIÁ KHẢ NĂNG HOÀN THÀNH KẾ HOẠCH XÂY DỰNG CÔNG TRÌNH

Bài toán được đặt ra là: "Cho trước T_k là thời hạn xây dựng công trình theo kế hoạch. Phải tính xác suất để toàn bộ công trình hoàn thành trong thời hạn đó".

Theo lý thuyết xác suất thì khi thời gian trung bình mong muốn của một sự kiện và độ lệch tiêu chuẩn của nó đã được xác định, ta có thể tính khả năng hoàn thành sự kiện theo kế hoạch (T_k). Thời gian thực hiện sự kiện được xem như là một hàm phân phối với giá trị trung bình T_x và độ lệch tiêu chuẩn σ_x được xác định như trên, từ hàng loạt đường cong phân phối β riêng lẻ. Giả thiết này dẫn tới kết quả của việc cộng hàng loạt những đường cong phân phối β cho ta một đường cong phân phối chuẩn. Điều này chỉ đúng khi số lượng các đường cong này là vô hạn. Nhưng trong thực tế, cũng gần đúng với những mạng tầm cỡ hợp lý như thường gặp trong xây dựng có $100 \div 200$ sự kiện.

Để tính khả năng hoàn thành thời gian T_k cần phải vẽ đường cong phân phối chuẩn mà trung tâm là thời gian T_n . Về hình học, xác suất đó bằng diện tích của phần giới hạn bởi đường cong mật độ xác suất, từ hoành độ $t = T_k$ sang phía gốc tọa độ.



Hình 4.4: Đồ thị hàm phân phối chuẩn

Nếu kí hiệu xác suất để hoàn thành thời hạn theo kế hoạch P_{Tk} thì:

$$P_{Tk} = \left(\frac{\text{Diện tích gạch chéo}}{\text{Diện tích dưới đường cong chuẩn}} \right) \%$$

Theo lý thuyết ta phải vẽ đường cong phân phối chuẩn cho từng thời gian. Cách làm thực hành là dùng bảng xác suất được tính sẵn cho các hàm phân phối chuẩn.

Bảng 4.2. được lập trên cơ sở sau:

Cho T_k là thời hạn kế hoạch;

T_n là thời hạn trung bình;

σ_n^2 là phương sai của thời hạn hoàn thành toàn bộ dự án.

Gọi S là đại lượng ngẫu nhiên, biểu thị thời gian hoàn thành toàn bộ dự án. S tuân theo luật phân phối chuẩn có hàm mật độ xác suất:

$$f(t) = \frac{1}{\sigma_n \sqrt{2\pi}} e^{-\frac{(t-T_n)^2}{2\sigma_n^2}} \quad (4.11)$$

Như vậy, xác suất hoàn thành sự kiện cuối cùng trong thời hạn T_k là:

$$P_s\{0 \leq S \leq T_k\} = \int_0^{T_k} f(t)dt = \frac{1}{\sigma_n \sqrt{2\pi}} \int_0^{T_k} e^{-\frac{(t-T_n)^2}{2\sigma_n^2}} .dt \quad (4.2)$$

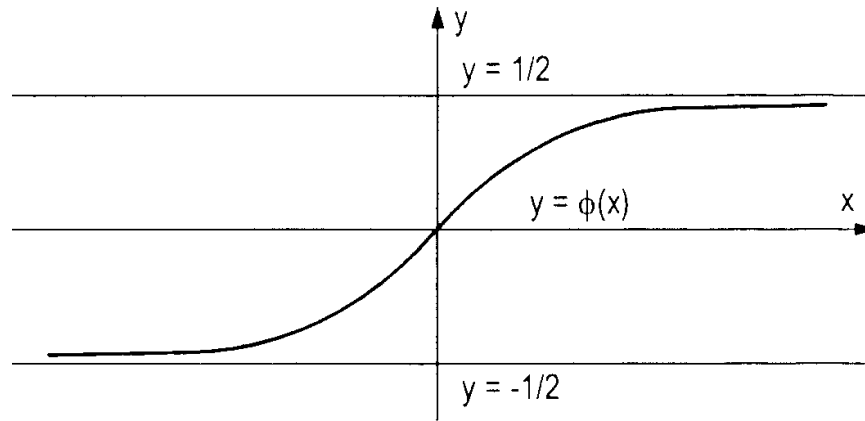
Đổi biến số $z = \frac{t-T_n}{\sigma_n} \rightarrow dt = \sigma_n .dz$

$$\begin{cases} \text{Khi } t = 0 \text{ thì } z = -\frac{T_n}{\sigma_n} \\ \text{Khi } t = T_k \text{ thì } z = \frac{T_k - T_n}{\sigma_n} \end{cases}$$

Ta có:

$$P_s\{0 \leq S \leq T_k\} = P_s\left\{-\frac{T_n}{\sigma_n} \leq Z \leq \frac{T_k - T_n}{\sigma_n}\right\}$$

$$P_s = \frac{1}{\sigma_n \sqrt{2\pi}} \int_{-\frac{T_n}{\sigma_n}}^{\frac{T_k - T_n}{\sigma_n}} e^{-\frac{z^2}{2}} .\sigma_n .d'z = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \int_{-\frac{T_n}{\sigma_n}}^{\frac{T_k - T_n}{\sigma_n}} e^{-\frac{z^2}{2}} .dz$$



Hình 4.5: Đồ thị hàm số $\varphi(x)$

Lấy tích phân trên ta có:

$$P_s = \Phi\left(\frac{T_K - T_n}{\sigma_n}\right) + \Phi\left(\frac{T_n}{\sigma_n}\right) \quad (4.14)$$

Trong đó các giá trị của hàm phân phối chuẩn:

$$\phi(x) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \int_0^x e^{-\frac{z^2}{2}} \cdot dz \quad (4.15)$$

Đã được tính sẵn trong bảng với các giá trị khác nhau của x . Đồ thị hàm $\varphi(x)$ biểu diễn như hình 4.5.

Khảo sát hàm mật độ xác suất của phân phối chuẩn, theo lý thuyết xác suất, đã chứng minh rằng với:

$T_n \pm \sigma_n$ thì có 68% khả năng hoàn thành kế hoạch;

$T_n \pm 2\sigma_n$ thì 95% khả năng hoàn thành kế hoạch;

$T_n \pm 3\sigma_n$ thì có 99,9% khả năng hoàn thành kế hoạch.

Có thể rút ra một cách gần đúng rằng: Thời hạn hoàn thành toàn bộ công trình theo kế hoạch nằm trong khoảng từ $(T_n - 3\sigma_n)$ đến $(T_n + 3\sigma_n)$.

Chú ý: Khả năng đạt giá trị $(T_n - 3\sigma_n)$ thường rất nhỏ nên:

$$T_n - 3\sigma_n \geq 0 \text{ hay } \frac{T_n}{\sigma_n} \geq 3$$

Căn cứ vào công thức (4.14) và tra bảng, ta thấy:

$$\phi(3) = 0,499 \approx 0,5$$

$$\Phi\left(\frac{T_n}{\sigma_n}\right) \approx 0,5$$

Thay vào công thức (4.14) ta có:

$$P = 0,5 + \phi\left(\frac{T_K - T_n}{\sigma_n}\right) \quad (4.16)$$

Từ bảng giá trị có sẵn của hàm $\phi_{(x)}$ theo x , ta lập được bảng xác suất P theo giá trị z . Dùng giá trị tính toán của z tra theo bảng, ta có giá trị xác suất P hoàn thành thời hạn. Thực chất của cách tính này là hiệu giữa thời gian theo kế hoạch và thời gian trung bình mong muốn của sự kiện, được chia thành bậc ở đường cong tiêu chuẩn, bằng cách tính giá trị Z trong đó:

$$Z = \frac{T_K - T_n}{\sigma_n}$$

Từ đây có thể tính thời gian theo kế hoạch với mức độ không chắc chắn là:

$$T_K = T_n + Z \cdot \sigma_n \quad (4.17)$$

Dùng giá trị tính toán của z tra trong bảng 4.2, phần bên trái bảng ứng với trị số z dương, phần bên phải bảng ứng với trị số z âm.

Theo kinh nghiệm thực tế nếu xác suất:

$P < 0,25$ tương ứng với $z = -0,7$.

Ta có: $T_K = T_n - 0,7\sigma_n$

Như vậy, kế hoạch T_K định ra quá ngắn, khó thực hiện được. Khi đó ta cần điều chỉnh lại kế hoạch, điều chỉnh biện pháp thi công, tính toán để rút ngắn thời hạn xây dựng công trình hoặc lập lại sơ đồ mạng.

- Nếu xác suất $0,25 \leq P \leq 0,5$

Tra bảng ta có: $z = -0,6$ và $z = 0,0$

Tương ứng ta có:

$$T_n - 0,65n \leq T_K \leq T_n + 0 \cdot \sigma_n$$

Thì công trình sẽ có khả năng hoàn thành trong thời hạn kế hoạch.

- Còn nếu $P > 0,25$ tra bảng có $z = 0$.

Tương ứng ta có $T_K > T_n$

Thì có nhiều khả năng hoàn thành vượt mức thời gian quy định.

Ví dụ 1:

Thời hạn kế hoạch là $T_K = 17$ ngày.

Thời hạn trung bình $T_n = 13,5$ ngày.

Độ lệch tiêu chuẩn $\sigma_n = 2$ ngày.

Ta có:

$$z = \frac{T_K - T_n}{\sigma_n} = \frac{17 - 13,5}{2} = 1,8$$

Tra bảng $z = 1,8 \rightarrow P = 0,964$.

Như vậy công trình có nhiều khả năng hoàn thành kế hoạch trước thời gian đã định.

Ví dụ 2:

Giả sử thời hạn kế hoạch.

$T_K = 15$ ngày;

$T_n = 19,5$ ngày;

$\sigma_n = 1,5$ ngày.

Ta có:
$$z = \frac{T_K - T_n}{\sigma_n} = \frac{15 - 19,5}{1,5} = -3$$

Tra bảng $z = -3 \rightarrow P = 0,001 < 0,25$

Tức là công trình không có khả năng thực tế để hoàn thành kế hoạch.

Nếu ta điều chỉnh lại kế hoạch:

$T_K = 19$ ngày

Thì
$$z = \frac{19 - 19,5}{1,5} = -0,3$$

Tra bảng $z = -0,3 \rightarrow P = 0,382$.

Theo kinh nghiệm $P = 0,382 > 0,25$.

Nên có khả năng thực hiện đúng với thời hạn kế hoạch.

Bảng 4.2. Giá trị gần đúng của hàm phân phối chuẩn

Z	Xác suất
0,0	0,500
1	540
2	579
3	618
4	655
0,5	0,692
6	726
7	758
8	788
9	816
1,0	0,841
1	864
2	885
3	903

Z	Xác suất P
-0,0	0,500
1	460
2	421
3	382
4	345
-0,5	0,309
6	274
7	242
8	212
9	184
-1,0	0,159
1	136
2	115
3	097

Bảng 4.2 (tiếp theo)

Z	Xác suất	Z	Xác suất P
4	919	4	081
1,5	0,933	- 1,5	0,067
6	945	5	055
7	955	7	045
8	964	8	036
9	971	9	029
2,0	0,977	- 2,0	0,023
1	982	1	018
2	986	2	014
3	989	3	011
4	992	4	008
2,5	0,994	- 2,5	0,006
6	995	6	005
7	996	7	004
8	997	8	003
9	998	9	002
3,0	0,999	- 3,0	0,001

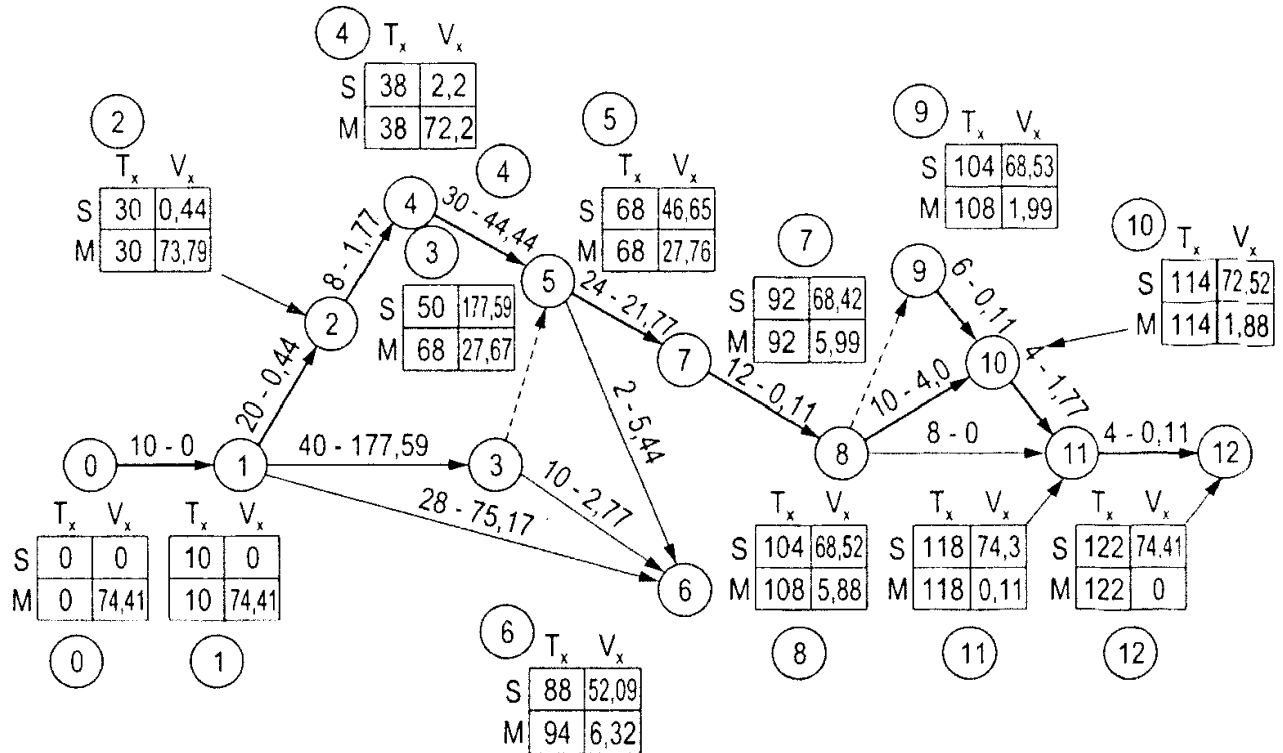
4.5. VÍ DỤ VỀ LẬP VÀ TÍNH TOÁN TIẾN ĐỘ BẰNG SƠ ĐỒ MẠNG PERT

Ví dụ 4.1: Dự án xây dựng đường ống dẫn dầu. Thời gian ước lượng và tính toán cho trong bảng 4.3.

Bảng 4.3. Thời gian ước lượng của dự án xây dựng đường ống dẫn dầu

TT	Công việc	Mô tả	t_a	t_m	t_b	$\bar{t}$	σ	V
1	0-1	Bắt đầu	10	10	10	10	0	0
2	1-2	Chuyển tới công trình	18	20	22	20	0,67	0,44
3	1-3	Nhận ống	20	30	100	40	13,33	177,59
4	1-6	Nhận van	18	20	70	208	8,67	75,17
5	2-4	Bố trí đường ống dẫn dầu	6	7	14	8	1,33	1,77
6	3-5	Đường liên hệ	0	0	0	0	0	0
7	3-6	Cắt ống đặc biệt	7	9	17	10	1,67	2,77
8	4-5	Đào mương	20	25	60	30	6,67	44,44
9	5-6	Chuẩn bị hố van	17	18	31	20	2,38	5,44
10	5-7	Đặt vá nối ống	18	20	46	24	4,67	21,77
11	6-8	Lắp van	8	10	12	10	0,67	0,44
12	7-8	Đúc bê tông	11	12	13	12	0,33	0,11
13	8-9	Đường liên hệ	0	0	0	0	0	0
14	8-10	Lắp mương	8	8	20	10	2,00	4,00
15	8-11	Hoàn chỉnh các hố van	8	8	8	8	0	0
16	9 - 10	Thử đường ống	5	6	7	6	0,33	0,11
17	10-11	Thu dọn công trường	2	3	10	4	1,33	1,77
18	11 - 12	Dời khỏi công trường	3	4	5	4	0,33	1,11

Hình 4.6 cho thấy thời gian tính toán của dự án $T_x^{12} = T_n$; $T_n = 122$ ngày với một phương sai $V = 74,41$ ngày và độ lệch tiêu chuẩn $\sigma_n = \sqrt{74,41} = 8,63$ ngày. Từ các số liệu đó, có thể tính toán xác suất gặp các thời gian dự tính theo kế hoạch khác nhau.



Hình 4.6: Tính đường găng theo phương pháp PERT của dự án xây dựng đường ống dẫn dầu

Bảng 4.4. Xác suất gặp thời gian dự tính theo kế hoạch của dự án

Số TT sự kiện	Thời gian tính toán T_n	Độ lệch tiêu chuẩn σ_n	Thời gian kế hoạch T_k	$Z = \frac{T_k - T_n}{\sigma_n}$	Xác suất gặp thời gian theo kế hoạch (%)
12	122	8,63	115	- 0,81	21
			118	- 0,41	32
			122	0,00	50
			126	+ 0,46	68
			129	+ 0,81	79

Giả sử thời gian dự án theo tính toán $T_n = 122$ ngày là không phù hợp. Kế hoạch đòi hỏi phải hoàn thành công trình là 118 ngày.

Nếu theo phương pháp CPM thì sẽ phải rút bớt 4 ngày trên các công việc găng, bằng các cách nào đó (Ví dụ tăng thêm nhân lực, thêm máy móc, thiết

bị cho các công việc gắng cần rút ngắn thời gian). Nhưng trong phương pháp PERT thì 4 ngày rút ngắn đó có thể đạt được, mà không cần phải rút ngắn thời gian của các công việc. Vì các thời gian trong PERT là ước lượng và thời gian trung bình vẫn có thể được rút ngắn trong những điều kiện thuận lợi.

Ví dụ: Dự kiến có thể gặp mưa khi đào đường ống nhưng thực tế lại không mưa; thời gian thực hiện thực tế là thời gian lạc quan $t_o = \bar{t}$.

Vì vậy, có khả năng hoàn thành dự án, trong thời hạn kế hoạch $T_K = 118$ ngày, với một xác suất là 32%. Như vậy, ta đã phải chấp nhận sự may rủi. Thời gian theo kế hoạch được dự kiến hoàn thành với một xác suất nào đấy. Đó chính là một quy luật của thế giới ngẫu nhiên trong phương pháp PERT.