

## **NGHIÊN CỨU SỬ DỤNG PHƯƠNG PHÁP MÔ PHÒNG MONTE-CARLO LẬP TIẾN ĐỘ THI CÔNG HỒ CHỨA NƯỚC THÁC CHUỐI-QUẢNG BÌNH**

**Nguyễn Hữu Huế<sup>1</sup>, Nguyễn Văn Sơn<sup>1</sup>**

**Tóm tắt:** Ở Việt Nam hiện nay, việc lập tiến độ thi công chủ yếu sử dụng phương pháp sơ đồ ngang (GANTT). Phương pháp này không thể hiện mối tương quan giữa các công việc và thời gian thi công là tất định dựa trên kinh nghiệm, chủ quan của người lập. PERT ra đời để khắc phục nhược điểm của phương pháp này, tuy nhiên PERT thường chỉ quan tâm đến một đường găng mà không quan tâm đến các đường có thể là đường găng trong quá trình tính toán, hơn nữa việc xác định các giá trị thời gian nhỏ nhất, thời gian lớn nhất và thời gian kỳ vọng thường khó khăn. Chính vì vậy sử dụng mô phỏng Monte-Carlo sẽ giúp khắc phục các vấn đề nêu trên. Bài viết dựa trên cơ sở các nghiên cứu trước đây của tác giả để mô phỏng tiến độ thi công cho công trình hồ Thác Chuối –Quảng Bình theo phương pháp mô phỏng số Monte-Carlo. Qua đó giúp các đơn vị liên quan có thêm một phương pháp để lập và quản lý tiến độ thi công.

**Từ khóa:** tiến độ thi công, rủi ro, mô phỏng

### **1. GIỚI THIỆU CHUNG**

Qua quá trình xem xét, đánh giá nguyên nhân, phân lớn kỹ sư, nhà khoa học, nhà quản lý, các chủ thể tham gia thực hiện dự án đều cho thấy rằng có hai nguyên nhân chính gây nên tình trạng chậm tiến độ hiện nay:

Một là, việc xác định một cách tương đối chính xác thời gian thực hiện các công việc không hề dễ dàng, vì bài toán tiến độ thi công mang nhiều yếu tố bất định. Trong khi đó, tiêu chuẩn tính toán thiết kế ở nước ta và trên thế giới đều mang tính chất tiền định. Nghĩa là, mọi tham số ngẫu nhiên đều được tiền định hóa trước khi đưa vào tiêu chuẩn. Hiện nay, hầu hết các công trình thủy lợi, thủy điện ở Việt Nam đều lập tiến độ theo phương pháp sơ đồ ngang (Gantt), thời gian thi công được xác định dựa trên định mức xây dựng. Phương pháp này được đánh giá là đơn giản, dễ lập. Tuy nhiên, phương pháp này phụ thuộc nhiều vào kinh nghiệm, chủ quan của người lập và thường không xét đến các yếu tố bất định, ngẫu nhiên. Phương pháp CPM (Critical Path Method) được dùng nhiều và phát triển thành PERT (Program Evaluation and Review Technique) để có thể dự

báo, phỏng đoán thời gian thi công các công việc. Tuy nhiên, việc xác định thời gian nhỏ nhất, thời gian lớn nhất và thời gian kỳ vọng trong PERT không hề đơn giản. Ngoài ra PERT thường chỉ nghiên cứu tập trung vào một đường găng làm giảm độ tin cậy của phương pháp này.

Hai là, trong quá trình thi công, việc quản lý nhằm giảm thiểu, ngăn ngừa các yếu tố rủi ro gây chậm tiến độ thi công chưa được chú trọng đúng mức. Các yếu tố ảnh hưởng đến tiến độ thi công rất đa dạng và tác động trên nhiều mặt, có những yếu tố là nguyên nhân trực tiếp, có những yếu tố lại là những nguyên nhân gián tiếp hoặc là hệ quả của những nguyên nhân khác

Bài viết nhằm đưa ra cơ sở lý thuyết cho việc mô phỏng tiến độ thi công theo phương pháp mô phỏng Monte-Carlo nhằm khắc phục nhược điểm của CPM và PERT. Trên cơ sở đó áp dụng tính toán cho công trình hồ Thác Chuối-Quảng Bình.

### **2. PHƯƠNG PHÁP NGHIÊN CỨU**

Để thực hiện được mục tiêu đề ra, nghiên cứu sử dụng phương pháp phân tích thống kê, mô phỏng số.

### **3. CƠ SỞ KHOA HỌC**

#### **3.1. Phương pháp mô phỏng Monte-Carlo**

Mô phỏng số Monte – Carlo có cơ sở toán học

---

<sup>1</sup> Bộ môn Công nghệ và Quản lý xây dựng - Đại học Thủy lợi

là phương pháp Monte - Carlo, một công cụ toán học mạnh mẽ mô hình hóa các hệ thống phức tạp, trong đó có sự tham gia của các yếu tố ngẫu nhiên. Phương pháp này ra đời vào khoảng những năm 40 của thế kỉ XX.

Khi cần giải các bài toán có đặc tính ngẫu nhiên, chẳng hạn bài toán xác định các đặc trưng xác suất của hàm đối số ngẫu nhiên, bài toán truyền các quá trình ngẫu nhiên qua các hệ thống động học, các bài toán theo mô hình của lý thuyết phục vụ đám đông... Các lời giải giải tích thường chỉ cho kết quả trong những trường hợp hết sức đơn giản về đặc trưng phân bố của các biến ngẫu nhiên đầu vào, đơn giản về dạng hàm và các hệ thống động học. Tuy nhiên thực tế đòi hỏi giải các bài toán trên trong các điều kiện phức tạp hơn, phản ánh khách quan hơn các diễn biến thực, thậm chí không thể mô tả tường minh các đại lượng ra cần tìm theo các đại lượng vào. Để giải các bài toán phức tạp thuộc lớp này, có thể nói cho tới nay duy nhất chỉ có phương pháp Monte - Carlo là thực sự hiệu quả và mô phỏng trên cơ sở phương pháp này đã trở thành công cụ duy nhất để giải các bài toán thuộc lĩnh vực phân tích hệ thống và ứng dụng.

Nội dung cơ bản của phương pháp tóm lược qua bốn bước sau:

- Bước 1: Lập mô hình toán học toàn bộ các diễn biến trong hệ thống từ đầu đến cuối quá trình, sao cho có thể nhận được các thể nghiệm của các đại lượng đầu ra cần tìm tương ứng với các thể nghiệm đầu vào và tham số hệ thống. Bằng bước này có thể coi là đã thiết lập được một mô hình thử nghiệm bắt chước hệ thống thực.

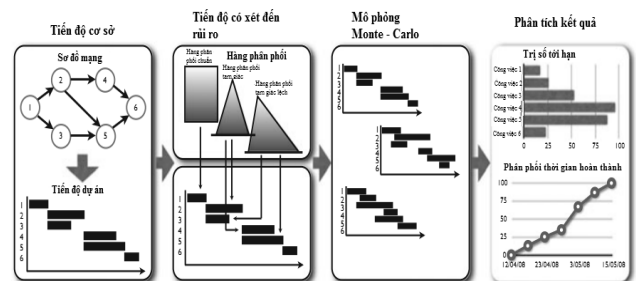
- Bước 2: Thiết lập các biến ngẫu nhiên đầu vào, các biến ngẫu nhiên tham gia vào hệ thống. Thực chất của quá trình này là tạo ra các thể nghiệm của các biến ngẫu nhiên, quá trình ngẫu nhiên có đặc trưng xác suất mong muốn.

- Bước 3: Xây dựng các chiến lược và chiến thuật thử nghiệm trên mô hình. Mỗi mô hình gắn liền với một hệ thống thực. Lặp lại các chiến lược và chiến thuật thử nghiệm trên mô hình một số hữu hạn lần được tập các kết quả đầu ra.

- Bước 4: Xử lý thống kê tập kết quả đầu ra trên được các kết quả mong muốn.

### 3.2. Các bước mô phỏng Monte-Carlo cho tiến độ thi công

Căn cứ vào nội dung ở trên, để lập tiến độ thi công theo lý thuyết độ tin cậy sử dụng mô phỏng Monte-Carlo cần tiến hành 4 bước theo sơ đồ sau:



Hình 1. Mô phỏng tiến độ thi công

#### Bước 1: Lập mô hình toán học (tiến độ cơ sở)

Cả hai phương pháp lập tiến độ PERT và CPM đều tính toán đường găng dựa trên logic và các ước tính thời gian hoạt động được thực hiện một cách chủ quan bởi người lập tiến độ và người quản lý dự án. Tuy nhiên, các ước tính đó thường gặp sai lầm và mang tính chủ quan, kinh nghiệm của người lập tiến độ. Hơn nữa, trong quá trình thi công có những công việc nằm trên đường găng có thể trở thành những công việc không găng và ngược lại, do gặp phải tác động của nhiều yếu tố đã được phân tích trong những nội dung trước.

Khi sử dụng phương pháp mô phỏng có áp dụng yếu tố rủi ro tác động đến thời gian của các công việc thì kết quả đó cần được so sánh với một kết quả dự kiến hoặc với một kết quả so với định mức xây dựng. Do đó, tiến độ cơ sở đóng vai trò là bước tham chiếu mà tiến độ thực tế sau khi được mô phỏng sẽ được so sánh với nó. Mặc dù rất hiếm khi thời gian thi công thực tế đúng với thời gian trong tiến độ cơ sở, nhưng nó đóng vai trò trung tâm trong phân tích rủi ro của tiến độ và thiếu nó sẽ dẫn đến sự sai lệch hoặc không thể so sánh kết quả.

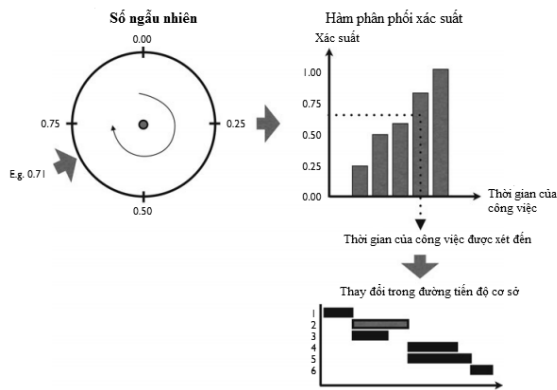
#### Bước 2. Thiết lập các thông số rủi ro và hàm phân phối xác suất

Trong bước này, dựa trên việc đánh giá rủi ro và mức độ ảnh hưởng của từng nhân tố rủi ro mà thiết lập được thời gian bị chậm khi có tác động của rủi ro. Trong các nghiên cứu trước đây tác giả

đã đánh giá mức độ ảnh hưởng của các nhân tố rủi ro đến tiến độ thi công và đã xây dựng hàm xác suất thời gian thi công các công trình thủy lợi, thủy điện ở Việt Nam làm cơ sở cho bước này.

### Bước 3. Mô phỏng Monte-Carlo

Nguyên tắc cơ bản cơ bản của mô phỏng Monte-Carlo được mô tả như sau:



Hình 2. Nguyên tắc mô phỏng monte-carlo

+ Tạo số ngẫu nhiên thống nhất liên tục từ khoảng [0,1]

Trong phần mềm Microsoft Excel việc phát số ngẫu nhiên được thực hiện đơn giản thông qua hàm: Rand(). Vì vậy, tác giả sử dụng Excel để thực hiện phân tích mô phỏng Monte-Carlo trong nghiên cứu này.

+ Thêm số làm tham số u trong hàm phân phối xác suất và tìm kiếm thời gian hoạt động thực tế tương ứng

Ứng với mỗi số ngẫu nhiên phát sinh từ [0,1], dựa vào phân phối xác suất trong tính toán thống kê các số liệu thời gian thi công của các công, sẽ cho ra một giá trị thấp hơn so với định mức (giả sử gọi là a) và một giá trị lớn hơn so với định mức (giả sử gọi là b) (tính theo %).

Căn cứ vào việc xác định các nhân tố rủi ro gây chậm tiến độ thi công và phương trình hồi quy xác định được hệ số ảnh hưởng đến thời gian thi công là bê ta (b).

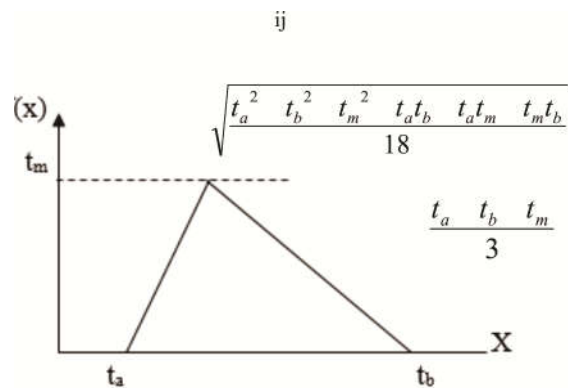
Việc ước lượng thời gian thi công của 1 công việc được tính dựa vào 3 giá trị như sau:

+ Giá trị ở giữa ( $t_m$ ): chính là giá trị được ước lượng theo tiến độ cơ sở mà người lập tiến độ đã căn cứ theo định mức để tính được.

+ Giá trị nhỏ nhất (min):  $t_a = a\% * (t_m)$

+ Giá trị lớn nhất (max):  $t_b = (b\% + b) * (t_m)$

Dựa vào 3 giá trị  $t_a$ ,  $t_m$  và  $t_b$  này sẽ thiết lập hàm phân phối xác suất dạng tam giác (hình 3), và mỗi số ngẫu nhiên lại ước lượng 1 lần nữa giá trị của thời gian thi công công việc đó (giả sử gọi giá trị này là  $t_{ij}$ ).



Hình 3. Phân phối thời gian thực hiện công việc theo dạng tam giác

+ Thay thế thời gian trên tiến độ cơ sở bằng số mới được tạo và tính toán lại đường găng.

Mỗi lần phát sinh một số ngẫu nhiên thì sẽ cho ra một giá trị ước tính về thời gian hoàn thành của công việc, từ đó dẫn đến thay đổi đường găng và tổng thời gian dự án thực tế có thể khác với kế hoạch cơ bản ban đầu. Cứ lặp đi lặp lại như vậy để đánh giá xác suất của từng giá trị thời gian hoàn thành toàn bộ dự án.

### Bước 4. Phân tích kết quả

Trong mỗi lần chạy mô phỏng, công cụ mô phỏng đã ghi lại tất cả các tiến độ của dự án và các đường găng trong tiến trình mô phỏng để có thể đo lường mức độ nhạy của hoạt động trên mục tiêu dự án. Các chỉ số độ nhạy này phản ánh mức độ chính xác của tiến độ theo lý thuyết độ tin cậy. Các chỉ số bao gồm:

• Chỉ số quan trọng (CI): Đo lường xác suất của hoạt động nằm trên đường găng.

$$CI_j = \frac{H_j}{N} \times 100$$

Trong đó:  $j$ = nhân tố hoạt động;  $n$ = số hoạt động của dự án;  $H_j$ = số thời gian mà hoạt động thứ  $j$  tới hạn trong MCS và  $N$  là tổng số lần lặp lại trong phương pháp MCS.

• Chỉ số độ nhạy thời gian (DS): Đo lường tầm

quan trọng tương đối của một hoạt động. Tính thông qua tương quan Spearman.

$$p_j = 1 - \frac{(6 \times \sum_{i=1}^N (d_{ij})^2)}{N(N \times N - 1)}$$

Trong đó:  $p_j$  = hệ số tương quan cho hoạt động thứ  $j$ ;  $i$  = số mô phỏng của phương pháp MCS;  $d_{ij}$  = sự khác nhau giữa các thứ hạng của khoảng thời gian của hoạt động thứ  $j$  và khoảng thời gian của dự án trong sự mô phỏng thứ  $i$ ;  $N$  = tổng số mô phỏng phương pháp MCS.

• Chỉ số độ nhạy lịch biểu (SSI): Đo lường tầm quan trọng tương đối của một hoạt động dựa trên CI. Tính toán dựa trên tương quan Pearson

$$r_j = \frac{\sum_{i=1}^N (x_{ij} - \bar{x})(y_{ij} - \bar{y})}{\sqrt{\frac{\sum_{i=1}^N (x_{ij} - \bar{x})^2}{N-1} \times \frac{\sum_{i=1}^N (y_{ij} - \bar{y})^2}{N-1}}}$$

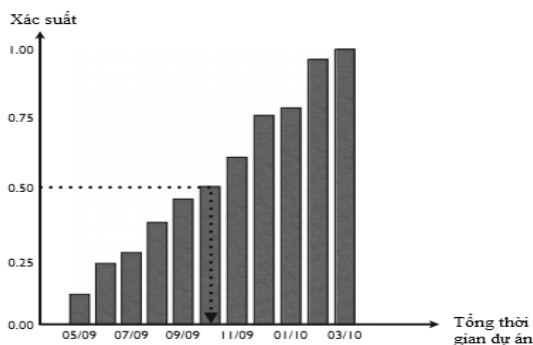
Trong đó:  $r_j$  = hệ số tương quan Pearson cho hoạt động thứ  $j$  với tổng thời gian dự án, được biểu thị dưới dạng phần trăm;  $x_{ij}$  = khoảng thời gian của hoạt động thứ  $j$  trong mô phỏng thứ  $i$ ;  $\bar{x}$  = khoảng thời gian trung bình của hoạt động thứ  $j$  trong tất cả các mô phỏng; và  $\bar{y}$  = khoảng thời gian trung bình của dự án trong tất cả các mô phỏng.

• Chỉ số quan trọng (CRI): Đo lường mối tương quan giữa thời lượng hoạt động và tổng thời gian dự án, theo ba cách khác nhau:

$$CRI_j = DS_j \times CI_j$$

Mỗi chỉ số cung cấp cho người quản lý một dấu hiệu cho thấy mức độ nhạy cảm của hoạt động là hướng tới thời gian dự án cuối cùng.

Bên cạnh các chỉ số độ nhạy, tiến độ thi công theo lý thuyết độ tin cậy còn cung cấp xác suất của dự án theo thời gian, được thể hiện trong một thời gian tích lũy của dự án như trong hình:



Hình 4. Xác suất của dự án theo thời gian

## 4. KẾT QUẢ MÔ PHỎNG CHO HỒ THÁC CHUỐI

### 4.1. Lý do lựa chọn công trình

Hồ Thác Chuối là công trình thủy lợi thuộc loại vừa, có nhiều hạng mục công trình: đập đất, tràn xả lũ, cống lấy nước, đường quản lý, nhà vận hành... Công trình thi công qua nhiều năm, nằm ở vùng miền Trung nên chịu tác động của nhiều yếu tố như thời tiết, khí tượng, thủy văn, dòng chảy.

Công trình có đầy đủ các biện pháp thi công mang tính đặc trưng của công trình thủy lợi: dẫn dòng, xử lý thấm, chặn dòng... Công trình ở vùng có địa hình dốc, thời tập trung dòng chảy nhanh, địa chất có nhiều biến động. Trên thực tế, công trình bị chậm tiến độ so với kế hoạch đã được phê duyệt. Do đó, lựa chọn công trình Hồ Thác Chuối, tỉnh Quảng Bình để kiểm nghiệm kết quả.

### 4.2. Giới thiệu công trình

Hồ chứa nước Thác Chuối tại xã Phú Định, huyện Bố Trạch, tỉnh Quảng Bình



Hình 5. Hồ Thác Chuối đã hoàn thành

Mục tiêu tổng quát của công trình là giải quyết và khắc phục tình trạng hạn hán trong khu vực, đảm bảo tốt nhiệm vụ tưới và cấp nước sinh hoạt, công nghiệp cho khu vực, cải tạo môi trường sinh thái và du lịch; tạo tiền đề để khai thác có hiệu quả tiềm năng lao động, xoá đói giảm nghèo, phát triển kinh tế trong vùng dự án và các vùng liên quan. Cụ thể, Hồ Chứa nước Thác Chuối sẽ bổ sung nguồn nước cho đập dâng Đá Mài; cấp nước cho Khu công nghiệp Tây Bắc Đồng Hới và nước sinh hoạt cho trên 65.000 nghìn dân 9 xã thuộc huyện Bố Trạch; cấp lưu lượng sinh thái xuống vùng hạ du trong mùa kiệt; cải tạo tiêu khí hậu của vùng và cắt giảm lũ cho vùng hạ lưu.

### 4.3. Lập tiến độ thi công cơ sở

Căn cứ vào tình hình khí tượng, thủy văn, đặc trưng dòng chảy, đặc trưng mùa, biện pháp thi công

công trình, khối lượng công việc và định mức xây dựng, đơn vị tư vấn thiết kế đã xác định các công việc chính và thời gian thi công dự kiến như bảng sau:

**Bảng 1. Các công việc chính và thời gian thi công dự kiến**

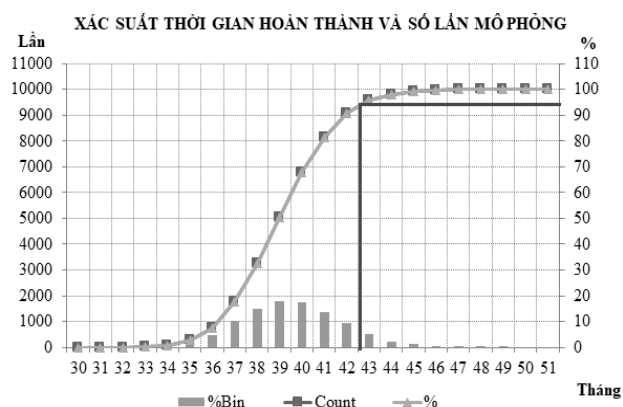
Ký hiệu	Tên công việc	Thời gian (tháng)	Ký hiệu	Tên công việc	Thời gian (tháng)
1	Chuẩn bị	0.5	23	Ván khuôn cầu công tác	1.2
2	Đào móng cống	5	24	Cốt thép cầu công tác	1.2
3	Đào móng đập	8	25	Bê tông cầu công tác	0.8
4	Đào kênh dẫn	14	26	Đắp đập lòng sông đợt 2	3
5	Đào đất móng tràn	1	27	Đắp đập kênh dẫn đợt 2	3
6	Đào đá móng tràn	6.5	28	Đắp đê quai đợt 1	2
7	khoan phụt chống thấm đập	2	29	Đắp đê quai đợt 2	2
8	Khoan phụt chống thấm tràn	2	30	Đá lát mái thượng lưu đợt 1	9
9	Đắp đập lòng sông đợt 1	3	31	Đá lát mái thượng lưu đợt 2	2
10	Đắp đập kênh dẫn đợt 1	3	32	Cốt thép đáy tràn	2.5
11	Cốt thép đáy cống	1.5	33	Ván khuôn đáy tràn	2.5
12	Ván khuôn đáy cống	1.5	34	Bê tông đáy tràn	2
13	Bê tông đáy cống	1.5	35	Ván khuôn máng phun	2.5
14	Cốt thép tường cống	1.5	36	Cốt thép máng phun	2.5
15	Ván khuôn tường cống	1.5	37	Bê tông máng phun	2
16	Bê tông tường cống	1.5	38	Cốt thép tường tràn	7
17	Ván khuôn tràn cống	1.5	39	Ván khuôn tường tràn	6
18	Cốt thép tràn cống	1.5	40	Bê tông tường tràn	4
19	Bê tông tràn cống	1.5	41	Ván khuôn dàn phai	3
20	Cốt thép tháp van	1.8	42	Cốt thép dàn phai	2
21	Ván khuôn tháp van	1.5	43	Bê tông dàn phai	1
22	Bê tông tháp van	0.7	44	Hoàn thiện đập	0.5

Căn cứ vào bảng tiến độ thi công do đơn vị tư vấn thiết kế lập, chủ đầu tư đã chấp thuận kế hoạch thi công với tổng thời gian thi công là 40 tháng.

### 4.4. Gán các rủi ro và mô phỏng Monte-Carlo

Sử dụng mô phỏng Monte-Carlo để thực hiện các mô phỏng trong excel, với hàm phát sinh số ngẫu nhiên là Rand(). Chạy mô phỏng 10.000 lần cho kết quả như sau:

Biểu đồ tiến độ cho thấy thời gian hoàn thành dự án với độ tin cậy 95% là 42,5 tháng. Kết quả này gần sát với thực tế hoàn thành công trình ở 40 tháng.



Hình 6. Biểu đồ xác suất thời gian hoàn thành và số lần mô phỏng

Nhận xét: Kết quả lập tiến độ thi công sử dụng mô phỏng Monte-Carlo cho thấy, để đạt độ tin cậy

95% thì phải lên kế hoạch thi công tối thiểu là 42,5 tháng. Căn cứ vào kết quả này, người quản lý tiến độ có thể đưa ra các quyết định nhằm hạn chế rủi ro và tăng độ tin cậy trong việc hoàn thành công trình. Nếu muốn hoàn thành công trình ở mức tin cậy là 70%, tương đương với thời gian và 39,5 tháng thì cần phải tập trung kiểm soát, giảm thiểu, ngăn ngừa các rủi ro có thể xảy ra gây kéo dài thời gian thực hiện công việc dựa trên bảng tác động của các nhân tố rủi ro và mức độ ảnh hưởng của mỗi nhân tố. Các rủi ro cần hạn chế cụ thể trong công trình này là: sự thay đổi chủ nhiệm thiết kế, sự thay đổi nhiều nhà thầu phụ, thiếu đội ngũ kỹ thuật chuyên nghiệp, yếu tố thủy văn dòng chảy thay đổi, điều kiện thời tiết khắc nghiệt, năng suất lao động kém...

Ở đây, trên thực tế công trình đã hoàn thành ở

40 tháng tương ứng với độ tin cậy là 80%, điều này cho thấy trong quá trình thi công các đơn vị quản lý đã nỗ lực ngăn ngừa, giảm thiểu các nhân tố rủi ro có khả năng ảnh hưởng đến thời gian hoàn thành công việc. Đơn vị thi công đã tập trung cao độ nguồn nhân lực và máy móc để hoàn thành đúng thời hạn chặn dòng theo mốc không chế đã được phê duyệt, đây là mốc quan trọng để không ảnh hưởng đến việc thi công đập đất. Tuy nhiên, trong thời gian thi công gặp phải thời tiết khắc nghiệt, cùng với địa chất có sự sai khác so với thiết kế nên việc thi công xử lý nền kéo dài hơn so với dự tính ban đầu, các công việc khác như thi công mái thượng lưu, hoàn thiện đập cũng bị chậm do điều kiện thủy văn, dòng chảy nên thời gian hoàn thành công trình chậm hơn so với dự tính ban đầu.

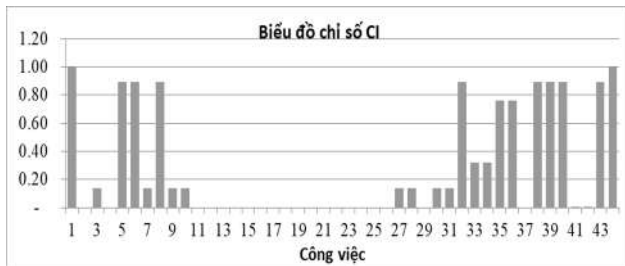
#### 4.5. Tính toán chỉ số độ tin cậy và nhận xét

**Bảng 2. Các chỉ số độ tin cậy**

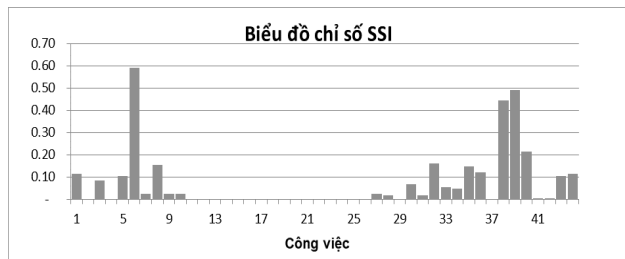
Công việc	CI	CRI	SSI	Công việc	CI	CRI	SSI
1	1.0000	-0.0194	0.1134	23	0.0000	0.0175	0.0000
2	0.0000	0.0007	0.0000	24	0.0000	0.0002	0.0000
3	0.1388	0.0064	0.0825	25	0.0000	0.0077	0.0000
4	0.0000	0.0110	0.0000	26	0.0000	-0.0031	0.0000
5	0.8957	0.0067	0.1036	27	0.1388	-0.0149	0.0244
6	0.8957	0.0088	0.5915	28	0.1388	-0.0048	0.0188
7	0.1388	-0.0038	0.0242	29	0.0000	0.0236	0.0000
8	0.8957	0.0019	0.1544	30	0.1388	-0.0080	0.0681
9	0.1388	0.0102	0.0246	31	0.1388	0.0036	0.0186
10	0.1388	-0.0216	0.0249	32	0.8957	-0.0030	0.1622
11	0.0000	0.0004	0.0000	33	0.3215	-0.0155	0.0544
12	0.0000	0.0117	0.0000	34	0.3215	0.0031	0.0487
13	0.0000	0.0034	0.0000	35	0.7593	-0.0024	0.1481
14	0.0000	0.0132	0.0000	36	0.7593	-0.0049	0.1197
15	0.0000	-0.0171	0.0000	37	0.0000	0.0244	0.0000
16	0.0000	0.0006	0.0000	38	0.8957	-0.0093	0.4437
17	0.0000	-0.0140	0.0000	39	0.8956	0.0141	0.4903
18	0.0000	-0.0121	0.0000	40	0.8956	0.0020	0.2153
19	0.0000	0.0009	0.0000	41	0.0003	0.0158	0.0001
20	0.0000	-0.0049	0.0000	42	0.0003	0.0054	0.0000
21	0.0000	-0.0082	0.0000	43	0.8957	-0.0045	0.1038
22	0.0000	0.0008	0.0000	44	1.0000	-0.0079	0.1135

Chỉ số ngưỡng độ nhạy trung bình cần được sử dụng để làm nổi bật tầm quan trọng của các công việc. Sơ đồ của CI, CRI và SSI và chỉ số

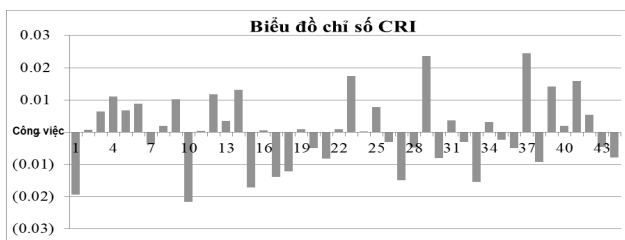
ngưỡng độ nhạy trung bình của các công việc chính khi thi công hồ Thác Chuối được mô tả như các hình sau:



Hình 7. Chỉ số CI



Hình 8. Chỉ số DS



Hình 9. Chỉ số CRI

Hình 5. cho thấy, công việc 1, 5, 6, 8, 32, 33, 34, 35, 36, 38, 39, 40, 43, 44 là được ưu tiên cao nhất. Chỉ số CI của các hoạt động này lớn hơn chỉ số CI trung bình = 28%.

Hình 6. cho thấy SSI cho các nhiệm vụ của việc xây dựng đập đất và giá trị SSI trung bình = 7%. Các công việc: 1, 3, 5, 6, 8, 32, 35, 36, 38, 39, 40, 43, 44 dựa vào các giá trị SSI trung bình ở trên, chúng được xếp hạng ưu tiên cao nhất, trong khi đó các công việc khác xếp hạng ưu tiên thứ 2.

Như vậy có thể thấy, có những công việc có chỉ số CI cao nhưng chỉ số SSI lại thấp nên mức độ ưu tiên sẽ giảm xuống 1 cấp.

## 6. KẾT LUẬN

Bài viết đã đưa ra cơ sở lý thuyết về phương pháp lập tiến độ theo lý thuyết độ tin cậy, sử dụng mô phỏng Monte-Carlo. Để mô phỏng tiến độ thi công cần thực hiện qua 4 bước: Lập tiến độ cơ sở, phân tích và gán các rủi ro, mô phỏng, tính toán các chỉ số tin cậy và đánh giá kết quả. Trên cơ sở đó tác giả cũng đã tính toán kiểm chứng cho công trình hồ Thác Chuối - Quảng Bình, cho thấy kết quả tương đối phù hợp với thực tế.

## TÀI LIỆU THAM KHẢO

- Nguyễn Văn Sơn, Nguyễn Hữu Huê. "Nghiên cứu mức độ ảnh hưởng của các nhân tố gây chậm tiến độ thi công công trình thủy lợi, thủy điện ở Việt Nam", Tạp chí khoa học kỹ thuật Thủy lợi và Môi trường số 67, tr.93-100, tháng 12/2019.
- Nguyễn Văn Sơn, Nguyễn Hữu Huê. "Xây dựng tiến độ thi công công trình thủy lợi theo lý thuyết độ tin cậy", Tạp chí Khoa học và Công nghệ Thủy lợi số 56, tr 89-98, tháng 10/2019.
- Nguyễn Đình Thám, Nguyễn Ngọc Thanh, *Tổ chức xây dựng 1, Hà Nội*: Nhà xuất bản khoa học và kỹ thuật, 2006.
- Bộ môn thi công, trường ĐH Thủy Lợi, *Thi công các công trình thủy lợi, tập 2*, Hà Nội: Nhà xuất bản xây dựng, 2004.
- Mario. *Vanhoucke, Project Management with Dynamic Scheduling*, 2007.
- Lại Hải Đăng, Lưu Trường Văn, "<http://www.moc.gov.vn>," 3 7 2007. [Online]. Available: <http://www.moc.gov.vn/vi/thong-tin-tu-lieu/-/tin-chi-tiet/ek4I/86/19383/mo-phong-tien-do-thi-cong-cong-trinh-bang-phuong-phap-monte-carlo.html>.
- Project Management Institute;, *A Guide to the Project Management Body of Knowledge*, USA: Project Management Institute, 2017.
- Aibinu, A.A. and Jagboro, G.O., "The Effects of Construction Delays on Project Delivery in Nigerian Construction Industry," International Journal of Project Management, vol. 20, pp. 593-599, 2002.
- Phan Văn Khôi, *Cơ sở đánh giá độ tin cậy*, Hà Nội: Nhà xuất bản Khoa học và Kỹ thuật, 2011.

**Abstract:**  
**MONTE-CARLO SIMULATION FOR CONSTRUCTION SCHEDULE OF THAC CHUOI  
RESERVOIR IN QUANG BINH PROVINCE**

*In Vietnam at present, construction schedule is mainly done using horizontal diagram method (GANNT). This method does not show the correlation between jobs and construction time is determined based on the experience and subjectivity of the founder. PERT was born to overcome the disadvantages of this method, but PERT is usually only interested in a critical path, not the possible paths that are the critical path in the calculation process, moreover, the determination of minimum time, maximum time, and expected time values are often difficult. Therefore, using Monte-Carlo simulation will help overcome the above problems. The article is based on the previous researches of the author to simulate the construction schedule of Thac Chuoi reservoir in Quang Binh province following Monte-Carlo simulation. Thereby helping the relevant parties have an additional method to set up and manage the construction schedule.*

**Keywords:** Cause delay schedule of construction, risk

---

*Ngày nhận bài: 17/4/2020*

*Ngày chấp nhận đăng: 12/5/2020*