

# Nghiên cứu nâng cao năng suất trong công tác lắp đặt hệ khung kết cấu thép và cung ứng trong xây dựng nhà công nghiệp

Lương Đức Long<sup>1\*</sup>, Đỗ Ngọc Lâm<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Khoa Kỹ Thuật Xây Dựng, Trường Đại Học Bách Khoa – Đại Học Quốc Gia Tp.HCM

<sup>2</sup> Học viên Cao học -Khoa Kỹ Thuật Xây Dựng, Trường Đại Học Bách Khoa – Đại Học Quốc Gia Tp.HCM

## TỪ KHOÁ

Năng suất lắp dựng kết cấu thép  
Mô phỏng sự kiện rời rạc  
Ezstroke  
Stroboscope

## TÓM TẮT

Nâng cao năng suất lao động luôn là một trong những điều mà mọi doanh nghiệp thường muốn hướng đến. Vì khi năng suất lao động được tăng lên sẽ đem lại nguồn lợi về chi phí rất lớn. Đặc biệt trong ngành xây dựng, việc nâng cao năng suất lao động là điều mà các nhà quản lý thường rất chú trọng bởi vì phần lớn các công tác đều được làm thủ công. Trong nghiên cứu này tác giả sẽ sử dụng công cụ Ezstroke trong phần mềm Stroboscope để mô phỏng biện pháp thi công trong công tác lắp đặt khung kết cấu thép. Từ đó sẽ đưa ra các giải pháp để tối ưu về chi phí - tiến độ trong thi công.

## KEYWORDS

Improve productivity in installation  
steel structural framework  
Discrete event simulation  
Ezstroke  
Stroboscope

## ABSTRACT

Improving labor productivity is always one of the things that every business often wants to aim for. Because when labor productivity is increased, it will bring huge cost benefits. Especially in the construction industry, improving labor productivity is something that managers often focus on because most of the work is done manually. In this study, the author will use Ezstroke tool in Stroboscope software to simulate construction methods in the installation of steel structure frames. From there, we will offer solutions to optimize costs - progress in construction.

## 1. Giới thiệu

Hiện nay nhu cầu tiêu thụ thép của khu vực ASEAN-6 liên tục tăng với tốc độ trung bình 9,6 % mỗi năm từ 2009 đến 2014 và đạt khối lượng 65,9 triệu tấn năm 2014. Đồng thời cũng duy trì tốc độ tăng trưởng trên 10 % mỗi năm trong giai đoạn 2015-2019 khi đạt mức hơn 90 triệu tấn theo thống kê tháng 12 năm 2019. Mặc khác, Nhu cầu thép ở Indonesia cũng đạt mức tăng trưởng cao nhất trong số 6 quốc gia của ASEAN-6 đạt mức 11 % trong 2 năm 2018 và 2019 từ nhu cầu đầu tư mở rộng các nhà máy dịch chuyển từ Trung Quốc tại Indonesia không ngừng tăng lên.

Qua đó có thể thấy rằng ngành kết cấu thép sẽ là xu hướng của tương lai, nhưng vẫn còn tồn đọng một số khó khăn trong việc thực hiện điển hình như: Công tác đặt hàng còn nhiều khó khăn ở việc giá thành thay đổi do thị trường không ổn định và khả năng tài chính của công ty, Vận chuyển còn nhiều khó khăn do vướng các thủ tục pháp lý, đường đi, Tốc độ sản xuất và độ chính xác phụ thuộc rất nhiều vào máy móc và bộ phận shopdrawing của công ty, Lắp dựng kết cấu thép khó khăn ở mặt bằng, trình độ nhân công, máy móc, thời tiết, biện pháp thi công, sự phối hợp giữa các đơn vị trong thi công dự án.

Vì vậy, mục đích của nghiên cứu này là giới thiệu công cụ hỗ trợ nhà thầu trong việc đưa ra quyết định về việc sử dụng nguồn nhân lực một cách hợp lý để nâng cao năng suất, hiệu quả trong thi công lắp đặt hệ khung kết cấu thép.

## 2. Tổng quan về nghiên cứu

Theo Julio César Martínez (1996), Stroboscope là ngôn ngữ lập trình để mô phỏng các công tác trong nhiều lĩnh vực như y tế, xây dựng, môi trường ...

Một trong những nguyên cứu được nhiều nhà nguyên cứu về các hoạt động mô phỏng sự kiện rời rạc là phần mềm Stroboscope, một ngôn ngữ lập trình mô phỏng mạnh mẽ, có khả năng mô hình hóa và mô phỏng các hoạt động xây dựng phức tạp. EZStroke là một công cụ dành cho các nhà nguyên cứu mô phỏng sự kiện rời rạc nhưng không cần lập trình dựa trên các Sơ đồ hoạt động (Activity Cycle Diagrams - ACD). EZStroke hỗ trợ mô phỏng của Stroboscope và cũng tuân theo các nguyên tắc của Stroboscope. Một mô hình EZStroke được thực hiện đơn giản bằng một sơ đồ có các nút, công tác, liên kết được xây dựng từ khuôn mẫu có sẵn trong EZStroke. EZStroke được tích hợp chạy trong Microsoft Visio.

Các đề tài nghiên cứu về mô phỏng sự kiện rời rạc đã được kiểm chứng về tính hiệu quả để nâng cao năng suất trong nhiều ngành như:

Theo Phan trọng lễ đã cho thấy rõ được thứ nhất quy trình của lắp đặt công tác cốt pha nhôm, thứ hai là tối ưu hóa thời gian thi công bằng cách tăng số lượng công nhân hay gán mức độ ưu tiên sử dụng tài nguyên của để việc các tài nguyên chờ được sử dụng hợp lý hơn.

\* Liên hệ tác giả: luongduclong@hcmut.edu.vn

Nhận ngày 02/11/2022, giải trình ngày 25/11/2022, chấp nhận đăng 10/12/2022

Link DOI: <https://doi.org/10.54772/jomc.06.2022.472>

Trong nguyên cứu của Wisoot Jiradamkerng đã chỉ định có 36 tấm sàn rỗng sẽ được lắp đặt. kết quả cho thấy sự chênh lệch thời gian trung bình một chu kỳ của EZSTROBE so với MAC là rất ít điều này chứng tỏ kết quả mà mô phỏng đưa ra là rất tin cậy. nhưng trong một nguyên cứu khác thì do ảnh hưởng của các nhân tố thực tế như bãi đỗ xe khiến cho chu kỳ trong trường hợp này dài hơn so với trước đó. Bằng cách thay đổi số lượng xe tải từ 3 thành 11, kết quả mô phỏng cho thấy chi phí tối ưu khi số lượng là 8 xe tải làm việc với một máy xúc.

Trong nguyên cứu mô phỏng quá trình bốc xếp xi măng của PUNYAANEK SRISURIN và AMARJIT SINGH Sau khi thử nhiều mô hình thì mô hình trên mang lại tỷ lệ phần trăm thời gian xe tải khởi hành, thời gian chờ xe tải, thời gian thông qua và thời gian bốc xếp hàng được tối ưu. Tổng chi phí giảm. Vì vậy, mô hình đã được đề xuất để cải tiến quy trình cấp xi măng tại nhà máy.

### 3. Phương pháp nghiên cứu

Để xây dựng mô hình trong Ezstrobe thì cần phải có biện pháp thi công đúng với thực tế và được tư vấn từ các chuyên gia , nhà quản lý đã làm trong ngành kết cấu thép.

Tiếp theo thu thập dữ liệu về thời gian, số lượng nhân công, máy móc. Từ đó Xử lý số liệu bằng cách dùng chức năng Batch Fit trong Crystal Ball để xác định dạng phân phối của từng hoạt động.

Số liệu đầu vào được chính tác giả quan sát trực tiếp và lấy số liệu tại dự án theo sự thống nhất ban đầu của biện pháp thi công và các tài nguyên chờ như nhân lực, cầu Kato, xe cầu thùng cũng được lấy đếm trực tiếp tại hiện trường. Số lượng chuyển vận chuyển kết cấu thép từ nhà máy đến bãi tập kết vật tư công trình cũng cần được đếm để tính ra được xác suất chỉnh sửa kết cấu thép lại khi chất lượng không đạt.

Thông qua biện pháp thi công cùng với các dữ liệu được phân tích và các thông số dữ liệu đầu vào, đầu ra đã đưa trong Ezstrobe. Từ đó sẽ tối ưu hóa tiến độ, chi phí bằng việc thay đổi số lượng công nhân để các tài nguyên chờ được giảm lại hoặc tăng máy móc để đẩy nhanh tiến độ công việc.

*Kết quả nguyên cứu*

Quy mô dự án

Công trình: công nghiệp nhẹ, cấp 2

Diện tích khu đất : 154408 m<sup>2</sup>

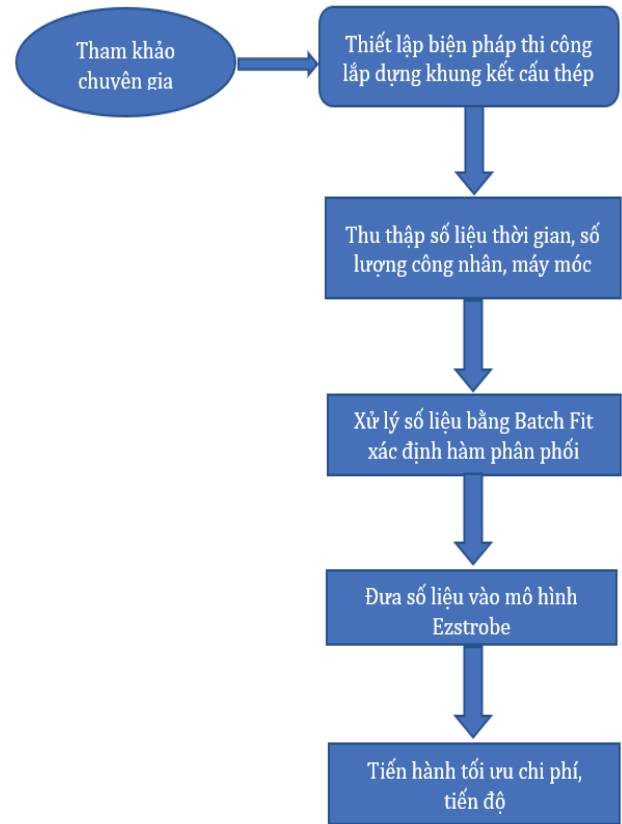
Diện tích xây dựng: 73138 m<sup>2</sup>

Diện tích đường giao thông: 49078 m<sup>2</sup>

Diện tích cây xanh: 30881 m<sup>2</sup>

Dự án đang diễn ra tại Tỉnh Bình Thuận.

Quá trình nguyên cứu và quan sát lắp dựng kết hệ khung kết cấu thép ở các hạng mục nhà xưởng nhịp kết cấu dao động từ 40 - 48 m.



Hình 1. Quy trình nghiên cứu.

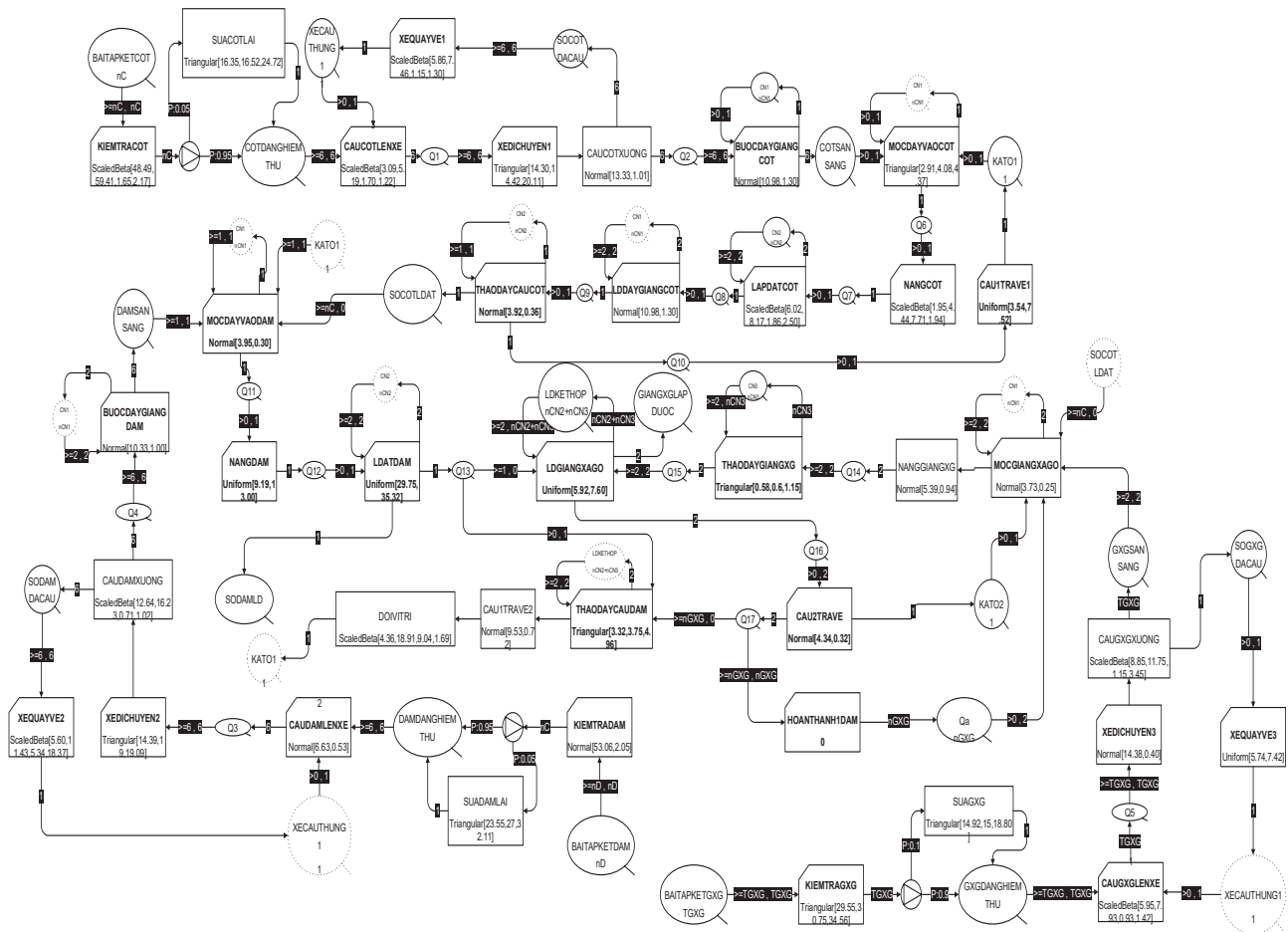
Bảng 1. Dữ liệu đầu vào trong Ezstrobe.

nCN1	Cong nhan lap dat 1	2
nCN2	Cong nhan lap dat 2	2
nCN3	Cong nhan lap dat 3	2
nC	Tong so luong cot	18
nD	Tong so luong dam	18
nGXG	So luong giang xa go 1 ban keo	20
TGXG	Tong so luong giang xa go	360
CPKATO	chi phi 2 kato (trieu/ca/8gio)	9
CPnhancong	chi phi nhan cong (trieu)	0.45
CPQL	chi phi quan ly (trieu/ngay)	5

Bảng 2. Công thức dữ liệu đầu ra của Ezstrobe.

thoigianthcong	Tong thoi gian thi cong (gio)	SimTime/60
congphan	Tong so luong cong nhan	(nCN1+nCN2+nCN3)
chiphikato	chi phi kato (trieu)	CPKATO*(thoigianthcong/8)
socong	Tong so cong cong nhan (cong)	congphan*thoigianthcong/8
chiphinhancong	chi phi nhan cong (trieu)	socong*CPnhancong
thoigiancho	tong thoi gian cho	(Q1 AveWait+Q2 AveWait+Q3 AveWait+Q4 AveWait+Q5 AveWait+Q6 AveWait+Q7 AveWait+Q8 AveWait+Q9 AveWait+Q10 AveWait+Q11 AveWait+Q12 AveWait+Q13 AveWait+Q14 AveWait+Q15 AveWait+Q16 AveWait+Q17 AveWait+BAITAPKETCOT AveWait+COTDANGHIEMTHU AveWait+COTSANSANG AveWait+SOCOTLDAT AveWait+BAITAPKETDAM AveWait+DAMANGHIEMTHU AveWait+DAMSANSANG AveWait+BAITAPKETGXG AveWait+GXGDANGHIEMTHU AveWait+GXGSANSANG AveWait)/60
cp1khungkeo	chi phi 1 khung keo (trieu)	(chiphikato/9)+(chiphinhancong/9)+(tongcpql/9)
tg1c1khungkeo	thoi gian thi cong 1 khung keo (gio)	thoigianthcong/9
tongcpql	tong chi phi quan ly (trieu)	CPQL*thoigianthcong

Mô phỏng mô hình Ezstrobe



Hình 2. Mô hình mô phỏng công tác lắp dựng khung kết cấu thép.

Bảng 3. Kết quả thời gian trong mô phỏng Ezstrobe và thi công thực tế.

Số lần quan sát/chạy mô hình	Thời gian mô phỏng trong Ezstrobe (giờ)	Thời gian thi công thực tế (giờ)
1	95,92	96,35
2	96,61	96,23
3	96,18	97,35
4	95,77	97,01
5	95,99	97,04
6	95,50	97,24
7	95,66	96,97
8	95,74	96,56
9	96,02	96,64
10	95,45	97,25
Thời gian trung bình	95,884	96,864
Độ lệch (%)		1,02 %

Kết quả chạy từ Ezstrobe

Phương án ban đầu: CN3 là 2 công nhân

```

Stroboscope Model LUANVAN 6 CN.vsd (384688189)

** Model input parameters **
Cong nhan lap dat 1      : 2
Cong nhan lap dat 2      : 2
Cong nhan lap dat 3      : 2
Tong so luong cot        : 18
Tong so luong dam        : 18
So luong giang xa go 1 ban keo: 20
Tong so luong giang xa go : 360
chi phi 2 kato (trieu/ca/8gio): 9
chi phi nhan cong (trieu) : 0.45
chi phi quan ly (trieu/ngay) : 5

** Calculated results after simulation **
Tong thoi gian thi cong (gio) : 96.1024
Tong so luong cong nhan      : 6
Tong so cong cong nhan (cong) : 72.0768
chi phi kato (trieu)        : 108.115
tong thoi gian cho          : 202.749
chi phi nhan cong (trieu)    : 32.4346
thoi gian thi cong 1 khung keo (gio): 10.678
tong chi phi quan ly (trieu) : 60.064
chi phi 1 khung keo (trieu)  : 22.2904
    
```

Hình 3. Thông số và kết quả chi phí, thời gian xuất ra từ Ezstrobe.

#### 4. Cải tiến nâng cao năng suất

Từ kết quả trên có thể nhận ra hàng đợi như: GXGSANSANG có thời gian chờ là 3202,67 phút đây là vấn đề dẫn đến việc thi công kéo dài. Nguyên nhân thời gian hàng đợi GXGSANSANG nhiều là do số lượng công nhân lắp đặt giàn - xà gò chưa nhiều mà số lượng giàn - xà gò ở đây khá nhiều 360 thanh. Vì thế để giảm thời gian tại hàng đợi sẽ tăng số lượng công nhân lắp đặt giàn, xà gò (CN3).

Phương án 1: tăng CN3 lên 4 công nhân

```

Stroboscope Model LUANVAN 8 CN.vsd (665882589)

** Model input parameters **
Cong nhan lap dat 1      : 2
Cong nhan lap dat 2      : 2
Cong nhan lap dat 3      : 4
Tong so luong cot        : 18
Tong so luong dam        : 18
So luong giang xa go 1 ban keo: 20
Tong so luong giang xa go : 360
chi phi 2 kato (trieu/ca/8gio): 9
chi phi nhan cong (trieu) : 0.45
chi phi quan ly (trieu/ngay) : 5

** Calculated results after simulation **
Tong thoi gian thi cong (gio) : 74.5728
Tong so luong cong nhan      : 8
Tong so cong cong nhan (cong) : 74.5728
chi phi kato (trieu)        : 83.8944
tong thoi gian cho          : 158.163
chi phi nhan cong (trieu)    : 33.5578
thoi gian thi cong 1 khung keo (gio): 8.28587
tong chi phi quan ly (trieu) : 46.608
    
```

Hình 4. Thông số và kết quả chi phí, thời gian khi tăng CN3 lên 4 công nhân.

Phương án 2: tăng CN3 lên 6 công nhân

```

Stroboscope Model LUANVAN 10 CN.vsd (1187522525)

** Model input parameters **
Cong nhan lap dat 1      : 2
Cong nhan lap dat 2      : 2
Cong nhan lap dat 3      : 6
Tong so luong cot        : 18
Tong so luong dam        : 18
So luong giang xa go 1 ban keo: 20
Tong so luong giang xa go : 360
chi phi 2 kato (trieu/ca/8gio): 9
chi phi nhan cong (trieu) : 0.45
chi phi quan ly (trieu/ngay) : 5

** Calculated results after simulation **
Tong thoi gian thi cong (gio) : 64.8898
Tong so luong cong nhan      : 10
Tong so cong cong nhan (cong) : 81.1122
chi phi kato (trieu)        : 73.001
tong thoi gian cho          : 138.418
chi phi nhan cong (trieu)    : 36.5005
thoi gian thi cong 1 khung keo (gio): 7.20998
tong chi phi quan ly (trieu) : 40.5561
    
```

Hình 5. Thông số và kết quả chi phí, thời gian khi tăng CN3 lên 6 công nhân.

Phương án 3: tăng CN3 lên 8 công nhân

```
Stroboscope Model LUANVAN 12 CN.usd (1720165341)
** Model input parameters **
Cong nhan lap dat 1 : 2
Cong nhan lap dat 2 : 2
Cong nhan lap dat 3 : 8
Tong so luong cot : 18
Tong so luong dam : 18
So luong giang xa go 1 ban keo: 20
Tong so luong giang xa go : 360
chi phi 2 kato (trieu/ca/8gio): 9
chi phi nhan cong (trieu) : 0.45
chi phi quan ly (trieu/ngay) : 5

** Calculated results after simulation **
Tong thoi gian thi cong (gio) : 57.6049
Tong so luong cong nhan : 12
Tong so cong cong nhan (cong) : 86.4073
chi phi kato (trieu) : 64.8055
tong thoi gian cho : 122.828
chi phi nhan cong (trieu) : 38.8833
thoi gian thi cong 1 khung keo (gio): 6.40054
tong chi phi quan ly (trieu) : 36.003
```

Hình 6. Thông số và kết quả chi phí, thời gian khi tăng CN3 lên 8 công nhân.

Phương án 4: tăng CN3 lên 10 công nhân

```
Stroboscope Model LUANVAN 14 CN.usd (341241309)
** Model input parameters **
Cong nhan lap dat 1 : 2
Cong nhan lap dat 2 : 2
Cong nhan lap dat 3 : 10
Tong so luong cot : 18
Tong so luong dam : 18
So luong giang xa go 1 ban keo: 20
Tong so luong giang xa go : 360
chi phi 2 kato (trieu/ca/8gio): 9
chi phi nhan cong (trieu) : 0.45
chi phi quan ly (trieu/ngay) : 5

** Calculated results after simulation **
Tong thoi gian thi cong (gio) : 53.8225
Tong so luong cong nhan : 14
Tong so cong cong nhan (cong) : 94.1894
chi phi kato (trieu) : 60.5503
tong thoi gian cho : 116.01
chi phi nhan cong (trieu) : 42.3852
thoi gian thi cong 1 khung keo (gio): 5.98028
tong chi phi quan ly (trieu) : 33.6391
```

Hình 7. Thông số và kết quả chi phí, thời gian khi tăng CN3 lên 10 công nhân.

Phương án 5: tăng CN3 lên 12 công nhân

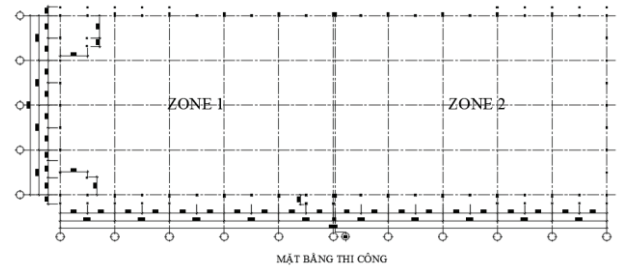
```
Stroboscope Model LUANVAN 16 CN.usd (1657226717)
** Model input parameters **
Cong nhan lap dat 1 : 2
Cong nhan lap dat 2 : 2
Cong nhan lap dat 3 : 12
Tong so luong cot : 18
Tong so luong dam : 18
So luong giang xa go 1 ban keo: 20
Tong so luong giang xa go : 360
chi phi 2 kato (trieu/ca/8gio): 9
chi phi nhan cong (trieu) : 0.45
chi phi quan ly (trieu/ngay) : 5

** Calculated results after simulation **
Tong thoi gian thi cong (gio) : 49.7356
Tong so luong cong nhan : 16
Tong so cong cong nhan (cong) : 99.4713
chi phi kato (trieu) : 55.9526
tong thoi gian cho : 108.185
chi phi nhan cong (trieu) : 44.7621
thoi gian thi cong 1 khung keo (gio): 5.52618
tong chi phi quan ly (trieu) : 31.0848
```

Hình 8. Thông số và kết quả chi phí, thời gian khi tăng CN3 lên 12 công nhân.

Phương án 6: Tăng số lượng Kato cầu

Mặt bằng hạng mục lắp khung kết cấu thép nhà xưởng sẽ chia làm 2 zone và việc sử dụng thêm kato hoàn toàn có cơ sở để tối ưu về mặt tiến độ và chi phí. ở đây khi số lượng kato cầu tăng gấp 2 lần thì số lượng công nhân ở đây cũng phải tăng theo để đạt đúng theo biện pháp thi công. Trong phần này chỉ so sánh sự tối ưu của việc tăng kato cầu nên số lượng công nhân chọn ở đây là 16 công nhân với CN3 là 12 công nhân cho mỗi zone.



Hình 9. Mặt bằng thi công chia thành 2 Zone.

```
Stroboscope Model LUANVAN THAY DOI KATO.usd (1214364381)
** Model input parameters **
Cong nhan lap dat 1 : 4
Cong nhan lap dat 2 : 4
Cong nhan lap dat 3 : 24
Tong so luong cot : 18
Tong so luong dam : 18
So luong giang xa go 1 ban keo: 20
Tong so luong giang xa go : 360
chi phi 4 kato (trieu/ca/8gio): 18
chi phi nhan cong (trieu) : 0.45
chi phi quan ly (trieu/ngay) : 5

** Calculated results after simulation **
Tong thoi gian thi cong (gio) : 24.154
Tong so luong cong nhan : 32
Tong so cong cong nhan (cong) : 96.6159
chi phi kato (trieu) : 54.3464
tong thoi gian cho : 54.2165
chi phi nhan cong (trieu) : 43.4771
thoi gian thi cong 1 khung keo (gio): 2.68377
tong chi phi quan ly (trieu) : 15.0962
```

Hình 11. Thông số và kết quả chi phí, thời gian khi tăng lên 4 Kato cầu.

Nhận xét: việc tăng số lượng công nhân lắp đặt giàn, xà gồ (CN3) mang lại sự tối ưu về tiến độ và cả chi phí. Khi tăng từ 2 công nhân lắp đặt giàn, xà gồ lên 12 công nhân thì:

+ Tổng thời gian thi công được rút ngắn từ 12,01 ngày giảm còn 6,21 ngày (phương án 5). Nhưng khi kết hợp việc tăng số lượng công nhân lắp đặt giàn, xà gồ và tăng số lượng kato cầu thì thời gian được tối ưu rất lớn 3,01 ngày (phương án 6).

+ Chi phí máy móc kato cầu từ 108,11 triệu giảm đến 3,01 triệu. Lý do có việc tối ưu này là khi thời gian thi công ngắn lại thì thời gian thuê ca cầu sẽ ít lại từ đó chi phí sẽ được tối ưu đáng kể.

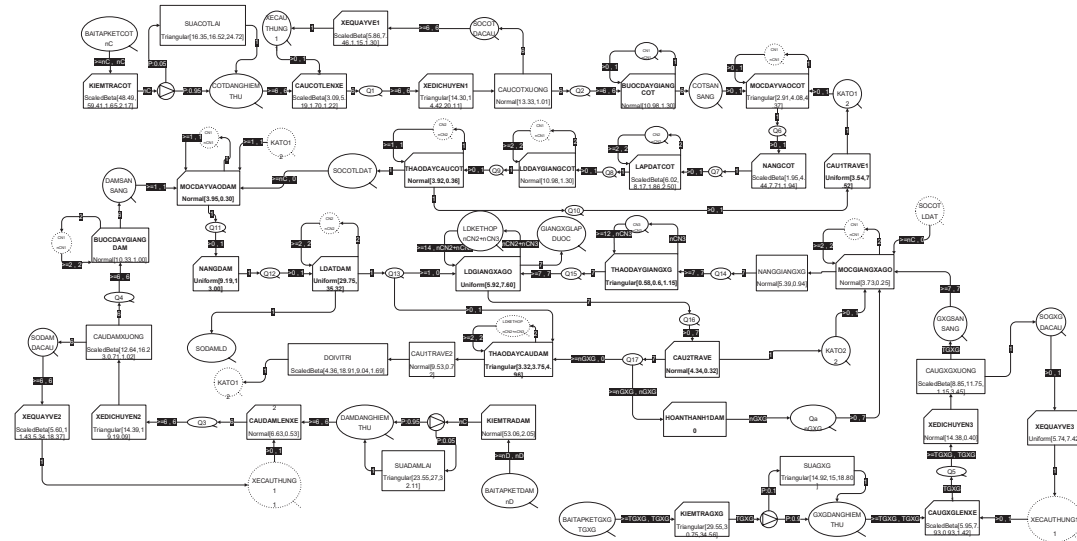
+ Chi phí nhân công lại có xu hướng tăng từ 32,43 triệu lên 44,76 triệu. điều này có thể lý giải việc tăng số lượng công nhân sẽ giải quyết được các công tác chờ, tuy không tối ưu về chi phí nhân công nhưng việc rút ngắn về thời gian sẽ làm tối ưu các chi phí khác.

+ Xét về chi phí quản lý thì giảm dần khi tăng số lượng công nhân và đặc biệt giảm một cách đáng kể xuống còn 15,09 triệu. lý do có việc



giảm mạnh này là khi tăng số lượng làm việc lên 2 Zone thì chi phí quản lý cũng không thay đổi nên phương án 6 sẽ là phương án tiết kiệm về chi phí quản lý tốt nhất.

+ Xét về tính hiệu quả chi phí tổng quan thì chi phí thi công một khung kèo ở phương án 6 là tốt nhất. Các phương án khác cũng tối ưu dần khi tăng số lượng công nhân.



Hình 10. Mô hình mô phỏng công tác lắp dựng khung kết cấu thép thay đổi số lượng Kato.

Bảng 4. Tổng hợp kết quả các phương án.

Phương án	Ban đầu	1	2	3	4	5	6
Tổng thời gian thi công (ngày)	12,01	9,32	8,11	7,2	6,72	6,21	3,01
Chi phí máy móc kato cầu (triệu đồng)	108,11	83,89	73	64,8	60,55	55,95	54,34
Chi phí nhân công (triệu đồng)	32,43	33,55	36,5	38,88	42,38	44,76	43,47
Chi phí quản lý (triệu đồng)	60,06	46,6	40,55	36	33,63	31,08	15,09
Thời gian thi công một khung kèo (giờ)	10,67	8,28	7,2	6,4	5,98	5,52	2,68
Chi phí thi công một khung kèo (triệu đồng)	22,29	18,22	16,67	15,52	15,17	14,64	12,54
Tổng thời gian chờ (giờ)	202,74	158,16	138,41	122,82	116,01	108,18	54,21

5. Kết Luận

- Việc tăng số lượng công nhân ở phương án 5 sẽ tối ưu hóa về tiến độ cũng như chi phí thi công. Tuy nhiên việc tăng số lượng công nhân thực tế sẽ phụ thuộc vào nguồn lực sẵn có và bài toán giải quyết nhân lực sau khi kết thúc công việc lắp dựng khung thép.
- Việc tăng số lượng Kato cầu lên sẽ làm thay đổi đáng kể tối ưu về chi phí và tiến độ. Vì vậy phương án 6 sẽ là phương án tối ưu nhất về chi phí – tiến độ trong trường hợp này.
- Nhưng mặt khác việc tăng số lượng Kato cầu lên như vậy đòi hỏi điều kiện về mặt bằng thi công phải tốt, việc giải quyết công việc cho các Kato sau khi làm xong lắp dựng khung kết cấu thép lại là vấn đề của người quản lý dự án.

Mô hình mô phỏng với công cụ Ezstrobe trong phần mềm Stroboscope đã hỗ trợ quá trình mô phỏng biện pháp thi công trong công tác lắp đặt khung kết cấu thép, từ đó đưa ra các giải pháp hợp lý về chi phí - tiến độ trong thi công cho dự án Xây dựng

Tài liệu tham khảo

- [1]. Phan Trọng Lễ, Luận văn thạc sỹ, Đại học bách khoa TP HCM 2019 - 152 trang "Nâng cao năng suất lao động bằng mô phỏng sự kiện rời rạc. trường hợp nguyên cừu: công tác cốp pha nhôm .
- [2]. Wisoot Jiradamkerng, "Evaluation of EZStrobe Simulation System as a Tool in Productivity Analysis—A Case Study: Precast Concrete Hollow-Core Slab Installation," Engineering journal, 1 April 2013, Volume 17 Issue 2.
- [3]. Wisoot Jiradamkerng, "Productivity Management of Road Construction in Thailand by EZStrobe Simulation System—Case Study: 0.15 m. Thick Subbase Course Construction," Engineering journal, Published 19 August 2016, Volume 20 Issue 3.
- [4]. Sarah Abou Dargham, Sena Assaf, Karim Faour, Farook Hamzeh, "OPTIMIZING MATERIAL - RELATED COSTS USING DYNAMIC SITE LAYOUT AND SUPPLY CHAIN PLANNING," in 27th Annual Conference of the International Group for Lean Construction (IGLC) - Dublin, Ireland - 2019, Page 699-710.
- [5]. PUNYAANEK SRISURIN, AMARJIT SINGH, "SIMULATION MODELS FOR CEMENT LOADING PROCESS" in Conference Paper in Proceedings of International Structural Engineering and Construction, 2014, Page 711-716.