

BỘ GIÁO DỤC VÀ ĐÀO TẠO BỘ GIAO THÔNG VẬN TẢI
TRƯỜNG ĐẠI HỌC CÔNG NGHỆ GIAO THÔNG VẬN TẢI

DƯƠNG ĐÌNH HUỆ

NGHIÊN CỨU TỐI ƯU HÓA TIẾN ĐỘ THI CÔNG
CÔNG TRÌNH XÂY DỰNG BẰNG THUẬT TOÁN
DI TRUYỀN

LUẬN VĂN THẠC SĨ
NGÀNH: QUẢN LÝ XÂY DỰNG

Hà Nội – 2023

BỘ GIÁO DỤC VÀ ĐÀO TẠO BỘ GIAO THÔNG VẬN TẢI
TRƯỜNG ĐẠI HỌC CÔNG NGHỆ GIAO THÔNG VẬN TẢI

DƯƠNG ĐÌNH HUỆ

**NGHIÊN CỨU TỐI ƯU HÓA TIẾN ĐỘ THI CÔNG
CÔNG TRÌNH XÂY DỰNG BẰNG THUẬT TOÁN
DI TRUYỀN**

LUẬN VĂN THẠC SĨ
NGÀNH: QUẢN LÝ XÂY DỰNG
Mã số : 8580302

NGƯỜI HƯỚNG DẪN KHOA HỌC
PGS.TS. PHẠM TUẤN ANH

Hà Nội - 2023

LỜI CAM ĐOAN

Tôi là Dương Đình Huệ, tôi xin cam đoan đây là công trình nghiên cứu của riêng tôi. Các số liệu, kết quả trong luận văn là trung thực và chưa từng được ai công bố trong bất kỳ công trình nào khác.

TÁC GIẢ LUẬN VĂN

DƯƠNG ĐÌNH HUỆ

LỜI CẢM ƠN

Trong quá trình thực hiện luận văn, tôi đã gặp nhiều khó khăn trong việc tiếp cận những kiến thức mới và hướng giải quyết cho đề tài. Nhờ sự hướng dẫn tận tình của PGS.TS Phạm Tuấn Anh, tôi đã nắm bắt được nhiều kiến thức, do đó có thể hoàn thành đề tài. Tôi xin gửi lời cảm ơn sâu sắc đến thầy. Xin gửi lời cảm ơn đến các thầy cô của trường ĐH Công Nghệ Giao Thông Vận Tải đã chỉ dạy cho tôi những kiến thức bổ ích trong quá trình học tập tại trường và trong quá trình hoàn thành luận văn.

MỤC LỤC

LỜI CAM ĐOAN.....	i
LỜI CẢM ƠN	ii
MỤC LỤC	iii
DANH MỤC CÁC KÝ HIỆU, CÁC CHỮ VIẾT TẮT	v
DANH MỤC CÁC BẢNG.....	vi
DANH MỤC CÁC HÌNH VẼ, ĐỒ THỊ.....	vii
TRÍCH YẾU LUẬN VĂN.....	ix
MỞ ĐẦU	1
1. Tính cấp thiết của đề tài	1
2. Mục đích nghiên cứu của đề tài.....	2
3. Phương pháp nghiên cứu.....	2
4. Đối tượng và phạm vi nghiên cứu.....	2
5. Nội dung nghiên cứu	2
CHƯƠNG 1: TỔNG QUAN VỀ VẤN ĐỀ NGHIÊN CỨU	4
1.1. Tổng quan về lập kế hoạch tiến độ thi công xây dựng.....	4
1.1.1. Khái niệm chung về lập tiến độ thi công xây dựng.....	4
1.1.2. Một số nguyên tắc khi lập tiến độ thi công xây dựng	5
1.1.3. Các căn cứ để thiết kế tổ chức thi công.....	7
1.1.4. Trình tự các bước lập tiến độ thi công xây dựng.....	10
1.1.5. Yêu cầu tối ưu của tiến độ thi công xây dựng.....	11
1.2. Tổng quan về thuật toán di truyền.....	14
1.2.1. Phân loại về các thuật toán tối ưu.....	14
1.3. Tổng quan về các nghiên cứu đã có	21
1.4 Kết luận chương 1	24
CHƯƠNG 2 : XÂY DỰNG MÔ HÌNH VÀ PHƯƠNG PHÁP TÍNH TOÁN	26
2.1. Đặt bài toán	26
2.1.1. Sơ đồ ngang (Gantt).....	26
2.1.2. Các bước lập kế hoạch tiến độ thi công công trình xây dựng theo sơ đồ ngang.....	28

2.1.3. Tối ưu hóa kế hoạch tiến độ thi công.....	34
2.1.4. Các tiêu chí đánh giá mức độ hợp lý của kế hoạch tiến độ.....	36
2.2. Xây dựng mô hình kế hoạch tiến độ thi công	39
2.3. Xây dựng thuật toán di truyền ứng dụng để tối ưu hóa tiến độ thi công	41
2.3.1. Lựa chọn tham số tối ưu	41
2.3.2. Thiết kế mô hình thuật toán tối ưu.....	42
2.4. Kết luận chương 2	45
CHƯƠNG 3 : ỨNG DỤNG TỐI ƯU HÓA KẾ HOẠCH TIẾN ĐỘ THI CÔNG	
CÔNG TRÌNH CỤ THỂ	47
3.1. Giới thiệu công cụ tính toán và công trình minh họa.....	47
3.1.1. Giới thiệu về công cụ tính toán.....	47
3.1.2. Giới thiệu công trình minh họa và mô tả bài toán.....	48
3.2. Lập tiến độ thi công công trình theo sơ đồ ngang	50
3.3. Tối ưu hóa tiến độ thi công	52
3.4. Khảo sát một số trường hợp khác.....	59
3.5. KẾT LUẬN CHƯƠNG 3.....	62
KẾT LUẬN VÀ KIẾN NGHỊ.....	63
TÀI LIỆU THAM KHẢO.....	65
PHỤ LỤC	67

DANH MỤC CÁC KÝ HIỆU, CÁC CHỮ VIẾT TẮT

A	Nhu cầu về lao động
a_1, a_2, a_3	Các trọng số của các tiêu chí đa mục tiêu
D	Hàm chi phí đa mục tiêu
D_m	Định mức các công tác
FS	Finish_Start: Quan hệ kết thúc – bắt đầu
GA	Genetic Algorithm: Thuật toán di truyền
G_i	Gen thứ i trong các cá thể
K_1	Hệ số sử dụng nhân lực không điều hòa
K_2	Hệ số phân bổ lao động
KHTĐ	Kế Hoạch Tiến Độ
Lag_A, Lag_B	Thời gian chờ trước khi bắt đầu các công việc A, B
m	Số máy thi công
N	Lượng nhân công lớn nhất trong ngày thi công
n	Số ca máy làm được trong 1 ngày
N_{max}	Lượng công nhân tối đa thực tế có thể huy động được trên công trường
SF	Start_Finish: Quan hệ bắt đầu – kết thúc
T	Tổng thời gian thi công
T_A, T_B	Thời gian thực hiện các công việc A, B
T_{max}	Thời gian thi công tối đa được phép
V_A, V_B	Khối lượng các công tác A, B

DANH MỤC CÁC BẢNG

Bảng 1.1. Tổng hợp các nghiên cứu trong và ngoài nước về tối ưu tiến độ thi công.....	22
Bảng 0.1. Bảng tiên lượng công việc.....	30
Bảng 0.2. Bảng thống kê các thông số đầu vào của dự án	49
Bảng 0.3. Các thông số ban đầu của thuật toán	52
Bảng 0.4. Các trường hợp tính toán.....	53
Bảng 0.5. Bảng kết quả các trường hợp tính toán	57
Bảng 0.6. Bảng kết quả của trường hợp khảo sát 1	60
Bảng 0.7. Bảng kết quả của trường hợp khảo sát 2	61
Bảng 0.8. Bảng kết quả của trường hợp khảo sát 3	62

DANH MỤC CÁC HÌNH VẼ, ĐỒ THỊ

Hình 0.1. Kế hoạch tiến độ thi công lập bằng sơ đồ ngang.....	5
Hình 0.2. Các loại khảo sát trong xây dựng	8
Hình 0.3. Thuật toán giảm độ dốc	14
Hình 0.4. Môi quan hệ giữa các giải thuật trong thuật toán giảm độ dốc	15
Hình 0.5. Thuật toán tiến hóa di truyền	16
Hình 0.6. Thuật toán tiến hóa vi phân	16
Hình 0.7. Thuật toán chiến lược tiến hóa	17
Hình 0.8. Thuật toán tiến hóa bầy hạt (PSO).....	18
Hình 0.9. Thuật toán đàn kiến	18
Hình 0.10. Thuật toán leo đồi	19
Hình 0.11. Thuật toán ủ mô phỏng	19
Hình 0.12. Sơ đồ minh họa của thuật toán di truyền	20
Hình 0.13. Cấu tạo sơ đồ ngang.....	26
Hình 0.14. Sơ đồ công nghệ (hướng phát triển của quá trình thi công)	30
Hình 0.15. Môi quan hệ về thời gian giữa các công việc	33
Hình 0.16. Kế hoạch tiến độ lập bằng sơ đồ ngang.....	34
Hình 0.17. Các bài toán tối ưu sơ đồ mạng về tài nguyên.....	35
Hình 0.18. Các tham số của biểu đồ nhân lực	36
Hình 0.19. Mô hình KHTĐ trong EXCEL	39
Hình 0.20. Các tham số của công việc trên KHTĐ thi công	39
Hình 0.21. Cấu trúc của một cá thể diễn hình trong thuật toán di truyền.....	42
Hình 0.22. Kỹ thuật lai tạo các cá thể trong quần thể.....	43
Hình 0.23. Sơ đồ khối của thuật toán	45
Hình 0.24. Công cụ tính toán được xây dựng trên Excel	48
Hình 0.25. Tiến độ thi công ban đầu	51
Hình 0.26. Biểu đồ nhân lực ban đầu	52
Hình 0.27. Biểu đồ tiến độ trường hợp 1	54
Hình 0.28. Biểu đồ nhân lực trường hợp 1	54

Hình 0.29. Biểu đồ tiến độ trường hợp 2	55
Hình 0.30. Biểu đồ nhân lực trường hợp 2	55
Hình 0.31. Biểu đồ tiến độ trường hợp 3	56
Hình 0.32. Biểu đồ nhân lực trường hợp 3	57
Hình 0.33. Kết quả so sánh giữa các kế hoạch tiến độ	58
Hình 0.34. Biểu đồ kế hoạch tiến độ tối ưu	59
Hình 0.35. Biểu đồ nhân lực của trường hợp khảo sát 1	60
Hình 0.36. Biểu đồ nhân lực của trường hợp khảo sát 2	61
Hình 0.37. Biểu đồ nhân lực của trường hợp khảo sát 3	61

TRÍCH YẾU LUẬN VĂN

Tên đề tài: *Nghiên cứu tối ưu hóa tiến độ thi công công trình xây dựng bằng thuật toán di truyền*

Học viên : Dương Đình Huệ

Khóa: K7CH1QX11

Người hướng dẫn: PGS.TS. PHẠM TUẤN ANH

Nội dung tóm tắt:

a) Tính cấp thiết của đề tài

Hiện nay, trong quá trình thi công xây lắp công trình, một yêu cầu bức thiết đặt ra là phải thiết kế được tiến độ thi công hợp lý. Một tiến độ thi công phù hợp sẽ đóng góp giá trị quan trọng trong việc giảm chi phí và tiết kiệm thời gian xây dựng.

Thực tiễn trong quá trình tính toán thiết kế tiến độ thi công, kỹ sư thường chỉ quan tâm đến việc tối ưu theo thời gian thực hiện dự án hoặc chi phí (tài nguyên) cần thiết của dự án. Điều đó dẫn đến việc khi đưa ra thi công ngoài thực tế, thời gian thi công dự án bị kéo dài hoặc tài nguyên như nhân lực, máy móc thiếu hụt dẫn đến chậm tiến độ công trình. Việc nghiên cứu tối ưu hóa tiến độ thi công theo đa mục tiêu đề ra sao cho cân bằng cả yếu tố thời gian và tài nguyên là một công việc khó khăn, đòi hỏi nhiều công sức. Lý do là có sự tỷ lệ nghịch giữa thời gian và tài nguyên xây lắp. Một dự án muốn đẩy nhanh tiến độ thì cần tăng cường tài nguyên đôi khi vượt quá khả năng cung ứng của nhà thầu, ngược lại nếu tài nguyên ít thì dự án sẽ bị kéo dài dẫn đến chậm trễ. Ngoài ra, khi cả tài nguyên và thời gian được đảm bảo đúng yêu cầu, thì cũng cần xem xét đến sự hợp lý của biểu đồ nhân lực, vốn là một yếu tố quan trọng trong việc đánh giá sự hợp lý của tiến độ thi công.

Việc nghiên cứu tối ưu hóa tiến độ thi công theo hướng đa mục tiêu đã được đề cập đến trong các tài liệu, giáo trình về tổ chức thi công công trình xây dựng [4]. Tuy vậy, nội dung mới chỉ dừng ở mức giới thiệu, gợi mở mà chưa chi tiết, chưa có nghiên cứu cụ thể về bài toán tối ưu đa mục tiêu trong thiết kế tiến độ thi công.

Đã có nhiều nghiên cứu trong và ngoài nước về vấn đề này như: Hoàng Nhật Đức (2015) sử dụng thuật toán tiến hóa vi phân để tối ưu hóa chi phí thi công; Trần Đức Học (2019) sử dụng thuật toán sinh học cộng sinh tìm kiếm tự điều chỉnh đa mục tiêu (AMOSOS) để giải quyết bài toán cân bằng chi phí thời gian trong các dự án có công tác lặp lại, ứng dụng trong tối ưu tiến độ thi công theo sơ đồ mạng lưới; Hoàng Thị

Cành (2019) đã sử dụng thuật toán di truyền để tối ưu hóa sơ đồ mạng theo chỉ tiêu thời gian và chi phí; Zhang và công sự (2015) sử dụng thuật toán bầy hạt và tiến hóa khác biệt để tối ưu hóa đa tài nguyên cho tiến độ thi công theo sơ đồ ngang.

Các nghiên cứu trên đã chỉ ra ưu điểm rõ rệt của các kế hoạch và tiến độ được tối ưu theo hướng đa mục tiêu so với các kế hoạch tiến độ không được tối ưu. Tuy vậy, các nghiên cứu đó chủ yếu tập trung để tối ưu hóa chi phí cho tiến độ thi công lập bằng sơ đồ mạng lưới, và cũng chưa đề cập đến các đa mục tiêu như biểu đồ nhân lực, hay sự cân bằng giữa thời gian và tài nguyên.

Các phân tích trên cho thấy đề tài luận văn “Nghiên cứu tối ưu hóa tiến độ thi công công trình xây dựng bằng thuật toán di truyền” có ý nghĩa thời sự, khoa học, thực tiễn và có tính cấp thiết và khả thi.

b) Mục đích nghiên cứu của đề tài

- Nghiên cứu xây dựng mô hình tiến độ thi công công trình xây dựng theo sơ đồ ngang, trong đó, các tham số được ràng buộc chặt chẽ với nhau theo đúng quy trình công nghệ thi công;

- Đề xuất hàm đặc trưng cho các biến đa mục tiêu của tiến độ thi công;

- Ứng dụng thuật toán di truyền để tối ưu hóa tiến độ thi công;

- Khảo sát một số trường hợp khác nhau của hàm mục tiêu.

c) Phương pháp nghiên cứu

Luận văn sử dụng phương pháp nghiên cứu lý thuyết kết hợp với thử nghiệm số. Về lý thuyết sẽ áp dụng các phương pháp tổng hợp, phân tích, kế thừa; thử nghiệm số được thực hiện trên cơ sở áp dụng mô hình toán kết hợp với số liệu tổng hợp từ thực tiễn.

d) Đối tượng và phạm vi nghiên cứu

Tiến độ thi công công trình xây dựng lập bằng sơ đồ tiến độ ngang. Phạm vi tối ưu là ba chỉ tiêu: Tổng thời gian thi công, nhân lực thi công và sự hợp lý của biểu đồ nhân lực.

e) Các kết quả nghiên cứu

Kết quả nghiên cứu của luận văn đã nêu ra được:

- Luận văn đã xây dựng được một mô hình kế hoạch tiến độ trên phần mềm Excel, với các ràng buộc về công việc tuân thủ đúng quy định về kỹ thuật và quy trình thi công.

- Đã triển khai thuật toán di truyền bằng ngôn ngữ lập trình VBA để tự động tối ưu kế hoạch tiến độ thi công, kèm theo các điều kiện ràng buộc theo đề bài.

- Đề xuất được hàm tối ưu đa mục tiêu, trong đó kể đến ảnh hưởng của các tiêu chí đơn mục tiêu, giúp cho việc tối ưu hóa kế hoạch tiến độ đạt được độ cân bằng giữa tài nguyên, nhân lực và sự hợp lý của biểu đồ nhân lực.
- Kết quả phân tích cho thấy các kế hoạch tiến độ thi công được tự động tối ưu bằng thuật toán di truyền với các hàm tiêu chí khác nhau, cho thấy sự hợp lý hơn so với các kế hoạch tiến độ không tối ưu.
- Các kế hoạch tiến độ thi công, tối ưu theo tiêu chí đơn mục tiêu, chỉ đạt được hiệu quả xét theo đúng tiêu chí đó, còn các tiêu chí khác hoặc không đạt, hoặc không hợp lý.
- Kế hoạch tiến độ thi công được tối ưu theo tiêu chí đa mục tiêu, giúp tiến độ thi công đạt được sự hợp lý, cân bằng giữa các yếu tố tổng thời gian thi công, nhân lực tối đa trên công trường và sự hợp lý của biểu đồ nhân lực. Cụ thể, tiến độ thi công được tối ưu cho phép đồng thời rút ngắn 56% tổng thời gian thi công, 38% nhân lực tối đa và biểu đồ nhân lực đạt được mức độ hợp lý cả về định tính lẫn định lượng.
- Các trọng số của hàm tiêu chí đa mục tiêu, giúp điều chỉnh kế hoạch tiến độ theo ý đồ người lập, trọng tâm vào rút ngắn thời gian, giảm bớt nhân lực hay điều tiết biểu đồ nhân lực cho phù hợp.

Người hướng dẫn khoa học

(Ký, ghi rõ họ tên, học hàm, học vị)

Tác giả

(Ký, ghi rõ họ tên)

PGS.TS. Phạm Tuấn Anh

Dương Đình Huệ

MỞ ĐẦU

1. Tính cấp thiết của đề tài

Hiện nay, trong quá trình thi công xây lắp công trình, một yêu cầu bức thiết đặt ra là phải thiết kế được tiến độ thi công hợp lý. Một tiến độ thi công phù hợp sẽ đóng góp giá trị quan trọng trong việc giảm chi phí và tiết kiệm thời gian xây dựng.

Thực tiễn trong quá trình tính toán thiết kế tiến độ thi công, kỹ sư thường chỉ quan tâm đến việc tối ưu theo thời gian thực hiện dự án hoặc chi phí (tài nguyên) cần thiết của dự án. Điều đó dẫn đến việc khi đưa ra thi công ngoài thực tế, thời gian thi công dự án bị kéo dài hoặc tài nguyên như nhân lực, máy móc thiếu hụt dẫn đến chậm tiến độ công trình. Việc nghiên cứu tối ưu hóa tiến độ thi công theo đa mục tiêu đề ra sao cho cân bằng cả yếu tố thời gian và tài nguyên là một công việc khó khăn, đòi hỏi nhiều công sức. Lý do là có sự tỷ lệ nghịch giữa thời gian và tài nguyên xây lắp. Một dự án muốn đẩy nhanh tiến độ thì cần tăng cường tài nguyên đôi khi vượt quá khả năng cung ứng của nhà thầu, ngược lại nếu tài nguyên ít thì dự án sẽ bị kéo dài dẫn đến chậm trễ. Ngoài ra, khi cả tài nguyên và thời gian được đảm bảo đúng yêu cầu, thì cũng cần xem xét đến sự hợp lý của biểu đồ nhân lực, vốn là một yếu tố quan trọng trong việc đánh giá sự hợp lý của tiến độ thi công.

Việc nghiên cứu tối ưu hóa tiến độ thi công theo hướng đa mục tiêu đã được đề cập đến trong các tài liệu, giáo trình về tổ chức thi công công trình xây dựng [4]. Tuy vậy, nội dung mới chỉ dừng ở mức giới thiệu, gợi mở mà chưa chi tiết, chưa có nghiên cứu cụ thể về bài toán tối ưu đa mục tiêu trong thiết kế tiến độ thi công.

Đã có nhiều nghiên cứu trong và ngoài nước về vấn đề này như: Hoàng Nhật Đức (2015) sử dụng thuật toán tiến hóa vi phân để tối ưu hóa chi phí thi công; Trần Đức Học (2019) sử dụng thuật toán sinh học cộng sinh tìm kiếm tự điều chỉnh đa mục tiêu (AMOSOS) để giải quyết bài toán cân bằng chi phí thời gian trong các dự án có công tác lắp lại, ứng dụng trong tối ưu tiến độ thi công theo sơ đồ mạng lưới; Hoàng Thị Cành (2019) đã sử dụng thuật toán di truyền để tối ưu hóa sơ đồ mạng theo chỉ tiêu thời gian và chi phí; Zhang và công sự (2015) sử dụng thuật toán bầy hạt và tiến hóa khác biệt để tối ưu hóa đa tài nguyên cho tiến độ thi công theo sơ đồ ngang.

Các nghiên cứu trên đã chỉ ra ưu điểm rõ rệt của các kế hoạch và tiến độ được tối ưu theo hướng đa mục tiêu so với các kế hoạch tiến độ không được tối ưu. Tuy vậy, các nghiên cứu đó chủ yếu tập trung để tối ưu hóa chi phí cho tiến độ thi công lập bằng sơ đồ mạng lưới, và cũng chưa đề cập đến các đa mục tiêu như biểu đồ nhân lực, hay sự cân bằng giữa thời gian và tài nguyên.

Các phân tích trên cho thấy đề tài luận văn “Nghiên cứu tối ưu hóa tiến độ thi công công trình xây dựng bằng thuật toán di truyền” có ý nghĩa thời sự, khoa học, thực tiễn và có tính cấp thiết và khả thi.

2. Mục đích nghiên cứu của đề tài

- Nghiên cứu xây dựng mô hình tiến độ thi công công trình xây dựng theo sơ đồ ngang, trong đó, các tham số được ràng buộc chặt chẽ với nhau theo đúng quy trình công nghệ thi công;

- Đề xuất hàm đặc trưng cho các biến đa mục tiêu của tiến độ thi công;
- Ứng dụng thuật toán di truyền để tối ưu hóa tiến độ thi công;
- Khảo sát một số trường hợp khác nhau của hàm mục tiêu.

3. Phương pháp nghiên cứu

Luận văn sử dụng phương pháp nghiên cứu lý thuyết kết hợp với thử nghiệm số. Về lý thuyết sẽ áp dụng các phương pháp tổng hợp, phân tích, kế thừa; thử nghiệm số được thực hiện trên cơ sở áp dụng mô hình toán kết hợp với số liệu tổng hợp từ thực tiễn.

4. Đối tượng và phạm vi nghiên cứu

Tiến độ thi công công trình xây dựng lập bằng sơ đồ tiến độ ngang. Phạm vi tối ưu là ba chỉ tiêu: Tổng thời gian thi công, nhân lực thi công và sự hợp lý của biểu đồ nhân lực.

5. Nội dung nghiên cứu

Với mục tiêu, đối tượng, phạm vi nghiên cứu và phương pháp nghiên cứu như trên, dự kiến nội dung cần thực hiện của luận văn gồm các phần sau:

Mở đầu: Giới thiệu tóm tắt về:

- + Ý nghĩa khoa học và thực tiễn của đề tài;
- + Đối tượng, phạm vi nghiên cứu và phương pháp nghiên cứu;
- + Các kết quả đạt được của luận văn.

Chương 1: Tổng quan về vấn đề nghiên cứu.

- 1.1. Tổng quan về lập kế hoạch tiến độ thi công xây dựng
- 1.2. Tổng quan về thuật toán di truyền
- 1.3. Tổng quan về các nghiên cứu đã có
- 1.4. Kết luận chương 1.

Chương 2: Xây dựng mô hình và phương pháp tính toán.

- 2.1. Đặt bài toán
- 2.2. Xây dựng mô hình kế hoạch tiến độ thi công
- 2.3. Xây dựng thuật toán di truyền ứng dụng để tối ưu hóa tiến độ thi công
- 2.4. Kết luận chương 2.

Chương 3: Ứng dụng tối ưu hóa tiến độ thi công công trình cụ thể.

- 3.1. Giới thiệu công cụ tính toán và công trình
- 3.2. Lập tiến độ thi công công trình theo sơ đồ ngang
- 3.3. Tối ưu hóa tiến độ thi công theo hàm đa mục tiêu
- 3.4. Khảo sát một số trường hợp
- 3.5. Kết luận chương 3.

Kết luận và kiến nghị

CHƯƠNG 1 : TỔNG QUAN VỀ VẤN ĐỀ NGHIÊN CỨU

1.1. Tổng quan về lập kế hoạch tiến độ thi công xây dựng

1.1.1. Khái niệm chung về lập tiến độ thi công xây dựng

1.1.1.1. Khái niệm

Tiến độ thi công xây dựng là một sơ đồ bố trí tiên trình thực hiện các hạng mục công việc của dự án. Sơ đồ này biểu diễn mối quan hệ ràng buộc về các yếu tố thời gian, không gian cho các hoạt động công việc của dự án, mỗi công việc sẽ được thực hiện trong một khoảng thời gian xác định và có mối liên hệ ràng buộc với các công việc khác và được giới hạn bằng thời gian bắt đầu và thời gian kết thúc của một dự án.

Bảng tiến độ thi công còn là văn bản pháp lý giữa nhà thầu thi công và chủ đầu tư về những cam kết trong quá trình thực hiện dự án. Ngoài ra, chủ đầu tư sẽ nắm rõ tiến độ công trình cũng như kiểm tra chất lượng dự án thông qua văn bản này.

1.1.1.2. Sơ đồ tiến độ ngang

Trong thực tế, để lập được kế hoạch tiến độ thi công, một số mô hình kế hoạch tiến độ sau có thể được áp dụng :

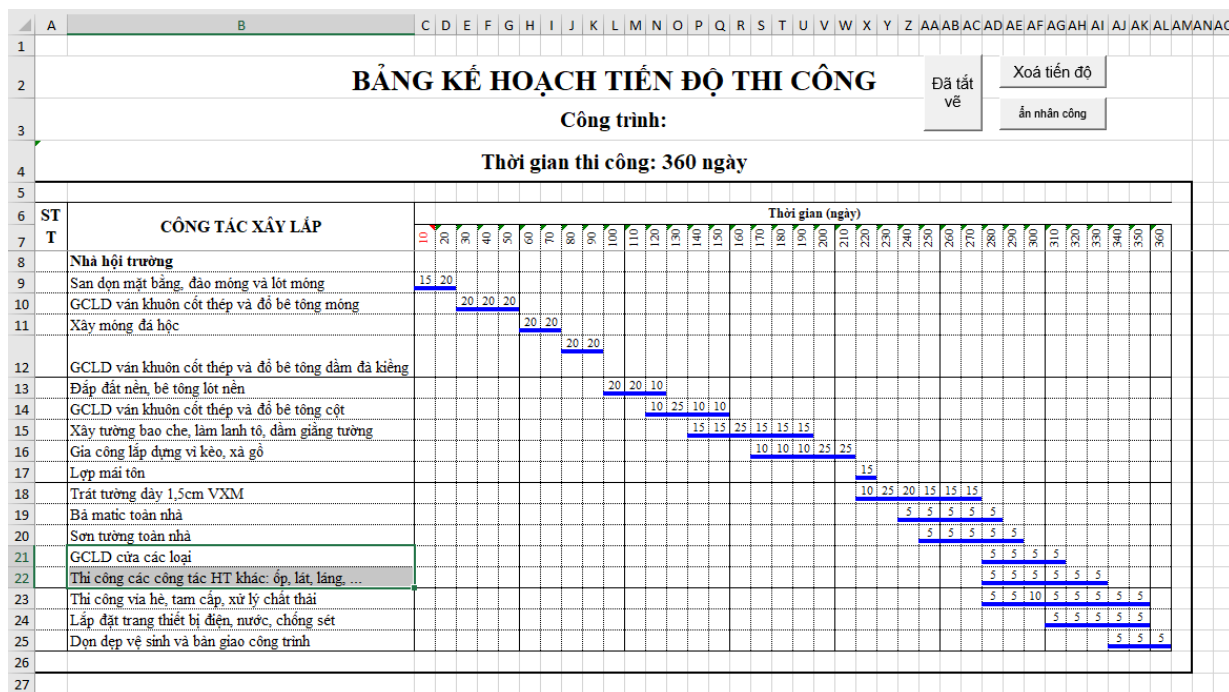
- Phương pháp lập tiến độ bằng bảng (còn gọi là phương pháp kế hoạch tiến độ số);
- Phương pháp lập tiến độ bằng sơ đồ ngang;
- Phương pháp lập tiến độ bằng sơ đồ xiên;
- Phương pháp lập tiến độ bằng sơ đồ mạng lưới.

Trong các mô hình kế hoạch tiến độ đó, sơ đồ ngang thường được lựa chọn cho các công trình xây dựng dân dụng và công nghiệp.

Về khái niệm, sơ đồ tiến độ ngang còn gọi là mô hình kế hoạch tiến độ Gantt (phương pháp này do nhà khoa học Gantt đề xướng từ năm 1917). Đặc điểm là mô hình sử dụng đồ thị Gantt trong phần đồ thị tiến độ nhiệm vụ, đó là những đoạn thẳng nằm ngang có độ dài nhất định chỉ thời điểm bắt đầu, thời gian thực hiện, thời điểm kết thúc việc thi công các công việc theo trình tự công nghệ nhất định. Các đặc điểm của sơ đồ ngang có thể được liệt kê như sau :

Về ưu điểm, sơ đồ ngang diễn tả một phương pháp tổ chức sản xuất, một kế hoạch xây dựng tương đối đơn giản, rõ ràng. Một khi được lập, việc đưa ra thực tế quản lý và

thi công dễ dàng áp dụng, dễ đọc hiểu và triển khai và dễ dàng dựng được các biểu đồ tài nguyên. Về nhược điểm, Sơ đồ ngang khó thể hiện rõ mối liên hệ logic phức tạp giữa các công việc mà nó phải thể hiện. Mô hình điều hành tĩnh không thích hợp tính chất động của sản xuất, cấu tạo cứng nhắc khó điều chỉnh khi có sửa đổi. Tuy vậy, do ưu điểm dễ lập và dễ quản lý, nên sơ đồ ngang sử dụng hiệu quả đối với các dự án có số lượng đầu việc nhiều, nhưng mối liên hệ qua lại giữa các công việc ít phức tạp.



Hình 0.1. Kế hoạch tiến độ thi công lập bằng sơ đồ ngang

1.1.2. Một số nguyên tắc khi lập tiến độ thi công xây dựng

Khi tổ chức các quá trình sản xuất xây dựng, các quyết định được đưa ra trên cơ sở quán triệt một số nguyên tắc như sau:

a. Nguyên tắc kỹ thuật và chất lượng. Nguyên tắc này ngụ ý rằng các biện pháp tổ chức và kỹ thuật thi công phải được chấp nhận xuất phát từ yêu cầu về kỹ thuật, công nghệ thực hiện các quá trình xây lắp, đảm bảo sản phẩm xây dựng có chất lượng đúng với thiết kế. Nó được phản ánh ở các khía cạnh như tuân thủ đúng quy trình, quy phạm, kỹ thuật thi công các công tác xây lắp, lựa chọn phương án tổ chức hợp lý các lực lượng sản xuất, xác định đúng thời hạn thực hiện và thời điểm tiến hành các quá trình thi công, v.v.

b. Nguyên tắc liên tục và điều hoà. Quá trình sản xuất phải được thực hiện một cách liên tục và điều hoà, thể hiện ở chỗ duy trì đồng đều theo thời gian các yếu tố như

mức độ triển khai công việc, sự mở rộng và thu hẹp quy mô công tác, mức độ tiêu hao nguồn lực, nghiệm thu sản phẩm, v.v. Đối với doanh nghiệp thì lực lượng sản xuất hoạt động quanh năm, luôn luôn có công trình/công tác được triển khai để bù đắp cho các công trình/công việc đã được hoàn thành và bàn giao; đối với công trường xây dựng thì không được gián đoạn, có thời kỳ ổn định kéo dài, mức tiêu dùng nguồn lực đồng đều theo thời gian, v.v.

c. *Nguyên tắc khoa học và tiên tiến.* Biện pháp tổ chức và kỹ thuật phải có tính khoa học cao, có sự tính toán, so sánh và lựa chọn phương án hợp lý, có ứng dụng kỹ thuật công nghệ tiên tiến. Nguyên tắc khoa học và tiên tiến được quán triệt theo hai hướng là công nghiệp hoá quá trình sản xuất và thực hiện phương pháp quản lý sản xuất tiên tiến.

- Công nghiệp hoá: tạo ra các điều kiện sản xuất công nghiệp (điều kiện nhà máy) để thực hiện các công tác xây lắp trên công trường. Điều này đòi hỏi nâng cao mức độ định hình hoá, tiêu chuẩn hóa và cơ giới hoá, tiến dần từng bước lên tự động hoá.

- Phương pháp tổ chức và quản lý tiên tiến: quá trình thi công được tổ chức theo phương pháp dây chuyền, ứng dụng phương pháp sơ đồ mạng lưới trong lập và quản trị tiến độ, thực hành các mô hình toán và quản lý trong công tác cung ứng vật tư, v.v.

d. *Nguyên tắc kinh tế và an toàn.* Đây là nguyên tắc bất di bất dịch của công tác tổ chức sản xuất. Nó đòi hỏi các quyết định (phương án) đưa ra phải đem lại hiệu quả kinh tế cho người sản xuất lớn hơn mức trung bình của xã hội. Mặt khác, nó phải đảm bảo an toàn cho công trình, an toàn lao động trong quá trình thực hiện và không xâm hại đến môi trường sống.

Ngoài ra, kế hoạch tiến độ chi tiết cần đạt được các nguyên tắc sau :

- Phải nắm chắc quy mô xây dựng các công trình, công trường, nghiên cứu kỹ hồ sơ thiết kế và các quá trình công nghệ (nếu là công trình công nghiệp) và đặc điểm cấu tạo của dây chuyền công nghệ trong công trình.

- Phải dự kiến xong các phương án tổ chức thi công sơ bộ (kể cả biện pháp công nghệ xây lắp) mới tiến hành lập kế hoạch tổng tiến độ, phải đảm bảo tính thống nhất giữa kế hoạch với biện pháp công nghệ xây lắp.

- Đảm bảo công bằng về tiền vốn, hoặc nhân công nhưng cũng phải điều hoà được các hoạt động khác như: nguyên vật liệu, máy móc thiết bị thi công v.v.

- Ưu tiên các công trình trọng điểm, công trình chủ yếu, nhưng phải chú ý đến công trình thứ yếu để đề phòng sự mất cân bằng khi công trình chủ yếu gặp trở ngại và đảm bảo sự hoàn thành toàn khu công trình một cách đồng bộ để sớm đưa công trình vào sử dụng. Công trình cung cấp năng lượng, những công trình có thể tận dụng làm thay đổi công trình tạm phải đi trước một bước để giảm chi phí xây dựng tạm.

- Đảm bảo thi công liên tục giữa các quý, các năm, chú ý đến khả năng dự trữ gói đầu từng quý, từng năm để có kế hoạch thi công không bị gián đoạn (dự trữ vốn, vật tư...).

Cuối cùng, người lập kế hoạch tổng tiến độ phải nắm chắc những ảnh hưởng khách quan có thể gây ra biến động trong quá trình thi công. Muốn vậy người lập kế hoạch tổng tiến độ phải được tích lũy các kinh nghiệm và thường xuyên theo dõi tổng kết ở các công trường trong phạm vi toàn ngành và những công trình trong khu vực, nghiên cứu, học tập và rút kinh nghiệm ở các công trình liên doanh với nước ngoài.

Người lập tiến độ thi công xây dựng cần phân chia chi tiết các công việc và thời gian bắt đầu, kết thúc hợp lý, phù hợp với các giai đoạn của dự án. Bảng tiến độ càng chi tiết, rõ ràng thì việc theo sát tiến độ công việc cũng dễ dàng hơn. Ngoài ra, người lập tiến độ thi công xây dựng cũng nên đưa ra các đánh giá của mình vào trong bảng về từng nhiệm vụ và từng giai đoạn của dự án để phục vụ cho việc báo cáo kết quả sau này.

1.1.3. Các căn cứ để thiết kế tổ chức thi công

Để lập thiết kế tổ chức thi công công trình cần căn cứ vào các tài liệu sau đây:

- Hồ sơ thiết kế của công trình, có thể là thiết kế cơ sở (nếu phương án tổ chức thi công được đề xuất trong giai đoạn chuẩn bị đầu tư) hoặc thiết kế kỹ thuật (nếu phương án tổ chức thi công lập ở giai đoạn thực hiện đầu tư).

- Quy trình, quy phạm kỹ thuật thi công, đó là các quy định về trình tự, thành phần công việc và quy cách thực hiện chúng. Có hồ sơ này, nhà sản xuất tìm được đáp án cho câu hỏi “làm như thế nào?” và “làm khi nào?” đối với từng công tác xây lắp.

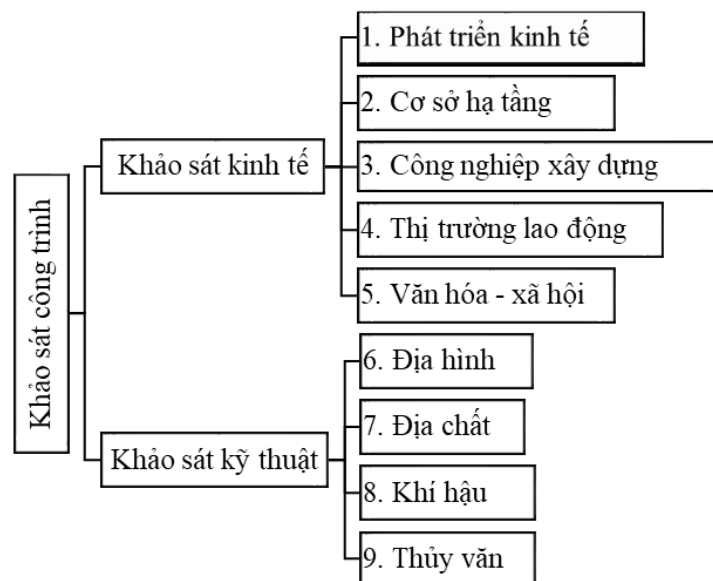
- Định mức và đơn giá xây dựng để xác định nhu cầu về mọi loại tài nguyên cho công việc, xác định được “cần có cái gì và bao nhiêu để làm?”. Định mức và đơn giá xây dựng có thể lấy theo quy định của ngành hoặc của riêng nhà thầu;

- Thời hạn thi công dự kiến, nhằm phân bổ và khống chế tài nguyên (lực lượng sản xuất). Thời hạn này được yêu cầu trong hồ sơ mời thầu, trong hợp đồng, hoặc có thể lấy theo kinh nghiệm của nhà thầu hay rút ra từ các công trình tương tự của ngành. Thời hạn dự kiến sẽ là kim chỉ nam cho nhà thầu trong việc ấn định thời hạn thực hiện từng công tác xây lắp, lựa chọn phương pháp tổ chức và lập tổng tiến độ thi công sao cho thời gian thi công toàn bộ công trình nằm trong giới hạn cho phép.

- Năng lực nhà thầu về mọi mặt (lực lượng sản xuất, năng lực tài chính, kinh nghiệm, v.v.), đảm bảo mọi quyết định đưa ra trong phương án tổ chức thi công đều khả thi;

- Số liệu thăm dò khảo sát kinh tế - kỹ thuật, phản ánh các điều kiện tự nhiên, kinh tế, văn hoá, xã hội ở khu vực xây dựng.

- Các loại tài liệu kỹ thuật có liên quan khác, bổ trợ lý thuyết và thực tế, góp phần giải quyết các vấn đề nêu trên một cách trọn vẹn.



Hình 0.2. Các loại khảo sát trong xây dựng

Các số liệu thăm dò khảo sát kinh tế - kỹ thuật tại nơi xây dựng có thể được nhóm gộp như sơ đồ.

Ý nghĩa của các loại khảo sát như sau:

(1) Phản ánh mức thu nhập của dân chúng, sự mở mang của các ngành kinh tế ở địa bàn xây dựng. Khi trên địa bàn xây dựng có nhiều ngành sản xuất kinh doanh thì việc thu hút nhân lực (dù là thợ phổ thông) vào công trường là không dễ dàng. Cũng có hiện tượng như vậy khi thu nhập của dân chúng ở đó cao hơn ở nơi khác. Nói cách khác, ở

những vùng kinh tế phát triển thì khả năng cạnh tranh của các công trường xây dựng sẽ bị hạn chế, việc thu hút các nguồn lực cho xây dựng sẽ gặp khó khăn.

(2) Thể hiện ở sự phát triển về giao thông, cơ sở cung cấp điện, nước. Nếu khu vực xây dựng là vùng mới mở rộng, ngoại ô đô thị, nông thôn, thậm chí còn hẻo lánh thì công tác tổ chức cơ sở kỹ thuật hạ tầng sẽ phức tạp, tốn nhiều tiền của và đặc biệt là thời gian. Vì thế điều tra để có số liệu về lĩnh vực này là rất quan trọng.

(3) Sự phát triển các ngành công nghiệp vật liệu xây dựng, công nghệ xây lắp, năng lực các nhà thầu. Tính khả thi của các quyết định về công nghệ thi công và kế hoạch cung ứng vật tư - kỹ thuật trong phương án tổ chức thi công phụ thuộc nhiều vào điều kiện thực tế liên quan đến các cơ sở sản xuất và cung ứng vật liệu, các đại lý vật tư kỹ thuật lớn hoạt động trên địa bàn xây dựng, khả năng của nhà thầu thi công công trình.

(4) Sự dồi dào về lao động, nhất là lao động có nghề xây dựng. Yếu tố này tạo thuận lợi cho nhà thầu có thể sử dụng lao động địa phương để giảm bớt mọi chi phí, giảm nhẹ gánh nặng về di chuyển và các dịch vụ tạm thời trên công trường.

(5) Phong tục, tập quán, cách ăn, mặc. Trong thực tế, có nơi không dùng lao động nữ, có nơi không ăn thịt một loại gia súc, gia cầm nào đó; có vùng dân được nghỉ hoặc phải nghỉ 2 ngày trong tuần (như vùng thiên chúa giáo chẳng hạn). Ở những địa bàn như thế, nhà thầu phải có chính sách phù hợp về chế độ làm việc, tổ chức công trường, sử dụng lao động, v.v.

(6) Tình trạng mặt bằng khu vực thi công, phản ánh qua mức độ bằng phẳng, chặt hẹp, độ dốc của mặt đất tự nhiên, sự tồn tại các công trình sẵn có trên khu vực xây dựng, v.v. Dựa vào số liệu này để tổ chức tổng mặt bằng thi công công trình thích hợp và hiệu quả.

(7) Cấu tạo các lớp đất tự nhiên, đặc biệt là các lớp bề mặt. Các số liệu này là cơ sở để quyết định giải pháp thiết kế công trình, đồng thời cũng rất quan trọng đối với việc lựa chọn biện pháp kỹ thuật công nghệ và tổ chức mặt bằng thi công từng công tác xây lắp cũng như toàn công trường xây dựng.

(8) Mùa mưa, mùa nắng, nhiệt độ, hướng gió. Kết quả điều tra về các yếu tố này sẽ được vận dụng khi mở công trường, khi ấn định thời hạn triển khai một số công tác xây lắp (như đất, bê tông, sơn vôi...), khi thiết kế tổng mặt bằng thi công công trình.

(9) Mục nước ngầm, lượng mưa... phục vụ cho các quyết định về công nghệ thi công đào đất, thoát nước mặt bằng...

Xét dưới góc độ phục vụ công tác tổ chức xây dựng, số liệu của từng loại khảo sát được sử dụng cho quá trình ra quyết định về các phương án tổ chức và kỹ thuật trên mọi giai đoạn đầu tư, đặc biệt cho công tác tổ chức sản xuất trên công trường như lựa chọn công nghệ xây dựng, đề xuất phương pháp tổ chức sản xuất và tổ chức mặt bằng thi công (khi lập phương án tổ chức xây dựng ở giai đoạn chuẩn bị đầu tư), lên kế hoạch huy động và sử dụng mọi loại nguồn lực, lập kế hoạch cung ứng vật tư, xác định thời hạn “mở” công trường và lập tổng tiến độ thi công cũng như tổ chức các cơ sở kỹ thuật hạ tầng tạm thời và các khu vực tác nghiệp xây lắp nói chung trên công trường (khi lập phương án tổ chức thi công công trình ở giai đoạn thực hiện đầu tư).

1.1.4. Trình tự các bước lập tiến độ thi công xây dựng

Bước 1 – Xác định công việc

Việc đầu tiên khi lập bảng theo dõi tiến độ thi công là phải xác định các công việc cần phải làm. Sau đó phân chia các công việc, nhiệm vụ một cách cụ thể và rõ ràng theo từng mốc thời gian. Nội dung bảng theo dõi cần được xây dựng với khung tiến độ hợp lý và sát với yêu cầu dự án.

Bước 2 – Sắp xếp thứ tự công việc

Cần làm rõ mối quan hệ giữa các nhiệm vụ với nhau rồi từ đó phân chia thời gian thực hiện cho từng đầu việc. Nhờ vậy sẽ dễ dàng nắm rõ các công việc có thể tiến hành song song hay kết thúc cùng nhau và tập trung nguồn lực vào giai đoạn quan trọng.

Bước 3 – Định hướng tài nguyên

Tài nguyên của một dự án, công trình sẽ bao gồm:

- Nguồn lực nhân công
- Ngân sách tối đa để triển khai
- Số lượng nguyên vật liệu, vật tư
- Chi phí cố định
- Thời gian tiến hành thực hiện và kết thúc cũng là một loại tài nguyên
- Máy móc, thiết bị v.v.

Các tài nguyên trên cần được liệt kê ra và chuẩn bị từ trước khi lập bảng tiến độ. Ngoài ra, cũng phải nắm rõ dự án cần bao nhiêu tài nguyên và số lượng tối đa có thể cung cấp, phục vụ cho từng công việc cụ thể.

Bước 4 – Xác định thời gian thực hiện

Khi đã sắp xếp và phân chia công việc thì hãy xác định thời gian triển khai để đảm bảo dự án chạy đúng dự kiến. Để sắp xếp thời gian cho các đầu việc hợp lý nhất, ta nên tham khảo các cách sau đây:

- Nhận tư vấn từ các chuyên gia hoặc những người đi trước để có thêm kinh nghiệm trong việc ước tính thời gian.
- Việc ưu tiên sử dụng các phần mềm dự toán sẽ giúp ta dễ dàng hơn trong việc ước định hạn mức thời gian và tài nguyên sẽ hao phí.
- Sử dụng PERT để phân tích với công thức là (Thời gian bi quan + 4 x Thời gian khả thi + Thời gian khả quan) / 6.

Bước 5 – Lập bảng tiến độ

Sau khi đã hoàn thành các bước sắp xếp và xác định các yếu tố cần có của một dự án thì ta sắp xếp tất cả thành một bảng kế hoạch thi công hoàn chỉnh. Sắp xếp các yếu tố theo thứ tự công việc cần làm, thời gian thực hiện và kết thúc, tài nguyên cần sử dụng, tiến độ thực hiện theo mô hình bảng.

Bước 6 – Theo dõi và quản lý

Sau khi bảng tiến độ đã hoàn thành thì nhà thầu hoặc bên giám sát thi công sẽ dựa vào đó để thực hiện dự án theo đúng kế hoạch đã đề ra. Ngoài ra, nhờ có bảng theo dõi tiến độ mà chủ đầu tư sẽ dễ dàng kiểm tra và biết được quá trình thi công đang đến giai đoạn nào, có trùng khớp với kế hoạch hay không.

1.1.5. Yêu cầu tối ưu của tiến độ thi công xây dựng

Một trong những yếu tố quan trọng để đảm bảo công trình luôn được hoàn thành đúng hạn là tiến độ thi công, đó cũng chính là sự cam kết giữa các bên có liên quan. Đặc biệt, không tránh khỏi các yếu tố bất thường tác động vào quá trình xây dựng như ảnh hưởng xấu từ thời tiết, dịch bệnh, môi trường ...

Giải pháp đảm bảo tiến độ thi công tối ưu nhất mà ai cũng nên biết đó là phải thiết lập bản kế hoạch một cách thật chi tiết và cụ thể về các công việc, quy trình cần làm.

- Dự án thi công cần số lượng vật liệu là bao nhiêu?

- Nguyên, vật liệu gồm những loại nào?
- Số lượng nhân lực sẽ cần để đáp ứng khối lượng công việc hợp lý?
- Kế hoạch tài chính phân bổ ngân sách thi công thích hợp nhất...

Một bản kế hoạch tốt, mang tính khoa học, áp dụng thông minh...trước khi thi công bất kỳ một công trình nào dù lớn hay nhỏ sẽ giúp việc thi công xây dựng đảm bảo đúng tiến độ hoặc thậm chí vượt xa mong đợi.

Trong lĩnh vực quản lý xây dựng, tối ưu tiến độ và chi phí của một dự án là một nhu cầu thiết yếu của người làm công tác quản lý. Mục tiêu của việc xây dựng tiến độ của một dự án là tối thiểu hóa thời gian thi công và chi phí xây dựng. Trong thực tế, công tác lập và tối ưu tiến độ cho dự án chủ yếu được thực hiện dựa trên kinh nghiệm của người quản lý. Nghiên cứu của các tác giả đề xuất một mô hình tối ưu hóa tiến độ - chi phí cho dự án sử dụng thuật toán tiến hóa vi phân. Đề bài toán tối ưu được mô hình hóa sát với thực tế, các yếu tố như chi phí trực tiếp/gián tiếp của từng công tác, chi phí gián tiếp của dự án, và các ràng buộc về tiến độ, tài nguyên của dự án được xem xét trong quá trình tính toán. Thêm vào đó, để nâng cao hiệu quả của quá trình tối ưu hóa, một phương pháp đột biến mới được đề xuất cho thuật toán tiến hóa vi phân. Kết quả nghiên cứu cho thấy mô hình tính toán mới là một công cụ hiệu quả để giải quyết bài toán tối ưu hóa tiến độ - chi phí của dự án xây dựng.

Các nhà thầu đã đưa ra biện pháp tối ưu nhất nhằm đẩy nhanh tiến độ mà sẽ không làm ảnh hưởng đến chất lượng thi công của công trình. Theo đó, nó hoàn toàn có khả năng đáp ứng được các yêu cầu của chủ đầu tư. Những giải pháp mà bên thi công có thể áp dụng để đẩy nhanh tiến độ thi công.

1.1.5.1. Quản lý đội ngũ nhân lực hợp lý theo cách khoa học:

Chính sách sử dụng những công nhân có kinh nghiệm, tay nghề chuyên môn cao, am hiểu kỹ năng, kiến thức để giúp công trình có thể thi công một cách khoa học, nhanh mà lại vô cùng vững. Ngoài ra, tùy thuộc vào từng giai đoạn mà nhà thầu nên bố trí sử dụng công nhân sao cho hợp lý, tăng cường thêm nguồn nhân lực để đẩy nhanh tiến độ.

1.1.5.2. Máy móc, thiết bị, dụng cụ phục vụ cho công trình thi công:

Việc khai thác tối đa sử dụng cơ giới và máy thi công sẽ giúp công trình được tối ưu hiệu quả công sức và thời gian. Đồng thời, hạn chế việc thi công bằng thủ công vì nó không là một giải pháp tốt để phù hợp cho việc đảm bảo tiến độ thi công hiện nay.

1.1.5.3. Nguyên, vật liệu luôn được cung cấp đầy đủ:

Hãy đảm bảo việc cung cấp vật liệu sẽ luôn được thường xuyên và liên tục, để tránh làm ảnh hưởng tiến độ thi công. Những nhà thầu nên đưa ra bản kế hoạch cung ứng vật tư một cách chi tiết và đầy đủ nhất để có thể kịp thời ứng phó với các vấn đề như hết nguyên, vật liệu xảy ra bất chợt,..

1.1.5.4. Kết cấu bê tông sử dụng sao cho tối ưu thời gian nhất:

Một giải pháp hay có thể tham khảo đó là sử dụng bê tông có hóa chất đông kết nhanh để giảm thời gian chờ đợi cường độ bê tông đạt tiêu chuẩn. Từ đó có thể tháo dỡ ván khuôn sớm hơn bình thường giúp cho các công tác khác cũng sẽ được thúc đẩy tiến độ thi công kết thúc sớm hơn dự kiến.

1.1.5.5. Tăng thời gian làm việc, năng suất lao động:

Ngoài thời gian làm hành chính với tám giờ trên một ngày, BCH công trường sẽ tổ chức cho công nhân viên đăng ký làm thêm ca trong một số công tác để đẩy nhanh tiến độ thi công theo yêu cầu từ Chủ đầu tư mong muốn.

1.1.5.6. Duy trì thi công trong trường hợp mất điện:

Nguồn điện cung cấp không phải lúc nào cũng hoạt động liên tục, vì thế sẽ có trường hợp xảy ra sự cố mất điện. Để duy trì hoạt động được tiếp tục các nhà thầu nên bố trí máy phát điện tại công trường. Đồng thời, máy phát điện sử dụng phải luôn được kiểm tra thường xuyên nhằm đảm bảo máy hoạt động tốt.

1.1.5.7. Kiểm tra chất lượng và kỹ thuật công trình:

Từ những vấn đề bất thường xảy ra trong quá trình thi công, thì nhà thầu cũng luôn có ít nhất một cán bộ kỹ thuật điện và bộ phận giám sát kỹ thuật công trình nhằm khi xảy ra sự cố có thể đưa ra phương án xử lý kịp thời được ngay một cách hiệu quả.

Chắc, bên cạnh đó còn cần công nhân có sự chăm chỉ, trách nhiệm với công việc.

1.1.5.8. Đảm bảo máy móc trên công trường hoạt động liên tục:

Mỗi khi máy hoạt động xong ta nên tiến hành kiểm tra lại toàn bộ máy móc và bố trí thêm các máy dự phòng khác cũng như có các công tác bảo dưỡng kịp thời nhằm đảm

bảo máy có thể hoạt động tốt trong các công việc tiếp theo để đảm bảo không gây ảnh hưởng gì cho tiến độ thi công.

Với lực lượng nhân sự tay nghề giỏi, điều hành thi công tốt, máy móc thiết bị hiện đại mang giải pháp đẩy nhanh tiến độ thi công tối ưu nhất.

1.2. Tổng quan về thuật toán di truyền

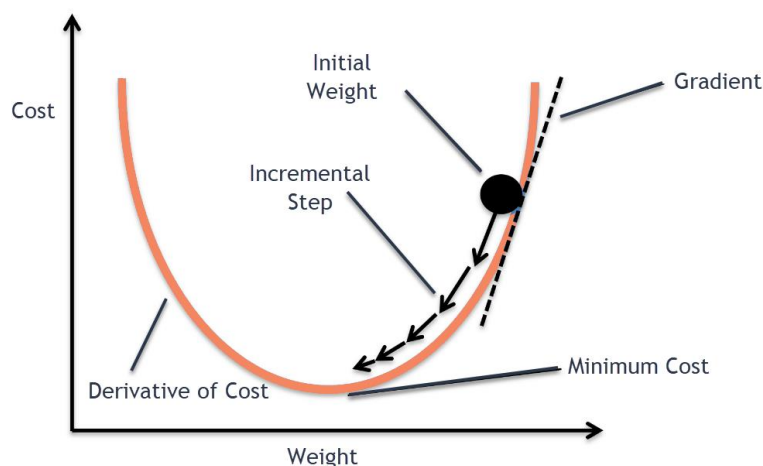
Các đặc điểm của tiến độ thi công cho thấy, muốn đạt được một kế hoạch tiến độ thi công phù hợp thì kế hoạch đó cần phải được tối ưu. Việc tối ưu một kế hoạch tiến độ thi công có nhiều đầu việc và đồng thời theo nhiều mục tiêu là một việc làm khó khăn và do đó, cần phải lựa chọn được những thuật toán tối ưu mạnh mẽ làm nền tảng.

1.2.1. Phân loại về các thuật toán tối ưu

Từ khi toán học ra đời đến nay, có nhiều thuật toán tối ưu được đề xuất và cũng có nhiều cách phân loại các thuật toán tối ưu đó.

a. Các phương pháp dựa trên độ dốc

Các thuật toán này sử dụng đạo hàm của hàm mục tiêu để hướng dẫn tìm kiếm giải pháp tối ưu. Trong nhóm các phương pháp này, có thể kể đến một số giải thuật điển hình như :

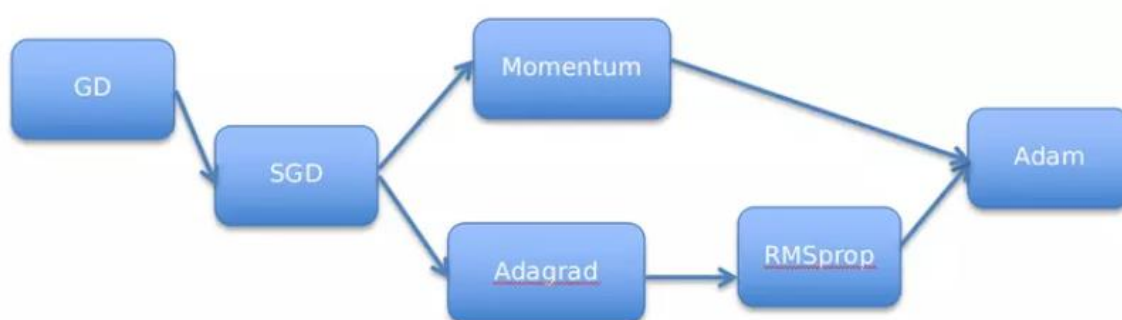


Hình 0.3. Thuật toán giảm độ dốc

- Gradient Descent: Đây là một thuật toán tối ưu hóa cơ bản lặp lại cập nhật giải pháp bằng cách di chuyển theo hướng gradient âm của hàm mục tiêu.

- Giảm dần độ dốc ngẫu nhiên (SGD): Đây là một biến thể của giảm dần độ dốc sử dụng một tập hợp con được chọn ngẫu nhiên của dữ liệu đào tạo để tính toán độ dốc ở mỗi lần lặp, điều này có thể làm cho thuật toán nhanh hơn và có khả năng mở rộng hơn.

- Động lượng (Momentum): Đây là một phần mở rộng của độ dốc gốc bổ sung một số hạng động lượng vào phương trình cập nhật, giúp thuật toán di chuyển hiệu quả hơn dọc theo hướng của độ dốc.
- Nesterov Accelerated Gradient (NAG): Đây là một biến thể của động lượng kết hợp bước nhìn về phía trước để cải thiện tốc độ hội tụ.
- Adagrad: Đây là một thuật toán tối ưu hóa tốc độ học tập thích ứng giúp chia tỷ lệ học tập cho từng tham số dựa trên độ dốc lịch sử.
- Adam: Đó là một thuật toán tối ưu hóa phổ biến kết hợp các ý tưởng từ động lượng và Adagrad để đạt được sự hội tụ nhanh và hiệu suất tổng quát hóa tốt.
- Broyden-Fletcher-Goldfarb-Shanno (BFGS): Đây là một phương pháp gần như Newton xấp xỉ Hessian của hàm mục tiêu bằng cách sử dụng thông tin độ dốc để đạt được sự hội tụ nhanh.



Hình 0.4. Mối quan hệ giữa các giải thuật trong thuật toán giảm độ dốc

Nhận xét: Các giải thuật dựa trên độ dốc được ứng dụng mạnh mẽ trong nhiều lĩnh vực của đời sống, chúng có tốc độ tối ưu nhanh, tốn ít tài nguyên để vận dụng. Tuy vậy, các phương pháp này chỉ áp dụng cho hàm mục tiêu dạng liên tục, nghĩa là giải quyết các vấn đề tối ưu hóa trong đó các biến liên tục, chẳng hạn như các hàm số trong giải tích. Ngoài ra, một nhược điểm nữa là các giải thuật này dễ gặp phải vấn đề tối cục bộ.

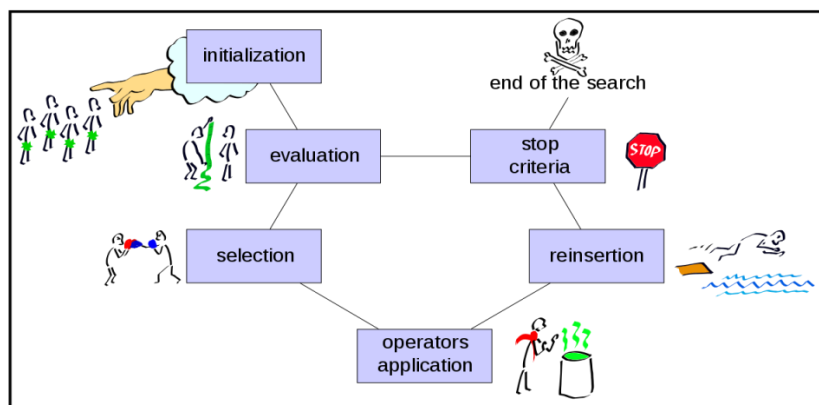
b. Các thuật toán tiến hóa:

Các thuật toán này sử dụng cách tiếp cận dựa trên quần thể mô phỏng quá trình tiến hóa sinh học để tìm kiếm giải pháp tối ưu. Các thuật toán này bắt đầu với một tập hợp các giải pháp ứng cử viên, được biểu diễn dưới dạng vectơ trong không gian tìm

kiếm. Sau đó, thuật toán sử dụng các toán tử chọn lọc, đột biến và lai ghép để phát triển quần thể qua nhiều thế hệ, với mục đích tìm ra giải pháp giảm thiểu hoặc tối đa hóa một hàm mục tiêu đã cho.

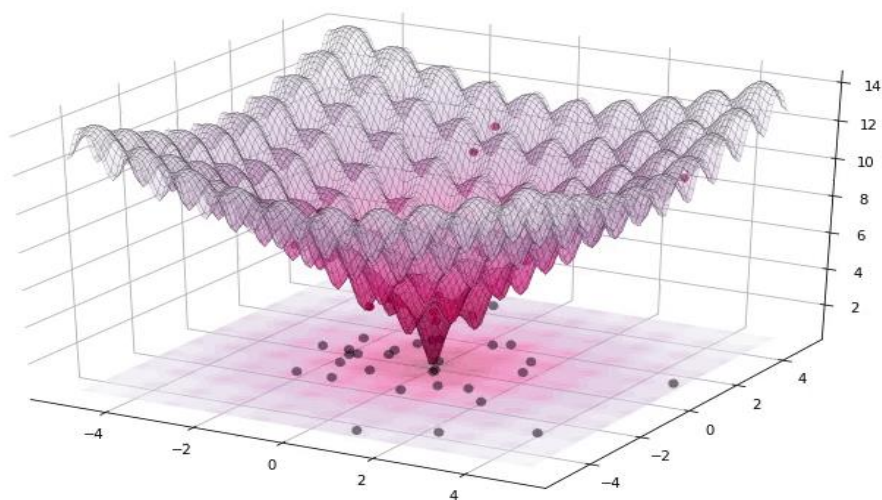
Dưới đây là một số thuật toán tối ưu hóa tiến hóa phổ biến:

- Thuật toán di truyền (GA): Đây là thuật toán tối ưu hóa được sử dụng rộng rãi, sử dụng toán tử lựa chọn để chọn các cá thể khỏe mạnh nhất trong quần thể, sau đó áp dụng các toán tử lai ghép và đột biến để tạo ra thế hệ con mới. Quá trình này được lặp lại qua nhiều thế hệ cho đến khi tìm được giải pháp thỏa đáng.



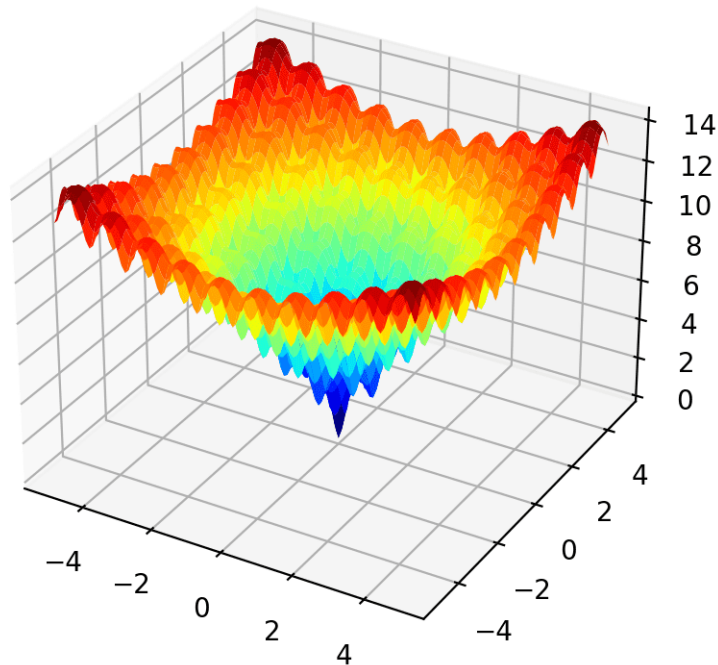
Hình 0.5. Thuật toán tiến hóa di truyền

- Tiến hóa vi phân (DE): Đây là thuật toán tối ưu hóa dựa trên dân số sử dụng toán tử vi phân để tạo ra các giải pháp ứng cử viên mới, sau đó được đánh giá bằng hàm mục tiêu. Sau đó, thuật toán sẽ chọn các giải pháp tốt nhất để tạo ra một quần thể mới cho thế hệ tiếp theo.



Hình 0.6. Thuật toán tiến hóa vi phân

- Chiến lược tiến hóa (ES): Đây là một lớp thuật toán tối ưu hóa sử dụng phân phối Gaussian để tạo ra các giải pháp ứng cử viên mới. Sau đó, thuật toán sẽ chọn các giải pháp tốt nhất để tạo ra một quần thể mới cho thế hệ tiếp theo.



Hình 0.7. Thuật toán chiến lược tiến hóa

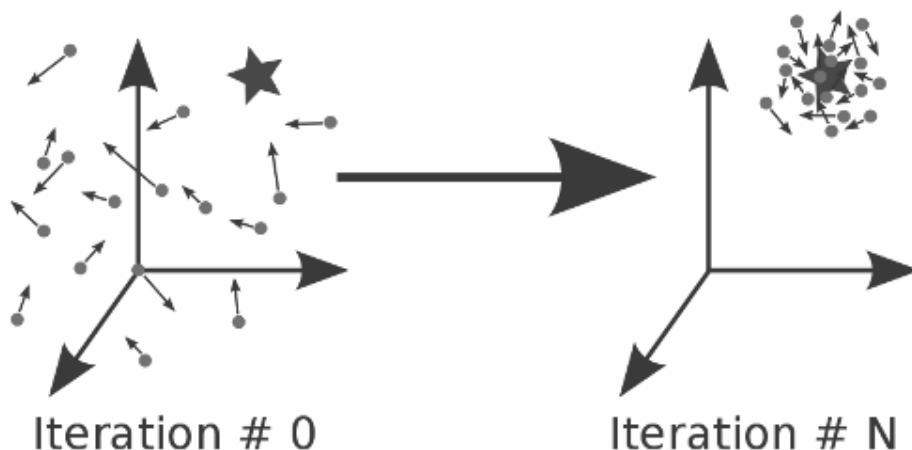
Nhận xét: Các thuật toán tối ưu hóa tiến hóa được sử dụng trong nhiều ứng dụng, bao gồm kỹ thuật, tài chính và khoa học máy tính, trong đó việc tìm ra giải pháp tối ưu cho một vấn đề phức tạp là rất quan trọng. Ưu điểm lớn nhất của các thuật toán tiến hóa là hàm mục tiêu không cần phải liên tục, do không cần lấy đạo hàm. Ngoài ra, các thuật toán tiến hóa thường dễ dàng tránh được hiện tượng tối ưu cục bộ. Nhược điểm lớn của thuật toán tiến hóa là sẽ tốn thời gian và tài nguyên hơn là các thuật toán giảm độ dốc.

c. Thuật toán trí tuệ bầy đàn

Các thuật toán này lấy cảm hứng từ hành vi tập thể của các sinh vật xã hội, chẳng hạn như kiến và ong, để hướng dẫn việc tìm kiếm giải pháp tối ưu. Các thuật toán dạng này có đặc điểm là quá trình tối ưu gắn chặt với quá trình chuyển động của quần thể. Mỗi bước lặp sẽ là một giải pháp đưa quần thể tiến dần tới trạng thái tối ưu.

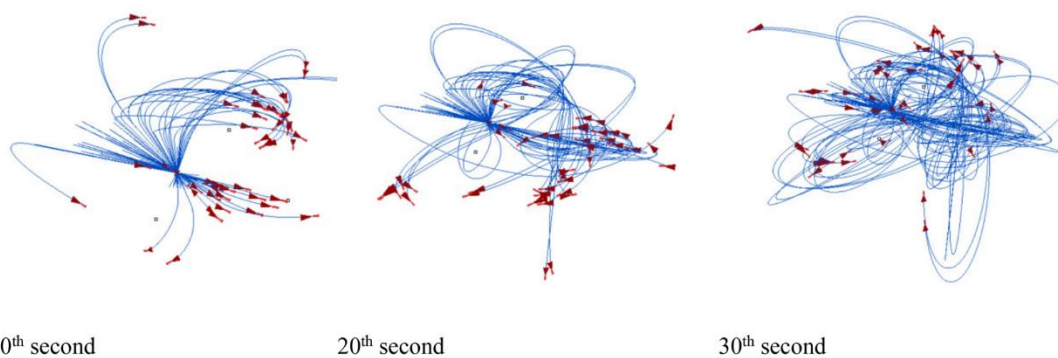
Một số giải thuật điển hình của trí tuệ bầy đàn được liệt kê dưới đây:

- Particle Swarm Optimization (PSO): Đây là một thuật toán tối ưu hóa dựa trên dân số mô phỏng hành vi của một nhóm các hạt, mỗi hạt đại diện cho một giải pháp ứng cử viên. Thuật toán cập nhật vị trí của từng hạt dựa trên vận tốc hiện tại của nó và giải pháp tốt nhất mà bấy tìm thấy.



Hình 0.8. Thuật toán tiến hóa bầy hạt (PSO)

- Ant Colony Optimization (ACO): Đây là thuật toán tối ưu hóa lấy cảm hứng từ hành vi của đàn kiến. Thuật toán tạo ra một quần thể kiến ảo gửi tín hiệu hóa học vào không gian tìm kiếm để giao tiếp với nhau. Thuật toán sau đó sử dụng thông tin gửi tín hiệu hóa học để hướng dẫn tìm kiếm giải pháp tối ưu.

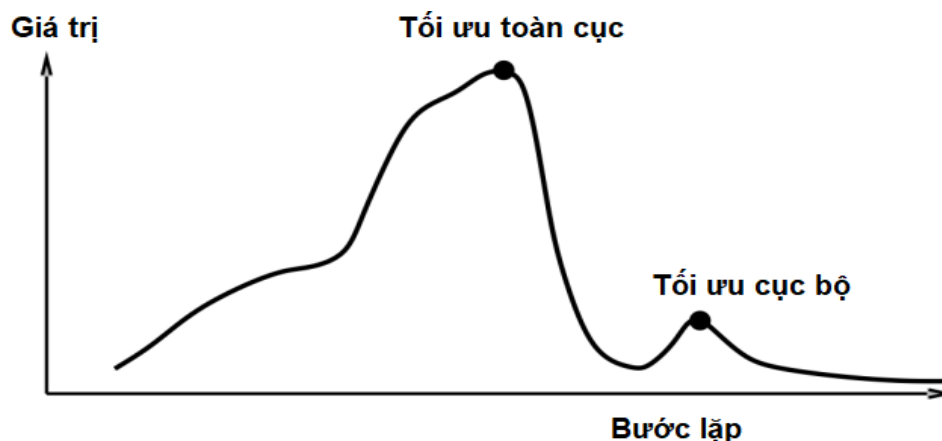


Hình 0.9. Thuật toán đàn kiến

d. Thuật toán tối ưu gần đúng: là các kỹ thuật tối ưu hóa nhằm mục đích tìm giải pháp gần đúng cho các vấn đề phức tạp. Các phương pháp này không đảm bảo tìm ra giải pháp tối ưu, nhưng thay vào đó, chúng cung cấp một giải pháp tốt trong một khoảng thời gian hợp lý. Heuristics thường được sử dụng trong các tình huống mà vấn

đề quá phức tạp để giải quyết bằng các phương pháp chính xác hoặc khi không cần giải pháp tối ưu.

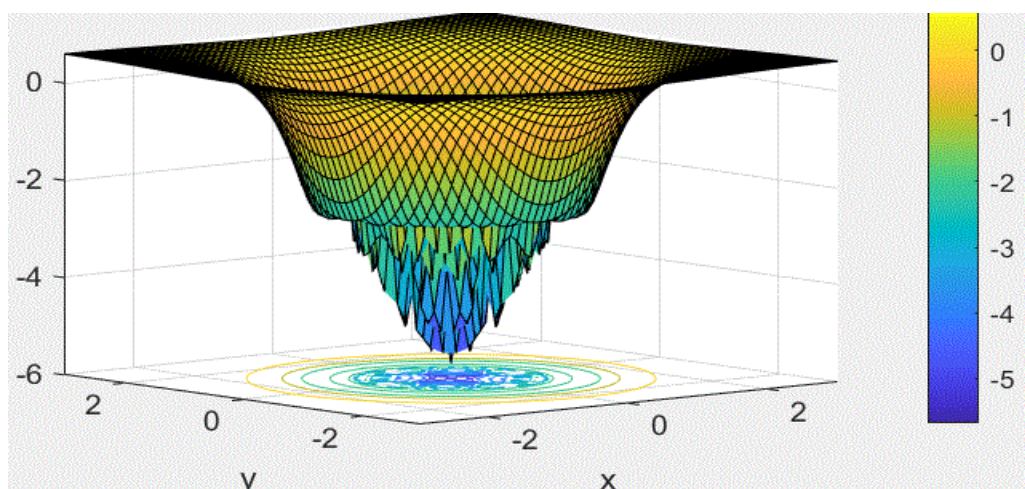
Một số thuật toán trong tối ưu gần đúng như :



Hình 0.10. Thuật toán leo đồi

- Leo đồi: Đây là một thuật toán tối ưu hóa đơn giản bắt đầu với một giải pháp ban đầu và lặp đi lặp lại tìm kiếm một giải pháp tốt hơn bằng cách tạo ra những nhiễu loạn nhỏ đối với giải pháp hiện tại và chọn một giải pháp dẫn đến sự cải thiện trong hàm mục tiêu. Nhược điểm của thuật toán leo đồi là dễ gặp phải hiện tượng tối ưu cục bộ.

- Ủ mô phỏng: Đây là một thuật toán tối ưu hóa ngẫu nhiên lấy cảm hứng từ quá trình ủ trong luyện kim. Thuật toán bắt đầu với một giải pháp ban đầu và cho phép tìm kiếm chuyển sang các giải pháp tồi tệ hơn với một xác suất nhất định, xác suất này sẽ giảm dần khi thuật toán tiến triển.



Hình 0.11. Thuật toán ủ mô phỏng

e. Thuật toán tối ưu dựa trên sự sẵn có của các ràng buộc:

- Các thuật toán tối ưu hóa có ràng buộc: Các thuật toán này xem xét cả hàm mục tiêu và các ràng buộc trong bài toán tối ưu hóa.

- Các thuật toán tối ưu không ràng buộc: Các thuật toán này chỉ xem xét hàm mục tiêu và không bao gồm bất kỳ ràng buộc nào.

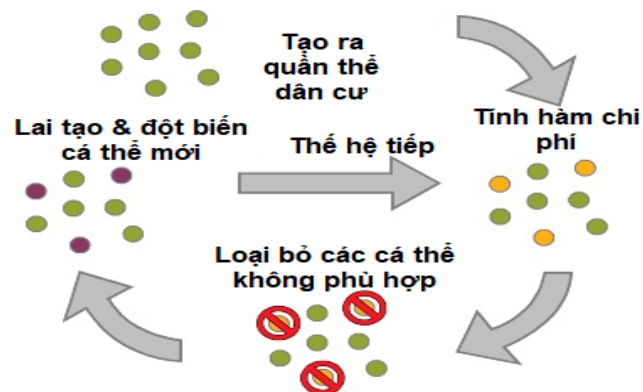
Do tiến độ thi công là một bài toán tối ưu có ràng buộc, đó là ràng buộc giữa các công việc trong dự án, ràng buộc về hàm tối ưu thời gian và tài nguyên, nên các thuật toán hỗ trợ ràng buộc được ưu tiên xem xét trong luận văn này. Ngoài ra, thuật toán di truyền (GA) là một trong những thuật toán được áp dụng rộng rãi trong khoa học kỹ thuật, đã chứng minh được tính hiệu quả và ổn định, đồng thời lại thỏa mãn các điều kiện của bài toán lập tiến độ như : hàm mục tiêu không liên tục, có ràng buộc ở cả hàm mục tiêu và ràng buộc trong nội dung bài toán nên được lựa chọn làm thuật toán tối ưu chính trong nghiên cứu này.

1.2.2. Các đặc điểm và phạm vi áp dụng của thuật toán di truyền

Thuật toán di truyền (GA), được phát triển bởi John Holland và các cộng tác viên của ông vào những năm 1970 và 1980 [4], [10], là một mô hình hoặc sự trừu tượng hóa của quá trình tiến hóa sinh học dựa trên lý thuyết chọn lọc tự nhiên của Charles Darwin.

Dưới đây là một số đặc điểm và phạm vi ứng dụng của giải thuật di truyền:

Dựa trên dân số: Các thuật toán di truyền duy trì một tập hợp các giải pháp ứng cử viên, thay vì chỉ một giải pháp duy nhất, điều này có thể giúp tránh bị mắc kẹt trong tính tối ưu cục bộ và cung cấp khả năng khám phá phạm vi rộng hơn của không gian giải pháp.



Hình 0.12. Sơ đồ minh họa của thuật toán di truyền

Có thể song song hóa: Các thuật toán di truyền có thể được phân tích song song để tận dụng các kiến trúc điện toán hiện đại, có thể tăng tốc quá trình tối ưu.

Không liên tục: Các thuật toán di truyền có thể được sử dụng để tối ưu hóa các vấn đề không liên tục, không thể tối ưu hóa bằng các phương pháp dựa trên đạo hàm.

Mạnh mẽ: Các thuật toán di truyền mạnh mẽ đối với nhiều dạng bài toán, cho kết quả ổn định và đáng tin cậy.

Phạm vi ứng dụng: Giải thuật di truyền có thể được sử dụng trong nhiều ứng dụng, bao gồm: Tối ưu hóa thiết kế kỹ thuật [5]; Tối ưu hóa tài chính; Xử lý hình ảnh và tín hiệu; Máy học; Robotics và hệ thống điều khiển [9]; Lập kế hoạch và phân bổ nguồn lực [13]; Khai thác văn bản và xử lý ngôn ngữ tự nhiên.

Hạn chế: Tuy nhiên, thuật toán di truyền có thể hội tụ chậm hoặc hội tụ sớm khi áp dụng cho các bài toán rất phức tạp. Hiệu suất của thuật toán cũng có thể rất nhạy cảm với việc lựa chọn các tham số, chẳng hạn như quy mô dân số, tỷ lệ đột biến và tỷ lệ lai ghép. Vì vậy, trong việc xây dựng bài toán tối ưu sử dụng thuật toán này, cần lựa chọn cẩn thận các tham số của thuật toán.

1.3. Tổng quan về các nghiên cứu đã có

Đã có nhiều nghiên cứu trong và ngoài nước về tối ưu tiến độ thi công.

Trong nước, một số nghiên cứu về vấn đề này như: Hoàng Nhật Đức (2015) [2] sử dụng thuật toán tiến hóa vi phân để tối ưu hóa chi phí thi công; Trần Đức Học (2019) [3] sử dụng thuật toán sinh học cộng sinh tìm kiếm tự điều chỉnh đa mục tiêu (AMOSOS) để giải quyết bài toán cân bằng chi phí thời gian trong các dự án có công tác lặp lại, ứng dụng trong tối ưu tiến độ thi công theo sơ đồ mạng lưới; Hoàng Thị Cành (2019)[1] đã sử dụng thuật toán di truyền để tối ưu hóa sơ đồ mạng theo chỉ tiêu thời gian và chi phí. Các nghiên cứu trong nước tập trung vào tối ưu cho sơ đồ mạng lưới và dự án có một số điểm riêng biệt.

Trên thế giới, vấn đề tối ưu hóa thời gian - chi phí xây dựng đã được xem xét rộng rãi trong tài liệu quản lý và kỹ thuật xây dựng (ví dụ: Siemens, 1971; Tamimi và Diekmann, 1988 ; Que, 2002 ; Rogalska và cộng sự, 2008 ; Wu và cộng sự, 2009 ; Yu và cộng sự , 2010 ; Wongwai và Malaikrisanachalee, 2011). Nhiều thuật toán tối ưu khác nhau đã được ứng dụng vào việc tối ưu tiến độ thi công, bao gồm cả các thuật toán dựa trên toán học, đạo hàm, hay các thuật toán dựa trên lý thuyết tiến hóa và bầy hạt. Các thuật toán tối ưu truyền thống vẫn chủ yếu chọn mục tiêu tối ưu là đơn mục tiêu, theo dạng bài toán tuần tự. Gần đây, các nghiên cứu dựa trên các thuật toán tối ưu nâng

cao như GA, PSO hay ACO đã bắt đầu tập trung vào bài toán đa mục tiêu hơn là đơn mục tiêu. Một số tác giả cũng đã bắt đầu đề xuất một số hàm mục tiêu tổng hợp, bao gồm một số chỉ tiêu chất lượng đề xuất để hướng tới tối ưu đa mục tiêu cho bài toán thời gian – chi phí El-Rayes and Kandil (2005) [7]. Tuy vậy, đa số các nghiên cứu vẫn tập trung vào tối ưu sơ đồ mạng lưới, với các mục tiêu cần tối ưu là các chỉ số đặc trưng cho chất lượng của dự án [6]. Hơn nữa, đối với nhà hoạch định và quản lý xây dựng, vốn không có kiến thức nền về toán học cụ thể, thường sẽ mất nhiều thời gian để xử lý bài toán tối ưu hơn. Tổng hợp các nghiên cứu về tối ưu tiến độ thi công và các thông tin chính của nghiên cứu đó được thể hiện trên bảng 1.1.

Có thể thấy rằng, các thuật toán truyền thống dựa trên toán học thường ứng dụng để tối ưu bài toán lập tiến độ thi công đơn mục tiêu. Trong khi đó, thuật toán di truyền (GA) chiếm tỷ trọng lớn trong các bài toán tối ưu tiến độ thi công đa mục tiêu cho thấy ứng dụng mạnh mẽ của thuật toán này, cụ thể, các nghiên cứu của : Chan (1996), Feng (1997), Leu và Yang (1999), Li và Love (1997), Hegazy (1999a), Li (1999), Hegazy (1999b), Senouci và Eldin (2004), Sriprasert và Dawood (2003), Zheng(2004), Zheng (2005), El-Rayes và Kandil (2005) [7], Long và Ohsato (2009) và rất nhiều nhà nghiên cứu khác sử dụng thuật toán di truyền cho bài toán tối kế hoạch tiến độ thi công.

Tất cả các nghiên cứu đều sử dụng các quan hệ ràng buộc trong tiến độ thi công, như một điều bắt buộc. Điều này khẳng định các kế hoạch tiến độ muốn đạt được điều kiện tối ưu thì cũng cần có những ràng buộc nhất định, điều đó sẽ giúp mô hình nhanh chóng hội tụ hơn.

Bảng 1.1. Tổng hợp các nghiên cứu trong và ngoài nước về tối ưu tiến độ thi công

	Phương pháp	Tác giả	Đơn mục tiêu	Đa mục tiêu	Ràng buộc
Trong nước	CPM - AMOSOS	Trần Đức Học (2019) [3]		X	X
	CPM - GA	Hoàng Thị Cảnh (2019) [1]	X		X
	DE	Hoàng Nhật Đức (2015) [2]	X		X
Nước ngoài	CPM	Tamimi và Diekmann (1988)	X		X

	Phương pháp	Tác giả	Đơn mục tiêu	Đa mục tiêu	Ràng buộc
		[14]			
Phương pháp toán học	RACPM	Liu và Li (2003) [12]	X		X
	Critical path algorithm	Kallantzis và Lambropoulos (2004) [11]	X		X
	IP, LP	Huang và Halpin (2000)	X		X
Phương pháp tối ưu gần đúng	Fondahl's	Fondahl (1961)		X	X
	Kết cấu mô hình	Prager (1963)	X		X
	Xấp xỉ Siemens	Siemens (1971)		X	X
	Kết cấu mô hình	Moselhi (1993)		X	X
	Phương pháp khác	Zhang (2006a)	X		X
		Elazouni (2009)	X		X
		Hegazy (2000)	X		X
		Wongwai và Malaikrisanachalee (2011)	X		X
Phương pháp tối ưu nâng cao	GA	Chan (1996)	X		X
		Feng (1997)		X	X
		Leu và Yang (1999)		X	X
		Li và Love (1997)		X	X
		Hegazy (1999a)		X	X
		Li (1999)		X	X
		Hegazy (1999b)		X	X
		Senouci và Eldin (2004)		X	X
		Sriprasert và Dawood (2003)		X	X

	Phương pháp	Tác giả	Đơn mục tiêu	Đa mục tiêu	Ràng buộc
		Zheng(2004)		X	X
		Zheng (2005)		X	X
		El-Rayes và Kandil (2005) [7]		X	X
		Long và Ohsato (2009)		X	X
		Eshtehardian et al (2008)		X	X
		Kim và Ellis (2008)	X		X
		Chen và Weng (2009)		X	X
		Chen và Shahandashti (2009)	X		X
	ACO	Ng và Zhang (2008)		X	X
		Afshar (2009)		X	X
		Lakshminarayanan (2010)		X	X
		Shrivastava (2012)		X	X
	PSO	Zhang (2006c)	X		X
		Zhang (2006d)	X		X
		Zhang (2006b)	X		X
		Guo (2010)	X		X

1.4 Kết luận chương 1

Từ phần tổng quan, tác giả có một số tóm tắt và nhận xét như sau:

Trong lập tiến độ thi công, chi phí là một yếu tố hàng đầu cần được người lập kế hoạch xem xét một cách cẩn thận. Chi phí là hợp lý khi cân bằng được giữa yếu tố thời gian và tài nguyên thực hiện dự án.

Kế hoạch tiến độ ngang là một loại sơ đồ tiến độ phổ biến và được áp dụng rộng rãi cho lĩnh vực xây dựng dân dụng và công nghiệp.

Việc tối ưu kế hoạch tiến độ thi công có thể được thực hiện dựa trên các thuật toán tối ưu khác nhau. Mỗi một thuật toán sẽ có phạm vi áp dụng tương ứng.

Các nghiên cứu về tối ưu hóa tiến độ thi công rất đa dạng và phong phú. Về cơ bản, các nghiên cứu này thường tập trung ứng dụng cho sơ đồ mạng lưới và chủ yếu giải quyết bài toán đơn mục tiêu. Với bài toán đa mục tiêu, các tác giả thường sử dụng thuật toán di truyền như một công cụ hiệu quả để tối ưu kế hoạch tiến độ thi công.

Các nghiên cứu đã có thường chỉ tập trung vào tối ưu thời gian thi công, hoặc nhân lực thi công, hoặc một số tiêu chí nào đó của kế hoạch tiến độ.

Trên cơ sở những phân tích trên, luận văn của tác giả sẽ tập trung vào:

+ Xây dựng mô hình kế hoạch tiến độ ngang, với các công việc được ràng buộc theo đúng quy trình kỹ thuật thi công. Sơ đồ có thể thay đổi theo tính động của sản xuất thi công.

+ Đề xuất hàm đặc trưng cho biến đa mục tiêu của tiến độ thi công, trong đó đặc trưng cho nhiều tiêu chí của kế hoạch tiến độ, bao gồm cả thời gian thi công, tài nguyên nhân công và một số tiêu chí khác.

+ Ứng dụng thuật toán di truyền để tối ưu hóa tiến độ thi công;

+ Khảo sát một số trường hợp khác nhau của hàm mục tiêu.

CHƯƠNG 2 : XÂY DỰNG MÔ HÌNH VÀ PHƯƠNG PHÁP TÍNH TOÁN

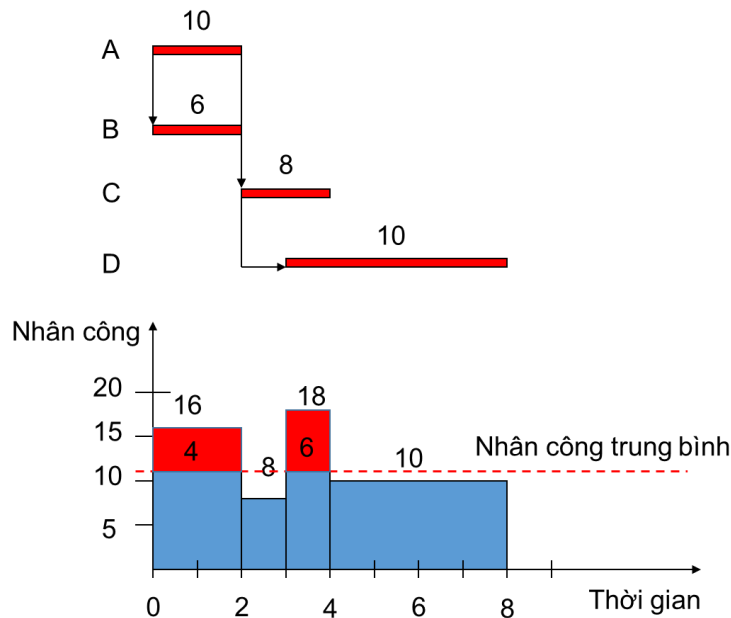
Chương 2 sẽ tập trung xây dựng mô hình kế hoạch tiến độ thi công và thuật toán tối ưu để tối ưu hóa kế hoạch tiến độ thi công đó.

2.1. Đặt bài toán

Bài toán lập kế hoạch tiến độ thi công bằng sơ đồ ngang.

2.1.1. Sơ đồ ngang (Gantt)

Biểu đồ Gantt là một loại biểu đồ thanh ngang được sử dụng phổ biến trong quản lý dự án được Henry Laurence Gantt trình bày lần đầu tiên vào năm 1910 [8]. Nó cung cấp một biểu diễn trực quan về lịch trình dự án, với mỗi nhiệm vụ hoặc hoạt động được biểu diễn dưới dạng một thanh ngang đặc trưng cho thời lượng của nhiệm vụ. Biểu đồ Gantt hiển thị ngày bắt đầu và ngày kết thúc của từng nhiệm vụ, cũng như sự phụ thuộc của chúng vào các nhiệm vụ khác. Nó cũng bao gồm thông tin về các tài nguyên được giao cho từng nhiệm vụ, chẳng hạn như nhân lực hoặc thiết bị cần thiết để hoàn thành nhiệm vụ (Hình 0.13).



Hình 0.13. Cấu tạo sơ đồ ngang

Một sơ đồ ngang điển hình cấu tạo gồm 3 phần :

Phần 1. Danh mục các công việc được sắp xếp theo thứ tự công nghệ và tổ chức thi công, kèm theo là khối lượng công việc, nhu cầu nhân lực, máy thi công, thời gian thực hiện, vốn, v.v. của từng công việc.

Phần 2. Được chia làm 2 phần:

- Phần trên là thang thời gian, được đánh số tuần tự (số tự nhiên) khi chưa biết thời điểm khởi công hoặc đánh số theo lịch khi biết thời điểm khởi công.
- Phần dưới thang thời gian trình bày đồ thị Gantt: mỗi công việc được thể hiện bằng một đoạn thẳng nằm ngang, có thể là đường liên tục hay “gấp khúc” qua mỗi đoạn công tác để thể hiện tính không gian. Để thể hiện những công việc có liên quan với nhau về mặt tổ chức sử dụng đường nối, để thể hiện sự di chuyển liên tục của một tổ đội sử dụng mũi tên liên hệ. Trên đường thể hiện công việc, có thể đưa nhiều thông số khác nhau: nhân lực, vật liệu, máy, ca công tác, ngoài ra còn thể hiện tiến trình thi công thực tế.
- Tổng hợp các nhu cầu tài nguyên, vật tư, nhân lực, tài chính. Trình bày cụ thể về số lượng, quy cách vật tư, thiết bị, các loại thợ, các tiến độ đảm bảo cung ứng cho xây dựng.

Do tính chất trực quan, dễ hiểu và dễ nắm bắt, theo dõi, biểu đồ Gantt rất hữu ích để trực quan hóa lịch trình dự án, xác định sự chậm trễ tiềm ẩn hoặc xung đột tài nguyên và theo dõi tiến độ so với mốc thời gian đã lên kế hoạch. Chúng thường được sử dụng cùng với các công cụ và kỹ thuật quản lý dự án khác, chẳng hạn như phân tích đường găng, phân bổ nguồn lực và quản lý rủi ro.

Các ưu nhược điểm và phạm vi áp dụng của mô hình kế hoạch tiến độ ngang

* Ưu điểm

Diễn tả một phương pháp tổ chức sản xuất, một kế hoạch xây dựng tương đối đơn giản, rõ ràng.

* Nhược điểm

Không thể hiện rõ mối liên hệ logic phức tạp giữa các công việc mà nó phải thể hiện. Mô hình điều hành tĩnh không thích hợp tính chất động của sản xuất, cấu tạo cứng nhắc khó điều chỉnh khi có sửa đổi. Sự phụ thuộc giữa các công việc chỉ thực hiện một lần duy nhất trước khi thực hiện kế hoạch do đó các giải pháp về công nghệ, tổ chức

mất đi giá trị thực tiễn là vai trò điều hành khi kế hoạch được thực hiện. Khó nghiên cứu sâu nhiều phương án, hạn chế về khả năng dự kiến diễn biến của công việc, không áp dụng được các tính toán sơ đồ một cách nhanh chóng khoa học.

*** Phạm vi áp dụng**

Tất cả các nhược điểm trên làm giảm hiệu quả của quá trình điều khiển khi sử dụng sơ đồ ngang, hay nói cách khác sơ đồ ngang chỉ sử dụng hiệu quả đối với các công việc đơn giản, số lượng đầu việc không nhiều, mối liên hệ qua lại giữa các công việc ít phức tạp.

Trên cơ sở phân tích các ưu nhược điểm, có thể thấy rằng mô hình kế hoạch tiến độ ngang phù hợp cho việc lập tiến độ thi công các công trình xây dựng, khi số lượng đầu việc nhiều nhưng mối quan hệ công việc không quá phức tạp. Ngoài ra, việc triển khai sơ đồ ngang ngoài thực tế cũng khá thuận tiện, khi không yêu cầu cán bộ kỹ thuật, công nhân phải được đào tạo kỹ về lập và sử dụng sơ đồ ngang.

2.1.2. Các bước lập kế hoạch tiến độ thi công công trình xây dựng theo sơ đồ ngang

2.1.2.1. Các tài liệu cần thiết để phục vụ việc lập kế hoạch tiến độ thi công

Thiết kế tổng tiến độ thi công là một bước trong quá trình tổ chức thi công công trình. Tiến độ thi công công trình đơn vị thể hiện tiến trình thi công một công trình cụ thể, không chỉ cho thấy thời hạn hoàn thành từng công việc hay cả quá trình thi công công trình, mà còn phản ánh trình tự, mối quan hệ về công nghệ, kỹ thuật và tổ chức giữa các công việc. Nói cách khác, tiến độ thi công công trình đơn vị phản ánh một cách tổng hợp và đầy đủ, khoa học và khả thi các biện pháp tổ chức, kỹ thuật và công nghệ thi công các công tác xây lắp của quá trình thi công công trình. Vì vậy, trong nhiều trường hợp, kể cả khi các biện pháp tổ chức và kỹ thuật thi công cho các công tác xây lắp đã được xác định, quá trình lập tiến độ thi công vẫn là quá trình tổng hợp với đầy đủ bản chất và nội dung của các khâu trong quá trình tổ chức thi công công trình.

Việc lập tổng tiến độ thi công cần phải có các tài liệu cơ sở sau:

- Hồ sơ thiết kế kỹ thuật hoặc thiết kế bản vẽ thi công bao gồm cả thuyết minh và dự toán.

- Số liệu điều tra, khảo sát kinh tế - kỹ thuật về điều kiện tự nhiên, điều kiện kinh tế - văn hóa - xã hội ở khu vực xây dựng.

- Thời hạn xây dựng công trình, lấy theo định mức thời gian hoặc lấy theo kinh nghiệm, theo các công trình tương tự về một chỉ tiêu nào đó, hoặc theo thời hạn được ghi trong hợp đồng thi công do Chủ đầu tư yêu cầu kèm theo những điều kiện thi công của phía Chủ đầu tư.

- Các văn bản pháp quy liên quan đến tổ chức thi công như quy chuẩn, tiêu chuẩn, chính sách quản lý xây dựng hiện hành.

- Định mức kỹ thuật của ngành hoặc của nội bộ nhà thầu thi công.

- Các điều kiện đáp ứng thi công của nhà thầu: lực lượng lao động, thiết bị thi công chính, kỹ năng và kinh nghiệm tổ chức cung ứng, tổ chức sản xuất và tổ chức lao động trên công trường.

- Các tài liệu kỹ thuật liên quan (về công nghệ, kỹ thuật, xe, máy, tổ chức, v.v.).

Sau khi đã có đầy đủ số liệu cần thiết từ bước chuẩn bị, ta sẽ tiến hành lập tổng tiến độ thi công công trình bằng các phương pháp đã giới thiệu từ Chương 2. Đối với các công trình xây dựng, phổ biến nhất là phương pháp lập tiến độ bằng sơ đồ ngang.

2.1.2.2. Xác định các thông số đầu vào

Trước khi lập tiến độ thi công, cần nghiên cứu kỹ hồ sơ thiết kế và các tài liệu ban đầu. Sau đó tiến hành bóc tách khối lượng trình và lập thành bảng, kèm theo các thông tin về định mức của từng công tác như đã trình bày ở Mục 3.3.

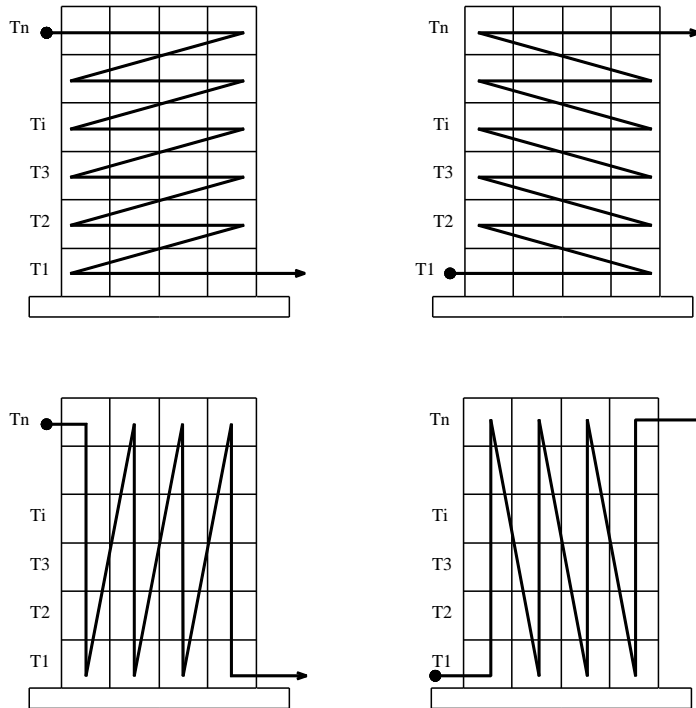
Tổng thời gian thi công công trình căn cứ vào quy định của nhà nước hoặc do bên chủ đầu tư yêu cầu.

Xem xét kỹ lưỡng về năng lực máy móc, thiết bị. Khả năng cung ứng nguồn lực lao động của địa phương hoặc của nhà thầu.

Ví dụ kết quả tính toán bóc tách thể hiện trong bảng 3.5.

2.1.2.3. Xác định sơ đồ tổ chức công nghệ

Sơ đồ tổ chức công nghệ là sự di chuyển tổ thợ, máy móc thiết bị trong không gian công trình để thực hiện các quá trình xây lắp. Nó phụ thuộc cách phân chia về không gian và đặc tính công nghệ của các quá trình xây lắp. Giả sử công trình có n tầng, ta có thể tổ chức thi công theo các hướng như sau:



Hình 0.14. Sơ đồ công nghệ (hướng phát triển của quá trình thi công)

Sơ đồ ngang: các công việc được thực hiện trên tất cả các phân đoạn công tác trong phạm vi một tầng nhà hoặc một đợt công tác. Sơ đồ này thích hợp với các công tác phân ngầm, công tác mái, lắp các kết cấu chịu lực, bao che, v.v.

Sơ đồ thẳng đứng: công việc được thực hiện trong phạm vi một đoạn hay phân đoạn công tác trên suốt chiều cao của nó. Có hai loại thẳng đứng từ dưới đi lên hoặc từ trên đi xuống. Sơ đồ này thích hợp cho công tác mạng kỹ thuật, công tác hoàn thiện nhà cao tầng, nhà cao tầng lắp ghép kết hợp sử dụng cần trục tháp, v.v.

Sơ đồ kết hợp: kết hợp cả ngang và đứng khi mặt bằng công tác không đủ theo một phương.

Bảng 0.1. Bảng tiên lượng công việc

BẢNG KHỐI LƯỢNG CÔNG VIỆC								
TT	Tên công việc	Thời gian (ngày)	Đơn vị	Khối lượng	Định mức		Nhu cầu	
					Số hiệu	Định mức	Nhu cầu	Công nhân
1	Tổng tiến độ							
2	Chuẩn bị mặt bằng	3	Công	45			45	NC[15]

3	Phần ngầm							
4	Thi công đóng cọc (2 ca/1ngày)	15	100 m	13.04	AC.151/12	2.3 ca	58	NC[58]
5	Đào đất bằng máy	2	100 m ³	12.49	AB.2511/1	0.316ca	59	NC[30]
6	Đào đất bằng thủ công	6	m ³	606.68	AB.1143/1	0.5	303	NC[51]
7	Đập BT đầu cọc	1	m ³	7.533	AA.212/22	5.1	38	NC[38]

2.1.2.4. Lựa chọn chế độ ca

Việc phân chia nhiều ca công tác có tác dụng rút ngắn thời gian xây dựng công trình (thường việc chia 1-2 ca công tác/ngày có thể rút ngắn được 35÷40% thời gian xây dựng), tiết kiệm một phần chi phí gián tiếp do rút ngắn thời gian thi công (khoảng 4-5% giá thành). Việc lựa chọn chế độ ca phải hợp lý về mặt kỹ thuật.

Với chế độ 3 ca: chỉ áp dụng cho một số ít công việc, thường là công việc nặng hoặc các công việc không cho phép gián đoạn (ví dụ công tác thi công bê tông dưới nước, ván khuôn trượt, cọc khoan nhồi, v.v.).

Với chế độ 2 ca: thường áp dụng cho các công việc cơ giới để nâng cao hiệu quả sử dụng máy móc (giảm thời gian bàn giao máy giữa ca), áp dụng cho những công việc nặng mà nếu thực hiện 3 ca thì giảm chất lượng công việc, còn nếu thực hiện 1 ca thì không tận dụng được hiệu quả và làm chậm tiến độ thi công.

Các công việc còn lại nên thực hiện chế độ 1 ca/ngày.

2.1.2.5. Xác định thời gian từng công tác

Căn cứ vào khối lượng, định mức và phương án thi công đã chọn, tiến hành xác định nhu cầu thời gian của từng công tác theo công thức (3.1) (3.2) hoặc (3.3) tùy thuộc vào công tác chủ yếu do máy thi công hay do công nhân đảm nhận. Thời gian của từng công tác còn phụ thuộc vào chế độ ca đã lựa chọn. Ví dụ nếu chọn chế độ máy làm 2 ca/ngày thì thời gian được rút ngắn xuống một nửa so với chế độ 1 ca/ngày, tuy nhiên cũng

cần chú ý đến hao mòn máy móc, an toàn lao động và lượng công nhân cần thiết để sử dụng trong ca máy mới.

Tổng thời gian thi công có thể được xác định sơ bộ bằng cách lấy tổng thời gian của các công tác chính, giả định rằng các công tác này thi công theo phương pháp tuần tự.

2.1.2.6. Quy định trình tự công nghệ

Là quy định một trình tự thực hiện các công việc hợp lý nhất theo bản chất công nghệ của mỗi quá trình. Nó là một trong những nội dung quan trọng nhất và là một điều kiện bắt buộc, đảm bảo thành công việc xây dựng công trình. Một trình tự công nghệ không hợp lý có những hậu quả:

Gây mất ổn định các bộ phận kết cấu, ảnh hưởng đến độ an toàn, bền vững cả công trình.

Chất lượng công trình không đảm bảo do đó phải tốn chi phí phải sửa chữa.

Tổ chức thi công chồng chéo, điều động nhân lực, thiết bị không hợp lý gây lãng phí, mất an toàn và kéo dài thời gian.

Vì vậy để thiết lập trình tự công nghệ hợp lý, phải xét đến các yếu tố ảnh hưởng đến nó.

Các quy định như sau:

- Mỗi liên hệ kỹ thuật của các bộ phận kết cấu với nhau, các công việc tiến hành theo thứ tự phù hợp với sơ đồ chịu lực.

- Đảm bảo tính ổn định cho kết cấu công trình, các công việc được thi công sao cho toàn công trình là bất biến hình ở mọi thời điểm.

- Đảm bảo an toàn cho người và thiết bị trong các quá trình thi công.

- Đặc điểm và tính chất vật liệu, chi tiết bán thành phẩm cũng liên quan đến trình tự thi công do cần khoảng không gian di chuyển, thực hiện công việc.

- Điều kiện khí hậu thời tiết cũng ảnh hưởng đến trình tự thi công.

- Đảm bảo chất lượng thi công chung, thực hiện công việc sau không ảnh hưởng đến chất lượng công việc trước.

- Trình tự công nghệ phục vụ thuận tiện cho việc thi công, sử dụng tối đa phương án thi công cơ giới.

- Nhu cầu sử dụng kết quả của công việc trước để thực hiện công việc sau nhằm giảm chi phí sản xuất.

- Tận dụng mặt bằng công tác tối đa để thực hiện nhiều công việc song song, kết hợp nhằm giảm thời gian thực hiện nhóm công việc và cả công trình.

- Đảm bảo công việc liên tục cho các tổ thợ, tổ máy.

2.1.2.7. Phối hợp công tác theo thời gian

Là thiết lập mối liên hệ về thời gian giữa các công việc có liên quan nhằm mục đích đạt được thời gian yêu cầu đối với từng nhóm công việc, từng bộ phận và toàn bộ công trình. Đồng thời sử dụng hợp lý các tổ đội chuyên nghiệp ổn định và lâu dài trên công trình.

Trên sơ đồ ngang, giữa 2 công việc A và B, có 4 loại liên hệ về thời gian, ký hiệu F: Finish, S: Start, biểu diễn như hình 3.5.

FS - Quan hệ kết thúc - bắt đầu;

FF - Quan hệ cùng kết thúc;

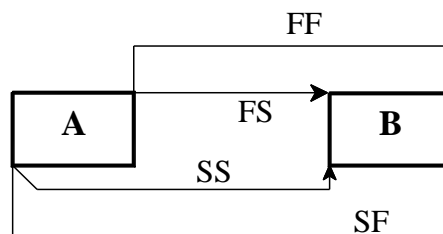
SS - Quan hệ cùng bắt đầu;

SF - Quan hệ bắt đầu - kết thúc.

Tùy theo tính chất của từng công việc mà chọn mối liên hệ cho phù hợp. Có 2 nguyên tắc phối hợp các công việc theo thời gian:

Phối hợp tối đa các quá trình thành phần thể hiện ở việc thực hiện song song trên các phân đoạn công tác.

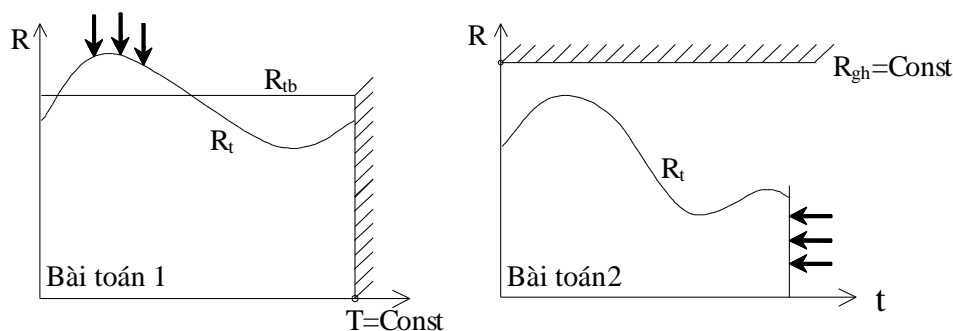
Áp dụng thi công dây chuyền đối với quá trình chủ yếu để rút ngắn thời gian xây dựng công trình.



Hình 0.15. Mối quan hệ về thời gian giữa các công việc

2.1.2.8. Lên biểu đồ tiến độ

Biểu diễn tiến độ và lập các biểu đồ đi kèm (như biểu đồ nhân lực, tiền vốn hoặc vật tư, thiết bị, v.v.). Dùng các đoạn thẳng nằm ngang để biểu diễn các công việc và thời



Hình 0.17. Các bài toán tối ưu sơ đồ mạng về tài nguyên

- Bài toán 1. Điều hòa tài nguyên đồng thời giữ vững thời gian hoàn thành dự án.
- Bài toán 2. Rút ngắn thời gian hoàn thành dự án với điều kiện tôn trọng giới hạn về tài nguyên.

Giả sử ta có một tiến độ thi công với rất nhiều công việc đòi hỏi những loại tài nguyên khác nhau và ta chỉ có một số lượng giới hạn các loại tài nguyên đó. Như vậy việc sắp xếp các công việc không những phụ thuộc vào trình tự thi công mà còn tùy thuộc mức giới hạn tài nguyên sẵn có. Để có kết quả cuối cùng ngoài yêu cầu về quy trình thi công, ta phải chọn phương pháp sắp xếp theo các nguyên tắc ưu tiên nào đó và căn cứ vào đó để giải bài toán. Lời giải có thể tối ưu cũng có thể không nhưng phải chắc chắn là gần tối ưu nhất (trong thực tế có rất nhiều công việc, các công việc lại cần rất nhiều loại tài nguyên và sẽ có vô vàn cách sắp xếp khác nhau mà ta không thể thử tất cả được).

Một vấn đề thường phải giải quyết là rút ngắn thời gian hoàn thành dự án, vấn đề này thực ra chỉ có ý nghĩa khi chi phí tăng lên do rút ngắn thời gian là ít nhất. Đây là bài toán tương đối phức tạp, khối lượng tính toán rất lớn, vì vậy tuy hiện nay có khá nhiều phương pháp tính toán nhưng chỉ một số rất ít là áp dụng được trong thực tế. Thường thì khi thời gian của sơ đồ lớn hơn giới hạn theo quy định hoặc theo hồ sơ mời thầu thì phải tối ưu mạng về thời gian. Có 2 cách tối ưu hóa.

a. Rút ngắn thời gian thực hiện các công việc chính

- Bằng biện pháp kỹ thuật: thay đổi giải pháp về công nghệ thực hiện hay giải pháp vật liệu sử dụng (đặc biệt là các loại vật liệu mới), khi sử dụng biện pháp này thì phải đảm bảo yêu cầu về chất lượng kỹ thuật (đòi hỏi trình độ tay nghề đội ngũ thi công, máy móc thiết bị, phương pháp tổ chức thực hiện).

- Bằng biện pháp kinh tế: kéo dài thời gian thực hiện các công việc phụ nhằm mục đích giảm bớt tài nguyên sử dụng và tập trung tài nguyên tiết kiệm được để thực hiện các công việc chính, tăng ca kíp làm việc, tăng số lượng tổ thợ tổ máy thi công cùng lúc. Khi dùng biện pháp kinh tế thì phải đảm bảo mặt bằng công tác.

Lưu ý khi rút ngắn thời gian thực hiện dự án vẫn phải đảm bảo mối liên hệ kỹ thuật giữa các công việc và việc tăng chi phí để rút ngắn thời gian thực hiện dự án là thấp nhất và hợp lý.

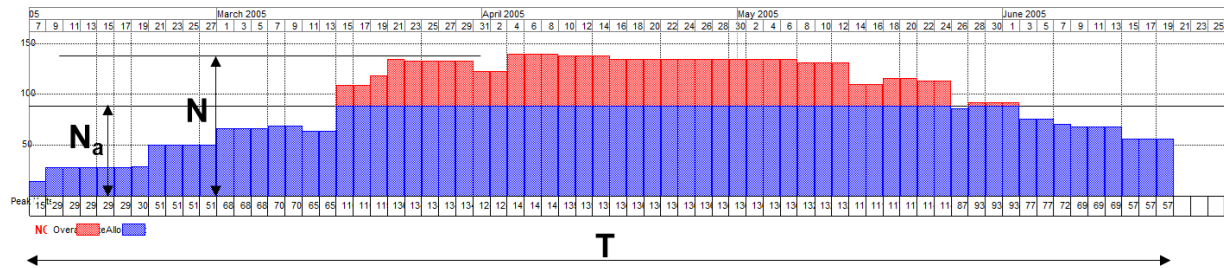
b. Sử dụng biện pháp tổ chức sản xuất

Trong các phương pháp tổ chức thi công, đặc biệt có thể sử dụng phương pháp tổ chức thi công dây chuyền để rút ngắn thời gian và nâng cao chất lượng thực hiện các công việc nặng, hoặc một nhóm công việc có thể quyết định đến thời gian thực hiện dự án. Biện pháp này không tăng chi phí tài nguyên, không thay đổi công nghệ sản xuất mà vẫn rút ngắn thời gian xây dựng nên là biện pháp cơ bản hàng đầu.

Như vậy, trong bài toán tối ưu tiến độ thi công, một vấn đề thách thức gặp phải là sự mâu thuẫn giữa thời gian thi công và chi phí (tài nguyên). Muốn đẩy nhanh tiến độ thi công, chi phí cần tăng theo và ngược lại, muốn tiết kiệm chi phí thì thời gian thi công dự án bị kéo dài. Vấn đề này không thể được giải quyết nếu chỉ đơn giản tối ưu đơn mục tiêu, do đó, phần tiếp theo sẽ đi vào xây dựng các tiêu chí đánh giá kế hoạch tiến độ, có xét đến đánh giá đa mục tiêu.

2.1.4. Các tiêu chí đánh giá mức độ hợp lý của kế hoạch tiến độ

Sau khi lập xong kế hoạch tiến độ thi công, việc đánh giá kế hoạch tiến độ có hợp lý hay không sẽ căn cứ vào các tiêu chí cụ thể.



Hình 0.18. Các tham số của biểu đồ nhân lực

2.1.3.1. Tiêu chí về thời gian thi công

Trong công tác lập kế hoạch tiến độ, tiêu chí thời gian luôn đóng vai trò là một trong những tiêu chí quan trọng nhất. Tiêu chí thời gian được coi là hợp lý khi thỏa mãn các điều kiện sau:

$$\begin{cases} T \rightarrow \min \\ T \leq T_{\max} \end{cases} \quad (0.1)$$

Trong đó, T là tổng thời gian hoàn thành dự án, theo kế hoạch tiến độ đã lập; T_{\max} là thời gian thi công tối đa được phép.

2.1.3.2. Tiêu chí về tài nguyên (nhân công)

Tài nguyên là một khái niệm rộng, có thể bao gồm nhiều loại khác nhau như : nhân công, vật tư, máy móc, tiền v.v. Trong nghiên cứu này, tài nguyên chỉ xét đến nhân công và xem như các tài nguyên khác không bị giới hạn.

Các điều kiện ràng buộc về tài nguyên nhân công được thể hiện như sau:

$$\begin{cases} N \rightarrow \min \\ N \leq N_{\max} \end{cases} \quad (0.2)$$

Trong đó, N là lượng công nhân lớn nhất trong ngày thi công theo kế hoạch tiến độ; N_{\max} là lượng công nhân tối đa thực tế có thể huy động được trên công trường.

2.1.3.2. Tiêu chí về biểu đồ nhân lực

Biểu đồ nhân lực cũng là cơ sở để đánh giá KHTĐ qua chỉ tiêu mức độ sử dụng nhân lực vì nó liên quan đến chi phí phục vụ sản xuất như lán trại, y tế, v.v. Xác định bằng cách cộng dồn nhân lực trên biểu kế hoạch theo tiến độ thời gian.

Căn cứ vào hình dạng biểu đồ nhân lực để đánh giá mức độ hợp lý (đánh giá định tính) của KHTĐ:

+ Đối với từng công việc: Biểu đồ nhân lực không được biến động quá 10 ÷ 15 % quân số trung bình.

+ Đối với toàn công trường nói chung: biểu đồ nhân lực phát triển một cách đồng đều: tăng dần ban đầu và giảm dần về cuối, không lồi cao trong thời gian ngắn và không lõm sâu trong thời gian dài.

Về mặt định lượng, người ta sử dụng 2 hệ số để đánh giá:

- Hệ số sử dụng nhân lực không điều hòa k_1

$$\begin{cases} K_1 \rightarrow 1 \\ K_1 = \frac{N}{N_a} \end{cases} \quad (0.3)$$

Trong đó, N là lượng công nhân lớn nhất trong ngày thi công theo kế hoạch tiến độ; N_a là lượng công nhân trung bình suốt thời gian thi công.

Hệ số k_1 thường không vượt quá 2, và càng gần đến 1 càng chứng tỏ KHTĐ là hợp lý.

- Hệ số phân bổ lao động k_2 :

$$\begin{cases} K_2 \rightarrow 0 \\ K_2 = \sum_{i=1, N_i > N_a}^T \frac{N_i - N_a}{N_i} \end{cases} \quad (0.4)$$

Trong đó, N_i là số công nhân thi công tại ngày thứ i trên công trường ; T là tổng thời gian thi công.

Hệ số k_2 càng gần đến 0 chứng tỏ KHTĐ là hợp lý.

2.1.3.2. Tiêu chí đa mục tiêu để đánh giá kế hoạch tiến độ

Có thể thấy rằng, việc đánh giá KHTĐ theo các tiêu chí đơn mục tiêu, về thời gian, về tài nguyên hoặc các hệ số định lượng của biểu đồ nhân lực rất khó để đánh giá tổng thể sự hợp lý chung của KHTĐ. Một KHTĐ rút gọn cho phép tiết kiệm thời gian, nhưng đồng thời nhân lực yêu cầu lại tăng quá cao. Ngược lại, nếu chỉ thỏa mãn yêu cầu về nhân lực thấp, thời gian thi công lại không đảm bảo. Ngoài ra, dù đảm bảo được cả về thời gian cũng như nhân công, thì biểu đồ nhân lực lại không hợp lý khi K_1 và K_2 không nằm trong khoảng hợp lý cho phép. Do đó, với bài toán tối ưu đa mục tiêu, nhất thiết phải xây dựng được một hàm tiêu chí chung, cho phép kết hợp tất cả các tiêu chí đơn mục tiêu trong một hàm chung. Vì vậy, nghiên cứu này đề xuất hàm chi phí đa mục tiêu như sau :

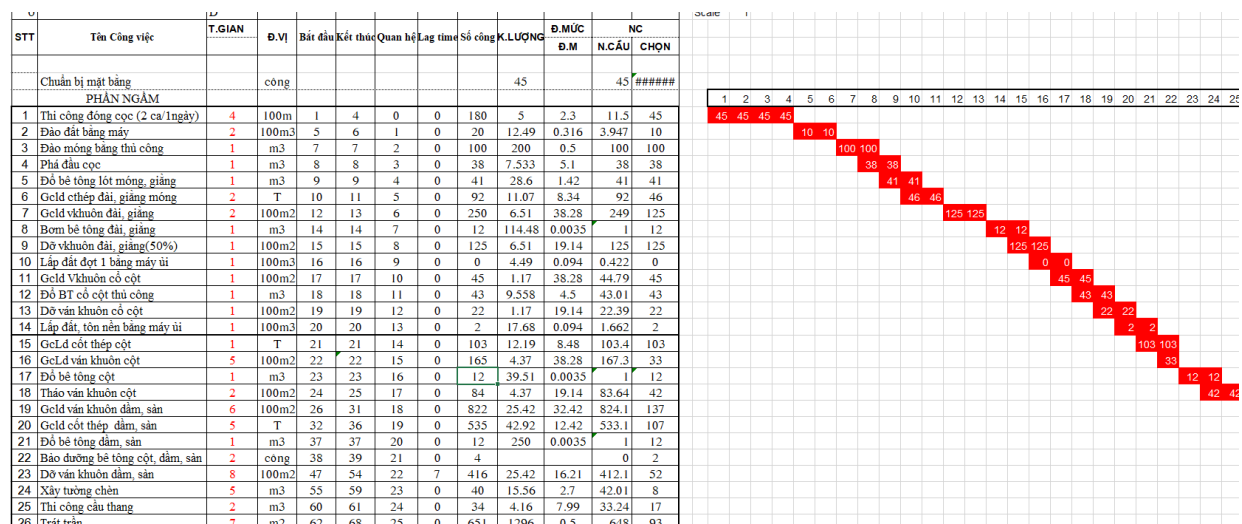
$$D = a_1 \frac{T}{T_{\max}} + a_2 \frac{N}{N_{\max}} + a_3 \left(\frac{K_1}{2} + K_2 \right) \rightarrow \text{Min} \quad (0.5)$$

Trong đó, để đảm bảo các tiêu chí đơn mục tiêu có cùng tầm quan trọng như nhau khi đánh giá KHTĐ, các tiêu chí này được chuẩn hóa trong khoảng $[0,1]$ bằng cách lấy tỷ số của chúng với giá trị lớn nhất cho phép.

Ngoài ra, các hệ số a_1, a_2, a_3 nằm trong khoảng $[0,1]$ được lựa chọn như là trọng số của các tiêu chí đơn mục tiêu trong hàm đa mục tiêu, sao cho $a_1 + a_2 + a_3 = 1$. Một trong các hệ số này bằng 0, nghĩa là tiêu chí đơn mục tiêu đó bị loại bỏ và không được xem xét trong bài toán tối ưu. Trọng số của tiêu chí nào càng lớn, tiêu chí đó càng được xem xét kỹ lưỡng và mang tầm quan trọng lớn hơn trong việc đánh giá KHTĐ. Điều này sẽ đảm bảo khi đánh giá KHTĐ, tất cả các tiêu chí đơn mục tiêu trong đó cũng đều được xem xét tùy theo tầm quan trọng của chúng.

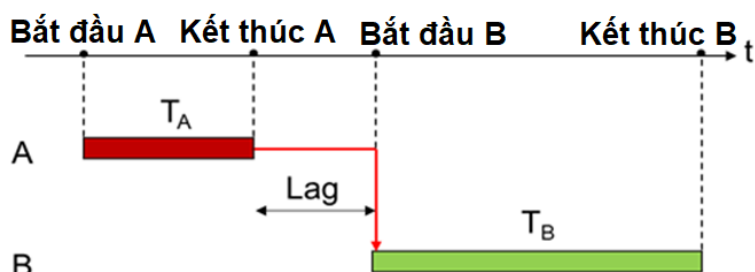
2.2. Xây dựng mô hình kế hoạch tiến độ thi công

Dựa trên cơ sở lý thuyết ở trên, có thể thấy việc xây dựng mô hình KHTĐ cũng như các tiêu chí đánh giá KHTĐ đó cần được thực hiện trước, và được coi là mô hình tiền định trong việc xây dựng bài toán tối ưu. Do đó, nghiên cứu này lựa chọn MS EXCEL là công cụ thể dựng mô hình KHTĐ.



Hình 0.19. Mô hình KHTĐ trong EXCEL

Trong KHTĐ đó, các giá trị trong bảng được tính toán như sau:



Hình 0.20. Các tham số của công việc trên KHTĐ thi công

Trước tiên, một công việc bất kỳ trên tổng tiến độ thi công được xác định dựa vào điểm bắt đầu công việc, thời gian thực hiện công việc (T) và điểm kết thúc công việc. Hoặc, một công việc có thể được xác định thông qua quan hệ với công việc trước nó, độ trễ (Lag) giữa hai công việc và thời gian thực hiện công việc như trên Hình 0.20.

- Tính thời gian thi công:

Đối với công tác được cơ giới hóa và loại máy thi công đã được đề xuất ở bước trên đây, thời gian sử dụng máy sẽ được xác định căn cứ vào khối lượng công việc, năng suất của máy hoặc định mức hao phí ca máy cho công tác.

Những quá trình đã có định mức thời gian máy (giờ máy, ca máy) thì nhu cầu về máy được xác định theo công thức sau:

$$M_{ca} = V \times D_m \quad (0.6)$$

trong đó:

V - khối lượng công việc mà máy phải thực hiện, đơn vị vật lý;

D_m - định mức ca máy cho 1 đơn vị khối lượng, lấy theo định mức xây dựng cơ bản hiện hành.

Những quá trình chưa có định mức ca máy thì có thể dùng chỉ tiêu năng suất ca của máy N_{sm} và tính theo công thức:

$$M_{ca} = \frac{V}{N_{sm}} \quad (0.7)$$

Từ số ca máy, thời gian thi công được xác định như sau :

$$T = \frac{M_{ca}}{m.n} \quad (0.8)$$

Trong đó, m và n lần lượt là số máy thi công và số ca máy làm được trong 1 ngày ($1 \leq n \leq 3$).

Năng suất của máy có thể đã có theo catalog máy hoặc theo kinh nghiệm của nhà thầu. Tương tự, định mức ca máy cũng có thể là của nhà thầu, trường hợp nhà thầu chưa có thì lấy theo số liệu khảo sát thực tế hoặc theo quy định của ngành.

Đối với những công tác được thực hiện bằng thủ công là chính như cốt thép, lắp dựng ván khuôn, đổ và đầm bê tông, xây, v.v., thời gian hoàn thành công tác được xác định trên cơ sở khối lượng công việc và năng suất của tổ thợ, hoặc căn cứ vào nhu cầu

lao động cho công tác và khả năng của nhà thầu về điều động lực lượng sản xuất cho loại công tác đang xét.

Khi dùng định mức lao động mà xét từng công việc riêng biệt (từng quá trình) thì thời gian lý thuyết hoàn thành công việc được tính theo công thức:

$$T = \frac{A}{k.N} \quad (0.9)$$

trong đó:

T - thời gian để hoàn thành công việc (quá trình);

A - nhu cầu về lao động cho công việc tính được bằng cách nhân khối lượng công việc (theo kết quả ở bước 2) với định mức lao động cho một đơn vị khối lượng của công việc đang xét, [ngày công], định mức lao động lấy theo định mức xây dựng cơ bản hiện hành.

N - số công nhân tham gia hoàn thành công việc, [người];

k - hệ số hoàn thành định mức lao động, thường lấy khoảng 1,05 - 1,15.

Những công việc chưa có định mức lao động thì áp dụng cách tính tương tự trường hợp tính thời gian cho máy, tức là dùng năng suất ngày của tổ thợ.

Trên cơ sở xác định các tham số của công việc, cùng với các mối liên hệ kỹ thuật giữa các công việc theo đúng quy trình thi công, ta sẽ lập được kế hoạch tiến độ thi công của toàn dự án.

2.3. Xây dựng thuật toán di truyền ứng dụng để tối ưu hóa tiến độ thi công

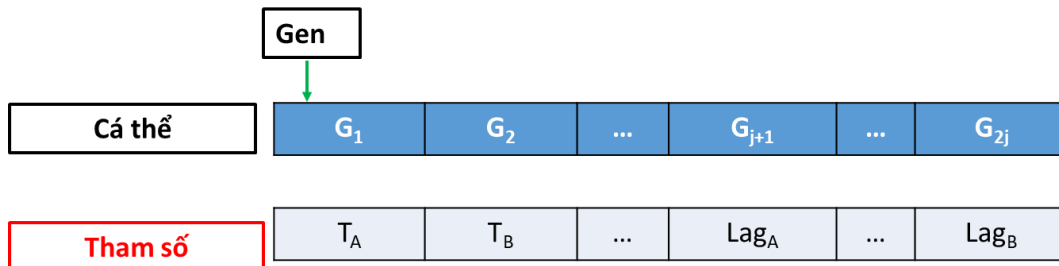
2.3.1. Lựa chọn tham số tối ưu

Một kế hoạch tiến độ thi công gồm rất nhiều các tham số, từ tham số của từng công việc đến các tham số thời gian và tham số đặc trưng cho quan hệ giữa các công việc. Do đó, để giảm nhẹ quy mô bài toán tối ưu, ta phải lựa chọn bộ tham số tối thiểu, sao cho vẫn đủ để xây dựng toàn bộ tổng tiến độ thi công mà đảm bảo tài nguyên huy động là thấp nhất. Vì vậy, trong nghiên cứu này, hai tham số quan trọng nhất của công việc trong tổng tiến độ thi công là Thời gian thi công (T) và thời gian chờ giữa các công việc (L) được đưa vào tối ưu. Các tham số còn lại như nhân công (N), được xác định thông qua mối quan hệ giữa nhu cầu (M) và thời gian thi công (T). Nghiên cứu này cũng sử dụng chủ yếu hai loại quan hệ công việc là: Kết thúc_Bắt đầu và Bắt đầu_Kết thúc để

thể hiện quan hệ giữa các công việc. Thực tế cho thấy, hai loại quan hệ này là đủ để đảm bảo xây dựng hoàn chỉnh tổng tiến độ thi công của công trình.

2.3.2. Thiết kế mô hình thuật toán tối ưu

a. Định nghĩa về cấu trúc cá thể cần tối ưu



Hình 0.21. Cấu trúc của một cá thể điển hình trong thuật toán di truyền

Do mô hình lựa chọn 2 tham số là thời gian (T) và độ trễ công việc (Lag) làm 02 tham số điển hình để tối ưu, cấu trúc của một cá thể điển hình của thuật toán di truyền cũng sẽ bao hàm đủ các tham số này. Vì vậy, nếu một kế hoạch tiến độ bao gồm j công tác khác nhau, chiều dài của cá thể cần tối ưu sẽ là 2j (Hình 0.21). Mỗi một tham số này được coi là 1 Gen của cá thể.

Một thuật toán di truyền được khởi tạo với một cụm dân số gồm N_p cá thể. Các cá thể này được khởi tạo ngẫu nhiên trong phạm vi cho phép của từng Gen. Điều này giúp cho quần thể dân cư được khởi tạo với sự đa dạng tối đa về các Gen, cho phép thuật toán sẽ tìm được được bộ tham số tối ưu tốt trong tương lai.

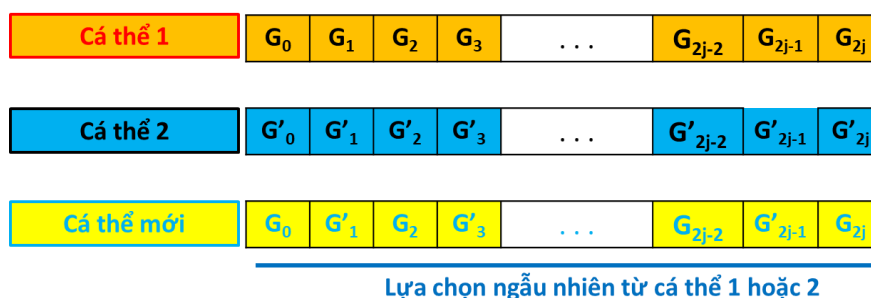
b. Lựa chọn chế độ mã hóa

Các phương pháp mã hóa phổ biến của thuật toán di truyền bao gồm mã hóa nhị phân, mã hóa dấu phẩy động và mã hóa thực. Nhược điểm của mã hóa nhị phân là lượng dữ liệu lớn, hiệu quả tính toán thấp và chi phí bộ nhớ cao. Ngoài ra, mã hóa nhị phân không dễ vận hành và khó kiểm soát trong quá trình tạo đột biến. Mã hóa dấu phẩy động phù hợp với môi trường liên tục, nhưng độ chính xác của mã hóa thấp trong môi trường rời rạc. Mã hóa số thực dễ vận hành và dễ hiểu. Mã hóa số thực có hiệu quả cao và chi phí bộ nhớ thấp. Do đó, mã hóa số thực được sử dụng trong nghiên cứu này. Điều đó có nghĩa rằng, giá trị thực của T_i và Lag_i sẽ được mã hóa trực tiếp trong cấu trúc cá thể.

c. Hàm chi phí

Hàm chi phí sử dụng để đánh giá năng lực của các cá nhân trong quần thể. Trong nghiên cứu này, các hàm chi phí trên cơ sở các tiêu chí đánh giá sự hợp lý của tiến độ thi công được sử dụng, cụ thể là các tiêu chí Tổng thời gian thi công (T), Nhân công lớn nhất trên công trường (N), Các hệ số đánh giá biểu đồ nhân lực (K_1, K_2) và hàm tiêu chí đa mục tiêu (D). Các hàm chi phí này sẽ được dùng để đánh giá, so sánh các cá thể với nhau, nhằm tìm kiếm những cá thể tốt nhất để đưa vào quy trình chọn lọc, tiến hóa trong thuật toán di truyền.

d. Lựa chọn giải pháp lai tạo



Hình 0.22. Kỹ thuật lai tạo các cá thể trong quần thể

Có nhiều kỹ thuật lai tạo như lựa chọn ngẫu nhiên, lai tạo chéo. Trong đó, lựa chọn ngẫu nhiên được sử dụng, khi mà các Gen trong cá thể có chức năng và vai trò khác nhau đối với bài toán cần tối ưu. Còn lai tạo chéo được sử dụng, khi các Gen trong cá thể có cùng chức năng và vai trò như nhau đối với bài toán tối ưu. Trong nghiên cứu này, kỹ thuật lựa chọn ngẫu nhiên được lựa chọn, do các Gen đặc trưng cho thời gian thi công công việc (T_i) và thời gian chờ giữa các công việc (Lag_i) đóng vai trò khác nhau và hoàn toàn không thể thay thế được cho nhau.

e. Lựa chọn giải pháp tạo đột biến

Trong tự nhiên, quá trình đột biến cùng giúp một quần thể sinh vật có khả năng tiến hóa thể thích nghi với môi trường sống thay đổi. Tương tự như vậy, đối với thuật toán di truyền, toán tử đột biến chủ yếu được sử dụng trong tìm kiếm toàn cục của thuật toán, giúp tránh thuật toán bị vấn đề tối ưu cục bộ phi phối. Một toán tử đột biến sẽ giúp một hoặc một số Gen mới xuất hiện trong quần thể, điều này giúp thuật toán có cơ hội tìm kiếm một giải pháp tối ưu tốt hơn, có thể nằm ngoài quần thể. Các phương pháp đột biến phổ biến bao gồm đột biến điểm đơn gen và đột biến điểm đa gen. Do vị trí và số lượng điểm đột biến không chắc chắn nên hoạt động của đột biến điểm đa gen rất phức

tạp. Hơn nữa, đột biến điểm đa gen cũng dễ ảnh hưởng đến hiệu quả của thuật toán. Vì vậy, đột biến điểm đơn gen được lựa chọn trong bài báo này. Xác suất đột biến truyền thống cũng là một giá trị hằng số cố định, được lựa chọn trước khi thuật toán bắt đầu. Rõ ràng, xác suất đột biến truyền thống không thể đáp ứng nhu cầu của các cá nhân khác nhau đối với các xác suất đột biến khác nhau. Trên thực tế, trong giai đoạn đầu của quá trình phát triển, thuật toán cần khả năng tìm kiếm cục bộ yếu; tại thời điểm này, thuật toán cần một xác suất đột biến nhỏ. Trong giai đoạn phát triển sau này, thuật toán cần khả năng tìm kiếm cục bộ mạnh mẽ; lúc này thuật toán cần xác suất đột biến lớn hơn. Đối với các cá thể khác nhau trong quần thể, những cá thể chất lượng cao cần được bảo vệ, vì vậy những cá thể chất lượng cao cần được cho xác suất đột biến nhỏ. Những cá thể kém hơn cần phải tiến hóa, vì vậy những cá thể kém hơn cần được tạo ra xác suất đột biến cao hơn. Tuy vậy, đối với bài toán tối ưu hóa kế hoạch tiến độ thi công, do cấu trúc tiến độ không quá phức tạp, xác suất đột biến hằng số được lựa chọn trong nghiên cứu này.

f. Cải tiến về điều kiện ràng buộc:

Do thuật toán tối ưu hóa kế hoạch tiến độ thi công bao gồm các điều kiện biên và ràng buộc nên cần lưu ý các cải tiến sau:

Quá trình lai tạo và đột biến đảm bảo rằng chỉ những cá thể mới đáp ứng các ràng buộc mới được tạo ra. Với điều kiện biên, điều này được giải quyết dễ dàng bằng cách khởi tạo các cá thể có gen nằm trong khoảng cho phép, đồng thời quá trình đột biến cũng chỉ chọn lọc những gen cho phép. Tuy nhiên, với các ràng buộc, điều này phức tạp hơn. Cụ thể, nếu các cá thể mới được sinh ra hoặc đột biến không thỏa mãn ràng buộc, chúng sẽ bị loại bỏ ngay lập tức và quá trình thay thế sẽ được lặp lại cho đến khi cá thể đáp ứng đúng điều kiện ràng buộc. Khi đó, các cá thể mới sẽ đủ điều kiện được bổ sung vào quần thể.

g. Sơ đồ khởi của thuật toán

Trên cơ sở các phân tích trên, quá trình tối ưu hóa tiến độ thi công theo thuật toán tiến hóa được thực hiện như sau:

Bước 1. Tạo quần thể ngẫu nhiên gồm cá thể N_p , trong đó, các giá trị gen được lấy ngẫu nhiên trong phạm vi cho phép của chúng.

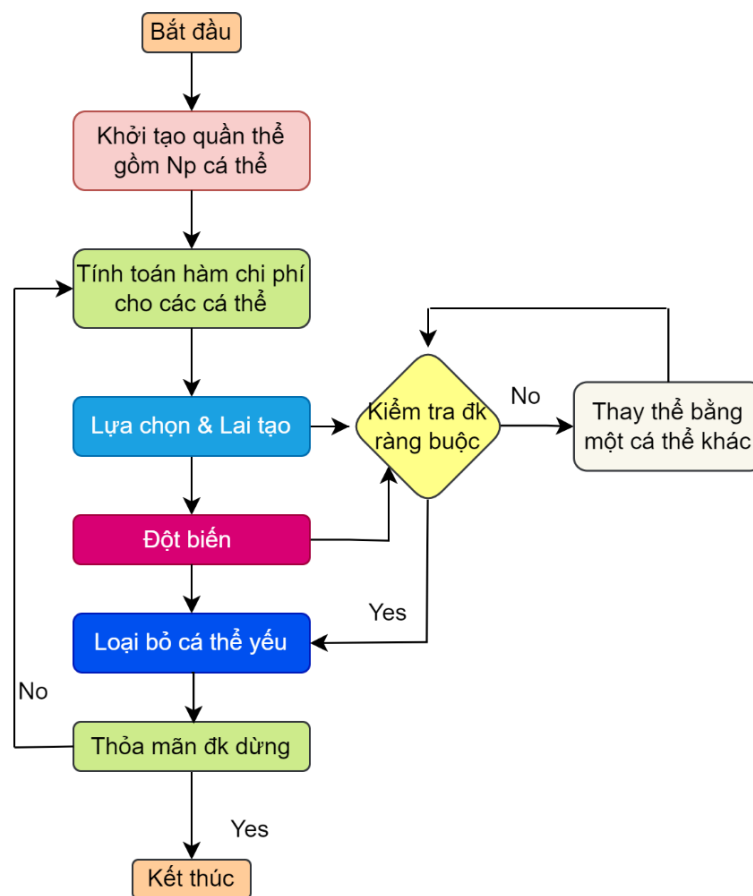
Bước 2. Chọn bố mẹ ngẫu nhiên và cho chúng lai tạo với nhau để tạo ra thế hệ tiếp theo

Bước 3. Dựa trên xác suất đột biến, cho một số cá thể ở thế hệ con đột biến. Đột biến là quá trình thay thế một gen ngẫu nhiên trong chuỗi nhiễm sắc thể, tạo cơ hội cho quá trình tiến hóa tìm ra những gen tốt hơn.

Bước 4. Đào thải những cá thể yếu để đảm bảo số lượng cá thể trong quần thể không đổi.

Lặp lại từ bước 2 đến bước 4 để đảm bảo sự hội tụ hoặc số thế hệ theo yêu cầu.

Toàn bộ quy trình thuật toán được thể hiện trên sơ đồ khối Hình 0.23.



Hình 0.23. Sơ đồ khối của thuật toán

2.4. Kết luận chương 2

Nội dung chính của chương này:

Chương 2 đã giải quyết được các vấn đề:

- ✓ Xây dựng mô hình kế hoạch tiến độ kèm theo các điều kiện ràng buộc
- ✓ Lựa chọn được các tham số cần tối ưu
- ✓ Đề xuất được hàm tối ưu đa mục tiêu

- ✓ Xây dựng thuật toán di truyền để tối ưu kế hoạch tiến độ thi công, kèm theo các điều kiện ràng buộc

Trên cơ sở nội dung nghiên cứu được tiếp tục phát triển nghiên cứu thử nghiệm số ở Chương 3.

CHƯƠNG 3 : ỨNG DỤNG TỐI ƯU HÓA KẾ HOẠCH TIẾN ĐỘ THI CÔNG CÔNG TRÌNH CỤ THỂ

Chương 3 sẽ áp dụng kết quả phân tích từ chương 2 để tính toán cho một ví dụ cụ thể. Qua đó khẳng định được tính khả thi của nghiên cứu khi áp dụng vào thực tiễn.

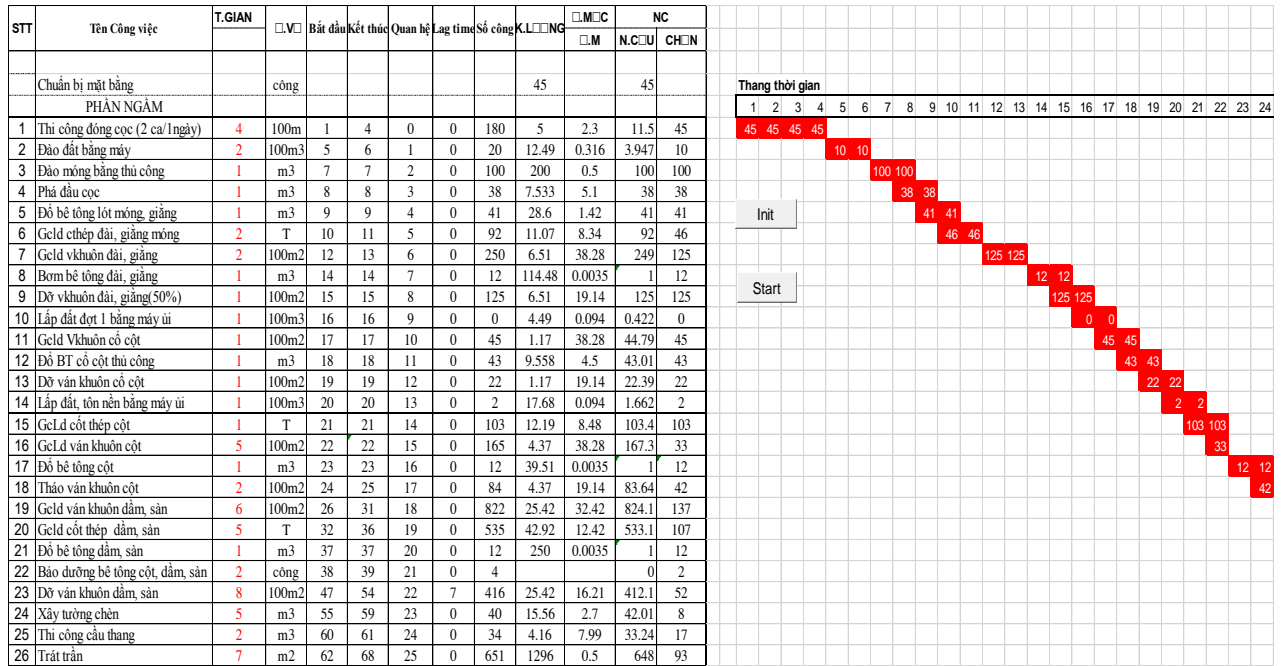
3.1. Giới thiệu công cụ tính toán và công trình minh họa

3.1.1. Giới thiệu về công cụ tính toán

Trên cơ sở lý thuyết xây dựng từ chương 2, tác giả đã lập chương trình tính GA_Schedule bằng ngôn ngữ lập trình VBA, kết hợp với bộ công cụ Excel để xây dựng công cụ tính toán. Kế hoạch tiến độ được xây dựng trên Excel có khả năng thể hiện đầy đủ mối liên hệ giữa các công việc, thời gian chờ cũng như sơ đồ tiến độ ngang của dự án. Các tiêu chí đánh giá tiến độ được tự động tính toán sử dụng Excel. Chương trình tính GA_Schedule sẽ trực tiếp lấy dữ liệu đầu vào và đầu ra từ Excel để đưa vào tối ưu kế hoạch tiến độ theo thuật toán di truyền nhằm tìm được kế hoạch tiến độ hợp lý nhất.

Khả năng của chương trình tính được liệt kê như sau :

- Có khả năng tạo lập tiến độ thi công ngẫu nhiên từ các thông số đầu vào cũng như các ràng buộc. Ở đây, 2 tham số đầu vào mang tính ngẫu nhiên là thời gian thực hiện công việc (T) và thời gian chờ giữa các công việc với nhau (L)
- Có khả năng xây dựng biểu đồ tiến độ thi công dưới dạng sơ đồ ngang, và biểu đồ nhân lực ứng với tiến độ xây dựng được
- Có khả năng tính toán được các tiêu chí phục vụ việc đánh giá tiến độ thi công : T, N, K₁, K₂, D.
- Có khả năng tối ưu biểu đồ tiến độ thi công, tìm được các tham số hợp lý để đánh giá kế hoạch tiến độ thi công theo các tiêu chí của người lập.



Hình 0.24. Công cụ tính toán được xây dựng trên Excel

Các kế hoạch tiến độ sau khi được tối ưu, có thể được dễ dàng chuyển sang phần mềm MS Project để hiển thị kết quả cho trực quan.

3.1.2. Giới thiệu công trình minh họa và mô tả bài toán

Một dự án xây dựng công trình văn phòng làm việc cao 2 tầng tại Hà nội được đưa vào minh họa cho tối ưu tiến độ thi công. Dự án này gồm tổng cộng 48 đầu công việc, bắt đầu từ thi công phần ngầm đến thi công phần thân, phần hoàn thiện và kết thúc bàn giao công trình. Khối lượng thi công các hạng mục của dự án đã được bóc tách, áp định mức Xây dựng cơ bản theo đúng quy định và được thể hiện trên Bảng 3.1.

Trong đó, thời gian tiến hành công việc và thời gian chờ giữa các công việc được coi là 02 biến chính cần tối ưu của kế hoạch tiến độ. Mỗi công việc sẽ có một khoảng cho phép khác nhau của 02 tham số chính này. Cụ thể, với những công việc thi công liên quan đến ca máy, ví dụ: Thi công cọc, thi công đào đất bằng máy v.v., thời gian thi công được lấy trong khoảng (min; max) sao cho số ca máy thi công trong ngày chỉ nằm trong khoảng (1; 3). Với những công tác thi công chủ yếu dùng nhân lực thủ công, thời gian thi công này sẽ được chọn trong khoảng cho trước (1;10) với những công tác có khối lượng vừa và từ (1:20) với những công tác có khối lượng thi công lớn. Thời gian chờ giữa các công tác được chọn trong khoảng (0;3) và riêng chờ dỡ ván khuôn dầm sàn sau khi thi công đổ bê tông là (7;14) với bê tông có phụ gia đông kết nhanh R7.

Bảng 0.2. Bảng thống kê các thông số đầu vào của dự án

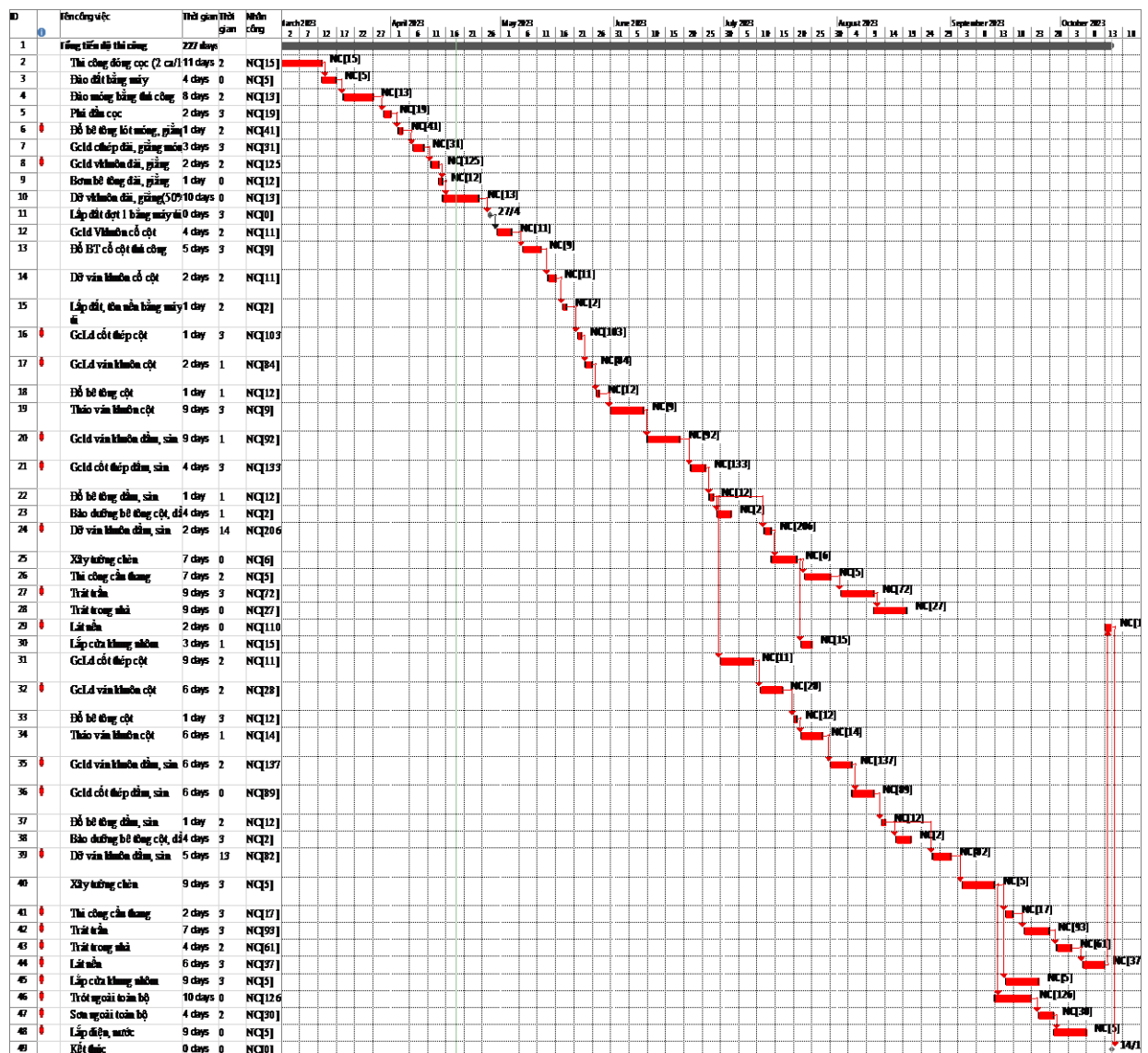
TT	Tên công việc	Thời gian	Đơn vị	Công việc trước	Thời gian chờ	Khối lượng	Định mức
	Phần ngầm						
1	Thi công đóng cọc (2 ca/1ngày)	(4;12)	100m	-	(0;3)	5	2.3
2	Đào đất bằng máy	(2;4)	100m ³	1	(0;3)	12.49	0.316
3	Đào móng bằng thủ công	(1;10)	m ³	2	(0;3)	200	0.5
4	Phá đầu cọc	(1;10)	m ³	3	(0;3)	7.533	5.1
5	Đổ bê tông lót móng, giăng	(1;10)	m ³	4	(0;3)	28.6	1.42
6	Gcld cthép đài, giăng móng	(1;10)	T	5	(0;3)	11.07	8.34
7	Gcld vkhuôn đài, giăng	(1;10)	100m ²	6	(0;3)	6.51	38.28
8	Bơm bê tông đài, giăng	(1;1)	m ³	7	(0;3)	114.48	0.0035
9	Dỡ vkhuôn đài, giăng (50%)	(1;10)	100m ²	8	(0;3)	6.51	19.14
10	Lấp đất đợt 1 bằng máy ủi	(1;10)	100m ³	9	(0;3)	4.49	0.094
11	Gcld Vkhuôn cổ cột	(1;10)	100m ²	10	(0;3)	1.17	38.28
12	Đổ BT cổ cột thủ công	(1;10)	m ³	11	(0;3)	9.558	4.5
13	Dỡ ván khuôn cổ cột	(1;10)	100m ²	12	(0;3)	1.17	19.14
14	Lấp đất, tôn nền bằng máy ủi	(1;2)	100m ³	13	(0;3)	17.68	0.094
	Tầng 1						
15	Gcld cốt thép cột	(1;10)	T	14	(0;3)	12.19	8.48
16	Gcld ván khuôn cột	(1;10)	100m ²	15	(0;3)	4.37	38.28
17	Đổ bê tông cột	(1;1)	m ³	16	(0;3)	39.51	0.0035
18	Tháo ván khuôn cột	(1;10)	100m ²	17	(0;3)	4.37	19.14
19	Gcld ván khuôn dầm, sàn	(1;20)	100m ²	18	(0;3)	25.42	32.42
20	Gcld cốt thép dầm, sàn	(1;20)	T	19	(0;3)	42.92	12.42
21	Đổ bê tông dầm, sàn	(1;1)	m ³	20	(0;3)	250	0.0035
22	Bảo dưỡng bê tông cột, dầm, sàn	(2;5)	c«ng	21	(0;3)		
23	Dỡ ván khuôn dầm, sàn	(1;10)	100m ²	22	(7;14)	25.42	16.21

24	Xây tường chèn	(1;10)	m3	23	(0;3)	15.56	2.7
25	Thi công cầu thang	(1;10)	m3	24	(0;3)	4.16	7.99
26	Trát trần	(1;10)	m2	25	(0;3)	1296	0.5
27	Trát trong nhà	(1;10)	m2	26	(0;3)	1108.8	0.22
28	Lát nền	(1;10)	m2	43	(0;3)	1296	0.17
29	Lắp cửa khung nhôm	(1;10)	m2	24	(0;3)	150	0.3
	Tầng 2						
30	GcLd cốt thép cột	(1;10)	T	21	(0;3)	12.19	8.48
31	GcLd ván khuôn cột	(1;10)	100m2	30	(0;3)	4.37	38.28
32	Đổ bê tông cột	(1;1)	m3	31	(0;3)	39.51	0.0035
33	Tháo ván khuôn cột	(1;10)	100m2	32	(0;3)	4.37	19.14
34	Gcld ván khuôn dầm, sàn	(1;20)	100m2	33	(0;3)	25.42	32.42
35	Gcld cốt thép dầm, sàn	(1;10)	T	34	(0;3)	42.92	12.42
36	Đổ bê tông dầm, sàn	(1;1)	m3	35	(0;3)	250	0.0035
37	Bảo dưỡng bê tông cột, dầm, sàn	(2;5)	c<<ng	36	(0;3)		
38	Dỡ ván khuôn dầm, sàn	(1;20)	100m2	36	(7;14)	25.42	16.21
39	Xây tường chèn	(1;10)	m3	38	(0;3)	15.56	2.7
40	Thi công cầu thang	(1;10)	m3	39	(0;3)	4.16	7.99
41	Trát trần	(1;20)	m2	40	(0;3)	1296	0.5
42	Trát trong nhà	(1;10)	m2	41	(0;3)	1108.8	0.22
43	Lát nền	(1;10)	m2	42	(0;3)	1296	0.17
	Hoàn thiện						
44	Lắp cửa khung nhôm	(1;10)	m2	39	(0;3)	150	0.3
45	Trột ngoài toàn bộ	(1;20)	m2	39	(0;3)	1300	0.97
46	Sơn ngoài toàn bộ	(1;10)	m2	45	(0;3)	1300	0.091
47	Lắp điện, nước	(1;10)	m2	46	(0;3)	500	0.091
48	Kết thúc	0		47	0		

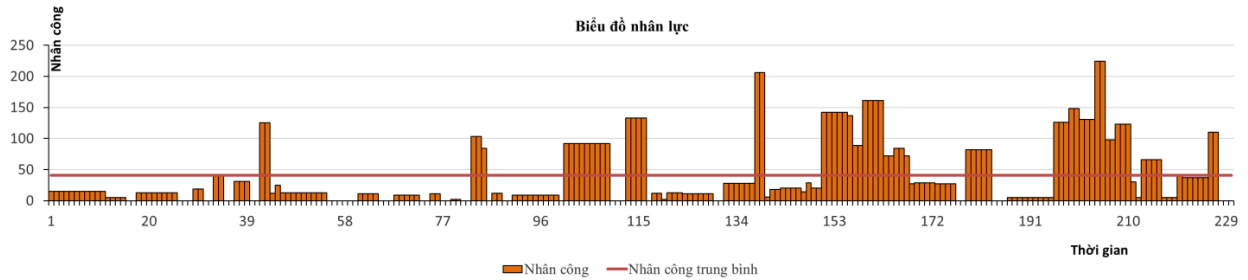
3.2. Lập tiến độ thi công công trình theo sơ đồ ngang

Trước tiên, một kế hoạch tiến độ thi công được xây dựng ngẫu nhiên theo đúng trình tự thi công. Kế hoạch tiến độ này sẽ được sử dụng làm đối chứng cho kết quả tối ưu kế hoạch tiến độ thi công bằng thuật toán di truyền.

Trong kế hoạch tiến độ ban đầu này, các tham số thời gian thi công và thời gian chờ được lấy ngẫu nhiên trong khoảng cho phép. Công cụ tính sẽ tự động dựa theo quan hệ công việc cho trước để xây dựng một kế hoạch tiến độ ngang, mô tả quy trình thi công của công trình theo đúng yêu cầu. Để đảm bảo tiến độ thi công lập ra là hợp lý, quá trình này sẽ được thực hiện lặp một số lần cho đến khi tìm được một tiến độ thi công tốt. Kết quả khởi tạo tiến độ thi công ban đầu được thể hiện trên Hình 0.25 và biểu đồ nhân lực của tiến độ đó được thể hiện trên Hình 0.26.



Hình 0.25. Tiến độ thi công ban đầu



Hình 0.26. Biểu đồ nhân lực ban đầu

Nhận xét: Có thể thấy kế hoạch tiến độ thi công ban đầu được khởi tạo ngẫu nhiên cho kết quả khá tốt. Cụ thể, quá trình này mất 227 ngày để hoàn thành dự án với số lao động cao nhất là 224. Tuy nhiên, cũng có thể thấy biểu đồ nguồn lực của tiến độ thi công ban đầu chưa hợp lý về mặt định tính và định lượng, khi khoảng cách thi công không liên tục, có nhiều khoảng trống và tổng thời gian thi công vẫn có thể rút ngắn được. Ngoài ra, lượng nhân công cao nhất vẫn lớn gấp nhiều lần lượng nhân công trung bình, thể hiện sự bất hợp lý về tiến độ, nếu xét theo tiêu chí biểu đồ nhân lực.

3.3. Tối ưu hóa tiến độ thi công

Trong phần này, chương trình tính GA_Schedule sẽ được kích hoạt để tối ưu hóa kế hoạch tiến độ thi công theo các tiêu chí khác nhau. Trước tiên, các tham số đầu vào của chương trình tính được thiết lập như trên bảng 3.2. Các tham số này được chọn sao cho không mất quá nhiều thời gian chạy và kết quả vẫn đảm bảo độ chính xác. Để nâng cao kết quả tìm kiếm tối ưu, các khuyến cáo sau có thể được thực hiện: Tăng tổng số cá thể, tỷ lệ giao thoa và tỷ lệ đột biến; Giảm giá trị hội tụ xuống nhỏ hơn 0.001.

Bảng 0.3. Các thông số ban đầu của thuật toán

Tên tham số	Giá trị thiết lập
Tổng số cá thể	100
Tỷ lệ giao thoa	50%
Tỷ lệ đột biến	7.5%
Điều kiện dừng	Kết quả hội tụ đến 0.001

Tiếp theo, để tìm kiếm tiến độ thi công tối ưu theo các tiêu chí khác nhau, các trường hợp sau sẽ được đưa vào khảo sát (Bảng 3.3). Trong đó, trường hợp thứ 1 sẽ tối ưu dựa theo tiêu chí tổng thời gian thi công là nhỏ nhất; trường hợp thứ 2 sẽ tối ưu theo tiêu chí nhân công lớn nhất trên công trường đạt tối thiểu và trường hợp cuối cùng sẽ tối

ưu theo tiêu chí đa mục tiêu (D) như đã xây dựng ở mục 2.1.3 theo các công thức từ (2.1) đến (2.5).

Bảng 0.4. Các trường hợp tính toán

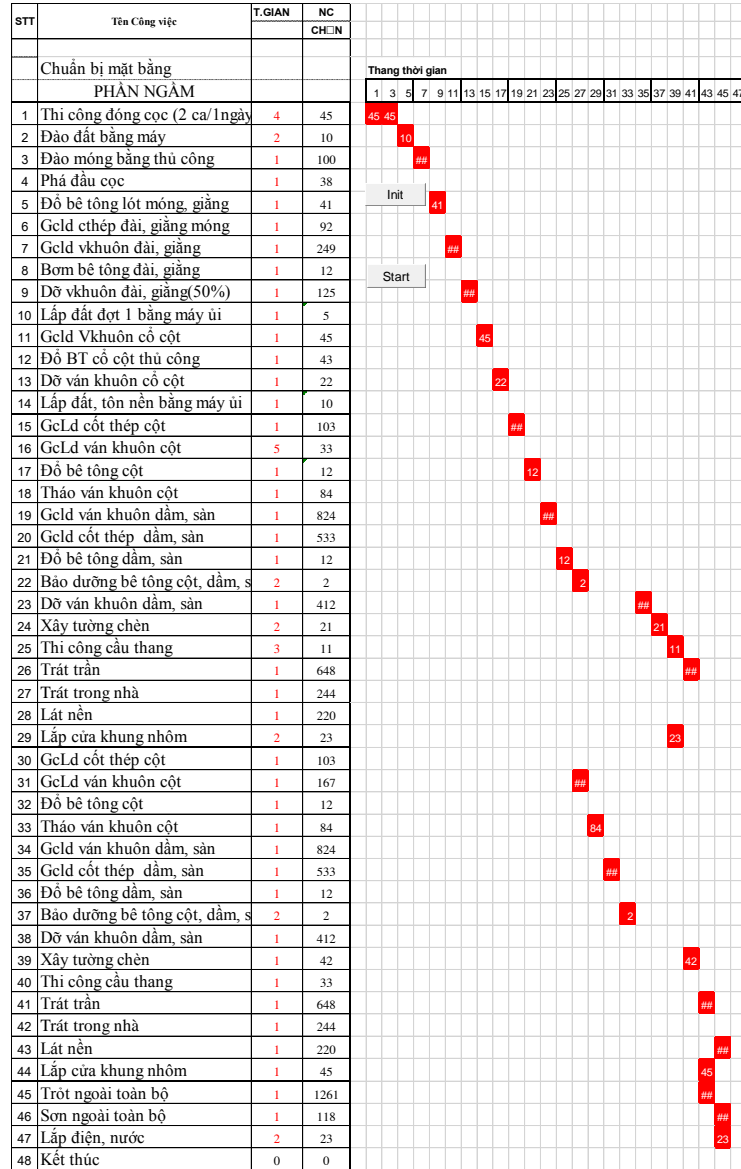
Thứ tự	Hàm tối ưu	Công thức	Ràng buộc chung
Trường hợp 1	Tổng thời gian thi công (T) → min	(2.1)	Tổng thời gian thi công $T \leq 250$ ngày
Trường hợp 2	Số lượng nhân công lớn nhất (N) → min	(2.2)	
Trường hợp 3	Hàm tiêu chí đa mục tiêu (D) → min	(2.5)	

Hàm tối ưu theo tiêu chí đa mục tiêu (D) có 3 hệ số a_1, a_2, a_3 được lựa chọn trước như sau: $a_1 = 0,7$; $a_2 = 0,2$ và $a_3 = 0,1$. Việc lựa chọn các hệ số ban đầu này tùy thuộc vào ý đồ của người lập tiến độ. Trong đó lưu ý là hệ số a_1 gắn với thời gian thi công T, a_2 gắn với nhân công lớn nhất trong ngày thi công N và a_3 gắn với các hệ số đánh giá sự hợp lý của biểu đồ nhân lực K_1, K_2 . Vì vậy, nếu người lập muốn chú trọng kết quả vào tiêu chí nào hơn, thì hệ số gắn với tiêu chí đó nên được tăng lên.

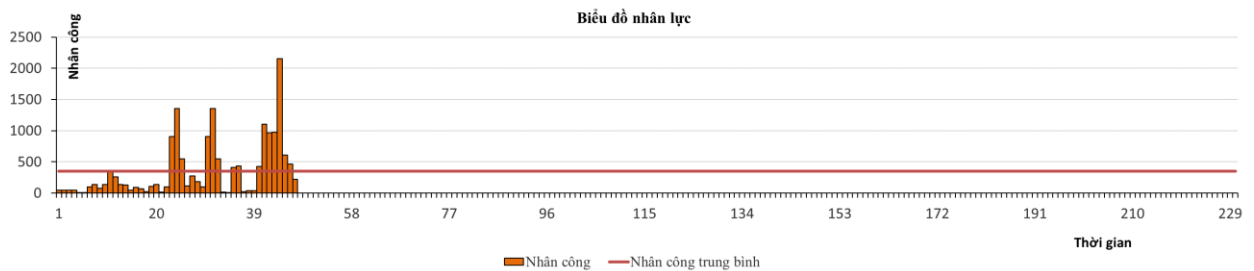
Kết quả tối ưu các trường hợp như sau :

* Trường hợp 1 : Tổng thời gian thi công (T) → min.

Trong trường hợp này, hàm chi phí được sử dụng là (T) tính theo công thức (2.1). Với hàm chi phí này, mô hình sẽ tìm kiếm các tiến độ hợp lý theo tiêu chí tổng thời gian thi công càng nhỏ càng tốt, điều kiện ràng buộc là $T \leq 250$ ngày và lượng nhân công tối đa không có giới hạn. Kết quả tối ưu được thể hiện trên Hình 0.27 và Hình 0.28.



Hình 0.27. Biểu đồ tiến độ trường hợp 1



Hình 0.28. Biểu đồ nhân lực trường hợp 1

Nhận xét: Kết quả chạy tối ưu theo tiêu chí: Tổng thời gian thi công (T) → min cho thấy, tổng gian thi công được rút xuống đáng kể so với trường hợp ban đầu với T = 46 ngày. Tuy vậy, việc chỉ tối ưu theo thời gian dẫn đến nhân lực thi công bất hợp lý, với nhân công cao nhất trong ngày N = 2153 Công nhân. Chưa kể đến, biểu đồ nhân lực

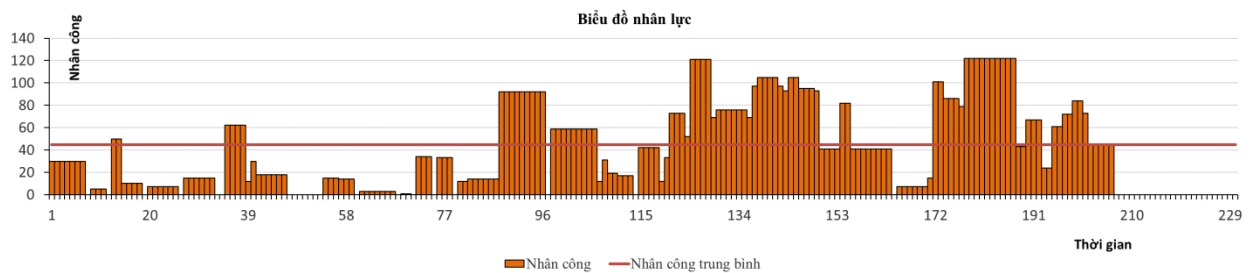
chưa hợp lý về mặt định tính, khi có nhiều cột cao bất thường so với mức nhân công trung bình.

* Trường hợp 2: Số lượng nhân công lớn nhất (N) → min

Trong trường hợp này, hàm chi phí được sử dụng là (N) tính theo công thức (2.2). Với hàm chi phí này, mô hình sẽ tìm kiếm các tiến độ hợp lý theo tiêu chí nhân công tối đa trong ngày thi công là nhỏ nhất, điều kiện ràng buộc là $T \leq 250$ ngày. Kết quả tối ưu được thể hiện trên Hình 0.29 và Hình 0.30.



Hình 0.29. Biểu đồ tiến độ trường hợp 2



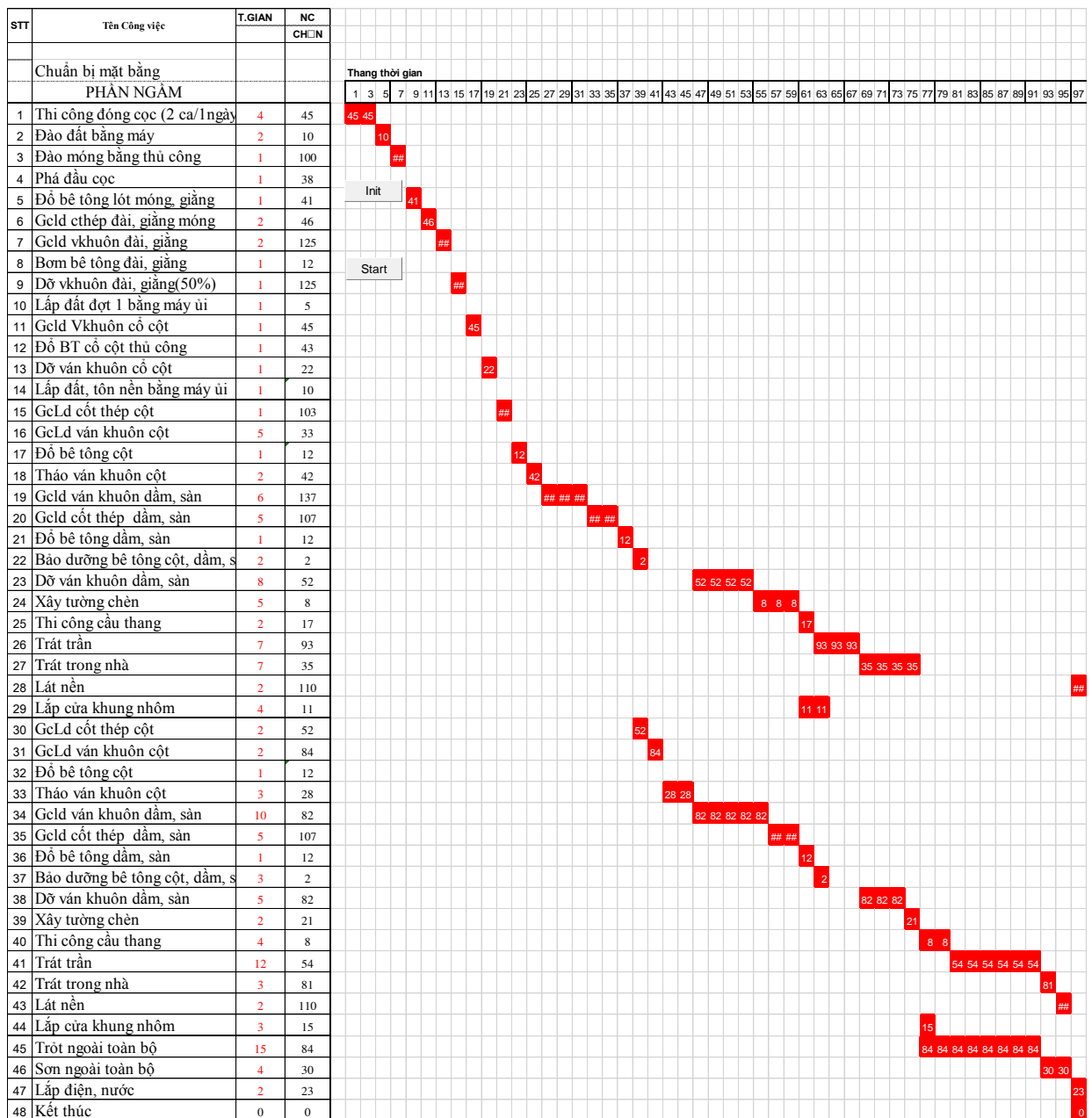
Hình 0.30. Biểu đồ nhân lực trường hợp 2

Nhận xét: Kết quả chạy tối ưu theo tiêu chí: Số lượng nhân công lớn nhất (N) → min cho thấy, kế hoạch tiến độ thi công này đã hợp lý hơn nhiều, với lượng nhân công cao nhất trong ngày $N = 122$ công nhân, Tổng thời gian thi công $T = 206$ ngày. Tuy vậy, xét về mặt biểu đồ nhân lực, kế hoạch tiến độ vẫn cho thấy sự bất hợp lý ở cả định tính

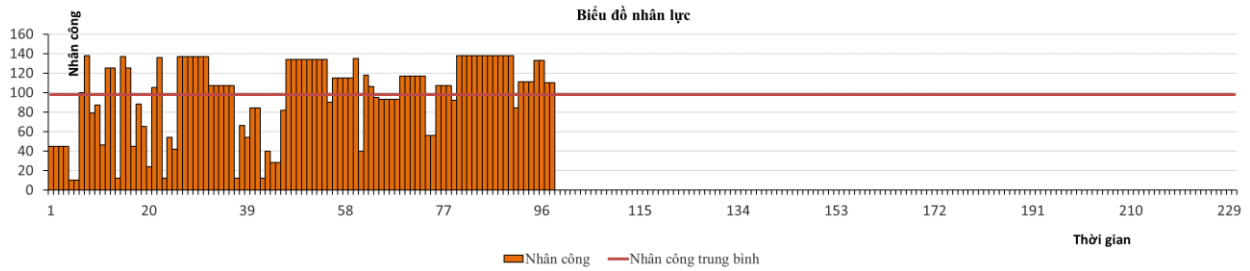
và định lượng biểu đồ, khi mà vẫn có nhiều khoảng trống và tỷ lệ phần nhân công nằm trên đường trung bình còn nhiều.

* Trường hợp 3: Hàm tiêu chí đa mục tiêu (D) → min.

Trong trường hợp này, hàm chi phí được sử dụng là (D) tính theo công thức (2.5). Với hàm chi phí này, mô hình sẽ tìm kiếm các tiến độ hợp lý theo nhiều tiêu chí đồng thời : Về tổng thời gian thi công, nhân công trong ngày cao nhất, và các tiêu chí đặc trưng cho sự hợp lý của biểu đồ nhân lực. Kết quả tối ưu được thể hiện trên Hình 0.31 và Hình 0.32.



Hình 0.31. Biểu đồ tiến độ trường hợp 3



Hình 0.32. Biểu đồ nhân lực trường hợp 3

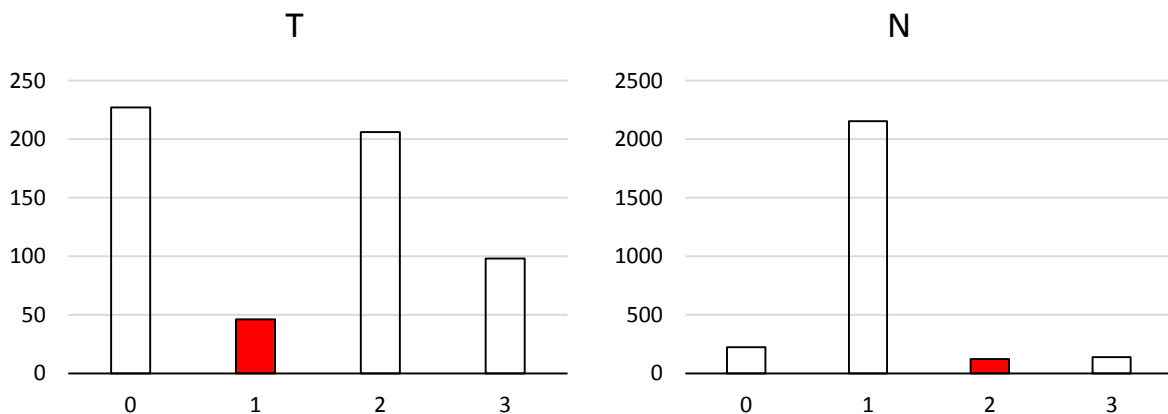
Nhận xét: Kết quả chạy tối ưu theo tiêu chí: Hàm tiêu chí đa mục tiêu (D) → min cho thấy, kế hoạch tiến độ thi công này đã đạt đến sự hợp lý và cân bằng, với lượng nhân công cao nhất trong ngày $N = 138$ công nhân, Tổng thời gian thi công $T = 98$ ngày. Biểu đồ nhân lực cho thấy, cả về mặt định tính và phân bố nhân lực đều hợp lý, không xuất hiện nhiều khoảng trống trong tiến độ thi công. So với tiến độ thi công khởi đầu, tiến độ thi công được tối ưu cho phép đồng thời rút ngắn 56% tổng thời gian thi công, 38% nhân lực tối đa và biểu đồ nhân lực đạt được mức độ hợp lý cả về định tính lẫn định lượng.

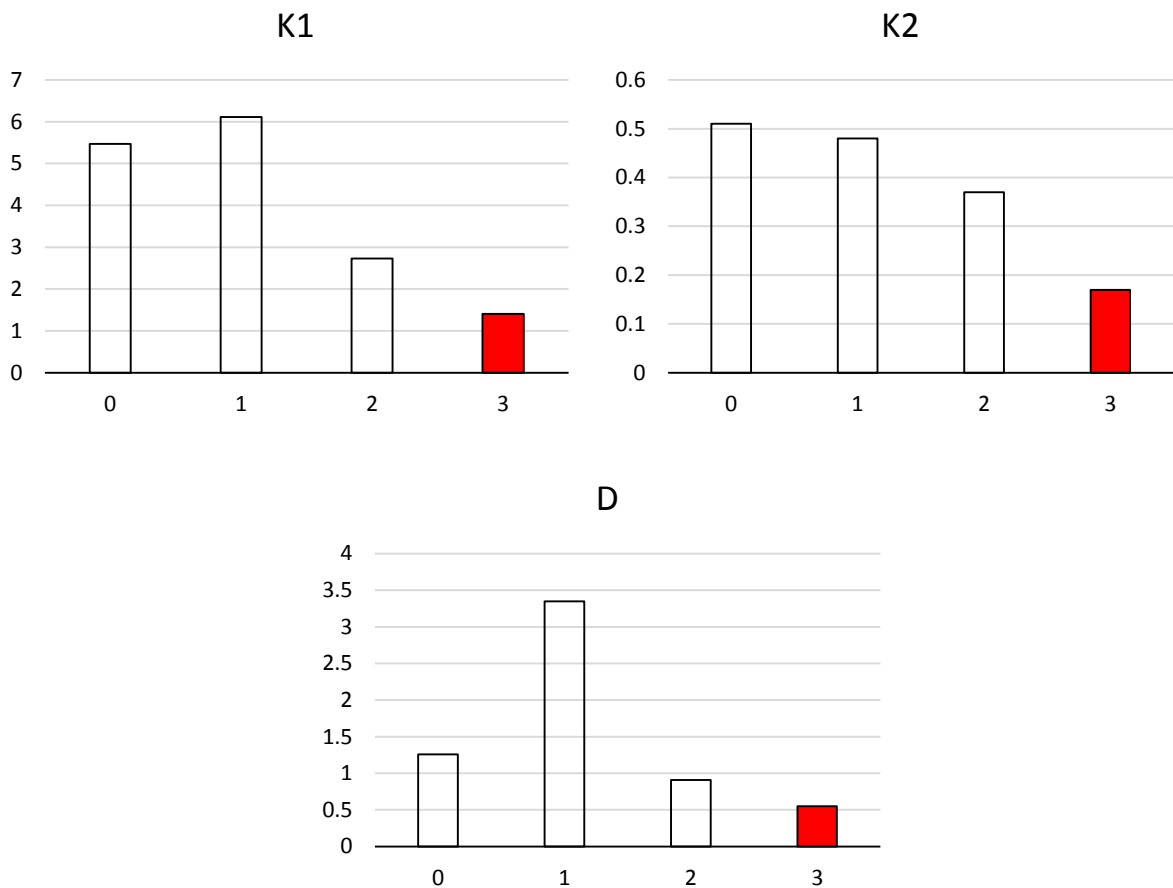
Kết quả so sánh cụ thể giữa các kế hoạch tiến độ thi công, thể hiện trên bảng 3.4

Bảng 0.5. Bảng kết quả các trường hợp tính toán

Trường hợp	T	N	K_1	K_2	D
	(ngày)	(Công nhân)	-	-	-
Khởi đầu	227	224	5.47	0.51	1.26
1	46	2153	6.11	0.48	3.35
2	206	122	2.73	0.37	0.91
3	98	138	1.41	0.17	0.55

Ghi chú : Các con số in đậm thể hiện kết quả tốt nhất cho một tiêu chí.





Hình 0.33. Kết quả so sánh giữa các kế hoạch tiến độ

Nhận xét: Có thể thấy rằng, về các trường hợp tối ưu kế hoạch tiến độ thi công đơn tiêu chí, các kết quả đạt được là tốt khi tiêu chí đó đạt kết quả tốt nhất trong các trường hợp tính toán. Tuy vậy, khi tối ưu theo tiêu chí thời gian thì lượng nhân công cao nhất trong ngày tăng lên quá cao, đồng thời hệ số K_1 , K_2 cũng bất hợp lý. Ngược lại, khi tối ưu theo tiêu chí nhân công, thời gian thi công chưa rút ngắn được nhiều so với trường hợp khởi đầu, đồng thời các hệ số K_1 , K_2 cũng chưa thực sự hợp lý. Cuối cùng, trường hợp tối ưu kế hoạch tiến độ theo hàm đa mục tiêu, tất cả các tiêu chí đều tốt và kế hoạch tiến độ tỏ ra cân bằng giữa thời gian thi công, nhân công và sự hợp lý của biểu đồ nhân lực. Kết quả tối ưu kế hoạch tiến độ theo tiêu chí đa mục tiêu được lựa chọn làm tiến độ tốt nhất để triển khai dự án. Tiến độ đó được thể hiện trên hình Hình 0.34.

kết quả tối ưu kế hoạch tiến độ thi công được xem xét với chú ý về điều kiện ràng buộc là tổng 3 trọng số này là 1. Các trường hợp được chọn để khảo sát sẽ được chú trọng vào từng nhóm trọng số, sao cho tầm quan trọng của nhóm tiêu chí sẽ được đề cao hơn.

Các trường hợp sau được khảo sát như sau :

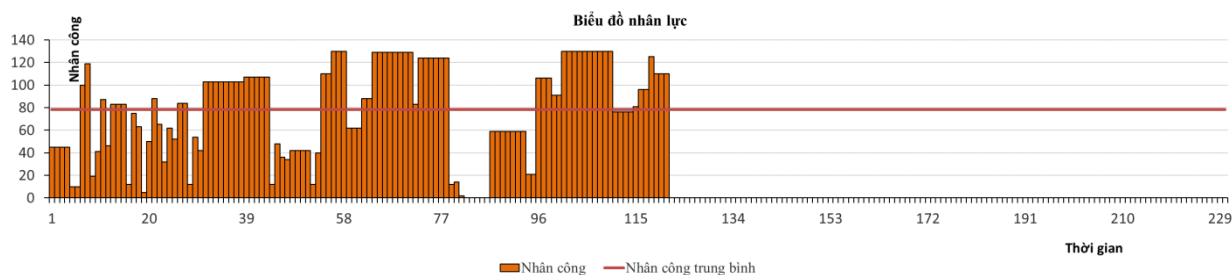
Trường hợp 1 : Trọng số đối với thời gian thi công (T) và nhân lực thi công lớn nhất trong ngày (N) bằng nhau.

Trường hợp khảo sát 2 : Ưu tiên tối ưu nhân lực thi công lớn nhất trong ngày (N)

Trường hợp khảo sát 3 : Ưu tiên các hệ số của biểu đồ nhân lực (K_1, K_2)

Kết quả các trường hợp khảo sát như sau :

* Trường hợp khảo sát 1: Trọng số đối với thời gian thi công (T) và nhân lực thi công lớn nhất trong ngày (N) bằng nhau và chiếm tỷ lệ lớn: $a_1 = 0,45$; $a_2 = 0,45$ và $a_3 = 0,1$.



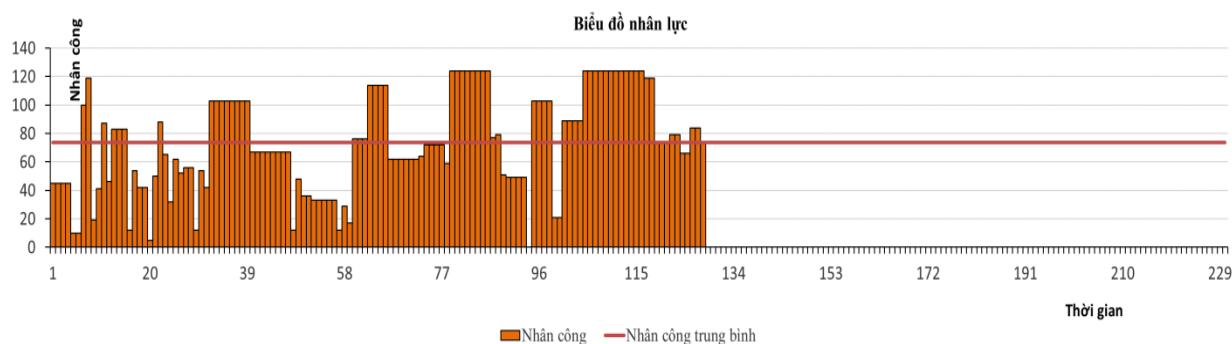
Hình 0.35. Biểu đồ nhân lực của trường hợp khảo sát 1

Bảng 0.6. Bảng kết quả của trường hợp khảo sát 1

Tiêu chí	Giá trị
N	130
T	121
Ntb	78.47
K1	1.65
K2	0.22
D	0.71

Nhận xét : Trường hợp ưu tiên (T) và (N) như nhau, ta thấy mô hình đã tìm được một kế hoạch tiến độ cho giá trị (T) và (N) cân bằng hơn so với kế hoạch tiến độ tối ưu đã lựa chọn phần trên. Cụ thể là thời gian tăng từ 98 lên 121 ngày, trong khi nhân công tối đa giảm từ 138 xuống 130.

* Trường hợp khảo sát 2 : Ưu tiên tối ưu nhân lực thi công lớn nhất trong ngày (N) lớn hơn so với thời gian thi công (T) $a_1 = 0,2$; $a_2 = 0,7$ và $a_3 = 0,1$.



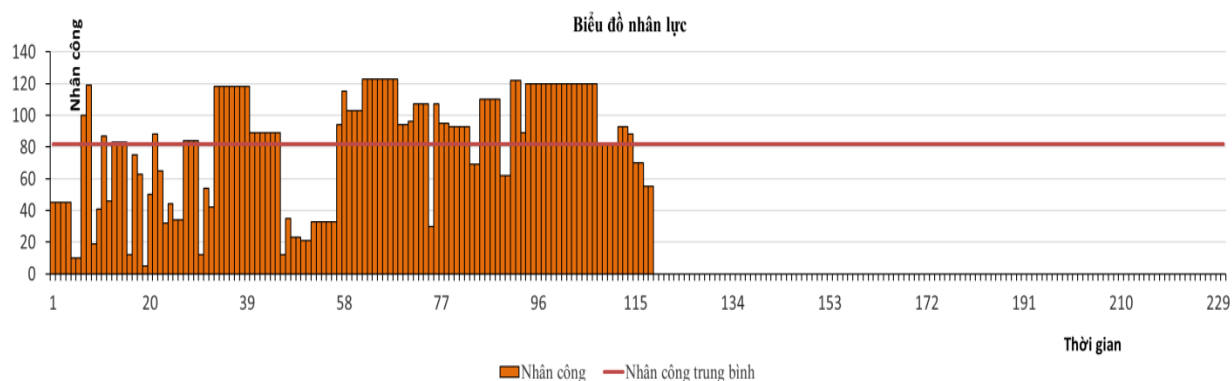
Hình 0.36. Biểu đồ nhân lực của trường hợp khảo sát 2

Bảng 0.7. Bảng kết quả của trường hợp khảo sát 2

Tiêu chí	Giá trị
N	124
T	128
N_{tb}	73.81
K1	1.68
K2	0.19
D	0.78

Nhận xét : Trường hợp hàm đa mục tiêu theo tiêu chí ưu tiên (N) hơn, ta thấy mô hình đã tìm được một kế hoạch tiến độ cho giá trị (N) thấp hơn nữa, cụ thể là từ 138 giảm xuống 124, tuy vậy, thời gian thi công từ 98 đã tăng lên đến 128 ngày.

* Trường hợp khảo sát 3 : Ưu tiên các hệ số của biểu đồ nhân lực (K_1 , K_2) với $a_1 = 0,25$; $a_2 = 0,25$ và $a_3 = 0,5$.



Hình 0.37. Biểu đồ nhân lực của trường hợp khảo sát 3

Bảng 0.8. Bảng kết quả của trường hợp khảo sát 3

Tiêu chí	Giá trị
N	123
T	118
Ntb	81.6
K1	1.50
K2	0.18
D	0.79

Nhận xét : Trường hợp hàm đa mục tiêu theo tiêu chí ưu tiên (K_1, K_2) hơn, ta thấy mô hình đã tìm được một kế hoạch tiến độ cho giá trị (K_1, K_2) hợp lý nhất, cụ thể là K_1 đạt 1.5 và K_2 đạt 0.18 là tốt nhất trong các trường hợp khảo sát. Tuy vậy, giá trị nhân công trung bình lại cao hơn các trường hợp còn lại. Biểu đồ cũng thể hiện sự hợp lý khi ít khoảng trống và rút gọn được thời gian thi công công trình. Kết quả phân tích cả 3 trường hợp cho thấy sự chênh lệch không lớn về kết quả, nên tùy vào trường hợp ưu tiên tiêu chí nào hơn mà chọn các trọng số của hàm đa mục tiêu để thỏa mãn điều kiện đặt ra.

3.5. KẾT LUẬN CHƯƠNG 3

Chương 3 đã áp dụng lý thuyết xây dựng từ chương 2, đưa ra tính toán và rút ra các kết luận như sau:

- Các kế hoạch tiến độ thi công được tự động tối ưu bằng thuật toán di truyền, cho thấy sự hợp lý hơn, so với một kế hoạch đối chứng, được khởi tạo theo quy trình thi công bình thường.
- Các kế hoạch tiến độ thi công, tối ưu theo tiêu chí đơn mục tiêu, chỉ đạt được hiệu quả xét theo đúng tiêu chí đó, còn các tiêu chí khác hoặc không đạt, hoặc không hợp lý.
- Kế hoạch tiến độ thi công được tối ưu theo tiêu chí đa mục tiêu, giúp tiến độ thi công đạt được sự hợp lý, cân bằng giữa các yếu tố tổng thời gian thi công, nhân lực tối đa trên công trường và sự hợp lý của biểu đồ nhân lực. Cụ thể, tiến độ thi công được tối ưu cho phép đồng thời rút ngắn 56% tổng thời gian thi công, 38% nhân lực tối đa và biểu đồ nhân lực đạt được mức độ hợp lý cả về định tính lẫn định lượng.
- Các trọng số của hàm tiêu chí đa mục tiêu, giúp điều chỉnh kế hoạch tiến độ theo ý đồ người lập, trọng tâm vào rút ngắn thời gian, giảm bớt nhân lực hay điều tiết biểu đồ nhân lực cho phù hợp.

KẾT LUẬN VÀ KIẾN NGHỊ

* Một số kết luận:

- Luận văn đã xây dựng được một mô hình kế hoạch tiến độ trên phần mềm Excel, với các ràng buộc về công việc tuân thủ đúng quy định về kỹ thuật và quy trình thi công.
- Đã triển khai thuật toán di truyền bằng ngôn ngữ lập trình VBA để tự động tối ưu kế hoạch tiến độ thi công, kèm theo các điều kiện ràng buộc theo đề bài.
- Đề xuất được hàm tối ưu đa mục tiêu, trong đó kể đến ảnh hưởng của các tiêu chí đơn mục tiêu, giúp cho việc tối ưu hóa kế hoạch tiến độ đạt được độ cân bằng giữa tài nguyên, nhân lực và sự hợp lý của biểu đồ nhân lực.
- Kết quả phân tích cho thấy các kế hoạch tiến độ thi công được tự động tối ưu bằng thuật toán di truyền với các hàm tiêu chí khác nhau, cho thấy sự hợp lý hơn so với các kế hoạch tiến độ không tối ưu.
- Các kế hoạch tiến độ thi công, tối ưu theo tiêu chí đơn mục tiêu, chỉ đạt được hiệu quả xét theo đúng tiêu chí đó, còn các tiêu chí khác hoặc không đạt, hoặc không hợp lý.
- Kế hoạch tiến độ thi công được tối ưu theo tiêu chí đa mục tiêu, giúp tiến độ thi công đạt được sự hợp lý, cân bằng giữa các yếu tố tổng thời gian thi công, nhân lực tối đa trên công trường và sự hợp lý của biểu đồ nhân lực. Cụ thể, tiến độ thi công được tối ưu cho phép đồng thời rút ngắn 56% tổng thời gian thi công, 38% nhân lực tối đa và biểu đồ nhân lực đạt được mức độ hợp lý cả về định tính lẫn định lượng.
- Các trọng số của hàm tiêu chí đa mục tiêu, giúp điều chỉnh kế hoạch tiến độ theo ý đồ người lập, trọng tâm vào rút ngắn thời gian, giảm bớt nhân lực hay điều tiết biểu đồ nhân lực cho phù hợp.

- Ứng dụng mô hình để tối ưu kế hoạch tiến độ thi công công trình cụ thể. Kế hoạch tiến độ thu được đạt được sự hợp lý, cân bằng giữa các yếu tố tổng thời gian thi công, nhân lực tối đa trên công trường và sự hợp lý của biểu đồ nhân lực. Cho phép đồng thời rút ngắn 56% tổng thời gian thi công, 38% nhân lực tối đa và biểu đồ nhân lực đạt được mức độ hợp lý cả về định tính lẫn định lượng.
- Mô hình cho phép thay đổi linh hoạt các trọng số của các tiêu chí trong hàm đa mục tiêu, giúp quá trình tối ưu chú trọng hơn vào một tiêu chí cụ thể.

*** Một số kiến nghị**

- Đa dạng hóa tham số có thể tối ưu, cụ thể là điều kiện ràng buộc giữa các công việc, hay thứ tự triển khai các công việc trong dự án.
- Sử dụng một số dạng hàm đa mục tiêu khác nhau, để đề xuất lựa chọn được hàm tiêu chí phù hợp nhất.
- Ứng dụng công cụ trong lập, quản lý, điều hành tiến độ thi công công trình.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

Tiếng Việt

1. Hoàng Thị Cành (2019). Tối ưu hóa sơ đồ mạng theo chỉ tiêu thời gian và chi phí sử dụng thuật toán di truyền. *Tạp chí KHOA HỌC & CÔNG NGHỆ*, **122(08)**.
2. Hoàng Nhật Đức (2015). Tối ưu hóa tiến độ và chi phí cho dự án xây dựng sử dụng thuật toán tiến hóa vi phân. *KH&CN – ĐH Duy Tân*, **1(14)**.
3. Trần Đức Học (2019). Tối ưu cân bằng thời gian chi phí trong tiến độ các dự án có công tác lặp lại. *Tạp chí Khoa học Công nghệ Xây dựng*.

Tiếng Anh

4. Holland J.H. (1984). Genetic Algorithms and Adaptation. *Adaptive Control of Ill-Defined Systems*. Springer US, Boston, MA, 317–333.
5. Pham T.A., Tran V.Q., Vu H.-L.T. và cộng sự. (2020). Design deep neural network architecture using a genetic algorithm for estimation of pile bearing capacity. *PLoS ONE*, **15(12)**, e0243030.
6. Zhou J., Love P.E.D., Wang X. và cộng sự. (2013). A review of methods and algorithms for optimizing construction scheduling. *J Oper Res Soc*, **64(8)**, 1091–1105.
7. El-Rayes K. và Kandil A. (2005). Time-cost-quality trade-off analysis for highway construction. *Journal of construction Engineering and Management*, **131(4)**, 477–486.
8. Gantt H.L. (1913), *Work, wages, and profits*, Engineering magazine.
9. Hao K., Zhao J., Wang B. và cộng sự. (2021). The Application of an Adaptive Genetic Algorithm Based on Collision Detection in Path Planning of Mobile Robots. *Computational Intelligence and Neuroscience*, **2021**, 5536574.
10. Holland J.H. (1992). Genetic Algorithms. *Scientific American*, **267(1)**, 66–73.
11. Kallantzis A. và Lambropoulos S. (2004). Critical path determination by incorporating minimum and maximum time and distance constraints into linear scheduling. *Engineering, Construction and Architectural Management*, **11(3)**, 211–222.

12. Lu M. và Li H. (2003). Resource-activity critical-path method for construction planning. *Journal of construction engineering and management*, **129(4)**, 412–420.
13. Magalhães-Mendes J. và Greiner D. (2015), *Evolutionary algorithms and metaheuristics in civil engineering and construction management*, Springer.
14. Tamimi S. và Diekmann J. (1988). Soft logic in network analysis. *Journal of Computing in Civil Engineering*, **2(3)**, 289–300.

PHỤ LỤC

Chương trình tính GA_Schedule viết bằng ngôn ngữ lập trình VBA

Function Fit(Chrome As Class1) As Double

 n = Range("B3").Value 'so luong cong viec

 For i = 7 To (n + 7) - 1

 Range("A" & i).Value

 Next i

End Function

Sub Genetic()

 '

 ' Genetic Macro

 '

 Dim pop(100) As Class1

 Dim n

 n = Range("B3").Value 'so luong cong viec

 For j = 1 To 50

 For i = 7 To (n + 7) - 1

 pop(j).Min(i - 7 + 1) = Range("A" & i).Value

 pop(j).Max(i - 7 + 1) = Range("B" & i).Value

 Next i

 Next j

 For i = 1 To 50

 For j = 1 To 2 * n

 pop(i).Gene(j) = Int((pop(i).Max(j) - pop(i).Min(j)) * Rnd() + pop(i).Min(j))

 pop(i).Delay = Int(3 * Rnd())

 Next j

 Next i

MaxGene = 100

Mutation = 0.05

End Sub

Sub Init()

Dim bob

Dim n

n = Range("B3").Value * 2

For bob = 7 To (n + 7) - 1

 Range("F" & bob).FormulaR1C1 = "=RANDBETWEEN(RC[-5],RC[-4])"

 ' Range("K" & bob).FormulaR1C1 = "=RANDBETWEEN(RC[+1],RC[+2])"

Next bob

End Sub

Sub seed()

Dim bob

Dim n

Dim parameter

parameter = 1000

n = Range("W1").Value

For bob = 2 To ((3 * n) + 1)

 Range("Z" & bob).Select

 ActiveCell.FormulaR1C1 = parameter * (Rnd - 0.5)

 Range("AA" & bob).Select

 ActiveCell.FormulaR1C1 = parameter * (Rnd - 0.5)

 Range("AB" & bob).Select

 ActiveCell.FormulaR1C1 = parameter * (Rnd - 0.5)

 Range("AC" & bob).Select

 ActiveCell.FormulaR1C1 = parameter * (Rnd - 0.5)

 Range("AD" & bob).Select

```

ActiveCell.FormulaR1C1 = parameter * (Rnd - 0.5)
Range("AE" & bob).Select
ActiveCell.FormulaR1C1 = parameter * (Rnd - 0.5)
Range("AF" & bob).Select
ActiveCell.FormulaR1C1 = parameter * (Rnd - 0.5)
Next bob
Dim i
For i = 2 To ((3 * n) + 1)
    Range("Z" & i & ":AF" & i).Select
    Selection.Copy
    Range("W3:W9").Select
    Selection.PasteSpecial Paste:=xlAll, Operation:=xlNone, SkipBlanks:=False _
    , Transpose:=True
    Range("AG" & i).Value = Range("W14").Value
Next i

Columns("Z:AG").Select
Selection.Sort Key1:=Range("AG2"), Order1:=xlDescending, Header:=xlGuess _
    , OrderCustom:=1, MatchCase:=False, Orientation:=xlTopToBottom
End Sub
Sub breed()
    Dim bob
    Dim n
    Dim dad
    Dim gene1
    Dim gene2
    Dim gene3
    Dim gene4
    Dim gene5
    Dim gene6

```

```

Dim gene7
n = Range("W1").Value
For bob = (n + 2) To ((3 * n) + 1)

    dad = Int(n * Rnd) + 2
    mom = Int(n * Rnd) + 2

    If ((10 * Rnd) < 6) Then 'mom
        gene1 = Range("Z" & mom).Value
    ElseIf ((10 * Rnd) > 6) Then 'dad
        gene1 = Range("Z" & dad).Value
    Else 'combo
        gene1 = (Range("Z" & dad).Value + Range("Z" & mom).Value)
    End If

    If ((10 * Rnd) < 4) Then 'mom
        gene2 = Range("AA" & mom).Value
    ElseIf ((10 * Rnd) > 6) Then 'dad
        gene2 = Range("AA" & dad).Value
    Else 'combo
        gene2 = (Range("AA" & dad).Value + Range("AA" & mom).Value)
    End If

    If ((10 * Rnd) < 4) Then 'mom
        gene3 = Range("AB" & mom).Value
    ElseIf ((10 * Rnd) > 6) Then 'dad
        gene3 = Range("AB" & dad).Value
    Else 'combo
        gene3 = (Range("AB" & dad).Value + Range("AB" & mom).Value)
    End If

    If ((10 * Rnd) < 4) Then 'mom
        gene4 = Range("AC" & mom).Value

```

```

ElseIf ((10 * Rnd) > 6) Then 'dad
    gene4 = Range("AC" & dad).Value
Else 'combo
    gene4 = (Range("AC" & dad).Value + Range("AC" & mom).Value)
End If
If ((10 * Rnd) < 4) Then 'mom
    gene5 = Range("AD" & mom).Value
ElseIf ((10 * Rnd) > 6) Then 'dad
    gene5 = Range("AD" & dad).Value
Else 'combo
    gene5 = (Range("AD" & dad).Value + Range("AD" & mom).Value)
End If
If ((10 * Rnd) < 4) Then 'mom
    gene6 = Range("AE" & mom).Value
ElseIf ((10 * Rnd) > 6) Then 'dad
    gene6 = Range("AE" & dad).Value
Else 'combo
    gene6 = (Range("AE" & dad).Value + Range("AE" & mom).Value)
End If
If ((10 * Rnd) < 4) Then 'mom
    gene7 = Range("AF" & mom).Value
ElseIf ((10 * Rnd) > 6) Then 'dad
    gene7 = Range("AF" & dad).Value
Else 'combo
    gene7 = (Range("AF" & dad).Value + Range("AF" & mom).Value)
End If

Range("Z" & bob).Select
ActiveCell.FormulaR1C1 = (gene1 + 100 * (Rnd - 0.5))
Range("AA" & bob).Select

```

```

ActiveCell.FormulaR1C1 = (gene2 + 100 * (Rnd - 0.5))
Range("AB" & bob).Select
ActiveCell.FormulaR1C1 = (gene3 + 100 * (Rnd - 0.5))
Range("AC" & bob).Select
ActiveCell.FormulaR1C1 = (gene4 + 100 * (Rnd - 0.5))
Range("AD" & bob).Select
ActiveCell.FormulaR1C1 = (gene5 + 100 * (Rnd - 0.5))
Range("AE" & bob).Select
ActiveCell.FormulaR1C1 = (gene6 + 100 * (Rnd - 0.5))
Range("AF" & bob).Select
ActiveCell.FormulaR1C1 = (gene7 + 100 * (Rnd - 0.5))
Next bob
End Sub

Sub darwin()
Dim n
n = Range("W1").Value
Range("Z" & (n + 2) & ":AG" & ((3 * n) + 1)).Select
Selection.ClearContents
End Sub

Sub rank()
Dim n
Dim i
n = Range("W1").Value
For i = (n + 2) To ((3 * n) + 1)
Range("Z" & i & ":AF" & i).Select
Selection.Copy
Range("W3:W9").Select
Selection.PasteSpecial Paste:=xlAll, Operation:=xlNone, SkipBlanks:=False _
, Transpose:=True

```

```

    Range("AG" & i).Value = Range("W14").Value
Next i

Columns("Z:AG").Select
Selection.Sort Key1:=Range("AG2"), Order1:=xlDescending, Header:=xlGuess _
    , OrderCustom:=1, MatchCase:=False, Orientation:=xlTopToBottom
End Sub

Sub iteration()
    Dim i
    For i = 1 To Range("W36").Value
        darwin
        breed
        rank
    Next i
End Sub
%----- End -----

```