

ĐẠI HỌC HUẾ
KHOA KỸ THUẬT VÀ CÔNG NGHỆ
BỘ MÔN KHOA HỌC DỮ LIỆU VÀ TRÍ TUỆ NHÂN TẠO



PHAN THẾ MINH CHÂU

**ỨNG DỤNG CÁC PHƯƠNG PHÁP TỐI ƯU ĐỂ CẢI
THIỆN HIỆU SUẤT TRONG CÂN BẰNG DÂY CHUYỀN
MAY**

KHOÁ LUẬN TỐT NGHIỆP
KHOA HỌC DỮ LIỆU VÀ TRÍ TUỆ NHÂN TẠO

THÀNH PHỐ HUẾ, NĂM 2024

ĐẠI HỌC HUẾ
KHOA KỸ THUẬT VÀ CÔNG NGHỆ
BỘ MÔN KHOA HỌC DỮ LIỆU VÀ TRÍ TUỆ NHÂN TẠO



PHAN THẾ MINH CHÂU - 20E1020067

**ỨNG DỤNG CÁC PHƯƠNG PHÁP TỐI ƯU ĐỂ CẢI
THIỆN HIỆU SUẤT TRONG CÂN BẰNG DÂY CHUYỀN
MAY**

KHOÁ LUẬN TỐT NGHIỆP
KHOA HỌC DỮ LIỆU VÀ TRÍ TUỆ NHÂN TẠO

Giảng viên hướng dẫn:
ThS. Hoàng Trọng Lợi

THÀNH PHỐ HUẾ, NĂM 2024

Lời cảm ơn

Đầu tiên, chúng em xin gửi lời cảm ơn đến khoa Kỹ thuật và Công nghệ, nơi đã tạo điều kiện tốt nhất để chúng em được học tập và hoàn thiện trong suốt quá trình học tại khoa.

Nhóm em xin chân thành cảm ơn thầy PGS. TS. Nguyễn Quang Lịch, trưởng khoa Kỹ thuật và Công nghệ đã tận tình chỉ đạo và tạo điều kiện cho nhóm em và các bạn học tập và hoàn thành tốt đồ án.

Chúng em xin gửi lời cảm ơn chân thành đến thầy ThS. Hoàng Trọng Lợi đã định hướng và tận tình giúp đỡ, hướng dẫn nhóm em, ngoài ra còn trang bị cho chúng em những kỹ năng, kiến thức cần thiết để hoàn thành đồ án tốt nghiệp này.

Chúng em xin chân thành cảm ơn đến thầy TS. Nguyễn Đăng Tri, thầy TS. Hồ Quốc Dũng và các thầy cô bộ môn trong khoa đã giúp đỡ, đào tạo chúng em trong quá trình học tại khoa Kỹ thuật và Công Nghệ để giúp chúng em có đủ kiến thức để hoàn thành đồ án.

Chúng em xin bày tỏ lòng biết ơn đến cha mẹ, những người thân yêu đã đồng hành và gánh vác công việc để nhóm em yên tâm hoàn thành đồ án.

Cuối cùng, nhóm chúng em cũng xin chân thành cảm ơn đến thầy Trương Văn Tuấn và công ty cổ phần may và thương mại GIO LINH đã tận tình hỗ trợ và tạo điều kiện thuận lợi, giúp nhóm em thu thập đủ dữ liệu cần thiết để hoàn thành đồ án một cách tốt nhất.

Trong quá trình thực hiện đồ án, do kiến thức còn một số hạn chế nên không thể tránh khỏi những sai sót khi thực hiện và trình bày. Nhóm em mong nhận được đánh giá của các giảng viên, hội đồng để nhóm em rút kinh nghiệm và giúp đồ án của nhóm em hay chính bản thân từng cá nhân trong nhóm cũng dần hoàn thiện hơn.

Nhóm em xin chân thành cảm ơn!

Phan Thế Minh Châu

Tháng 12, 2024

BẢN CAM ĐOAN

Chúng tôi xin cam đoan rằng:

Đây là công trình nghiên cứu của chúng tôi và được sự hướng dẫn khoa học của giảng viên ThS Hoàng Trọng Lợi.

Các nội dung nghiên cứu, kết quả trong đề tài này là trung thực và chưa công bố dưới bất kỳ hình thức nào trước đây. Những số liệu trong các bảng biểu phục vụ cho việc phân tích, nhận xét, đánh giá được chính tác giả thu thập từ các nguồn khác nhau có ghi rõ trong phần tài liệu tham khảo.

Ngoài ra, trong Khóa luận tốt nghiệp còn sử dụng một số nhận xét, đánh giá cũng như số liệu của các tác giả khác, cơ quan tổ chức khác đều có trích dẫn và chú thích nguồn gốc.

Nếu phát hiện có bất kỳ sự gian lận nào tôi xin hoàn toàn chịu trách nhiệm về nội dung Khóa luận/Đồ án tốt nghiệp của mình. Khoa Kỹ thuật và Công nghệ - Đại học Huế không liên quan đến những vi phạm tác quyền, bản quyền do tôi gây ra trong quá trình thực hiện (nếu có).

TP Huế, ngày ... tháng... năm....

(Tác giả luận văn ký ghi rõ họ tên)

Tóm tắt

Khóa luận với đề tài ”Ứng dụng các phương pháp tối ưu để cải thiện hiệu suất trong cân bằng dây chuyền may” tập trung vào việc giải quyết bài toán tối ưu hóa năng suất và chi phí nhân công trong các dây chuyền sản xuất. Mục tiêu chính của nghiên cứu là tìm ra cách phân bổ công nhân hiệu quả vào các công đoạn sản xuất, từ đó giảm thiểu thời gian chờ đợi giữa các công đoạn, nâng cao sản lượng và tối ưu hóa chi phí lương. Để giải quyết bài toán, dựa trên dữ liệu thực tế tại Công ty CP May & TM Gio Linh, khóa luận áp dụng ba thuật toán metaheuristic mạnh mẽ gồm: thuật toán di truyền, thuật toán đàn kiến và thuật toán mô phỏng luyện kim. Thuật toán GA được sử dụng để tìm kiếm các giải pháp thông qua cơ chế lai ghép và đột biến, cho phép khám phá và khai thác không gian giải pháp rộng. ACO mô phỏng hành vi tìm kiếm đường đi của đàn kiến, giúp tối ưu hóa việc phân bổ nguồn lực trong các bài toán tổ hợp phức tạp. Trong khi đó, SA dựa trên cơ chế giảm dần nhiệt độ để tìm kiếm các giải pháp tối ưu, cân bằng giữa việc khám phá và khai thác. Kết quả của khóa luận không chỉ đưa ra các phương pháp phân bổ công nhân hiệu quả mà còn đóng góp vào việc giảm chi phí lương và nâng cao hiệu suất sản xuất, giúp cải thiện tính cạnh tranh của doanh nghiệp may mặc trong bối cảnh công nghiệp hóa hiện đại.

MỤC LỤC

TÓM TẮT	i
MỤC LỤC	ii
Danh mục viết tắt	v
DANH MỤC BẢNG, BIỂU	vi
DANH MỤC HÌNH ẢNH	vii
 PHẦN I MỞ ĐẦU	 1
Chương 1 Mở đầu	2
1.1 Lý do chọn đề tài	2
1.2 Mục tiêu nghiên cứu	3
1.3 Đối tượng và phạm vi nghiên cứu	5
1.3.1 Đối tượng nghiên cứu	5
1.3.2 Phạm vi nghiên cứu	5
1.4 Phương pháp nghiên cứu	6
1.5 Kết cấu của luận văn	7
 PHẦN II NỘI DUNG NGHIÊN CỨU	 8
Chương 2 Tổng quan về đề tài nghiên cứu	9
2.1 Tổng quan tình nghiên cứu và sự cần thiết tiến hành nghiên cứu	9
2.2 Tình hình nghiên cứu trong và ngoài nước	10

2.2.1	Tình hình nghiên cứu ngoài nước	10
2.2.2	Tình hình nghiên cứu trong nước	11
2.3	Khái niệm hệ thống sản xuất may công nghiệp	13
2.4	Đặc điểm hệ thống sản xuất may công nghiệp	14
2.5	Tại sao quần áo cần phải sản xuất theo dây chuyền	17
2.6	Các phương pháp cân bằng dây chuyền truyền thống	18
2.7	Ứng dụng công nghệ thông minh trong cân bằng dây chuyền	20
 Chương 3 CƠ SỞ LÝ THUYẾT VỀ TỐI ƯU HÓA DÂY CHUYỀN MAY CÔNG		
	NGHIỆP	23
3.1	Khái niệm về cân bằng dây chuyền may	23
3.2	Phân tích các yếu tố ảnh hưởng đến bài toán cân bằng	24
3.3	Các thuật toán tối ưu hóa	25
3.3.1	Giải thuật di truyền	25
3.3.2	Thuật toán đàn kiến	27
3.3.3	Thuật toán mô phỏng luyện kim	31
 Chương 4 THỰC NGHIỆM CÂN BẰNG DÂY CHUYỀN MAY CÔNG NGHIỆP 36		
4.1	Thu thập dữ liệu thực tế	36
4.1.1	Nguồn dữ liệu	36
4.1.2	Phương pháp thu thập dữ liệu	36
4.1.3	Tiền xử lý dữ liệu	37
4.1.4	Đặc điểm dữ liệu	38
4.1.5	Mục tiêu tổng quan	43
4.1.6	Quy trình thực nghiệm	43
4.2	Nội dung thực nghiệm	44
4.2.1	Mô tả bài toán	44
4.2.2	Bài toán nâng cao số lượng sản phẩm	48
4.2.3	Bài toán giảm lương chi trả nhân viên cho một sản phẩm	52
4.2.4	Bài toán cân bằng giữa 2 yếu tố trên	53
4.2.5	Đầu ra	56

4.3	Triển khai các giải thuật tối ưu vào bài toán cân bằng dây chuyền may . . .	57
4.3.1	Giải thuật di truyền:	57
4.3.2	Thuật toán đàn kiến:	58
4.3.3	Thuật toán mô phỏng luyện kim:	60
Chương 5	Đánh giá kết quả	63
5.1	Kết quả đạt được	63
5.1.1	Kết quả thuật toán nâng cao sản lượng	63
5.1.2	Kết quả giảm chi phí lương	65
5.1.3	Kết quả thuật toán cân bằng giữa 2 yếu tố	67
5.1.4	Các yếu tố khác	71
5.2	Phân tích và đánh giá kết quả đạt được	71
5.3	Những bài toán thực tế trong doanh nghiệp sản xuất may mặc	78
5.4	Những hạn chế của nghiên cứu	80
PHẦN III	KẾT LUẬN VÀ KIẾN NGHỊ	82
Chương 6	Kết luận và hướng phát triển trong tương lai	83
6.1	Kết luận	83
6.2	Định hướng phát triển trong tương lai	84
Tài liệu tham khảo	86

Danh mục viết tắt

ALBP	Assembly Line Balancing Problem
GA	Genetic Algorithm
ACO	Ant Colony Optimization
SA	Simulated Annealing
TGLT	Thời gian lý thuyết
TG	Thời gian thực tế
NLCN	Năng lực công nhân
KQL	Kết quả lương
PBCD	Phân bố công đoạn
HSL	Hệ số lương
HSNL	Hệ số năng lực
PBL	Phân bố lương
LM	Loại máy
PBNL	Phân bố năng lực
NL	Năng lực
HSCD	Hệ số công đoạn
KQT	Kết quả thời gian
CPM	Phương pháp Thiết Kế Đường Găng
GDP	Tổng sản phẩm nội địa
AI	Trí tuệ nhân tạo
MES	Hệ thống quản lý sản xuất
IOT	Internet vạn vật

Danh mục bảng, biểu

3.1	Bảng so sánh quy trình thuật toán SA và quá trình luyện kim.	33
4.1	Bảng thống kê mô tả dữ liệu cột TG.	39
4.2	Bảng thống kê mô tả dữ liệu cột TGLT.	40
4.3	Bảng thống kê mô tả cột Đơn giá.	40
4.4	Bảng ví dụ kết quả.	52
4.5	Bảng ví dụ kết quả.	53
4.6	Kết quả tính toán cho các giá trị của α	56
5.1	Kết quả nâng cao số lượng sản phẩm bằng giải thuật di truyền.	64
5.2	Kết quả nâng cao số lượng sản phẩm bằng thuật toán đàn kiến.	64
5.3	Kết quả nâng cao số lượng sản phẩm bằng thuật toán mô phỏng luyện kim.	65
5.4	Kết quả giảm lương sau khi giải thuật di truyền.	66
5.5	Kết quả giảm lương bằng thuật toán đàn kiến.	66
5.6	Kết quả giảm lương bằng thuật toán mô phỏng luyện kim.	67
5.7	Kết quả giải thuật di truyền.	68
5.8	Kết quả thuật toán đàn kiến.	69
5.9	Kết quả thuật toán mô phỏng luyện kim.	70
5.10	Thời gian chạy mô hình của các thuật toán.	71

Danh mục hình ảnh

3.1	Cấu trúc cơ bản của giải thuật di truyền.	26
3.2	Quá trình tìm đường ngắn nhất của đàn kiến từ tổ đến nguồn thức ăn.	28
3.3	Mô hình không gian của thuật toán SA.	32
4.1	Biểu đồ các công đoạn sản xuất.	39
4.2	Biểu đồ phân chia số công việc cho công nhân (ở đầu vào).	41
4.3	Biểu đồ các loại máy.	41
4.4	Biểu đồ độ thông thạo của từng người.	42
4.5	Biểu đồ độ thông thạo.	42
4.6	Sơ đồ ràng buộc giữa các công đoạn lớn.	48
4.7	Ví dụ kết quả.	51
5.1	Mã QR kết quả.	63
5.2	Khả năng cải thiện lương và số lượng sản phẩm của giải thuật di truyền. . .	68
5.3	Khả năng cải thiện lương và số lượng sản phẩm của thuật toán đàn kiến. . .	69
5.4	Khả năng cải thiện lương và số lượng sản phẩm của thuật toán mô phỏng luyện kim.	70
5.5	So sánh 3 thuật toán với $\alpha = 1.0$	73
5.6	So sánh 3 thuật toán với $\alpha = 0.9$	73
5.7	So sánh 3 thuật toán với $\alpha = 0.8$	74
5.8	So sánh 3 thuật toán với $\alpha = 0.7$	74
5.9	So sánh 3 thuật toán với $\alpha = 0.6$	75
5.10	So sánh 3 thuật toán với $\alpha = 0.5$	75
5.11	So sánh 3 thuật toán với $\alpha = 0.4$	76
5.12	So sánh 3 thuật toán với $\alpha = 0.3$	76

5.13 So sánh 3 thuật toán với $\alpha = 0.2$	77
5.14 So sánh 3 thuật toán với $\alpha = 0.1$	77
5.15 So sánh 3 thuật toán với $\alpha = 0.0$	78

Phần I

MỞ ĐẦU

Chương 1

Mở đầu

1.1 Lý do chọn đề tài

Ngành dệt may Việt Nam đã và đang phát triển mạnh mẽ, trở thành một trong những ngành kinh tế chủ chốt của đất nước, đóng góp đáng kể vào tăng trưởng GDP và kim ngạch xuất khẩu. Theo các số liệu thống kê, ngành dệt may sử dụng hơn 1,6 triệu lao động, tương đương hơn 12% lực lượng lao động trong lĩnh vực công nghiệp và gần 5% tổng lực lượng lao động cả nước. Điều này thể hiện vai trò quan trọng của ngành trong việc giải quyết việc làm và phát triển kinh tế - xã hội. Tuy nhiên, hiệu quả sản xuất của ngành may Việt Nam vẫn còn thua kém các nước trong khu vực, đặc biệt là về năng suất lao động và chi phí sản xuất [1].

Các doanh nghiệp trong ngành đang phải đối mặt với nhiều thách thức. Một mặt, họ phải giảm chi phí và tăng năng suất để cạnh tranh trong chuỗi cung ứng toàn cầu. Mặt khác, các yêu cầu ngày càng cao từ khách hàng quốc tế về chất lượng và thời gian giao hàng đang đặt áp lực lớn lên hệ thống sản xuất. Trong bối cảnh đó, cân bằng dây chuyền sản xuất trở thành một yếu tố then chốt giúp các doanh nghiệp tối ưu hóa nguồn lực, giảm chi phí và tăng năng suất [2].

Tuy nhiên, thực tế tại các doanh nghiệp may hiện nay cho thấy tình trạng mất cân đối giữa các công đoạn trong dây chuyền vẫn phổ biến. Một số công đoạn thường bị quá tải, dẫn đến tắc nghẽn, trong khi các công đoạn khác hoạt động dưới công suất, gây lãng phí tài nguyên. Đồng thời, việc phân bổ công nhân chưa hợp lý và thời gian chờ đợi giữa các công đoạn kéo dài đã làm giảm năng suất thực tế so với tiềm năng [3].

Những vấn đề này không chỉ ảnh hưởng trực tiếp đến hiệu quả sản xuất mà còn làm tăng chi phí lao động, giảm lợi nhuận, và làm suy yếu khả năng cạnh tranh của ngành may mặc Việt Nam. Do đó, việc nghiên cứu và ứng dụng các phương pháp tối ưu hóa cân bằng dây chuyền là một yêu cầu cấp thiết để giải quyết những thách thức hiện tại.

1.2 Mục tiêu nghiên cứu

Mục tiêu chính của nghiên cứu này là xây dựng và triển khai các phương pháp tối ưu hóa cân bằng dây chuyền sản xuất trong ngành may công nghiệp, đặc biệt tại nhà máy may Gio Linh (Quảng Trị). Thông qua việc nâng cao năng suất, giảm chi phí lương và phân bổ công nhân hợp lý, nhằm nâng cao hiệu quả hoạt động và khả năng cạnh tranh của nhà máy.

Cụ thể, mục tiêu của nghiên cứu bao gồm:

- Nghiên cứu nhằm xác định và triển khai các giải pháp tối ưu nhằm nâng cao sản lượng trong quá trình sản xuất. Các yếu tố như thời gian xử lý công đoạn, năng lực của công nhân, và hiệu suất máy móc sẽ được điều chỉnh để đạt sản lượng cao nhất mà không làm giảm chất lượng sản phẩm.
- Mục tiêu quan trọng là giảm thiểu chi phí lương thông qua việc tối ưu hóa quản lý nguồn lực, bao gồm công nhân và thiết bị. Phân bổ công nhân hợp lý giữa các công đoạn và cải thiện hiệu suất làm việc sẽ giúp giảm thiểu thời gian chờ đợi, tối ưu hóa việc sử dụng lao động, từ đó giảm chi phí lương trong quy trình sản xuất.
- Phân bổ công nhân hợp lý trong quy trình sản xuất để đạt được mục tiêu nâng cao sản lượng và giảm thiểu chi phí lương, việc phân bổ công nhân vào các công đoạn phải được thực hiện một cách hợp lý và hiệu quả. Nghiên cứu sẽ xây dựng mô hình phân công công nhân dựa trên năng lực và kỹ năng của họ, đồng thời đảm bảo sự đồng đều trong khối lượng công việc giữa các công đoạn, nhằm tránh tình trạng thiếu công nhân hoặc quá tải ở bất kỳ công đoạn nào.
- Thông qua việc thực hiện những mục tiêu này, nghiên cứu kỳ vọng sẽ không chỉ cải thiện năng suất và giảm chi phí mà còn giúp doanh nghiệp duy trì sự ổn định và phát triển trong bối cảnh cạnh tranh khốc liệt của ngành may công nghiệp hiện nay.

Ý nghĩa lý luận

Nghiên cứu này sẽ đóng góp quan trọng vào việc phát triển và áp dụng các thuật toán tối ưu hiện đại trong lĩnh vực cân bằng dây chuyền sản xuất. Bằng cách kết hợp thuật toán di

truyền, tối ưu đàn kiến, và thuật toán mô phỏng, nghiên cứu không chỉ giải quyết bài toán phân bổ nguồn lực mà còn mở rộng khả năng ứng dụng của các phương pháp này vào các hệ thống sản xuất thực tế.

Ngoài ra, việc mô hình hóa bài toán cân bằng dây chuyền với nhiều mục tiêu đồng thời sẽ tạo ra một cách tiếp cận toàn diện hơn, giúp khắc phục những hạn chế của các nghiên cứu hiện tại. Điều này góp phần nâng cao giá trị học thuật của nghiên cứu trong lĩnh vực tối ưu hóa sản xuất.

Ý nghĩa thực tiễn

Kết quả nghiên cứu này sẽ cung cấp một giải pháp cụ thể và khả thi cho các doanh nghiệp may mặc tại Việt Nam trong việc cân bằng dây chuyền sản xuất. Hệ thống được đề xuất không chỉ giúp tăng sản lượng mà còn giảm chi phí lao động và tối ưu hóa thời gian sản xuất, từ đó nâng cao hiệu quả hoạt động và khả năng cạnh tranh của doanh nghiệp.

Ngoài ra, hệ thống này còn phù hợp để triển khai rộng rãi tại các doanh nghiệp vừa và nhỏ, giúp cải thiện năng suất mà không cần đầu tư quá lớn vào cơ sở hạ tầng hoặc công nghệ mới. Việc sử dụng các thuật toán tối ưu cũng cho phép tự động hóa quy trình phân bổ công nhân và thiết bị, giúp tăng tính linh hoạt và giảm thiểu sự phụ thuộc vào lao động thủ công.

Tầm quan trọng về thời điểm:

Trong bối cảnh công nghiệp 4.0, việc ứng dụng các công nghệ thông minh và thuật toán tối ưu trong sản xuất đang trở thành xu hướng tất yếu. Ngành may mặc, với đặc thù phụ thuộc lớn vào lao động thủ công, đang đứng trước cơ hội chuyển đổi mạnh mẽ để bắt kịp xu hướng này. Việc nghiên cứu và triển khai các giải pháp tối ưu hóa cân bằng dây chuyền sẽ giúp các doanh nghiệp trong ngành may mặc cải tiến quy trình sản xuất và đáp ứng tốt hơn các yêu cầu của khách hàng quốc tế.

Sự gia tăng áp lực cạnh tranh từ các nước trong khu vực cùng với các yêu cầu ngày càng cao từ thị trường quốc tế đòi hỏi các doanh nghiệp may mặc Việt Nam phải cải tiến liên tục. Đây là thời điểm lý tưởng để triển khai các giải pháp tối ưu hóa dây chuyền nhằm đạt được hiệu quả sản xuất cao hơn và đáp ứng tốt hơn các yêu cầu của thị trường [4].

1.3 Đối tượng và phạm vi nghiên cứu

1.3.1 Đối tượng nghiên cứu

Đối tượng nghiên cứu của đề tài bao gồm các yếu tố liên quan đến tối ưu hóa dây chuyền sản xuất trong ngành may mặc, cụ thể như sau:

- Thuật toán tối ưu dây chuyền sản xuất: Nghiên cứu các thuật toán nhằm giải quyết bài toán cân bằng dây chuyền sản xuất, với mục tiêu tối ưu hóa việc phân bổ công nhân và các nguồn lực, giảm thời gian chờ đợi giữa các công đoạn và nâng cao năng suất tổng thể. Các thuật toán này bao gồm các phương pháp cổ điển như quy hoạch tuyến tính, heuristic, metaheuristic, cũng như các thuật toán hiện đại như trí tuệ nhân tạo, máy học và tối ưu động.
- Các thành phần trong dây chuyền sản xuất: Nghiên cứu các yếu tố cấu thành và ảnh hưởng đến hiệu quả hoạt động của dây chuyền sản xuất, bao gồm:
 - . Quy trình sản xuất: Cách thức tổ chức và vận hành các công đoạn trong dây chuyền, xác định các bước thực hiện, mối liên kết giữa các công đoạn và phân bổ công việc.
 - . Thiết bị sản xuất: Các loại máy móc, thiết bị hỗ trợ trong dây chuyền, bao gồm năng lực vận hành, tính khả dụng, và độ ổn định của chúng.
 - . Thời gian sản xuất: Các yếu tố liên quan đến thời gian hoàn thành từng công đoạn, bao gồm thời gian thao tác của công nhân, thời gian chuyển đổi giữa các công đoạn và thời gian nghỉ ngơi.
- Yếu tố con người trong dây chuyền sản xuất: Đặc điểm và năng suất lao động của công nhân, bao gồm kỹ năng, kinh nghiệm, và khả năng thích nghi với các nhiệm vụ khác nhau.

1.3.2 Phạm vi nghiên cứu

- Về không gian: Đề tài được thực hiện tại Công ty CP May & TM Gio Linh, nơi có dây chuyền sản xuất hàng may mặc được tổ chức theo quy mô công nghiệp. Công ty là một ví dụ điển hình trong ngành may mặc tại Việt Nam, với cơ sở vật chất tương đối hoàn thiện

và quy trình sản xuất theo dây chuyền tiêu chuẩn. Tuy nhiên, công ty chưa triển khai sâu rộng các giải pháp tối ưu hóa dây chuyền sản xuất, đây là cơ hội để nghiên cứu đề xuất các phương pháp tối ưu phù hợp với điều kiện thực tế.

- Về thời gian: Nghiên cứu được thực hiện trong năm 2024, một thời điểm mà công ty vẫn duy trì hoạt động sản xuất theo phương pháp truyền thống. Điều này tạo cơ sở để đề tài đánh giá rõ ràng hiệu quả của các giải pháp tối ưu hóa đề xuất khi so sánh với phương pháp hiện hành, đồng thời giúp thiết lập nền tảng cho việc áp dụng các giải pháp cải tiến trong tương lai.

1.4 Phương pháp nghiên cứu

Về cơ sở lý thuyết: nghiên cứu các khái niệm và phương pháp trong lĩnh vực tối ưu hóa, quản lý sản xuất, và kỹ thuật vận hành; phân tích các mô hình phân bổ tài nguyên và cân bằng dây chuyền sản xuất; tìm hiểu và lựa chọn các thuật toán tối ưu hóa phù hợp như thuật toán di truyền, thuật toán đàn kiến, và thuật toán mô phỏng luyện kim; ứng dụng lý thuyết tối ưu hóa đa mục tiêu để xây dựng hàm mục tiêu cân bằng giữa sản lượng, chi phí lương, và các yếu tố khác trong bài toán.

Về thực nghiệm: Thực nghiệm được tiến hành với dữ liệu thực tế từ Công ty CP May & TM Gio Linh tại Quảng Trị để kiểm tra tính khả thi và hiệu quả của các giải pháp tối ưu hóa.

- Thu thập dữ liệu: Thực hiện đo lường và ghi nhận dữ liệu thực tế về quy trình sản xuất, thời gian thực hiện công đoạn, và năng suất của từng công nhân.
- Thử nghiệm các thuật toán: Áp dụng các thuật toán tối ưu hóa để giải bài toán phân bổ công nhân, so sánh kết quả với các phương pháp phân bổ hiện tại.

Thực nghiệm được tiến hành sử dụng Google Colab để triển khai các thuật toán tối ưu hóa. Google Colab cung cấp môi trường tính toán mạnh mẽ với khả năng sử dụng GPU, giúp tăng tốc quá trình mô phỏng và tối ưu hóa. Các thuật toán như thuật toán di truyền, thuật toán tối ưu đàn kiến, hoặc thuật toán mô phỏng luyện kim sẽ được áp dụng để giải bài toán phân bổ công nhân và cân bằng dây chuyền sản xuất.

1.5 Kết cấu của luận văn

- Chương 1: Mở đầu
- Chương 2: Tổng quan về đề tài nghiên cứu
- Chương 3: Cơ sở lý thuyết về tối ưu hóa dây chuyền may công nghiệp
- Chương 4: Thực nghiệm cân bằng dây chuyền may công nghiệp
- Chương 5: Đánh giá kết quả
- Chương 6: Kết luận và định hướng phát triển trong tương lai

Phần II

NỘI DUNG NGHIÊN CỨU

Chương 2

Tổng quan về đề tài nghiên cứu

2.1 Tổng quan tình hình nghiên cứu và sự cần thiết tiến hành nghiên cứu

Trong bối cảnh toàn cầu hóa và cạnh tranh khốc liệt, các doanh nghiệp sản xuất đang đối mặt với áp lực gia tăng về việc nâng cao chất lượng sản phẩm, giảm thiểu chi phí và tối ưu hóa quy trình để duy trì lợi thế cạnh tranh. Ngành may mặc, với đặc điểm là chuỗi các công đoạn sản xuất liên tục và yêu cầu phối hợp chặt chẽ, đặc biệt nhấn mạnh đến việc cân bằng dây chuyền sản xuất nhằm nâng cao hiệu quả và năng suất. Tuy nhiên, sự không đồng đều về thời gian thực hiện giữa các công đoạn hoặc phân bổ nguồn lực không hợp lý có thể dẫn đến tắc nghẽn, thời gian chờ, và lãng phí tài nguyên, ảnh hưởng trực tiếp đến năng suất và chất lượng sản phẩm.

Cân bằng dây chuyền sản xuất là một bài toán phức tạp, đặc biệt trong lĩnh vực may mặc. Các nghiên cứu trên thế giới đã tập trung vào việc áp dụng các thuật toán tối ưu để giải quyết bài toán này. Những thuật toán hiện đại như thuật toán di truyền, tối ưu đàn kiến, tối ưu bầy đàn, và mô phỏng tối luyện đã chứng minh hiệu quả trong việc tối ưu hóa quy trình sản xuất. Các nghiên cứu chỉ ra rằng việc sử dụng những phương pháp này có thể cải thiện sự cân đối giữa các công đoạn, giảm thiểu thời gian chờ đợi và tăng hiệu quả sử dụng lao động [5].

Tuy nhiên, trong ngành may mặc, đặc biệt tại các doanh nghiệp nhỏ và vừa, việc ứng dụng các công cụ tối ưu hóa hiện đại vẫn còn hạn chế. Theo nghiên cứu của Buxey [6], các doanh nghiệp may mặc thường dựa nhiều vào kinh nghiệm của quản lý trong việc lập kế hoạch và phân bổ nguồn lực, dẫn đến hiệu quả không ổn định và khó đạt được sự linh hoạt trong sản xuất. Trong khi đó, các công nghệ hiện đại và thuật toán tối ưu lại chưa được khai thác đầy đủ để giải quyết bài toán cân bằng dây chuyền một cách toàn diện.

Với xu hướng chuyển đổi số và tích hợp công nghệ thông minh trong sản xuất, việc ứng dụng các thuật toán tối ưu vào cân bằng dây chuyền may công nghiệp trở nên cấp thiết. Giải

pháp này không chỉ giúp phân bổ lao động một cách hiệu quả, cân đối tải công việc giữa các công đoạn, mà còn giảm thiểu thời gian lãng phí, cải thiện năng suất và giảm chi phí. Đồng thời, đây cũng là một hướng nghiên cứu tiềm năng mang lại đóng góp quan trọng trong lĩnh vực sản xuất thông minh, như đã được đề cập trong các nghiên cứu gần đây [7].

Do đó, việc nghiên cứu áp dụng các thuật toán tối ưu để cân bằng dây chuyền may công nghiệp, tập trung vào phân bổ công nhân một cách hợp lý và hiệu quả, là yêu cầu cấp thiết. Giải pháp này không chỉ giảm thiểu thời gian chờ đợi, cân đối tải công việc giữa các công đoạn mà còn nâng cao năng suất tổng thể, giảm chi phí sản xuất và đảm bảo chất lượng sản phẩm. Đồng thời, nghiên cứu cũng mang lại ý nghĩa khoa học trong việc phát triển các phương pháp tối ưu hóa tiên tiến, phù hợp với thực tiễn sản xuất trong ngành may mặc và các lĩnh vực công nghiệp khác.

2.2 Tình hình nghiên cứu trong và ngoài nước

2.2.1 Tình hình nghiên cứu ngoài nước

Trên thế giới, cân bằng dây chuyền sản xuất trong ngành may mặc đã được nghiên cứu và triển khai rộng rãi nhằm cải thiện năng suất lao động, tối ưu hóa sử dụng nguồn lực, và giảm chi phí sản xuất. Nhiều nhà nghiên cứu, tổ chức giáo dục và doanh nghiệp đã áp dụng các phương pháp hiện đại, bao gồm các thuật toán tối ưu hóa và công cụ mô phỏng để giải quyết bài toán cân bằng dây chuyền trong các dây chuyền sản xuất phức tạp. Dưới đây là một số nghiên cứu nổi bật:

- Bài báo [8] nghiên cứu áp dụng thuật toán tìm kiếm Tabu, một kỹ thuật metaheuristic, để giải quyết bài toán cân bằng dây chuyền lắp ráp. Nghiên cứu đã phát triển bốn phiên bản khác nhau của thuật toán, bao gồm cải tiến tốt nhất và cải tiến đầu tiên với hoặc không có gộp nhóm công việc. Kết quả cho thấy tìm kiếm Tabu hoạt động rất hiệu quả, với khả năng tìm ra giải pháp tối ưu trong hầu hết các trường hợp. Điều này chứng tỏ phương pháp này có hiệu quả trong việc giải quyết các vấn đề sản xuất, đặc biệt là cân bằng dây chuyền lắp ráp. Tuy nhiên, thuật toán này đòi hỏi thời gian xử lý dài hơn khi áp dụng cho các dây chuyền sản xuất có quy mô lớn.

- Bài báo [9] nghiên cứu áp dụng kỹ thuật tìm kiếm trọng số vị trí để cải thiện hiệu suất dây chuyền lắp ráp quần trong ngành may mặc. Kết quả cho thấy số lượng trạm làm việc giảm từ 61 xuống 27 và hiệu suất dây chuyền tăng lên 80,56%. Tuy nhiên, phương pháp này chỉ phù hợp với dây chuyền ít phức tạp và không hiệu quả khi có nhiều loại máy móc khác nhau, cần nghiên cứu thêm để áp dụng vào các dây chuyền phức tạp hơn.

Các nghiên cứu quốc tế đã chỉ ra tiềm năng của các công nghệ tối ưu hóa trong việc cân bằng dây chuyền sản xuất. Tuy nhiên, việc triển khai các phương pháp này đòi hỏi hạ tầng kỹ thuật hiện đại và chi phí đầu tư lớn, điều này có thể là thách thức đối với các doanh nghiệp tại các quốc gia đang phát triển.

2.2.2 Tình hình nghiên cứu trong nước

Tại Việt Nam, cân bằng dây chuyền sản xuất trong ngành may mặc đã nhận được sự quan tâm đáng kể từ các nhà nghiên cứu và doanh nghiệp, nhằm đáp ứng nhu cầu ngày càng cao của thị trường quốc tế. Là một trong những ngành xuất khẩu chủ lực, việc tối ưu hóa dây chuyền may không chỉ mang lại lợi ích kinh tế mà còn nâng cao sức cạnh tranh của ngành dệt may trong nước [10].

Tuy nhiên, số lượng các công trình nghiên cứu trong lĩnh vực này tại Việt Nam vẫn còn hạn chế, đặc biệt trong phạm vi ứng dụng thực tiễn. Các nghiên cứu chủ yếu tập trung vào việc áp dụng các phương pháp truyền thống để cân bằng dây chuyền sản xuất, thường thiếu tính linh hoạt và khó đáp ứng được yêu cầu của các dây chuyền sản xuất phức tạp.

Một số nghiên cứu tiêu biểu đã áp dụng các mô hình cân bằng dây chuyền nhằm cải tiến hiệu quả sản xuất tại các nhà máy may:

- Bài báo [11] nghiên cứu áp dụng chiến lược vét cạn để tối ưu hóa cân bằng dây chuyền may công nghiệp, với mục tiêu tối thiểu số lượng công nhân trong quá trình sản xuất. Nghiên cứu đã mô tả các ràng buộc về trình tự thực hiện, thiết bị và thời gian làm việc, sau đó sử dụng chiến lược vét cạn để tìm giải pháp tối ưu. Kết quả thu được từ việc áp dụng thuật toán trên dây chuyền may áo Polo-Shirt tại nhà máy Đồng Văn cho thấy khả năng cân bằng dây chuyền cao, giúp tối ưu hóa số lượng công nhân và tăng hiệu suất sản xuất. Tuy nhiên, phương pháp vét cạn đòi hỏi thời gian tính toán lớn, đặc biệt với các dây chuyền có số lượng công đoạn phức tạp, và không phù hợp cho các bài toán có quy mô lớn.

- Bài báo [12] trình bày nghiên cứu cân bằng dây chuyền may sản phẩm dệt kim bằng thuật toán luyện kim, tập trung vào sản phẩm Polo-Shirt. Nghiên cứu đã thiết lập bài toán cân bằng dây chuyền với các điều kiện ràng buộc thực tế và đề xuất thuật toán Luyện kim để tìm giải pháp tối ưu. Kết quả cho thấy thuật toán mang lại lời giải tin cậy và ổn định, giúp cải thiện hiệu quả tổ chức sản xuất. Tuy nhiên, phương pháp này chưa được thử nghiệm trên các dây chuyền sản xuất phức tạp hơn, giới hạn tính ứng dụng trong các nhà máy có nhiều loại sản phẩm khác nhau.
- Bài báo [13] nghiên cứu áp dụng hai phương pháp cân bằng dây chuyền là phương pháp trọng số vị trí và bố trí dây chuyền theo hình chữ U để cân bằng dây chuyền sản xuất áo thun nam Nike tay ngắn tại Công ty TNHH Asia Garment Manufacturer Việt Nam. Sau đó, sử dụng phần mềm Arena để mô phỏng và đánh giá hiệu quả của các phương án cải tiến. Kết quả cho thấy hiệu suất dây chuyền tăng từ 60,95% lên 74,8%, số lượng công nhân giảm từ 27 xuống 22, giúp giảm chi phí sản xuất và thời gian nhàn rỗi của các trạm làm việc. Tuy nhiên, phương án cải tiến chỉ mang tính tạm thời và yêu cầu phải có những bước cải tiến lâu dài để đạt hiệu quả cao hơn.

Những nghiên cứu đã chỉ ra tiềm năng lớn của việc áp dụng các thuật toán tối ưu hóa và mô phỏng trong cân bằng dây chuyền may mặc tại Việt Nam. Mặc dù đã có một số nghiên cứu quan trọng như ứng dụng chiến lược vét cạn và thuật toán luyện kim cho cân bằng dây chuyền, song các nghiên cứu này còn hạn chế về phạm vi ứng dụng, đặc biệt trong các dây chuyền sản xuất phức tạp và các doanh nghiệp vừa và nhỏ. Hầu hết các phương pháp hiện tại vẫn chủ yếu tập trung vào dây chuyền quy mô lớn và phụ thuộc vào công cụ nước ngoài, thiếu sự linh hoạt cho điều kiện thực tế của ngành may mặc trong nước. Điều này nhấn mạnh tầm quan trọng của việc phát triển các mô hình tối ưu hóa phù hợp với đặc thù sản xuất tại Việt Nam, đồng thời cần ứng dụng mạnh mẽ các công nghệ tiên tiến nhằm đạt được hiệu quả cao hơn trong sản xuất và nâng cao năng lực cạnh tranh.

Khoảng trống nghiên cứu

Hiện nay, các nghiên cứu trong nước vẫn chưa tập trung đủ vào việc kết hợp các thuật toán tối ưu hóa với dữ liệu thực tế từ các nhà máy may mặc. Phần lớn các nghiên cứu chỉ dừng lại ở mô phỏng hoặc áp dụng các phương pháp cân bằng dây chuyền truyền thống mà chưa

khai thác hết tiềm năng của dữ liệu thực tế từ quá trình sản xuất. Điều này dẫn đến thiếu các giải pháp linh hoạt và hiệu quả cao phù hợp với điều kiện sản xuất tại Việt Nam. Việc phát triển các giải pháp cân bằng dây chuyền dựa trên dữ liệu thực tế và kết hợp với các thuật toán tối ưu hóa tiên tiến sẽ đóng vai trò quan trọng trong việc nâng cao hiệu quả sản xuất, tối ưu nguồn lực và giảm thiểu lãng phí, từ đó giúp ngành may mặc Việt Nam cạnh tranh tốt hơn trên thị trường quốc tế.

2.3 Khái niệm hệ thống sản xuất may công nghiệp

Dây chuyền may công nghiệp là một hệ thống sản xuất hiện đại được tổ chức theo quy trình công nghệ đã được thiết lập trước, bao gồm một số lượng công nhân cố định hoạt động trong điều kiện tổ chức và kỹ thuật cụ thể. Đây là một hình thức sản xuất chuyên môn hóa cao, giúp gia tăng hiệu suất lao động và hiệu quả sản xuất nhờ việc phân chia công việc thành các công đoạn cụ thể. Nhờ sự tổ chức hợp lý, quá trình sản xuất trên dây chuyền trở nên đồng bộ, trơn tru và hiệu quả hơn [14].

Khái niệm dây chuyền sản xuất lần đầu tiên được Henry Ford giới thiệu vào đầu thế kỷ 20, khoảng năm 1900, nhằm cải tiến quy trình sản xuất, nâng cao năng suất lao động và đạt hiệu quả kinh tế vượt trội. Điểm đặc biệt của dây chuyền là mỗi công nhân chỉ cần thực hiện một số nguyên công cụ thể tại vị trí của mình mà không cần nắm vững toàn bộ quy trình sản xuất. Điều này giúp rút ngắn thời gian đào tạo và tối ưu hóa nguồn lực lao động.

Sản xuất theo dây chuyền được xem như một hình thức đặc thù của tổ chức sản xuất chuyên môn hóa theo sản phẩm, hướng đến việc sản xuất hàng loạt các sản phẩm đồng nhất về thiết kế và quy trình công nghệ. Đây là giải pháp tối ưu cho việc sản xuất các sản phẩm có số lượng lớn, quy trình ổn định và yêu cầu tiêu chuẩn cao.

Đặc điểm của dây chuyền sản xuất sản phẩm may công nghiệp [14]:

- Quy trình công nghệ: Quy trình sản xuất được phân chia thành các nguyên công riêng biệt, sắp xếp theo trình tự hợp lý. Mỗi nguyên công được thực hiện trong một khoảng thời gian nhất định, phù hợp với mức thời gian lao động quy định và điều kiện tổ chức, kỹ thuật của nhà máy.
- Chuyên môn hóa lao động: Mỗi công nhân trên dây chuyền đều được chuyên

môn hóa vào một hoặc một số công đoạn nhất định. Điều này không chỉ nâng cao năng lực làm việc mà còn giảm thiểu thời gian đào tạo, đảm bảo chất lượng đồng đều trong sản xuất.

- Sắp xếp máy móc, thiết bị: Các máy móc và thiết bị được bố trí theo trình tự của quy trình công nghệ, bắt đầu từ nguyên công đầu tiên đến nguyên công cuối cùng. Việc sắp đặt này phụ thuộc vào điều kiện mặt bằng, đặc điểm dây chuyền và quy trình sản xuất của từng loại sản phẩm. Mục tiêu là đảm bảo bán thành phẩm di chuyển mạch lạc, theo dòng xuôi chiều từ đầu đến cuối chuyền, tối ưu hóa quá trình làm việc và tiết kiệm không gian sản xuất.
- Hệ thống vận chuyển: Trên dây chuyền, bán thành phẩm được di chuyển từ công đoạn này sang công đoạn khác bằng các hệ thống vận chuyển như băng chuyền tự động, cơ khí, hoặc thủ công, tất cả đều hướng đến việc giảm thời gian di chuyển và gia tăng năng suất lao động.
- Mối quan hệ chặt chẽ giữa các vị trí làm việc: Các công đoạn trong dây chuyền được liên kết chặt chẽ thông qua nhịp độ vận hành đồng bộ và đường di chuyển của bán thành phẩm. Sự phối hợp này đảm bảo tính liên tục, đồng đều, tránh hiện tượng gián đoạn hoặc chậm trễ trong sản xuất.

Tổng thể, dây chuyền may công nghiệp không chỉ nâng cao hiệu quả sản xuất mà còn tối ưu hóa nguồn lực và không gian làm việc, là giải pháp lý tưởng cho các doanh nghiệp sản xuất hàng loạt và yêu cầu chất lượng đồng nhất.

2.4 Đặc điểm hệ thống sản xuất may công nghiệp

Hệ thống sản xuất may công nghiệp là một trong những lĩnh vực then chốt trong ngành công nghiệp nhẹ, đóng vai trò quan trọng trong việc đáp ứng nhu cầu tiêu thụ sản phẩm may mặc của thị trường. Với đặc điểm đa dạng về sản phẩm, quy trình sản xuất phức tạp, và phụ thuộc vào lao động thủ công, hệ thống sản xuất may công nghiệp thể hiện rõ nét tính đặc thù và vai trò quan trọng của mình trong nền kinh tế. Nhiều nghiên cứu đã được thực hiện nhằm cải tiến hiệu quả sản xuất trong ngành này.

Tính đa dạng về sản phẩm: Hệ thống sản xuất may công nghiệp thường phải đáp ứng một lượng lớn các loại sản phẩm với kiểu dáng, mẫu mã, kích thước và chất liệu khác nhau. Đặc tính này xuất phát từ yêu cầu thị trường, nơi mà xu hướng thời trang luôn thay đổi nhanh chóng và đa dạng theo vùng miền, văn hóa. Sự linh hoạt của hệ thống sản xuất đóng vai trò quan trọng trong việc điều chỉnh dây chuyền sản xuất để đảm bảo khả năng sản xuất hàng loạt hoặc cá nhân hóa sản phẩm. Khả năng sản xuất đa dạng là một trong những yếu tố quyết định sự thành công của các doanh nghiệp may trong bối cảnh cạnh tranh toàn cầu [15].

Quy trình sản xuất phức tạp: Quy trình sản xuất trong ngành may công nghiệp bao gồm nhiều công đoạn đan xen, từ chuẩn bị nguyên liệu như cắt, kiểm tra chất lượng, đến lắp ráp và hoàn thiện sản phẩm. Mỗi công đoạn yêu cầu sự phối hợp chặt chẽ và chính xác để đảm bảo tính đồng bộ trong dây chuyền. Sự gián đoạn ở bất kỳ công đoạn nào cũng có thể ảnh hưởng đáng kể đến năng suất toàn bộ hệ thống. Vì vậy, việc tối ưu hóa quy trình sản xuất là cần thiết để đảm bảo hiệu quả hoạt động của dây chuyền.

Phụ thuộc vào lao động thủ công: Mặc dù công nghệ hiện đại đang được áp dụng trong nhiều khâu của sản xuất may mặc, ngành này vẫn phụ thuộc lớn vào lao động thủ công. Điều này đặc biệt rõ ràng trong các công đoạn như ráp nối, may chi tiết, hoặc xử lý các loại vải có tính chất đặc biệt. Báo cáo của Bộ Công Thương Việt Nam (2020) cho thấy, hơn 70% các công đoạn trong ngành may mặc tại Việt Nam vẫn cần đến sự tham gia trực tiếp của con người. Tuy nhiên, điều này cũng đặt ra thách thức lớn trong việc nâng cao năng suất khi chất lượng và tốc độ công việc phụ thuộc vào tay nghề công nhân.

Sử dụng thiết bị chuyên dụng: Hệ thống sản xuất trong ngành may mặc đòi hỏi sự phối hợp sử dụng nhiều thiết bị chuyên dụng như máy cắt vải tự động, máy may 1 kim, 2 kim, máy vắt sổ, và các thiết bị hoàn thiện như máy ủi, máy ép nhiệt để đảm bảo độ chính xác, chất lượng và hiệu suất sản xuất. Các thiết bị này giúp tối ưu hóa quy trình, từ cắt vải chính xác, may lắp ráp nhanh chóng, đến hoàn thiện sản phẩm một cách chuyên nghiệp, góp phần nâng cao năng suất và giảm thiểu sức lao động thủ công. Tuy nhiên, để duy trì hoạt động ổn định, việc bảo trì, bảo dưỡng thiết bị định kỳ là yếu tố cốt lõi, giúp giảm thiểu thời gian dừng máy và gia tăng độ tin cậy trong sản xuất.

Dây chuyền sản xuất dạng phân đoạn: Trong ngành may công nghiệp, quy trình sản xuất thường được tổ chức dưới dạng dây chuyền phân đoạn, một hình thức tổ chức công việc

mà mỗi công nhân chịu trách nhiệm thực hiện một nhiệm vụ cụ thể trên dây chuyền sản xuất. Cách thức này cho phép phân công lao động một cách rõ ràng, từ đó tối ưu hóa thời gian xử lý các công đoạn, giảm thiểu thời gian chết, và đồng thời nâng cao hiệu suất sản xuất tổng thể. Nhờ vào sự chuyên môn hóa trong từng bước nhỏ, các doanh nghiệp có thể tăng cường năng suất, giảm chi phí và đáp ứng nhanh chóng các đơn hàng lớn trong thời gian ngắn. Tuy nhiên, nhược điểm của mô hình dây chuyền phân đoạn cũng rất rõ ràng. Khi một công đoạn trên dây chuyền gặp sự cố hoặc xảy ra chậm trễ, toàn bộ dây chuyền có thể bị gián đoạn, ảnh hưởng trực tiếp đến tiến độ sản xuất. Đặc biệt, nếu dây chuyền không được thiết kế và cân bằng tốt, tình trạng tắc nghẽn ở một số khâu có thể xảy ra thường xuyên, dẫn đến áp lực công việc không đồng đều giữa các công nhân. Điều này không chỉ làm giảm hiệu quả sản xuất mà còn có thể gây căng thẳng cho lực lượng lao động, kéo theo những rủi ro về chất lượng sản phẩm và sự ổn định của hoạt động sản xuất.

Tính biến động cao: Ngành may mặc, với vai trò là một trong những ngành công nghiệp trọng điểm, chịu ảnh hưởng lớn từ sự biến động không ngừng của nhu cầu thị trường và các xu hướng thời trang đang thay đổi nhanh chóng. Đây là một lĩnh vực mà người tiêu dùng không chỉ tìm kiếm sản phẩm chất lượng mà còn yêu cầu tính thời thượng, cá nhân hóa và sự đổi mới liên tục. Những yếu tố này đặt ra thách thức lớn đối với các doanh nghiệp, buộc họ phải đối mặt với bài toán làm thế nào để duy trì một hệ thống sản xuất ổn định, đáp ứng kịp thời nhu cầu, nhưng vẫn giữ được khả năng linh hoạt cao trong việc thích nghi với những thay đổi. Áp lực này không chỉ đến từ việc phải xử lý các đơn hàng có tính thời vụ cao, mà còn từ yêu cầu rút ngắn thời gian sản xuất, tối ưu hóa chi phí và đảm bảo tính bền vững – một yếu tố ngày càng được quan tâm trong ngành công nghiệp may mặc. Điều này các doanh nghiệp phải chú trọng đầu tư vào công nghệ, đổi mới dây chuyền sản xuất nâng cao hiệu quả sản xuất.

Ứng dụng công nghệ ngày càng gia tăng: Sự phát triển của công nghệ hiện đại đã mở ra cơ hội lớn cho ngành may công nghiệp trong việc tự động hóa và tối ưu hóa quy trình sản xuất. Các giải pháp như Hệ thống quản lý sản xuất, công nghệ IoT, và trí tuệ nhân tạo đã được áp dụng để cải thiện hiệu quả vận hành. Việc áp dụng các giải pháp công nghệ không chỉ giúp giảm thiểu sự phụ thuộc vào lao động thủ công mà còn tăng khả năng dự báo và lập kế hoạch sản xuất chính xác hơn.

2.5 Tại sao quần áo cần phải sản xuất theo dây chuyền

Sản xuất quần áo theo dây chuyền là một yếu tố then chốt để đảm bảo chất lượng, tính đồng bộ, và hiệu quả trong ngành công nghiệp thời trang hiện đại. Để có được một chiếc áo đẹp hay một chiếc quần hợp thời trang, cần trải qua nhiều công đoạn và yếu tố khác nhau. Từ việc chọn nguyên liệu, thiết kế mẫu mã, đến khâu hoàn thiện và đóng gói cuối cùng, mỗi bước trong quy trình đều có vai trò quan trọng. Sản xuất theo dây chuyền không chỉ giúp các thương hiệu thời trang duy trì tính chuyên nghiệp mà còn đảm bảo sản phẩm đáp ứng kỳ vọng của người tiêu dùng. Dưới đây là những lý do vì sao sản xuất quần áo theo dây chuyền là cần thiết và những ưu điểm mà nó mang lại cho cả nhà sản xuất lẫn khách hàng.

Một trong những yếu tố quyết định đến sức mạnh của một thương hiệu thời trang là khả năng duy trì tính đồng bộ và nhất quán trong sản phẩm. Khi quần áo được sản xuất theo dây chuyền, tất cả các sản phẩm trong cùng một bộ sưu tập hay một lô hàng sẽ có mẫu mã, kích thước và chất lượng đồng nhất. Điều này tạo ấn tượng tốt với người tiêu dùng, đặc biệt trong việc xây dựng sự nhận diện thương hiệu.

Các thương hiệu nổi tiếng trên thế giới đều có những dấu ấn đặc trưng trong thiết kế, như kiểu dáng, chất liệu hay phong cách riêng. Những dấu ấn này được duy trì thông qua dây chuyền sản xuất hiện đại, giúp họ tạo ra các sản phẩm có sự thống nhất cao. Chính sự ổn định này là yếu tố quan trọng giúp thương hiệu tạo niềm tin với khách hàng và gia tăng lợi thế cạnh tranh trên thị trường. Dây chuyền sản xuất không chỉ là một phương tiện để đảm bảo tính đồng bộ, mà còn là công cụ để các thương hiệu duy trì sự phát triển bền vững trong ngành công nghiệp thời trang đầy thách thức.

Khi quần áo được sản xuất theo dây chuyền, mỗi bước trong quá trình đều được kiểm soát chặt chẽ theo các tiêu chuẩn đã định trước. Điều này giúp đảm bảo rằng từng sản phẩm khi ra khỏi dây chuyền đều đạt chất lượng tốt nhất. Một dây chuyền sản xuất chuyên nghiệp thường được chia thành nhiều giai đoạn khác nhau, mỗi giai đoạn đảm nhận một nhiệm vụ cụ thể, từ cắt vải, may ghép, đến kiểm tra chất lượng. Nếu xảy ra bất kỳ sai sót nào, lỗi sẽ được phát hiện và khắc phục kịp thời, hạn chế tối đa việc sản phẩm lỗi ra thị trường.

Ngoài ra, sản xuất theo dây chuyền giúp chuẩn hóa các bước làm việc, tránh được sự chênh lệch trong thao tác của từng công nhân. Điều này không chỉ giúp nâng cao chất lượng của từng sản phẩm mà còn đảm bảo tính nhất quán giữa các lô hàng. Với sự hỗ trợ của công

nghệ hiện đại, dây chuyền sản xuất còn giúp gia tăng độ chính xác trong từng chi tiết nhỏ, từ đường kim mũi chỉ đến các yếu tố thẩm mỹ khác.

Sản xuất quần áo theo dây chuyền không chỉ giúp thương hiệu duy trì tính chuyên nghiệp trong từng thiết kế mà còn là giải pháp hiệu quả để tối ưu hóa chi phí sản xuất. Một dây chuyền được tổ chức tốt sẽ giúp tăng năng suất lao động, giảm thiểu thời gian chờ đợi giữa các công đoạn, từ đó tiết kiệm chi phí nhân công và nguyên vật liệu. Đồng thời, sản xuất theo dây chuyền cũng giúp giảm lượng hàng tồn kho và hạn chế lãng phí trong sản xuất.

Hơn nữa, tính chuyên nghiệp trong quy trình sản xuất sẽ là nền tảng để thương hiệu xây dựng uy tín với khách hàng. Khi sản phẩm được tạo ra với chất lượng ổn định và thẩm mỹ cao, người tiêu dùng sẽ cảm thấy an tâm hơn khi lựa chọn sản phẩm của thương hiệu. Đây cũng là yếu tố giúp các nhà sản xuất thời trang tạo dựng mối quan hệ lâu dài với khách hàng.

Trong thời trang, chất lượng và thẩm mỹ là hai yếu tố không thể tách rời. Dây chuyền sản xuất hiện đại giúp đảm bảo rằng các sản phẩm không chỉ đẹp về mẫu mã mà còn bền vững về chất lượng. Mỗi thương hiệu thời trang đều có những bí quyết riêng trong việc thiết kế và vận hành dây chuyền sản xuất. Điều này giúp họ tạo ra các sản phẩm đáp ứng đúng thị hiếu của người tiêu dùng và xu hướng thời trang toàn cầu.

Đồng thời, dây chuyền sản xuất cũng là nơi các ý tưởng sáng tạo của nhà thiết kế được hiện thực hóa một cách chính xác. Từ bản vẽ trên giấy đến sản phẩm hoàn thiện, mỗi chi tiết đều được thực hiện một cách tỉ mỉ, đảm bảo rằng sản phẩm cuối cùng không chỉ đúng theo thiết kế ban đầu mà còn đạt tiêu chuẩn thẩm mỹ cao. Chính vì vậy, sản xuất theo dây chuyền không chỉ là một phương pháp sản xuất, mà còn là một phần của nghệ thuật thời trang.

2.6 Các phương pháp cân bằng dây chuyền truyền thống

Các phương pháp cân bằng dây chuyền truyền thống là những cách tiếp cận dựa trên các công cụ đơn giản và kinh nghiệm thực tiễn để phân bổ công việc một cách tối ưu giữa các công đoạn trong dây chuyền sản xuất. Mặc dù không yêu cầu các công cụ công nghệ cao hoặc các mô hình toán học phức tạp, những phương pháp này vẫn đảm bảo hỗ trợ quá trình sản xuất, đặc biệt trong các hệ thống đơn giản hoặc khi điều kiện hạn chế về công nghệ. Tuy nhiên, hiệu quả của các phương pháp này có thể bị hạn chế khi áp dụng vào các dây chuyền có cấu

trúc phức tạp hoặc yêu cầu tối ưu hóa cao. Từ những [16–21] dưới đây là các phương pháp phổ biến:

Phương pháp Heuristic là một trong những cách tiếp cận dựa trên các quy tắc thực nghiệm để cân bằng dây chuyền sản xuất. Phương pháp này thường không yêu cầu các tính toán phức tạp mà dựa trên việc áp dụng các quy tắc ưu tiên trong phân bổ công việc, chẳng hạn như: Phân bổ công đoạn có thời gian xử lý ngắn nhất trước: Phân công công đoạn có thời gian xử lý dài nhất trước để giảm điểm nghẽn, phương pháp Heuristic có ưu điểm dễ hiểu và dễ triển khai, nhưng có thể không mang lại kết quả tối ưu trong các hệ thống sản xuất phức tạp.

Phương pháp Biểu Đồ Gantt được sử dụng để lập kế hoạch và theo dõi tiến độ của các công đoạn trong dây chuyền sản xuất. Trên biểu đồ Gantt, mỗi công đoạn được thể hiện bằng một thanh ngang, với độ dài của thanh biểu thị thời gian cần thiết để hoàn thành công đoạn đó. Biểu đồ này cho phép dễ dàng nhận diện các công đoạn đang bị chậm tiến độ hoặc quá tải, từ đó điều chỉnh kế hoạch một cách trực quan. Phương pháp này đặc biệt phù hợp cho các dây chuyền sản xuất đơn giản, nơi các yêu cầu sản xuất không thay đổi thường xuyên. Tuy nhiên, khi dây chuyền trở nên phức tạp với nhiều công đoạn và biến động liên tục, biểu đồ Gantt có thể trở nên khó theo dõi và không mang lại hiệu quả tối ưu.

Phương pháp Bảng Cân Bằng sử dụng các biểu đồ hoặc bảng biểu để trực quan hóa thời gian thực hiện của từng công đoạn trong dây chuyền. Thời gian hoàn thành của từng công đoạn được thể hiện trên biểu đồ, từ đó phát hiện sự mất cân bằng giữa các công đoạn. Sự điều chỉnh sau đó tập trung vào việc làm đều hóa thời gian giữa các công đoạn để tối ưu hóa năng suất của toàn bộ dây chuyền. Phương pháp này dễ áp dụng và trực quan, đặc biệt với các dây chuyền có số lượng công đoạn vừa phải và tính ổn định cao. Nhưng trong các hệ thống phức tạp hoặc khi các yêu cầu sản xuất thay đổi thường xuyên, phương pháp này có thể gặp khó khăn trong việc duy trì hiệu quả.

Phương pháp Thiết Kế Đường Găng tập trung vào việc xác định các công đoạn quan trọng nhất trong dây chuyền sản xuất, gọi là "đường găng". Đây là chuỗi công đoạn mà bất kỳ sự trì hoãn nào cũng có thể ảnh hưởng trực tiếp đến toàn bộ tiến độ sản xuất. Việc áp dụng CPM bắt đầu từ việc phân tích các công đoạn và mối liên hệ giữa chúng, tính toán thời gian bắt đầu và kết thúc sớm nhất của từng công đoạn. Tiếp đó, đường găng được xác định để làm

cơ sở tập trung nguồn lực và giảm thiểu các rủi ro về thời gian. Phương pháp này hiệu quả trong việc tối ưu hóa tiến độ sản xuất và giúp giảm thiểu thời gian chờ giữa các công đoạn. Việc áp dụng CPM phụ thuộc vào độ chính xác của dữ liệu đầu vào, đặc biệt khó khăn trong các hệ thống sản xuất có nhiều biến động.

Phương pháp Phân Nhóm Công Việc tập trung vào việc gộp các công đoạn có thời gian thực hiện tương đồng hoặc có liên quan chặt chẽ với nhau để giảm thiểu sự mất cân đối trong dây chuyền. Sự phân nhóm này tạo điều kiện để sắp xếp nguồn lực phù hợp, giảm thời gian chờ và tăng tính đồng nhất trong hoạt động sản xuất. Phương pháp này phát huy hiệu quả cao trong các dây chuyền sản xuất có tính chất lặp lại và ổn định. Tuy nhiên, nếu các công đoạn trong nhóm thay đổi về thời gian hoặc khối lượng công việc, sự mất cân bằng có thể xảy ra, ảnh hưởng đến hiệu suất của toàn bộ dây chuyền.

Phương pháp Tỷ Số Thời Gian dựa trên việc so sánh thời gian thực hiện thực tế của từng công đoạn với thời gian lý thuyết hoặc trung bình để phát hiện sự mất cân đối trong dây chuyền. Thông qua việc phân tích tỷ lệ này, các công đoạn bị lệch chuẩn sẽ được điều chỉnh, bằng cách thay đổi số lượng công nhân hoặc thiết bị, nhằm đạt được sự cân bằng tối ưu. Phương pháp này cho phép phát hiện nhanh chóng các công đoạn có hiệu suất thấp hoặc vượt quá thời gian quy định, giúp điều chỉnh kịp thời. Tuy nhiên, hiệu quả của phương pháp phụ thuộc vào sự ổn định của dây chuyền và khả năng đo lường chính xác thời gian thực hiện của từng công đoạn.

2.7 Ứng dụng công nghệ thông minh trong cân bằng dây chuyền

Sự phát triển của công nghệ thông minh đã tạo ra nhiều cơ hội mới trong việc cân bằng dây chuyền sản xuất, đặc biệt là trong ngành may mặc. Các giải pháp công nghệ hiện đại không chỉ cải thiện hiệu quả sản xuất mà còn tối ưu hóa việc sử dụng nguồn lực, giảm chi phí, và tăng cường khả năng cạnh tranh. Những công nghệ như giải thuật tối ưu, trí tuệ nhân tạo, Internet vạn vật, và phân tích dữ liệu lớn đang được ứng dụng để giải quyết các bài toán phức tạp liên quan đến phân bổ công nhân, quản lý máy móc, và giảm thiểu thời gian chờ đợi giữa các công đoạn. Những giải pháp này đóng vai trò quan trọng trong việc nâng cao năng suất và

hiệu quả vận hành dây chuyền may, đồng thời giúp các doanh nghiệp đáp ứng được yêu cầu ngày càng cao trong môi trường cạnh tranh khốc liệt. Một số [22–26] ứng dụng công nghệ nổi bật bao gồm:

Giải thuật tối ưu hóa: Các giải thuật tối ưu hóa như thuật toán di truyền, thuật toán đàn kiến, tối ưu bầy đàn, và thuật toán mô phỏng luyện kim được ứng dụng rộng rãi để giải quyết bài toán phân bổ nguồn lực trong dây chuyền sản xuất. Những thuật toán này mô phỏng các quy luật tự nhiên như tiến hóa di truyền hoặc hành vi bầy đàn để tìm kiếm giải pháp tối ưu trong không gian bài toán.

Ví dụ, thuật toán di truyền sử dụng cơ chế lai ghép và đột biến để tạo ra các tổ hợp phân bổ công nhân, từ đó tìm ra phương án hiệu quả nhất. Thuật toán đàn kiến dựa trên hành vi tìm đường của kiến để xây dựng các lộ trình tối ưu, giúp tối ưu hóa thời gian xử lý và cân bằng tải giữa các công đoạn. Giải thuật tối ưu hóa được sử dụng để phân bổ công nhân phù hợp với độ thành thạo và yêu cầu công đoạn, giảm thiểu tình trạng quá tải ở các công đoạn và lập kế hoạch sản xuất nhằm đạt năng suất tối đa. Các giải thuật này giúp xử lý các bài toán phức tạp với nhiều biến số, tự động hóa quá trình ra quyết định và giảm thiểu sự phụ thuộc vào kinh nghiệm thủ công. Tăng khả năng thích ứng với các thay đổi trong điều kiện sản xuất thực tế.

Trí tuệ nhân tạo: Đóng vai trò quan trọng trong việc phân tích dữ liệu sản xuất, phát hiện các điểm mất cân đối và đưa ra các giải pháp điều chỉnh. Công nghệ AI như học máy và học sâu giúp tự động phát hiện các mô hình trong dữ liệu và dự đoán các vấn đề tiềm ẩn, hỗ trợ quá trình ra quyết định nhanh chóng và chính xác.

AI cũng được ứng dụng trong việc tối ưu hóa hiệu suất dây chuyền, dự đoán tắc nghẽn và đề xuất phân bổ nguồn lực. Các hệ thống AI tiên tiến có thể tự động phân tích dữ liệu lịch sử và thời gian thực để tối ưu hóa mọi khía cạnh của dây chuyền sản xuất. Hỗ trợ phân tích dữ liệu sản xuất để dự đoán tắc nghẽn, điều chỉnh phân bổ công nhân và cải thiện chất lượng sản phẩm thông qua phát hiện lỗi sớm. Nâng cao hiệu suất dây chuyền, tăng khả năng tự động hóa và giảm thiểu sai sót trong sản xuất.

Mô phỏng dây chuyền sản xuất: Phần mềm mô phỏng như Arena, AnyLogic được sử dụng để mô phỏng dây chuyền sản xuất, cho phép thử nghiệm các kịch bản cân bằng dây chuyền trước khi triển khai thực tế. Các mô hình ảo này giúp đánh giá hiệu quả của việc thay đổi nhân lực, máy móc hoặc nhịp độ sản xuất. Mô phỏng dây chuyền giúp lựa chọn phương

án cân bằng tối ưu, đánh giá tác động của thay đổi nguồn lực và xác định các điểm yếu trong quy trình sản xuất. Giảm rủi ro trong triển khai thực tế và tăng khả năng dự đoán các vấn đề tiềm năng.

Internet vạn vật: Kết nối các thiết bị và máy móc trong dây chuyền sản xuất, giúp thu thập và chia sẻ dữ liệu theo thời gian thực. Các cảm biến IoT được tích hợp vào máy móc và vị trí làm việc để giám sát hiệu suất thiết bị, thời gian xử lý và năng suất lao động.

Hệ thống IoT không chỉ hỗ trợ bảo trì dự đoán để tránh các sự cố đột ngột mà còn cung cấp dữ liệu chi tiết giúp tối ưu hóa hiệu quả sản xuất. IoT được sử dụng để theo dõi tình trạng hoạt động của máy móc, đo lường thời gian xử lý công đoạn và gửi cảnh báo khi phát hiện sự cố. IoT tăng khả năng giám sát từ xa, giảm thời gian chết của máy móc và cải thiện hiệu suất tổng thể.

Hệ thống quản lý sản xuất: Cung cấp cái nhìn tổng quan toàn bộ dây chuyền, từ quản lý nguyên liệu đến hiệu suất thiết bị. MES giúp đồng bộ hóa thông tin giữa các bộ phận và tự động điều chỉnh lịch trình sản xuất khi cần thiết. MES được áp dụng để quản lý tiến độ sản xuất, điều chỉnh lịch trình và theo dõi hiệu suất dây chuyền. MES tăng hiệu quả quản lý dây chuyền, cải thiện độ chính xác trong lập kế hoạch và hỗ trợ ra quyết định dựa trên dữ liệu thời gian thực.

Chương 3

CƠ SỞ LÝ THUYẾT VỀ TỐI ƯU HÓA DÂY CHUYỀN MAY CÔNG NGHIỆP

3.1 Khái niệm về cân bằng dây chuyền may

Phương pháp cân bằng dây chuyền là cách phân chia khối lượng công việc trong quy trình gia công sản phẩm một cách đồng đều giữa các công nhân trên dây chuyền, dựa trên các nguyên tắc phù hợp với điều kiện thực tế. Mục tiêu là đảm bảo sự nhịp nhàng trong hoạt động dây chuyền, rút ngắn đường đi của bán thành phẩm, và khai thác tối đa năng suất lao động. Một dây chuyền được cân bằng tốt sẽ loại bỏ tình trạng nguyên công bị quá tải dẫn đến đình trệ hoặc ùn tắc, đồng thời tránh tình trạng non tải gây lãng phí thời gian chờ việc. Kết quả là giảm thiểu tồn đọng bán thành phẩm, chuyên môn hóa công việc, tăng năng suất và kiểm soát hiệu quả quy trình sản xuất [27].

Dấu hiệu nhận biết dây chuyền mất cân bằng bao gồm sự chênh lệch khối lượng công việc giữa các vị trí, công nhân phải ngồi chờ hoặc di chuyển giữa các khu vực làm việc. Các nguyên nhân phổ biến có thể kể đến như: phân bổ công việc không đồng đều, thời gian định mức không chính xác, kích cỡ bó hàng quá lớn, hay các gián đoạn do máy móc hỏng hóc, công nhân nghỉ đột xuất, hoặc không cung cấp bán thành phẩm kịp thời. Ngoài ra, tay nghề công nhân không ổn định hoặc thời gian chuyển đổi mã hàng mới cũng là nguyên nhân gây mất cân bằng, ảnh hưởng lớn đến năng suất và hiệu quả dây chuyền.

Cân bằng chuyền thường được thực hiện trong giai đoạn thiết kế dây chuyền hoặc khi chuyền đổi sản phẩm sản xuất. Việc này giúp nâng cao năng suất, tối ưu hóa phân công lao động, đồng thời dễ dàng phát hiện và khắc phục các vấn đề bất ổn trong dây chuyền. Tuy nhiên, cân bằng chuyền đòi hỏi sự sắp xếp phù hợp với số nguyên công, thời gian gia công, năng lực thiết bị và khả năng thực tế của công nhân. Quá trình này cần đảm bảo tận dụng tối đa thời gian và năng lực lao động, giúp dây chuyền vận hành hiệu quả, ổn định và đáp ứng tốt các yêu cầu sản xuất.

3.2 Phân tích các yếu tố ảnh hưởng đến bài toán cân bằng

Việc cân bằng dây chuyền sản xuất may công nghiệp phụ thuộc vào nhiều yếu tố khác nhau, từ đặc điểm kỹ thuật, năng suất lao động đến quy trình và yếu tố con người. Những yếu tố này có thể tác động trực tiếp hoặc gián tiếp đến khả năng duy trì nhịp độ sản xuất đồng đều giữa các công đoạn. Theo [28–31], các yếu tố ảnh hưởng đến bài toán cân bằng dây chuyền:

Yếu tố nhân lực liên quan đến độ thành thạo và năng suất của từng công nhân. Độ thành thạo của công nhân quyết định thời gian thực hiện các công đoạn và mức độ ổn định trong sản xuất. Yếu tố này cần được tối ưu hóa thông qua phân bổ công nhân phù hợp với độ thành thạo của họ, đồng thời đào tạo và phát triển kỹ năng liên tục.

Yếu tố thiết bị và máy móc sử dụng trong dây chuyền sản xuất cũng có ảnh hưởng lớn đến việc cân bằng dây chuyền. Việc phân bổ loại máy móc phù hợp với từng công đoạn và duy trì máy móc trong điều kiện tốt là cần thiết để đảm bảo năng suất và chất lượng. Các thiết bị không đồng nhất có thể dẫn đến sự khác biệt về thời gian xử lý và gây ra các điểm nút tắc nghẽn.

Yếu tố quy trình sản xuất, bao gồm cách tổ chức công đoạn và thứ tự thực hiện, cũng là yếu tố quan trọng trong bài toán cân bằng dây chuyền. Một quy trình sản xuất được tổ chức tốt sẽ giúp tối ưu hóa thời gian chuyển đổi giữa các công đoạn và giảm thiểu sự gián đoạn trong dây chuyền. Việc điều chỉnh quy trình sản xuất để phù hợp với các đặc điểm khác nhau của sản phẩm và tài nguyên có thể giúp tăng cường năng suất.

Yếu tố đặc điểm của sản phẩm (bao gồm kiểu dáng, độ phức tạp, và các yêu cầu kỹ thuật) cũng ảnh hưởng đến sự cân bằng của dây chuyền may. Các sản phẩm phức tạp có thể yêu cầu thời gian thực hiện dài hơn hoặc cần nhiều thao tác hơn, dẫn đến các công đoạn bị lệch pha nếu không có sự phân bổ nguồn lực hợp lý.

Yếu tố kế hoạch và tổ chức sản xuất liên quan đến cách lập kế hoạch sản xuất, phân bổ tài nguyên, và tổ chức các hoạt động trong dây chuyền. Việc lập kế hoạch tốt giúp tối ưu hóa sự phân bổ công nhân, thiết bị và thời gian, từ đó làm giảm thiểu sự lãng phí và tăng cường hiệu quả sản xuất. Một kế hoạch sản xuất hợp lý cần tính đến tất cả các yếu tố như thời gian chuẩn bị, thời gian chuyển đổi giữa các lô sản phẩm, và cách thức tổ chức các ca làm việc. Việc tổ chức tốt không chỉ giúp dây chuyền hoạt động nhịp nhàng mà còn giúp giảm thiểu tắc nghẽn và đảm bảo sản lượng ổn định.

Yếu tố môi trường làm việc, bao gồm điều kiện ánh sáng, không khí, và môi trường làm việc an toàn, ảnh hưởng đến hiệu suất làm việc của công nhân. Các yếu tố này có thể tác động trực tiếp đến sự tập trung và năng suất của công nhân, do đó cũng tác động đến khả năng cân bằng dây chuyền.

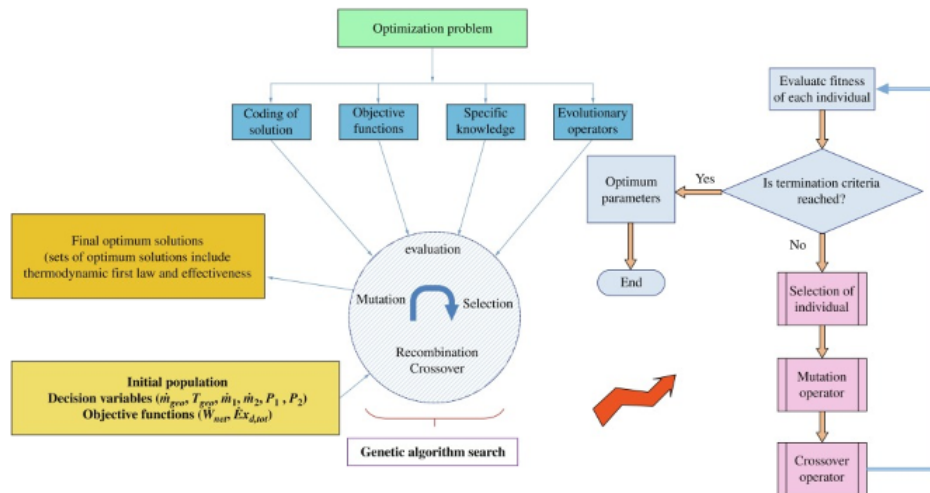
Yếu tố ngoại cảnh và biến động thị trường có ảnh hưởng lớn đến khả năng cân bằng dây chuyền sản xuất. Các yếu tố như nhu cầu thị trường thay đổi, biến động giá nguyên vật liệu, và sự cạnh tranh của các doanh nghiệp khác có thể gây ra ảnh hưởng tới kế hoạch sản xuất. Những thay đổi này có thể dẫn đến sự thay đổi trong yêu cầu sản xuất, như tăng hoặc giảm số lượng sản phẩm, từ đó tác động trực tiếp đến việc cân bằng dây chuyền. Khả năng thích ứng linh hoạt với các biến động này là một trong những thách thức lớn mà các doanh nghiệp cần phải giải quyết để duy trì hiệu quả sản xuất.

3.3 Các thuật toán tối ưu hóa

3.3.1 Giải thuật di truyền

Định nghĩa 3.1 *Giải thuật di truyền là một phương pháp tối ưu hóa dựa trên quá trình tiến hóa tự nhiên, được sử dụng rộng rãi trong các lĩnh vực như kỹ thuật, khoa học máy tính và trí tuệ nhân tạo. GA mô phỏng các cơ chế tiến hóa sinh học như chọn lọc tự nhiên, lai ghép và đột biến để tìm kiếm giải pháp tối ưu cho các vấn đề phức tạp [32].*

Cấu trúc cơ bản của GA:



Hình 3.1: Cấu trúc cơ bản của giải thuật di truyền.

Mã hóa: Biểu diễn các giải pháp tiềm năng dưới dạng chuỗi gen, thường là chuỗi nhị phân, số nguyên hoặc số thực. Việc lựa chọn phương pháp mã hóa phù hợp ảnh hưởng lớn đến hiệu quả của thuật toán.

Quần thể ban đầu: Khởi tạo một tập hợp các cá thể (giải pháp) ngẫu nhiên hoặc dựa trên kiến thức trước đó.

Hàm thích nghi: Đánh giá mức độ "tốt" của mỗi cá thể dựa trên tiêu chí tối ưu hóa cụ thể.

Toán tử di truyền:

1. **Chọn lọc:** Lựa chọn các cá thể tốt nhất để tạo ra thế hệ tiếp theo, thường dựa trên xác suất tỷ lệ với giá trị hàm thích nghi.
2. **Đột biến:** Thay đổi ngẫu nhiên một số gen trong cá thể để duy trì đa dạng di truyền và tránh rơi vào cực trị.
3. **Lai ghép:** Kết hợp hai cá thể cha mẹ để tạo ra cá thể con, với mục tiêu kết hợp các đặc điểm tốt từ cả hai.

Tiến hóa (Evolution): Lặp lại quá trình chọn lọc, lai ghép và đột biến qua nhiều thế hệ cho đến khi đạt được tiêu chí dừng, chẳng hạn như số thế hệ tối đa hoặc đạt được giá trị hàm thích nghi mong muốn.

Ứng dụng giải thuật di truyền trong cân bằng dây chuyền may

Giải thuật di truyền có thể áp dụng trong nhiều lĩnh vực như thiết kế cấu trúc, huấn luyện mạng nơ-ron nhân tạo, các ngành khoa học máy tính,... và cũng có thể áp dụng trong bài toán cân bằng dây chuyền may.

Trong bài toán cân bằng dây chuyền may, giải thuật di truyền có mục đích giúp dây chuyền may nâng cao sản lượng, giảm thiểu chi phí về lương cho nhân viên, sắp xếp công nhân sao cho phù hợp với các ràng buộc đầu vào.

Bài toán sẽ sinh ngẫu nhiên một quần thể sau đó tính toán các cá thể và đánh giá độ "tốt" dựa trên tiêu chí tối ưu như số lượng sản phẩm, lương,... sau đó lựa chọn các cá thể tốt nhất để tạo ra các thế hệ tiếp theo, có 1 số xác suất xảy ra đột biến giúp cá thể đa dạng hơn, lai ghép các cá thể tốt nhất đó để tạo ra các cá thể con với mục tiêu kết hợp các đặc điểm tốt từ cả 2 và lặp lại các bước đến khi có kết quả tốt.

Ưu điểm:

- Giải thuật di truyền có khả năng tìm kiếm giải pháp trong không gian lớn và phức tạp.
- Không yêu cầu thông tin về gradient của hàm mục tiêu.
- Dễ dàng kết hợp với các phương pháp tối ưu hóa khác.

Nhược điểm:

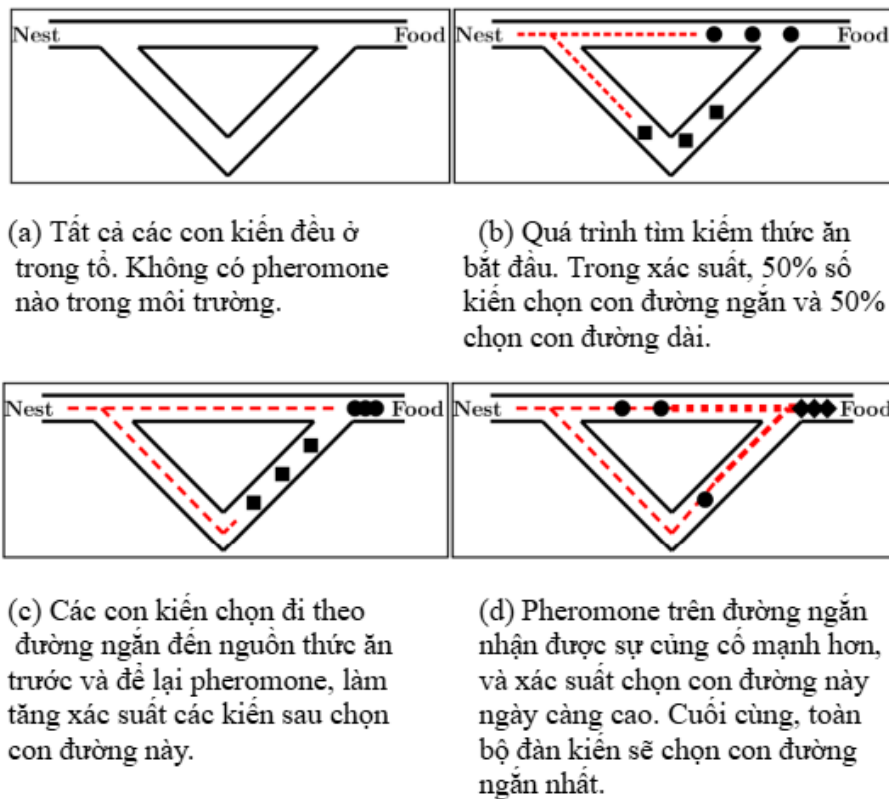
- Có thể yêu cầu thời gian tính toán lớn đối với các bài toán phức tạp.
- Hiệu suất phụ thuộc vào việc lựa chọn tham số và toán di truyền phù hợp.
- Có thể hội tụ chậm nếu không duy trì được đa dạng di truyền.

3.3.2 Thuật toán đàn kiến

Định nghĩa 3.2 Thuật toán đàn kiến là một phương pháp tối ưu hóa lấy cảm hứng từ hành vi tìm kiếm thức ăn của loài kiến trong tự nhiên. Khi di chuyển, kiến để lại pheromone trên đường đi. Những con đường có lượng pheromone cao sẽ thu hút nhiều kiến hơn, giúp kiến chọn ra con đường tốt nhất để đến nguồn thức ăn [22].

Pheromone bay hơi theo thời gian nhằm tránh việc kiến bị ”mắc kẹt” ở các giải pháp không hiệu quả, đồng thời khuyến khích việc khám phá những giải pháp mới. Thuật toán ACO, được giới thiệu bởi Marco Dorigo vào năm 1992, hiện nay được áp dụng rộng rãi trong các bài toán như tìm đường đi ngắn nhất, tối ưu hóa lộ trình, và phân bổ nguồn lực [33].

Dưới đây là hình minh họa về quá trình tìm kiếm đường đi ngắn nhất của đàn kiến từ tổ (Nest) đến nguồn thức ăn (Food). Trong hình bao gồm bốn phần mô tả các bước cụ thể:



Hình 3.2: Quá trình tìm đường ngắn nhất của đàn kiến từ tổ đến nguồn thức ăn.

Quy trình hoạt động

1. Các con kiến được đặt ở các vị trí ngẫu nhiên trong không gian tìm kiếm. Ma trận pheromone được khởi tạo với giá trị ban đầu, phản ánh mức độ hấp dẫn của từng giải pháp.
2. Xây dựng giải pháp: Mỗi con kiến tạo ra một phương án giải quyết bài toán (ví dụ, phân công công nhân vào các công đoạn) dựa trên:

- Lượng pheromone: Những phương án có nhiều pheromone hơn sẽ được ưu tiên chọn lựa, vì chúng đại diện cho các giải pháp được đánh giá tốt hơn ở các vòng trước.
 - Độ khả quan của giải pháp: Các công nhân có độ thành thạo cao hoặc phù hợp với công đoạn sẽ có xác suất được chọn cao hơn.
3. Cập nhật pheromone: Sau khi tất cả các kiến hoàn thành giải pháp, pheromone được điều chỉnh như sau:
- Tăng cường pheromone: Những phương án tốt (đạt sản lượng cao hoặc chi phí thấp) sẽ được tăng thêm pheromone để thu hút kiến ở các vòng sau.
 - Bốc hơi pheromone: Pheromone trên toàn bộ các cạnh sẽ giảm dần theo thời gian để khuyến khích khám phá những giải pháp mới.
4. Lặp lại: Các bước xây dựng giải pháp và cập nhật pheromone sẽ lặp lại cho đến khi đạt đến điều kiện dừng như đạt số vòng lặp giới hạn hoặc khi không còn cải thiện đáng kể nào.

Ứng dụng thuật toán trong cân bằng dây chuyền may

Trong bài toán cân bằng dây chuyền may, thuật toán đàn kiến được áp dụng để:

- Nâng cao sản lượng đảm bảo rằng sản lượng đầu ra của dây chuyền sản xuất đạt được mức cao nhất.
- Giảm thiểu chi phí chi trả cho công nhân trong khi vẫn đảm bảo hiệu quả sản xuất.
- Sắp xếp công nhân sao cho phù hợp với độ thành thạo của từng người đối với từng công đoạn.
- Giảm thiểu thời gian chết trong quá trình sản xuất, đảm bảo thời gian hoàn thành sản phẩm là ngắn nhất.

Ví dụ: Trong một vòng lặp của thuật toán đàn kiến, con kiến cần phân công công nhân cho công đoạn "Cắt".

Quá trình chọn công nhân diễn ra như sau:

- Pheromone cao: Công đoạn "Cắt" đã tích lũy nhiều pheromone từ các vòng lặp trước, cho thấy đây là lựa chọn tốt.
- Độ thành thạo cao: "Nguyễn Văn A" có độ thành thạo vượt trội, giúp hoàn thành công đoạn nhanh hơn.
- Xác suất ưu tiên: Sự kết hợp giữa pheromone và độ thành thạo giúp xác suất chọn "Nguyễn Văn A" cao hơn các công nhân khác.
- Kết quả: "Nguyễn Văn A" được phân công thực hiện công đoạn "Cắt", đóng góp vào giải pháp mà con kiến xây dựng.

Ưu và nhược điểm

Ưu điểm

- Tối ưu hóa đa mục tiêu đồng thời như sản lượng, chi phí, thời gian và phân công công nhân.
- Thích ứng cao: Thích nghi với các thay đổi trong năng lực công nhân hoặc yêu cầu sản xuất.
- Học hỏi từ kinh nghiệm: Sử dụng pheromone để cải thiện các giải pháp tốt hơn trong các vòng lặp tiếp theo.
- Tìm kiếm tối ưu toàn cục: Kết hợp giữa khám phá và khai thác để tìm ra giải pháp tốt nhất.

Nhược điểm

- Yêu cầu thời gian và tài nguyên lớn cho các bài toán phức tạp.
- Dễ rơi vào cực trị cục bộ nếu không có chiến lược khám phá tốt, thuật toán dễ bị mắc kẹt ở các giải pháp không tối ưu.
- Phụ thuộc vào tham số kết quả phụ thuộc nhiều vào việc tinh chỉnh các tham số của thuật toán.

- Thuật toán dựa trên xác suất và tính ngẫu nhiên, nên kết quả có thể không ổn định hoặc không giống nhau ở mỗi lần chạy.

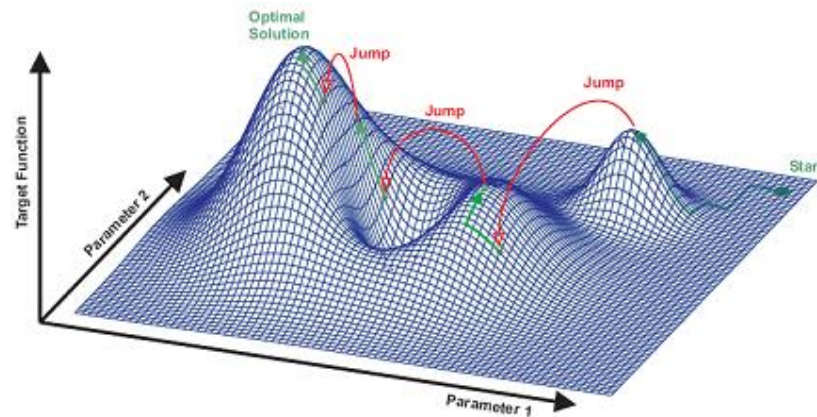
Ngoài ứng dụng trong cân bằng dây chuyền may, thuật toán đàn kiến còn được áp dụng vào nhiều bài toán thực tế khác như:

- Tìm đường đi ngắn nhất: ACO được sử dụng để giải quyết bài toán người du lịch, giúp tìm lộ trình ngắn nhất qua các điểm.
- Tối ưu hóa vận tải và định tuyến: Thuật toán được sử dụng để giải quyết các bài toán định tuyến xe, tối ưu hóa lộ trình giao hàng.
- Tối ưu hóa hệ thống điện: ACO được áp dụng để thiết kế mạng lưới điện năng, tối ưu hóa việc phân phối và tiêu thụ điện.

Nhờ khả năng tìm kiếm giải pháp toàn cục và tính thích ứng cao, ACO trở thành công cụ hữu ích trong việc giải quyết các bài toán tối ưu hóa phức tạp trong nhiều lĩnh vực.

3.3.3 Thuật toán mô phỏng luyện kim

Định nghĩa 3.3 *Thuật toán mô phỏng luyện kim là một giải thuật tìm kiếm xác suất, là phương pháp tối ưu hóa có thể áp dụng để tìm kiếm tối ưu toàn cục của hàm giá và tránh được tối ưu hóa cục bộ bằng việc chấp nhận một lời giải tốt hơn thông qua xác suất phụ thuộc vào nhiệt độ T . Mô hình không gian thể hiện tối ưu toàn cục của thuật toán SA được mô phỏng như Hình 3.3 [34].*



Hình 3.3: Mô hình không gian của thuật toán SA.

Thuật toán mô phỏng luyện kim là một phương pháp dựa trên nguyên lý của quá trình nung chảy và làm nguội để tạo ra cấu trúc bền vững của kim loại. Đây là một kỹ thuật được lấy cảm hứng từ các hiện tượng xảy ra trong thực tế khi kim loại được nung nóng đến trạng thái lỏng, sau đó được làm nguội dần để định hình và đạt đến trạng thái ổn định. Quá trình này có thể được chia thành hai giai đoạn chính [35]:

Giai đoạn đầu tiên liên quan đến việc nung nóng vật liệu đến mức nhiệt độ cao, khiến nó chuyển sang trạng thái lỏng hoặc bán lỏng, làm các nguyên tử hoặc phân tử có thể di chuyển tự do. Trong giai đoạn này, cấu trúc của vật liệu trở nên lỏng lẻo và mất đi tính bền vững ban đầu.

Giai đoạn thứ hai là quá trình làm nguội từ từ, trong đó nhiệt độ được giảm dần một cách có kiểm soát. Việc làm nguội này tạo điều kiện cho các nguyên tử hoặc phân tử tái sắp xếp vào các cấu trúc bền vững hơn, giúp vật liệu đạt được sự ổn định về mặt cơ học và nhiệt động lực học. Nhờ sự kết hợp của hai giai đoạn này, thuật toán có thể mô phỏng hiệu quả các đặc tính của vật liệu trong môi trường ảo, hỗ trợ thiết kế và tối ưu hóa các bài toán tối ưu.

Thuật toán tối ưu SA được xây dựng dựa trên nguyên lý tương tự nguyên lý của quá trình luyện kim đối với kim loại, được so sánh trong bảng [36, 37]:

Bài toán tối ưu	Quá trình luyện kim
Cấu trúc	Trạng thái
Hàm tối ưu	Năng lượng
Nghiệm tối ưu	Trạng thái ổn định
Tìm kiếm cục bộ	Quá trình chuyển trạng thái

Bảng 3.1: Bảng so sánh quy trình thuật toán SA và quá trình luyện kim.

Các bước thực hiện của thuật toán được mô tả lại như sau:

B1 Khởi tạo giải pháp ban đầu: Tạo ra một giải pháp ngẫu nhiên ban đầu để bắt đầu quá trình tìm kiếm.

B2 Tính toán chi phí: Sử dụng một hàm chi phí cụ thể để đánh giá hiệu quả của giải pháp vừa được tạo ra.

B3 Sinh giải pháp lân cận: Dựa trên giải pháp hiện tại, tạo ra một giải pháp lân cận ngẫu nhiên trong không gian nghiệm, sau đó tính toán chi phí của giải pháp lân cận này.

B4 So sánh chi phí: So sánh giá trị chi phí giữa giải pháp hiện tại và giải pháp lân cận vừa sinh ra:

- Nếu chi phí của giải pháp lân cận thấp hơn chi phí của giải pháp hiện tại (tức giải pháp lân cận tốt hơn), chọn giải pháp lân cận.
- Nếu chi phí của giải pháp lân cận không tốt hơn giải pháp hiện tại, vẫn có thể chọn giải pháp lân cận dựa trên một tiêu chí xác suất (thường áp dụng trong các thuật toán như mô phỏng luyện kim).

B5 Lặp lại quá trình: Tiếp tục lặp lại các bước từ 3 đến 4 để liên tục cải thiện giải pháp, hoặc ít nhất duy trì sự đa dạng trong không gian tìm kiếm.

B6 Dừng thuật toán: Quá trình lặp dừng lại khi đạt được một trong các điều kiện kết thúc, chẳng hạn như:

- Đã đạt được một giải pháp tối ưu chấp nhận được.
- Số lần lặp tối đa đã được thực hiện.

- Cải thiện giữa các lần lặp không còn đáng kể.

Thuật toán Simulated Annealing sử dụng một hàm mất mát để đánh giá chất lượng của một giải pháp. Thuật toán bắt đầu với một giải pháp ngẫu nhiên và sử dụng một hàm xác suất để xác định xem liệu giải pháp mới có tốt hơn giải pháp hiện tại hay không. Hàm xác suất này được tính toán bằng cách sử dụng nhiệt độ và sự khác biệt về giá trị của hàm mất mát giữa giải pháp hiện tại và giải pháp mới. Khi nhiệt độ giảm dần, thuật toán dần chuyển sang chế độ tìm kiếm cục bộ để tìm kiếm giá trị tối ưu toàn cục. Ưu điểm, bao gồm khả năng tránh được các giá trị cực trị địa phương và khả năng khám phá nhiều giải pháp khác nhau trong không gian tìm kiếm. Tuy nhiên, thuật toán cũng có một số nhược điểm như:

- Không đảm bảo chắc chắn rằng thuật toán sẽ tìm ra nghiệm tối ưu toàn cục, đặc biệt đối với các bài toán phức tạp. Kết quả phụ thuộc nhiều vào cách cấu hình thuật toán.
- Đối với các bài toán tối ưu hóa quy mô rất lớn hoặc có số lượng biến số lớn, thuật toán SA có thể không hiệu quả vì tốc độ hội tụ chậm.
- Vì SA dựa trên các quy trình ngẫu nhiên (chọn nghiệm lân cận và quyết định chấp nhận nghiệm), nên cùng một bài toán có thể cho ra các nghiệm khác nhau qua mỗi lần chạy. Điều này gây khó khăn trong việc kiểm tra và tái lập nghiệm.

Thuật toán SA có thể được áp dụng để tối ưu hóa lập lịch sản xuất trong các nhà máy. Đây là một yếu tố quan trọng nhằm đảm bảo quy trình sản xuất được thực hiện hiệu quả và tiết kiệm chi phí. Bằng cách điều chỉnh thứ tự sản xuất, thời gian sản xuất, và số lượng sản phẩm, SA có thể tìm ra lịch trình tối ưu, giúp cải thiện hiệu suất hoạt động của nhà máy. Ngoài ra chúng ta có thể áp dụng thuật toán này vào để giải quyết bài toán thực tế khác như là:

- Tối ưu vận tải và định tuyến: Trong các hệ thống vận tải và định tuyến, việc tối ưu hóa quãng đường và thời gian di chuyển của các phương tiện cũng là rất quan trọng. Thuật toán Simulated Annealing có thể được sử dụng để tìm kiếm lộ trình vận tải và định tuyến tối ưu nhất bằng cách thay đổi quãng đường và thời gian di chuyển của các phương tiện.

- Tối ưu hóa các hệ thống điện: Trong các hệ thống điện, việc tối ưu hóa việc phân phối điện và mức độ tiêu thụ cũng là rất quan trọng. Thuật toán Simulated Annealing có thể được sử dụng để tìm kiếm cách phân phối điện và mức độ tiêu thụ tối ưu nhất bằng cách thay đổi vị trí và công suất của các đầu nối và tải điện.
- Tạo ra phần mềm giúp phân chia, sử dụng tối ưu các phòng học và giáo viên trong giáo dục.

Chương 4

THỰC NGHIỆM CÂN BẰNG DÂY CHUYỀN MAY CÔNG NGHIỆP

4.1 Thu thập dữ liệu thực tế

4.1.1 Nguồn dữ liệu

Dữ liệu về sản xuất quần đùi được lựa chọn trong nghiên cứu này thuộc nhà máy may Gio Linh, Công ty Cổ phần May và Thương mại Gio Linh tại Quảng Trị. Đây là một công ty có vị thế trong ngành may mặc khu vực miền Trung, đóng vai trò quan trọng trong chuỗi cung ứng sản xuất quần áo dệt kim tại Việt Nam. Nhà máy chuyên sản xuất các sản phẩm từ vải dệt kim với nhiều chủng loại đa dạng như áo Polo-Shirt, T-Shirt, quần áo thể thao và các mặt hàng may mặc khác.

Nhà máy may Gio Linh có khoảng 16 dây chuyền sản xuất, mỗi dây chuyền được vận hành bởi từ 20 đến 35 công nhân.

Các dây chuyền của nhà máy được trang bị các loại máy may tự động và bán tự động hiện đại từ các thương hiệu uy tín như Juki, Yamato, Kansai, đảm bảo khả năng sản xuất các sản phẩm chất lượng cao từ vải dệt kim. Điều này giúp nhà máy đáp ứng tốt nhu cầu của thị trường và khẳng định vị thế trong lĩnh vực sản xuất may mặc tại khu vực.

4.1.2 Phương pháp thu thập dữ liệu

Thực nghiệm được thực hiện tại công ty với mục tiêu thu thập dữ liệu một cách trực tiếp và thực tế ngay tại nhà máy sản xuất. Quá trình này bao gồm việc quan sát cẩn thận và ghi nhận chi tiết các hoạt động đang diễn ra trong dây chuyền may quần đùi, nhằm đảm bảo rằng tất cả các thông tin quan trọng đều được ghi nhận một cách chính xác. Việc thu thập dữ liệu không chỉ dừng lại ở việc quan sát mà còn bao gồm các phép đo lường cụ thể, sử dụng thiết bị bấm giờ để ghi lại thời gian thực hiện cho từng công đoạn một cách chính xác và khách

quan.

Bằng cách bấm giờ cho từng công đoạn trong dây chuyền, nhóm thực hiện có thể đo lường chính xác thời gian trung bình và thời gian tiêu chuẩn mà mỗi công đoạn yêu cầu. Điều này không chỉ hỗ trợ trong việc xác định các chỉ số cơ bản như thời gian thực hiện mà còn tạo nền tảng để so sánh hiệu suất giữa các công đoạn. Hệ thống đo lường này được thiết kế để cung cấp dữ liệu có độ chính xác cao, làm cơ sở cho các kết quả đạt được sát với thực tế hơn.

Ngoài ra, công ty cũng cung cấp các thông tin liên quan đến hệ số lương của từng công đoạn và năng lực làm việc của từng nhân viên, từ đó giúp nhóm thực hiện đánh giá được mối tương quan giữa hiệu suất làm việc và chi phí trả lương nhân viên. Đây là yếu tố quan trọng trong việc đảm bảo rằng các phương pháp tối ưu hóa được đề xuất sẽ không chỉ nâng cao hiệu quả sản xuất mà còn cân bằng trong quản lý ngân sách.

Các dữ liệu được thu thập từ quá trình thực nghiệm này sẽ đóng vai trò là nền tảng để tiến hành phân tích và tối ưu hóa dây chuyền sản xuất. Quá trình phân tích nhằm đảm bảo rằng các giải pháp đưa ra không chỉ đáp ứng được yêu cầu lý thuyết mà còn phù hợp với điều kiện thực tiễn của nhà máy. Mục tiêu cuối cùng là nâng cao hiệu quả hoạt động của dây chuyền, giảm thiểu chi phí và cân bằng giữa hai yếu tố trên cho công ty.

4.1.3 Tiền xử lý dữ liệu

Gán nhãn máy móc vào các loại từ 0-7: Để chuẩn hóa dữ liệu và thuận tiện trong các bước phân tích và tính toán, các loại máy móc được gán một mã số từ 0 đến 7. Việc mã hóa này giúp đơn giản hóa dữ liệu đầu vào, giảm thiểu lỗi khi xử lý và dễ dàng tích hợp vào các thuật toán tối ưu hóa. Dữ liệu được nhập thủ công dưới dạng một danh sách machines. Mỗi phần tử trong danh sách đại diện cho loại máy móc tại một vị trí cụ thể trong dây chuyền may.

Tính toán sản lượng trung bình hoàn thành một ngày từ dữ liệu thu thập được ở kết quả đầu vào. Đánh giá chính xác hiệu suất ban đầu của dây chuyền sản xuất và làm cơ sở để so sánh với kết quả sau khi tối ưu.

Tính toán chi phí lương ban đầu dựa trên đơn giá của từng công đoạn. Nhằm đánh giá chi phí thực tế của dây chuyền sản xuất, làm cơ sở để so sánh và tối ưu hóa chi phí trong quá trình nghiên cứu.

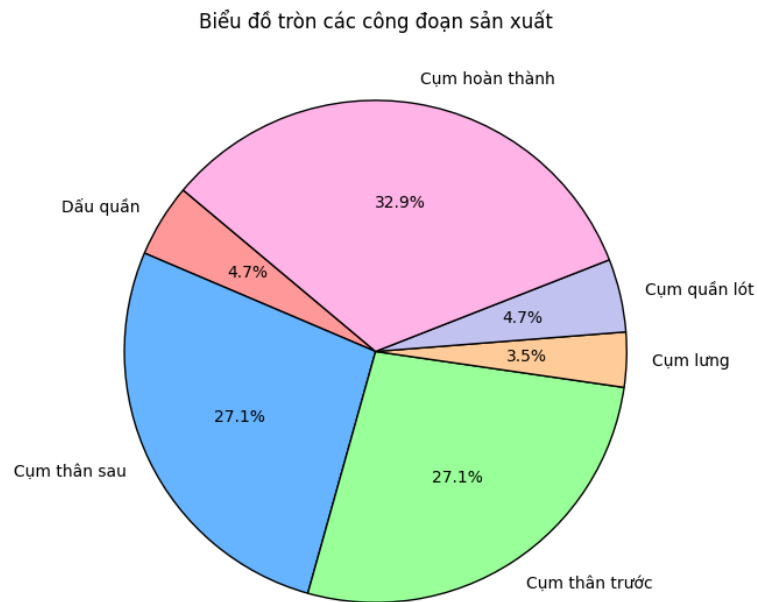
Trong quá trình xử lý dữ liệu sản xuất, việc phát hiện và loại bỏ các dữ liệu không hợp lệ là một bước quan trọng để đảm bảo tính chính xác và đáng tin cậy của kết quả. Dữ liệu không hợp lệ có thể bao gồm các giá trị nằm ngoài phạm vi cho phép, các giá trị trống hoặc thiếu, dữ liệu bị sai chính tả hoặc không đồng bộ,... Các dữ liệu này thường xuất hiện do sai sót trong quá trình thu thập hoặc nhập liệu. Để xử lý, trước tiên cần xác định những bản ghi có vấn đề thông qua việc kiểm tra các quy tắc logic. Tiếp theo, áp dụng các phương pháp khắc phục như bổ sung giá trị thay thế (nếu có thể suy luận hợp lý từ dữ liệu hiện có, loại bỏ hoàn toàn các bản ghi không đủ điều kiện. Việc xử lý dữ liệu không hợp lệ không chỉ đảm bảo kết quả tính toán chính xác mà còn tránh làm sai lệch phân tích trong các bước tiếp theo, như tối ưu hóa sản lượng và lương. Trong quá trình tính toán, việc sử dụng nhiều đơn vị đo lường khác nhau có thể gây nhầm lẫn và làm sai lệch kết quả. Do đó, cần chuẩn hóa toàn bộ dữ liệu về một đơn vị chung trước khi tiến hành xử lý. Các đơn vị đo lường cần thống nhất như thời gian (giờ), tiền lương(vnd).

4.1.4 Đặc điểm dữ liệu

Dữ liệu đầu vào gồm 9 cột : STT (số thứ tự), Tên công đoạn, thiết bị, Thời gian, hệ số, thời gian lý thuyết, đơn giá, loại máy, phân công công nhân. Và 91 cột gồm 6 công đoạn lớn và 85 công đoạn nhỏ.

Đặc điểm:

- Cột Tên công đoạn, thiết bị, phân công công nhân là dữ liệu định tính.
- Cột thời gian, hệ số, thời gian lý thuyết, đơn giá và loại máy là dữ liệu định lượng.

Các công đoạn sản xuất:

Hình 4.1: Biểu đồ các công đoạn sản xuất.

Thông kê dữ liệu cột Thời Gian.

Thông kê	Giá trị
Trung bình (Mean)	23.57
Độ lệch chuẩn (Standard Deviation)	17.28
Trung vị (Median)	20.50
Giá trị nhỏ nhất (Min)	2.00
Giá trị lớn nhất (Max)	81.00
Phân vị 25%	9.75
Phân vị 50% (Trung vị)	20.50
Phân vị 75%	31.25

Bảng 4.1: Bảng thống kê mô tả dữ liệu cột TG.

Thống kê dữ liệu cột Thời Gian Lý Thuyết

Thống kê	Giá trị
Trung bình (Mean)	27.94
Độ lệch chuẩn (Standard Deviation)	23.13
Trung vị (Median)	24.00
Giá trị nhỏ nhất (Min)	1.00
Giá trị lớn nhất (Max)	120.00
Phân vị 25%	11.00
Phân vị 50% (Trung vị)	24.00
Phân vị 75%	37.00

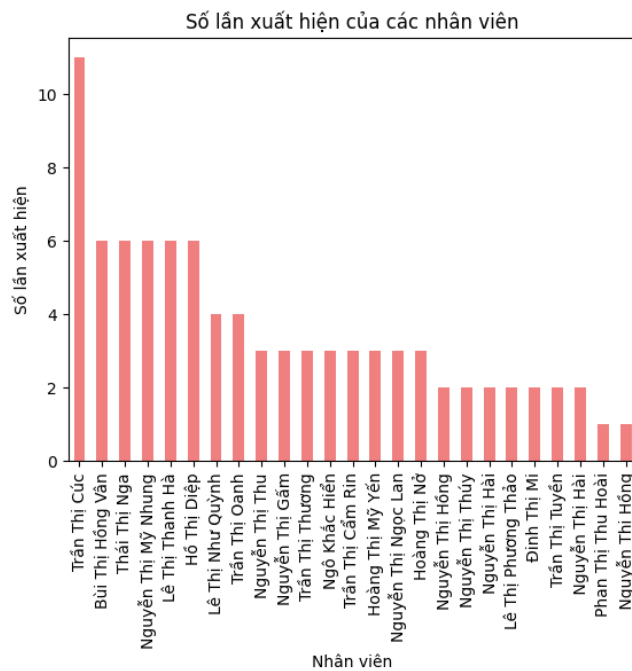
Bảng 4.2: Bảng thống kê mô tả dữ liệu cột TGLT.

Thống kê dữ liệu cột Đơn giá

Thống kê	Giá trị
Trung bình (Mean)	147.96
Độ lệch chuẩn (Standard Deviation)	122.57
Trung vị (Median)	127.00
Giá trị nhỏ nhất (Min)	7.00
Giá trị lớn nhất (Max)	638.00
Phân vị 25%	57.00
Phân vị 50% (Trung vị)	127.00
Phân vị 75%	194.00

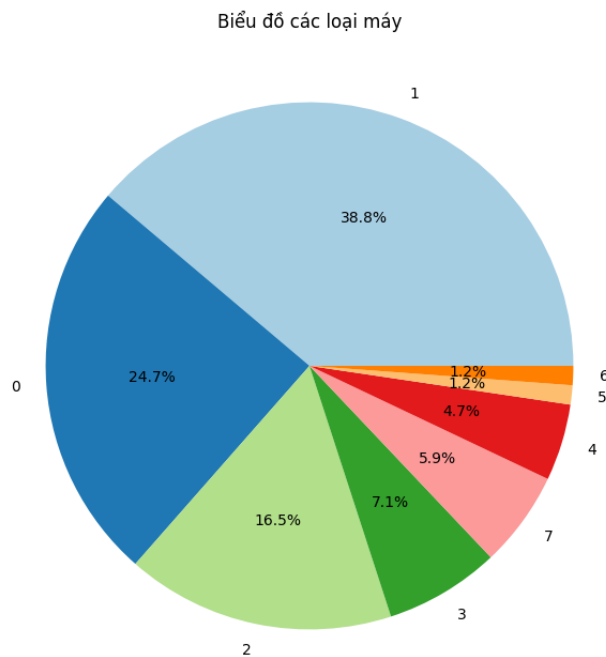
Bảng 4.3: Bảng thống kê mô tả cột Đơn giá.

Biểu đồ phân chia số công việc cho công nhân (ở đầu vào)



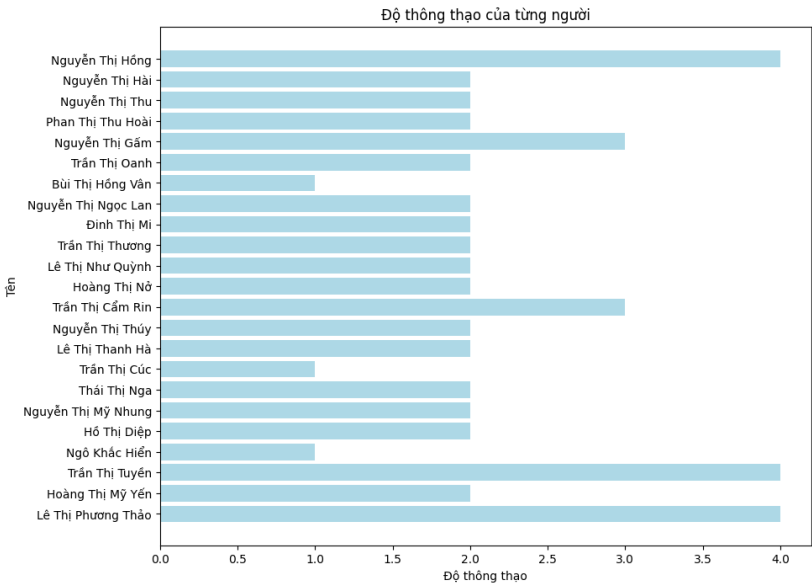
Hình 4.2: Biểu đồ phân chia số công việc cho công nhân (ở đầu vào).

Biểu đồ các loại máy



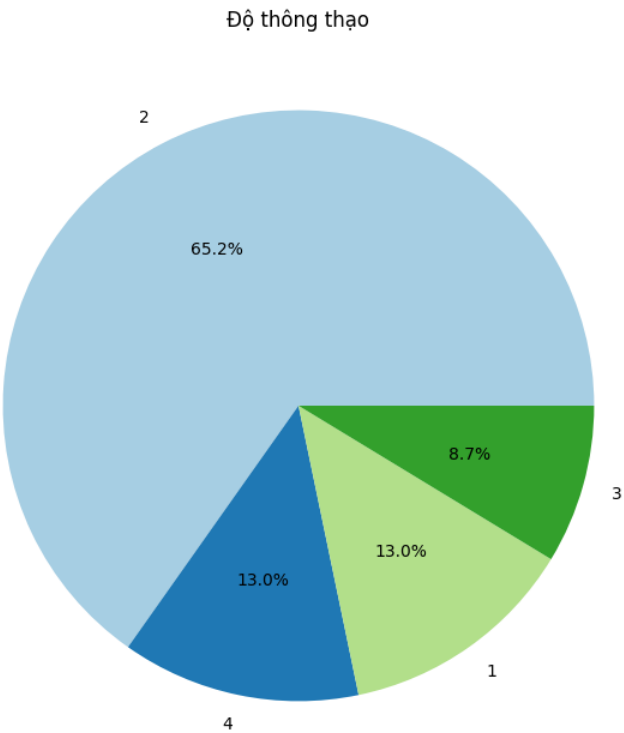
Hình 4.3: Biểu đồ các loại máy.

Biểu đồ độ thông thạo của từng người



Hình 4.4: Biểu đồ độ thông thạo của từng người.

Biểu đồ độ thông thạo



Hình 4.5: Biểu đồ độ thông thạo.

4.1.5 Mục tiêu tổng quan

Sử dụng các giải thuật di truyền, thuật toán đàn kiến, thuật toán mô phỏng luyện kim để phân bố các công nhân vào các công đoạn làm việc phù hợp với ràng buộc đầu vào sao cho:

- Nâng cao số lượng sản phẩm trong một ngày.
- Giảm chi phí lương cho công nhân trong một sản phẩm.
- Cân bằng giữa hai yếu tố trên dựa theo nhu cầu của doanh nghiệp.

4.1.6 Quy trình thực nghiệm

- **Phân tích bài toán:** Định nghĩa đầu vào, đầu ra và các ràng buộc (ví dụ: số lượng công nhân, số giờ làm việc, năng suất công nhân, mức lương, ...).
- **Áp dụng các thuật toán:** Chạy các thuật toán để tìm nghiệm tối ưu cho bài toán phân bổ công nhân.
- **Đánh giá và so sánh:** So sánh các thuật toán dựa trên các tiêu chí như hiệu quả, thời gian tính toán.
- **Rút ra nhận xét:**
 - Đưa ra ưu nhược điểm của từng thuật toán.
 - Đưa ra các hạn chế trong nghiên cứu, bao gồm khả năng áp dụng trong thực tiễn và các yếu tố bất định trong thực tế.
- **Đưa ra hướng nghiên cứu trong tương lai:**
 - Cải tiến thêm các thuật toán để phù hợp và hiệu quả hơn.
 - Giảm thiểu những hạn chế trong nghiên cứu.
 - Tích hợp và phát triển thêm các công nghệ phần mềm hỗ trợ doanh nghiệp.

4.2 Nội dung thực nghiệm

4.2.1 Mô tả bài toán

Tổng quan bài toán

Để sản xuất một chiếc quần, quá trình sản xuất được chia thành 6 công đoạn lớn và tổng cộng 85 công đoạn nhỏ. Hoàn thành tất cả 85 công đoạn này sẽ hoàn thành một sản phẩm. Mỗi công đoạn có: Thời gian lý thuyết (TGLT) để hoàn thành công đoạn đó, hệ số lương (HSL) riêng. Ngoài ra, thời gian hoàn thành công đoạn có thể nhanh hơn nếu năng lực công nhân tốt hơn.

Dây chuyền sản xuất bao gồm 23 công nhân tương ứng với các trạm làm việc được bố trí dọc theo băng chuyền sản xuất. Mỗi công nhân được phân công thực hiện một hoặc nhiều công đoạn nhỏ với sự hỗ trợ của các loại máy móc khác nhau (tổng cộng có 8 loại máy móc, được đánh số từ 0 đến 7). Mỗi công nhân có hệ số năng lực (HSNL) riêng, ảnh hưởng đến thời gian hoàn thành công đoạn và lương của công nhân đó.

Trong dây chuyền sản xuất, các công đoạn được liên tục chuyển tiếp. Tuy nhiên, việc chuyển tiếp giữa các công đoạn sẽ phụ thuộc vào các ràng buộc, phần này sẽ được mô tả chi tiết trong các phần tiếp theo.

Thời gian hoàn thành công đoạn

Mỗi công đoạn có thể có tối đa 3 công nhân làm, nhưng họ làm việc riêng biệt.

Thời gian hoàn thành một công đoạn bởi một công nhân được tính bằng:

$$\text{Thời gian làm một công đoạn} = \frac{\text{TGLT(Thời gian lý thuyết)}}{\text{HSNL(Hệ số năng lực)}}, \quad (4.1)$$

nhưng khi có n công nhân làm cùng một công đoạn, thời gian trung bình mỗi công nhân hoàn thành công đoạn đó được tính bằng:

$$\text{Thời gian trung bình} = \frac{\text{Thời gian làm một công đoạn}}{n}. \quad (4.2)$$

Tổng thời gian trung bình mỗi trạm làm việc để tạo ra một sản phẩm bằng tổng thời gian trung bình hoàn thành các công đoạn trong trạm đó.

Sản phẩm đầu tiên sẽ tốn tổng thời gian làm một sản phẩm.

Các sản phẩm tiếp theo sẽ tốn thời gian lớn nhất trong các khoảng thời gian làm việc của các trạm (công nhân) trong toàn bộ dây chuyền sản xuất.

Lương của công nhân

Lương của một công nhân hoàn thành một công đoạn được tính bằng:

$$\text{Lương một công đoạn} = \text{Đơn giá lương} \times \text{HSL}(\text{Hệ số lương}). \quad (4.3)$$

Khi có n công nhân làm cùng một công đoạn, lương trung bình của mỗi công nhân cho công đoạn đó được tính bằng:

$$\text{Lương trung bình} = \frac{\text{Lương một công đoạn}}{n}. \quad (4.4)$$

Tổng lương trung bình của một công nhân cho toàn bộ dây chuyền bằng tổng lương trung bình hoàn thành các công đoạn mà họ tham gia.

Phân bố công nhân vào công đoạn

Cụ thể, bài toán yêu cầu phân bố 23 công nhân vào 85 công đoạn làm việc. Điều này được thể hiện thông qua:

- Ma trận phân bố công nhân (85x23):
 - 85 hàng đại diện cho 85 công đoạn.
 - 23 cột đại diện cho 23 công nhân.
- Nếu công nhân nào thực hiện một công đoạn, giá trị tại ô tương ứng sẽ là 1. Ngược lại, nếu không thực hiện, giá trị sẽ là 0.

Đây là ma trận thay đổi để đưa ra kết quả tối ưu hóa cho hàm mục tiêu sau này, ví dụ:

$$(\text{Ma trận phân bố công đoạn}) PBCD = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & \dots & 0 \\ 0 & 1 & 0 & \dots & 0 \\ \vdots & \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ 0 & 0 & 1 & \dots & 1 \end{bmatrix}. \quad (4.5)$$

Các ràng buộc trong dây chuyền**Ràng buộc về số loại máy mỗi công nhân sử dụng:**

- Mỗi công nhân được phép sử dụng tối đa 2 loại máy.
- Nếu công nhân sử dụng loại máy 0, họ có thể sử dụng tối đa 3 loại máy.
- Có 8 loại máy, được đánh số từ 0 đến 7:

- **Loại máy 0:** tc, ùi, ...
- **Loại máy 1:** 1k, 2k, ...
- **Loại máy 2:** vs3c, vs5c, ...
- **Loại máy 3:** bọ, ...
- **Loại máy 4:** kansai, ...
- **Loại máy 5:** máy ép, ...
- **Loại máy 6:** thừa khuy, ...
- **Loại máy 7:** đh, ...

Ma trận loại máy của từng công đoạn:

$$(\text{Ma trận loại máy của từng công đoạn}) \begin{bmatrix} 0, & 2, & 1, & \dots, & 5 \end{bmatrix}^T, \quad (4.6)$$

ma trận loại máy của từng công đoạn (LM) có kích thước 85×1 , biểu diễn loại máy sử dụng tại mỗi công đoạn.

Ma trận LM được mở rộng thành ma trận 85×23 bằng cách sao chép giá trị của thành 23 cột. Các giá trị 0 trong ma trận được thay thế bằng -1 để phân biệt trong các phép tính nhân với 0 trong ma trận PBCD. Sau đó thực hiện phép nhân Hadamard giữa ma trận đó với

ma trận PBCD thu được ma trận \mathbf{A}

$$\mathbf{A} = \begin{bmatrix} 0 \cdot (-1) & 0 \cdot (-1) & \dots & 0 \cdot (-1) \\ 0 \cdot 2 & 1 \cdot 2 & \dots & 0 \cdot 2 \\ 1 \cdot 1 & 1 \cdot 1 & \dots & 1 \cdot 1 \\ 0 \cdot 3 & 0 \cdot 3 & \dots & 1 \cdot 3 \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ 1 \cdot 5 & 0 \cdot 5 & \dots & 0 \cdot 5 \end{bmatrix}, \quad (4.7)$$

ma trận \mathbf{A} có từng cột là A_j , biểu diễn loại máy mà công nhân thứ j sử dụng ở các công đoạn mà họ tham gia.

- Với mỗi cột A_j của ma trận \mathbf{A} :

$$\text{Unique}(A_j) \leq 2, \text{ nếu } 0 \in A_j,$$

$$\text{Unique}(A_j) \leq 3, \text{ nếu } 0 \notin A_j$$

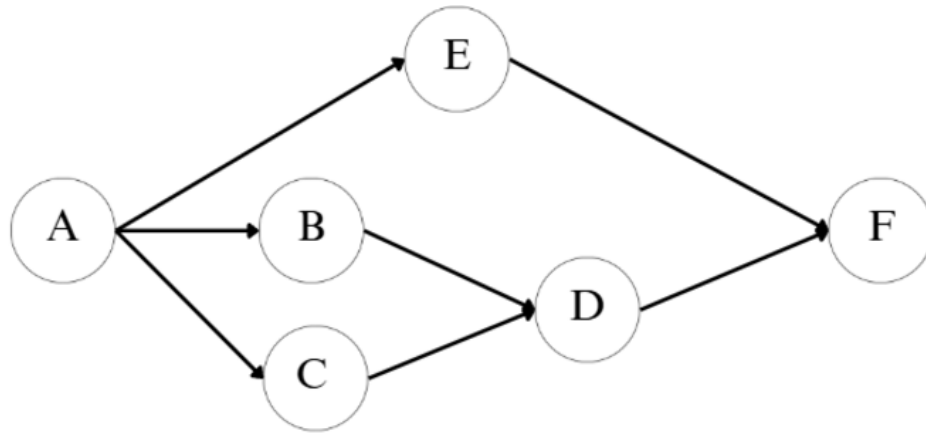
- Điều này đảm bảo rằng mỗi công nhân chỉ sử dụng số loại máy hợp lệ theo quy định.

Ràng buộc giữa các công đoạn lớn:

Quá trình sản xuất được chia thành 6 công đoạn lớn:

1. **Lấy dầu quần (A):** Bao gồm 4 công đoạn.
2. **Cụm thân sau (B):** Bao gồm 23 công đoạn.
3. **Cụm thân trước (C):** Bao gồm 23 công đoạn.
4. **Cụm lưng (D):** Bao gồm 3 công đoạn.
5. **Cụm quần lót (E):** Bao gồm 4 công đoạn.
6. **Cụm hoàn thành (F):** Bao gồm 28 công đoạn.

Công đoạn A phải hoàn thành mới thực hiện được công đoạn B, C, E; Công đoạn B, C phải hoàn thành mới thực hiện công đoạn D, công đoạn E, D phải hoàn thành mới thực hiện công đoạn F.

Sơ đồ ràng buộc

Hình 4.6: Sơ đồ ràng buộc giữa các công đoạn lớn.

4.2.2 Bài toán nâng cao số lượng sản phẩm

A, B, C, D, E, F : Tổng thời gian hoàn thành các công đoạn nhỏ trong từng công đoạn lớn. Thời gian để hoàn thành sản phẩm đầu tiên (T_{1sp}) được tính bằng:

$$T_{1sp} = A + \max(\max(B, C) + D, E) + F, \quad (4.8)$$

Vì dây chuyền làm việc liên tục, thời gian để hoàn thành mỗi sản phẩm từ sản phẩm thứ hai trở đi được xác định bởi thời gian lớn nhất của các trạm (công nhân). Ma trận KQT là kết quả thời gian làm việc của từng trạm, Một ngày làm việc có 8 giờ tương ứng với 28,800 giây. Khi đó, tổng số sản phẩm được sản xuất trong một ngày được tính bằng:

$$S_{\text{ngày}} = \frac{28800 - T_{1sp}}{\max(KQT)} + 1, \quad (4.9)$$

Mục tiêu là phân bố công nhân vào các công đoạn sao cho số lượng sản phẩm sản xuất được trong một ngày ($S_{\text{ngày}}$) là lớn nhất.

Ma trận năng lực ban đầu được biểu diễn như sau:

$$NL = \begin{bmatrix} 1, & 1.16, & 1.32, & 1.48 \end{bmatrix}^T. \quad (4.10)$$

Vì năng lực càng cao làm càng tốn ít thời gian, nên nghịch đảo từng phần tử trong ma trận NL để thu được ma trận năng lực nghịch đảo NL' :

$$NL' = \begin{bmatrix} 1, & \frac{1}{1.16}, & \frac{1}{1.32}, & \frac{1}{1.48} \end{bmatrix}^T, \quad (4.11)$$

Ma trận năng lực theo công nhân có kích thước 23×4 , trong đó mỗi hàng đại diện cho mỗi công nhân; 4 cột đại diện cho các mức năng lực 1, 2, 3, 4; Nếu công nhân có năng lực thuộc mức nào, cột tương ứng sẽ được đánh số 1, các cột còn lại là 0.

Ví dụ, ma trận năng lực theo công nhân PBNL được biểu diễn như sau:

$$PBNL = \begin{bmatrix} 0 & 0 & 0 & 1 \\ 0 & 1 & 0 & 0 \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}. \quad (4.12)$$

Nhân ma trận PBNL với ma trận NL và NL' được ma trận công nhân tương ứng với hệ số năng lực.

(ma trận phân bố năng lực)*(ma trận năng lực)=(ma trận năng lực công nhân)

$$PBNL \cdot NL = NLCN = \left[1.48, 1.16, \dots, 1.16, 1.48 \right]^T. \quad (4.13)$$

(ma trận phân bố năng lực)*(ma trận năng lực')=(ma trận năng lực công nhân')

$$PBNL \cdot NL' = NLCN' = \left[\frac{1}{1.48}, \frac{1}{1.16}, \dots, \frac{1}{1.16}, \frac{1}{1.48} \right]^T. \quad (4.14)$$

T là ma trận thời gian lý thuyết của từng công đoạn với kích thước 85×1 , được biểu diễn như sau:

$$T = \left[T_1, T_2, T_3, \dots, T_{85} \right]^T. \quad (4.15)$$

P là ma trận số người trong từng công đoạn, với kích thước 85×3 . Trong đó: Mỗi hàng đại diện cho mỗi công đoạn, 3 cột biểu thị cho số người trong từng công đoạn Ví dụ:

$$P = \begin{bmatrix} 0 & 0 & 1 \\ 0 & 1 & 0 \\ \dots & \dots & \dots \\ 1 & 0 & 0 \end{bmatrix}. \quad (4.16)$$

Nếu một công đoạn có n người làm việc, thời gian trung bình cho công đoạn đó sẽ được chia cho số người tương ứng. Tương tự như ma trận năng lực, giả sử ma trận hệ số (HS) được biểu diễn như sau:

$$HS = \left[1, \frac{1}{2}, \frac{1}{3}, \dots \right]^T, \quad (4.17)$$

(ma trận số công nhân trong công đoạn)*(ma trận hệ số) = (ma trận hệ số tương ứng với công đoạn)

$$P \cdot HS = HSCD = \left[\frac{1}{3}, \frac{1}{2}, \dots, 1 \right]^T \quad (4.18)$$

Thực hiện nhân Hadamard giữa ma trận thời gian lý thuyết và ma trận hệ số công đoạn.

$$T \odot HSCD = \begin{bmatrix} T_1 \cdot HSCD_1 \\ T_2 \cdot HSCD_2 \\ T_3 \cdot HSCD_3 \\ \dots \\ T_{85} \cdot HSCD_{85} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} t_1 \\ t_2 \\ t_3 \\ \dots \\ t_{85} \end{bmatrix}. \quad (4.19)$$

Chuyển ma trận t (85×1) thành ma trận 85×23 bằng cách sao chép ma trận t thành 23 cột, ta thu được ma trận:

$$\mathbf{T}_{23} = \begin{bmatrix} t_1 & t_1 & t_1 & \dots & t_1 \\ t_2 & t_2 & t_2 & \dots & t_2 \\ t_3 & t_3 & t_3 & \dots & t_3 \\ \vdots & \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ t_{85} & t_{85} & t_{85} & \dots & t_{85} \end{bmatrix}, \quad (4.20)$$

nhân Hadamard với ma trận phân bố công đoạn PBCD:

$$PBT = \mathbf{T}_{23} \odot PBCD = \begin{bmatrix} 0 \cdot t_1 & 0 \cdot t_1 & 0 \cdot t_1 & \dots & 0 \cdot t_1 \\ 0 \cdot t_2 & 1 \cdot t_2 & 0 \cdot t_2 & \dots & 0 \cdot t_2 \\ 1 \cdot t_3 & 1 \cdot t_3 & 1 \cdot t_3 & \dots & 1 \cdot t_3 \\ 0 \cdot t_4 & 0 \cdot t_4 & 0 \cdot t_4 & \dots & 1 \cdot t_4 \\ \vdots & \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ 1 \cdot t_{85} & 0 \cdot t_{85} & 0 \cdot t_{85} & \dots & 0 \cdot t_{85} \end{bmatrix}. \quad (4.21)$$

Ma trận PBT (85×23) biểu diễn thời gian của từng công nhân làm việc trên từng công đoạn. Nhân ma trận PBT với ma trận năng lực công nhân $NLCN'$:

$$PBT \cdot NLCN' = \text{Thời gian thực tế của từng công nhân trong từng công đoạn.} \quad (4.22)$$

Ví dụ kết quả :

	Công Đoạn	Tổng Thời Gian
0	Xả phà thun lưng - 0	2.586207
1	Lấy đầu cắt gai xù túi sau + gọt góc - 0	3.448276
2	Đo cắt pat túi thân sau - 0	1.724138
3	Đo cắt dây treo gần túi thân sau - 0	4.310345
4	Nối dây pat túi thân sau - 1	8.620690
...
80	Vệ sinh công nghiệp - 0	26.724138
81	Lộn quần (trái sang phải) - 0	4.310345
82	Mí đáy thân trước - 1	12.931034
83	Lấy đầu lưng thừa khuyu - 0	7.758621
84	Ủi bao túi hông x2+túi sau - 0	25.862069

Hình 4.7: Ví dụ kết quả.

Dựa trên kết quả đó có thể tính được thời gian làm sản phẩm đầu tiên.

Chuyển vị ma trận $NLCN'$

$$NLCN'^T = \left[\frac{1}{1.48}, \frac{1}{1.16}, \dots, \frac{1}{1.16}, \frac{1}{1.48} \right], \quad (4.23)$$

Chuyển ma trận $NLCN'$ thành 85×23 bằng cách sao chép $NLCN'^T$ thành 85 hàng.

$$NLCN'_{85 \times 23} = \begin{bmatrix} \frac{1}{1.48} & \frac{1}{1.16} & \dots & \frac{1}{1.16} & \frac{1}{1.48} \\ \frac{1}{1.48} & \frac{1}{1.16} & \dots & \frac{1}{1.16} & \frac{1}{1.48} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots & \vdots \\ \frac{1}{1.48} & \frac{1}{1.16} & \dots & \frac{1}{1.16} & \frac{1}{1.48} \end{bmatrix}, \quad (4.24)$$

Thực hiện phép nhân Hadamard giữa PBT và $NLCN'_{85 \times 23}$ để tạo ma trận thời gian thực tế của từng công đoạn:

$$PBT_Final = PBT \odot NLCN'_{85 \times 23}. \quad (4.25)$$

Cộng từng cột của PBT_Final : Cộng các phần tử trong mỗi cột của ma trận PBT_Final để thu được ma trận 1×23 :

$$SumCols = \left[s_1, s_2, s_3, \dots, s_{23} \right]. \quad (4.26)$$

Trong đó s_i là tổng thời gian của công nhân thứ i trên tất cả các công đoạn.

Ví dụ kết quả:

Công nhân	1	2	3	4	5	6	7	...	22	23
Tổng thời gian	0.00	118.12	0.00	124.84	110.49	116.09	115.51	...	120.12	0.00

Bảng 4.4: Bảng ví dụ kết quả.

Vậy là đã đủ các thông số để tính số lượng sản phẩm và thực hiện các thuật toán để nâng cao số lượng sản phẩm trong một ngày $S_{\text{ngày}}$

4.2.3 Bài toán giảm lương chi trả nhân viên cho một sản phẩm

Tương tự, ta cũng có ma trận L là hệ số lương cơ bản cho từng công đoạn:

$$L = \begin{bmatrix} L_1, & L_2, & L_3, & \dots, & L_{85} \end{bmatrix}^T, \quad (4.27)$$

nhân Hadamard giữa ma trận hệ số lương L và ma trận hệ số tương ứng với công đoạn.

$$L \odot HSCD = \begin{bmatrix} L_1 \cdot HSCD_1 \\ L_2 \cdot HSCD_2 \\ L_3 \cdot HSCD_3 \\ \vdots \\ L_{85} \cdot HSCD_{85} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} l_1 \\ l_2 \\ l_3 \\ \vdots \\ l_{85} \end{bmatrix}, \quad (4.28)$$

Sao chép ma trận l thành 23 cột để thu được ma trận 85×23 .

$$\mathbf{L_23} = \begin{bmatrix} l_1 & l_1 & l_1 & \dots & l_1 \\ l_2 & l_2 & l_2 & \dots & l_2 \\ l_3 & l_3 & l_3 & \dots & l_3 \\ \vdots & \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ l_{85} & l_{85} & l_{85} & \dots & l_{85} \end{bmatrix}, \quad (4.29)$$

Sau đó nhân Hadamard với ma trận phân bố công đoạn PBCD.

$$PBL = \mathbf{L_23} \odot PBCD. \quad (4.30)$$

PBL là ma trận 85×23 , biểu diễn lương cơ bản của từng công nhân trên từng công đoạn mà họ tham gia.

Sau đó chuyển vị Năng lực công nhân $NLCN$, rồi sao chép thành ma trận 85×23 :

$$NLCN_{85 \times 23} = \begin{bmatrix} 1.48 & 1.16 & \dots & 1.48 \\ 1.48 & 1.16 & \dots & 1.48 \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ 1.48 & 1.16 & \dots & 1.48 \end{bmatrix}. \quad (4.31)$$

Thực hiện nhân Hadamard giữa PBL và $NLCN_{85 \times 23}$:

$$PBL \odot NLCN_{85 \times 23}. \quad (4.32)$$

Cộng từng cột của ma trận kết quả ma trận 1×23 :

$$SumCols = [s'_1, s'_2, s'_3, \dots, s'_{23}]. \quad (4.33)$$

Sau khi thực hiện các phép toán, ta thu được ma trận kết quả lương KQL , trong đó các phần tử $\{s'_1, s'_2, \dots, s'_{23}\}$ biểu thị tổng lương của từng công nhân. Ví dụ kết quả:

Công nhân	1	2	3	4	5	6	...	22	23
Lương	0.000	842.353	658.167	791.120	828.047	817.927	...	852.793	0.000

Bảng 4.5: Bảng ví dụ kết quả.

Mục tiêu của bài toán là giảm tổng lương chi trả cho các nhân viên.

4.2.4 Bài toán cân bằng giữa 2 yếu tố trên

Mục tiêu của bài toán là **Tăng số lượng sản phẩm** ($f(x)$) và **Giảm lương chi trả cho một sản phẩm** ($g(x)$). Doanh nghiệp có thể lựa chọn mục tiêu tối ưu hóa nghiêng về $f(x)$ hoặc $g(x)$ thông qua tham số $\alpha \in [0; 1]$:

- $\alpha \rightarrow 1$: Tập trung tối ưu số lượng sản phẩm.
- $\alpha \rightarrow 0$: Tập trung tối ưu giảm lương.

Khả năng cải thiện của $f(x)$ và $g(x)$:

- Khả năng nâng cao năng suất tối đa:

$$f = \frac{f(opt)}{f(0)} = 1.4620 \quad (\text{tăng thêm } 46.2\%). \quad (4.34)$$

- Khả năng giảm lương tối đa:

$$g = \frac{g(0)}{g(opt)} = 1.1873 \quad (\text{giảm } 18.73\%). \quad (4.35)$$

Có thể dễ dàng thấy $f(x)$ có tiềm năng cải thiện lớn ($f \approx 1.4620$) và $g(x)$ có không gian giảm nhỏ hơn ($g \approx 1.1873$). Do đó, nếu để nguyên, $f(x)$ sẽ "áp đảo" $g(x)$, làm mất cân bằng giữa hai mục tiêu. Vì vậy, để đưa $f(x)$ và $g(x)$ về cùng một hệ quy chiếu giúp cân bằng giữa hai mục tiêu, ta cần sử dụng tham số chuẩn hóa [38, 39]:

$$\lambda = \frac{g}{f}.$$

Khi đó, **hàm mục tiêu** chuẩn hóa được định nghĩa như sau:

$$H(x) = \lambda \alpha \frac{f(x)}{f(0)} + (1 - \alpha) \frac{g(0)}{g(x)}. \quad (4.36)$$

Phạm vi giá trị của $H(x)$: Dựa trên tham số chuẩn hóa λ :

• Khi $f(x) = f(opt)$:

$$\frac{f(x)}{f(0)} = f \Rightarrow \lambda \frac{f(x)}{f(0)} = \lambda f. \quad (4.37)$$

• Khi $f(x) < f(opt)$:

$$\frac{f(x)}{f(0)} < f \Rightarrow \lambda \frac{f(x)}{f(0)} < \lambda f. \quad (4.38)$$

• Khi $f(x) = 0$:

$$\lambda \frac{f(x)}{f(0)} = 0. \quad (4.39)$$

• Do đó:

$$\lambda \frac{f(x)}{f(0)} \in [0; \lambda f] = [0; g]. \quad (4.40)$$

Tương tự:

$$\frac{g(0)}{g(x)} \in (0; g]. \quad (4.41)$$

- Với $\alpha \in [0; 1] \Rightarrow (1 - \alpha) \in [0; 1]$ và từ (4.42) và (4.43) suy ra:

$$\lambda \cdot \frac{f(x)}{f(0)} \in [0; g], \quad (1 - \alpha) \cdot \frac{g(0)}{g(x)} \in (0; (1 - \alpha) \cdot g]. \quad (4.42)$$

- Từ (4.44) suy ra:

$$H(x) \in (0; g + (1 - \alpha) \cdot g] = (0; g]. \quad (4.43)$$

Khi đó hàm mục tiêu $H(x)$:

$$H(x) \in [0; g]. \quad (4.44)$$

Vậy bài toán trở thành:

$$\max_{f(x), g(x), \alpha} H(x) = \frac{\lambda \alpha f(x)}{f(0)} + (1 - \alpha) \frac{g(0)}{g(x)}, \quad (4.45)$$

với:

$$\lambda = \frac{\frac{g(0)}{g(opt)}}{\frac{f(opt)}{f(0)}}, \quad \alpha \in [0, 1], \quad (4.46)$$

$$\text{s.t. : } \begin{cases} H(x) \in \left(0, \frac{g(0)}{g(opt)}\right], \\ \frac{\lambda f(x)}{f(0)} \in [0, \lambda f] = [0, g], \\ \frac{g(0)}{g(x)} \in (0, g]. \end{cases} \quad (4.47)$$

Thông số đầu vào

- $f(opt) = 308.06819542$: Giá trị tốt nhất của số lượng sản phẩm.
- $g(opt) = 12849.32$: Giá trị tốt nhất của lương.
- $f(0) = 210.709618$: Giá trị ban đầu của số lượng sản phẩm.
- $g(0) = 15255.430380$: Giá trị ban đầu của lương.
- Khả năng nâng cao năng suất tối đa:

$$f = \frac{f(opt)}{f(0)} = 1.4620 \quad (\text{tăng } 46.2\%). \quad (4.36)$$

- Khả năng giảm lương tối đa:

$$g = \frac{g(0)}{g(opt)} = 1.1873 \quad (\text{giảm } 18.73\%). \quad (4.37)$$

4.2.5 Đầu ra

Với mỗi giá trị α , hàm mục tiêu $H(x)$ sẽ đưa ra $f(x)$: Số lượng sản phẩm tương ứng và $g(x)$: Lương tương ứng sau đó doanh nghiệp lựa chọn kết quả phù hợp để đưa vào sản xuất

Ví dụ kết quả:

số lượng sản phẩm	lương	α	H
308,06819542	15.459,75	1.0	1,187255853
304,5626600	15.434,42	0.9	1,155211689
290,0278835	15.240,68	0.8	1,094378185
272,1078152	14.998,12	0.7	1,03921522
263,7892381	14.873,02667	0.6	1,020250701
254,947998	14.767,02667	0.5	1,007805635
242,9351559	14.689,69333	0.4	0,9976040529
219,5890409	14.568,57333	0.3	0,9868830641
207,515719	14.522,57333	0.2	1,000318151
183,050344	14.432,33333	0.1	1,021873601
27,34881927	12.849,32	0.0	1,187255853

Bảng 4.6: Kết quả tính toán cho các giá trị của α .

Tùy vào nhu cầu của doanh nghiệp để lựa chọn α phù hợp, ví dụ doanh nghiệp chỉ cần số lượng sản phẩm nhiều thì chọn $\alpha = 1.0$, doanh nghiệp chỉ cần trả lương cho nhân viên càng ít cho một sản phẩm thì chọn $\alpha = 0.0$ còn nếu doanh nghiệp chỉ cần một ngày trên 270 sản phẩm thì chọn $\alpha = 0.7, \dots$

4.3 Triển khai các giải thuật tối ưu vào bài toán cân bằng dây chuyền may

4.3.1 Giải thuật di truyền:

Bài toán cân bằng dây chuyền may được giải quyết bằng các giải thuật tối ưu hóa nhằm đạt được hai mục tiêu chính:

- Tăng số lượng sản phẩm được sản xuất trong một ngày.
- Giảm chi phí lương chi trả trên mỗi sản phẩm.

Các thông số cụ thể được sử dụng trong quá trình triển khai như sau:

- **Số thế hệ:** 500.
- **Tỉ lệ đột biến:** 0.2.
- **Số lượng cá thể trong quần thể:** 1000.

Triển khai giải thuật Giải thuật tối ưu được triển khai qua các bước cụ thể như sau:

1. **Khởi tạo quần thể:** Khởi tạo ngẫu nhiên 1000 cá thể, mỗi cá thể là một ma trận 85×23 (ma trận $PBCD$).
2. **Đánh giá hàm mục tiêu:** Sử dụng hàm mục tiêu sau:

$$H(x) = \lambda \alpha \frac{f(x)}{f(0)} + (1 - \alpha) \frac{g(0)}{g(x)}, \quad (4.38)$$

trong đó:

- $f(x)$: Số lượng sản phẩm.
- $g(x)$: Chi phí lương chi trả.
- $\lambda = \frac{g}{f}$: Tham số chuẩn hóa.
- α : Trọng số điều chỉnh giữa hai mục tiêu.

3. **Lựa chọn:** Lựa chọn cá thể tốt theo giá trị hàm mục tiêu $H(x)$.

4. **Lai ghép:** Chọn hai cá thể cha mẹ để lai ghép, tạo ra hai cá thể con.
5. **Đột biến:** Với tỉ lệ 0.2, các gen (phần tử trong ma trận) sẽ bị thay đổi ngẫu nhiên để tăng tính đa dạng cho quần thể.
6. **Lặp qua các thế hệ:** Quy trình từ bước 2 đến bước 5 được lặp lại trong 500 thế hệ.

Sau khi chạy giải thuật, kết quả đầu ra sẽ bao gồm:

- Ma trận phân bố công đoạn tối ưu ($PBCD$).
- Số lượng sản phẩm tối ưu ($f(opt)$).
- Chi phí lương tối ưu ($g(opt)$).
- Giá trị hàm mục tiêu tối ưu ($H(x)$).

4.3.2 Thuật toán đàn kiến:

Bài toán cân bằng dây chuyền may được giải quyết bằng giải thuật đàn kiến nhằm đạt được hai mục tiêu chính:

- Tăng số lượng sản phẩm được sản xuất trong một ngày.
- Giảm chi phí lương chi trả trên mỗi sản phẩm.

Các thông số cụ thể được sử dụng trong quá trình triển khai như sau:

- **Số lượng kiến:** 275.
- **Số vòng lặp (thế hệ):** 150.
- **Tỉ lệ bốc hơi pheromone:** 0.2.
- **Pheromone ban đầu:** 0.7.

Triển khai giải thuật: Thuật toán đàn kiến được triển khai qua các bước cụ thể như sau:

1. Khởi tạo pheromone và quần thể kiến

- Ma trận pheromone được khởi tạo với giá trị 0.7.
- Tạo 275 kiến, mỗi kiến đại diện cho một phương án phân bổ công nhân ngẫu nhiên (ma trận 85×23).

2. Xây dựng giải pháp

- Các kiến di chuyển qua từng công đoạn, chọn công nhân phù hợp để thực hiện công đoạn đó dựa trên:
- Lượng pheromone tích lũy trên các đường đi (phản ánh giải pháp tốt ở các vòng trước).
- Độ thành thạo của công nhân trong từng công đoạn.
- Xác suất chọn công nhân được tính từ sự kết hợp của pheromone và độ khả quan.

3. Đánh giá hàm mục tiêu

Sử dụng hàm mục tiêu để đánh giá chất lượng của từng giải pháp:

$$H(x) = \lambda \alpha \frac{f(x)}{f(0)} + (1 - \alpha) \frac{g(0)}{g(x)}, \quad (4.38)$$

trong đó:

- $f(x)$: Số lượng sản phẩm.
- $g(x)$: Chi phí lương chi trả.
- $\lambda = \frac{g}{f}$: Tham số chuẩn hóa.
- α : Trọng số điều chỉnh giữa hai mục tiêu.

4. Cập nhật pheromone

- Sau khi tất cả các kiến hoàn thành việc xây dựng giải pháp, ma trận pheromone được cập nhật:
- Đường đi tốt (giải pháp có hàm mục tiêu cao) sẽ được tăng lượng pheromone.
- Đường đi không hiệu quả sẽ bị giảm lượng pheromone do hiện tượng bay hơi.

5. Lặp qua các thế hệ

- Lặp lại các bước trên trong 150 vòng lặp hoặc cho đến khi không còn cải thiện đáng kể.
- Mỗi vòng lặp sẽ lưu lại giải pháp tốt nhất dựa trên giá trị hàm mục tiêu $H(x)$

Sau khi chạy giải thuật, kết quả đầu ra sẽ bao gồm:

- Ma trận phân bố công đoạn tối ưu ($PBCD$).
- Số lượng sản phẩm tối ưu ($f(opt)$).
- Chi phí lương tối ưu ($g(opt)$).
- Giá trị hàm mục tiêu tối ưu ($H(x)$).

4.3.3 Thuật toán mô phỏng luyện kim:

Bài toán cân bằng dây chuyền may được giải quyết bằng thuật toán SA nhằm đạt được hai mục tiêu chính:

- Tăng số lượng sản phẩm được sản xuất trong một ngày.
- Giảm chi phí lương chi trả trên mỗi sản phẩm.

Các thông số cụ thể được sử dụng trong quá trình triển khai như sau:

- **Nhiệt độ ban đầu** T_0 : 1000.
- **Tốc độ giảm nhiệt qua mỗi vòng lặp** $cooling_rate$: 0.95.
- **Số vòng lặp** max_iter : 100000.

Hàm mục tiêu:

$$H(x) = \lambda \alpha \frac{f(x)}{f(0)} + (1 - \alpha) \frac{g(0)}{g(x)}, \quad (4.38)$$

trong đó:

- $f(x)$: Số lượng sản phẩm.

- $g(x)$: Chi phí lương chi trả.
- $\lambda = \frac{g}{f}$: Tham số chuẩn hóa.
- α : Trọng số điều chỉnh giữa hai mục tiêu.

Công thức tính xác suất chấp nhận giải pháp kém hơn trong SA:

$$P = e^{-\frac{\Delta fitness}{T}}, \quad (4.48)$$

trong đó:

- P : Xác suất chấp nhận giải pháp kém hơn.
- $\Delta fitness$: Độ chênh lệch độ thích nghi giữa giải pháp mới và giải pháp hiện tại.
- T : Nhiệt độ hiện tại.

Triển khai thuật toán: Thuật toán SA được triển khai qua các bước cụ thể như sau:

1. **Khởi tạo một giải pháp ban đầu:** Khởi tạo giải pháp ban đầu bất kì $current_solution$ là một hoán vị ngẫu nhiên của các công nhân trên các công đoạn sao cho thỏa mãn với ràng buộc. Và khởi tạo nhiệt độ ban đầu ($T_0 = 1000$).
2. **Đánh giá hàm mục tiêu:** Tính toán hàm mục tiêu $H(current_solution)$. Lưu giải pháp ban đầu làm giải pháp tốt nhất ($best_solution = current_solution$) và độ thích nghi tốt nhất ($H_best = H_current$).
3. **Chạy vòng lặp tối ưu** (Lặp cho đến khi đạt số vòng lặp $max_iter = 100000$):
 - (a) Tạo giải pháp mới: Chọn ngẫu nhiên một thay đổi nhỏ từ giải pháp hiện tại (Ta có thể lấy ngẫu nhiên bằng cách thay đổi ngẫu nhiên công nhân đang làm công đoạn X bằng công nhân khác). Đảm bảo giải pháp mới thỏa mãn các ràng buộc.
 - (b) Tính giá trị mục tiêu của giải pháp mới.
 - (c) Quyết định chấp nhận giải pháp mới:
 - Nếu $H_new > H_current$ (giải pháp tốt hơn): Luôn chấp nhận.

- Nếu $H_{new} < H_{current}$ (giải pháp kém hơn): Chấp nhận với xác suất P .
- Cập nhật giải pháp: Nếu chấp nhận giải pháp mới, gán $[current_solution = new_solution, H_{current} = H_{new}]$.
- Cập nhật giải pháp tốt nhất: Nếu $H_{new} < H_{best}$, cập nhật $[best_solution = new_solution, H_{best} = H_{new}]$.

(d) Giảm nhiệt độ: Giảm nhiệt độ theo công thức:

$$T = T * cooling_rate. \quad (4.49)$$

4. **Kết thúc:** Sau khi hoàn thành max_iter vòng lặp ta có được giải pháp tốt nhất $best_solution$ là bảng phân bổ các công nhân vào 85 công đoạn và giá trị hàm mục tiêu của giải pháp tốt nhất H_{best} . Từ $best_solution$ có thể tính được số lượng sản phẩm tối ưu ($f(opt)$) và chi phí lương tối ưu ($g(opt)$).

Chương 5

Đánh giá kết quả

5.1 Kết quả đạt được



Hình 5.1: Mã QR kết quả.

5.1.1 Kết quả thuật toán nâng cao sản lượng

Giải thuật di truyền

Sau khi áp dụng giải thuật di truyền để phân bổ công nhân tối ưu vào các công đoạn trong dây chuyền may, ta thu được kết quả sau:

STT	Tên công đoạn	Công nhân tham gia	TG (giây)
0	Xã phà thun lưng	Trần Thị Cẩm Rin, Phan Thị Thu Hoài	2.27
1	Lấy dấu cắt gai xù túi sau + gọt góc	Hoàng Thị Nở, Nguyễn Thị Gấm	3.03
2	Đo cắt pat túi thân sau	Trần T. Tuyền, Phan T. T. Hoài, Nguyễn T. Thu	1.35
3	Đo cắt dây treo gắn túi thân sau	Hoàng T. M. Yến, Nguyễn T. Thu, Ng. T. Hồng	3.38
4	Nối dây pat túi thân sau	Nguyễn T. Thu, Trần T. C. Rin, Lê T. T. Hà	7.58
5	Ép dây pat túi thân sau	Hoàng Thị Mỹ Yến, Trần Thị Cúc	6.03
6	Chốt pat túi thân sau	Nguyễn Thị Mỹ Nhung, Nguyễn Thị Thúy	6.03
7	Chốt dây treo túi sau	Trần Thị Cẩm Rin, Nguyễn Thị Ngọc Lan	12.88
...
84	Ủi bao túi hông x2+túi sau	Phan Thị Thu Hoài, Nguyễn Thị Ngọc Lan	25.86

Bảng 5.1: Kết quả nâng cao số lượng sản phẩm bằng giải thuật di truyền.

Sau khi tối ưu hóa, số lượng sản phẩm trong một ngày là 308.07 sản phẩm(chi phí lương cho một sản phẩm là 15, 459.75 đồng.)

Kết quả tối ưu hóa đã nâng cao đáng kể sản lượng so với trạng thái ban đầu. Phân bổ công nhân đã đảm bảo cân bằng giữa các công đoạn và phù hợp với các ràng buộc của bài toán.

Thuật toán đàn kiến

Áp dụng thuật toán đàn kiến để phân bổ công nhân vào các công đoạn trong dây chuyền, kết quả như sau:

STT	Tên công đoạn	Công nhân mới	TG (giây)
1	Xả phà thun lưng	Nguyễn Thị Hồng, Lê Thị Phương Thảo	2.03
2	Lấy dấu cắt gai xù túi sau + gọt góc	Trần Thị Cúc, Ngô Khắc Hiên	4.00
3	Đo cắt pat túi thân sau	Nguyễn T. Hải, Lê T. N. Quỳnh, Hoàng T. Nờ	1.72
4	Đo cắt dây treo gắn túi thân sau	Thái T. Nga, Bùi T. H. Vân, Ngô K. Hiên	4.31
5	Nối dây pat túi thân sau	Phan Thị Thu Hoài	8.62
6	Ép dây pat túi thân sau	Nguyễn Thị Thu	6.03
7	Chốt pat túi thân sau	Nguyễn Thị Thu, Trần Thị Cúc	6.03
...
84	Lấy dấu lưng thừa khuyu	Lê Thị Thanh Hà, Nguyễn Thị Ngọc Lan	7.76
85	Ủi bao túi hông x2 + túi sau	Lê Thị Thanh Hà, Nguyễn Thị Thúy	25.86

Bảng 5.2: Kết quả nâng cao số lượng sản phẩm bằng thuật toán đàn kiến.

Sau khi tối ưu hóa, số lượng sản phẩm trong một ngày là 235.04 sản phẩm(chi phí lương cho một sản phẩm là 15, 408.49 đồng.)

Kết quả tối ưu hóa đã nâng cao sản lượng so với trạng thái ban đầu. Phân bổ công nhân đã đảm bảo cân bằng giữa các công đoạn và phù hợp với các ràng buộc của bài toán.

Thuật toán mô phỏng luyện kim

Sau khi áp dụng thuật toán mô phỏng luyện kim để tối ưu hóa phân bổ công nhân vào các công đoạn trong dây chuyền may, kết quả như sau:

STT	Tên công đoạn	Công nhân mới	TG (giây)
1	Xả phà thun lưng	Nguyễn Thị Gấm, Trần Thị Tuyền	2.03
2	Lấy dầu cắt gai xù túi sau + gọt góc	Thái T. Nga, Ng. T. Hồng, Bùi T. Hồng Vân	2.70
3	Đo cắt pat túi thân sau	Trần Thị Tuyền, Nguyễn Thị Thu	1.35
4	Đo cắt dây treo gắn túi thân sau	Trần T. Tuyền, Ng. T. Hồng, Nguyễn T. Hải	3.38
5	Nối dây pat túi thân sau	Lê T. T. Hà	8.62
6	Ép dây pat túi thân sau	Phan Thị Thu Hoài, Nguyễn Thị Gấm	5.30
...
84	Lấy dầu lưng thừa khuyu	Trần T. C. Rin, Thái T. Nga, Nguyễn T. Hồng	6.08
85	Ủi bao túi hông x2 + túi sau	Nguyễn T. Hồng, Ng. T. Gấm, Lê T. N. Quỳnh	20.27

Bảng 5.3: Kết quả nâng cao số lượng sản phẩm bằng thuật toán mô phỏng luyện kim.

Sau khi tối ưu hóa, số lượng sản phẩm trong một ngày là 291.74 sản phẩm(chi phí lương cho một sản phẩm là 15499.19 đồng.)

Kết quả tối ưu hóa đã nâng cao đáng kể sản lượng so với trạng thái ban đầu. Phân bố công nhân đã đảm bảo cân bằng giữa các công đoạn và phù hợp với các ràng buộc của bài toán.

5.1.2 Kết quả giảm chi phí lương

Giải thuật di truyền

Áp dụng giải thuật di truyền phân bố công nhân vào các công đoạn trong dây chuyền may, kết quả như sau:

STT	Tên công đoạn	Công nhân	TG (giây)
0	Xả phà thun lưng	Ngô Khắc Hiển	3.00
1	Lấy dầu cắt gai xù túi sau + gọt góc	Bùi Thị Hồng Vân	4.00
2	Đo cắt pat túi thân sau	Trần Thị Cúc	2.00
3	Đo cắt dây treo gắn túi thân sau	Ngô Khắc Hiển, Bùi Thị Hồng Vân	5.00
4	Nối dây pat túi thân sau	Trần Thị Cúc	10.00
5	Ép dây pat túi thân sau	Trần Thị Cúc	7.00

6	Chốt pat túi thân sau	Trần Thị Cúc	7.00
...
84	Ủi bao túi hông x2+túi sau	Trần Thị Cúc	30.00

Bảng 5.4: Kết quả giảm lương sau khi giải thuật di truyền.

Sau khi tối ưu hóa, chi phí lương cho một sản phẩm đã giảm xuống còn 12, 849.32 đồng (27.35 sản phẩm).

Kết quả này cho thấy đã giảm lương đáng kể so với trạng thái ban đầu. Phân bổ công nhân cũng đã đảm bảo cân bằng giữa các công đoạn và phù hợp với các ràng buộc của bài toán.

Thuật toán đàn kiến

Sau khi áp dụng thuật toán đàn kiến để tối ưu hóa phân bổ công nhân vào các công đoạn trong dây chuyền may, kết quả như sau:

STT	Tên công đoạn	Công nhân mới	TG (giây)
0	Xả phà thun lưng	Phan Thị Thu Hoài	3.00
1	Lấy đầu cắt gai xù túi sau + gọt góc	Hoàng Thị Nở, Thái Thị Nga	4.00
2	Đo cắt pat túi thân sau	Ng. T. Thu, Hoàng T. M. Yên, Lê T. T. Hà	2.00
3	Đo cắt dây treo gắn túi thân sau	Lê Thị Như Quỳnh, Đinh Thị Mi	5.00
4	Nối dây pat túi thân sau	Ngô Khắc Hiển	10.00
5	Ép dây pat túi thân sau	Lê Thị Thanh Hà	7.00
6	Chốt pat túi thân sau	Nguyễn Thị Ngọc Lan	7.00
...
84	Ủi bao túi hông x2 + túi sau	Ngô Khắc Hiển	30.00

Bảng 5.5: Kết quả giảm lương bằng thuật toán đàn kiến.

Sau khi tối ưu hóa, chi phí lương cho một sản phẩm đã giảm xuống còn 13, 094.76 đồng (32.60 sản phẩm).

Kết quả này cho thấy đã giảm lương đáng kể so với trạng thái ban đầu. Phân bổ công nhân cũng đã đảm bảo cân bằng giữa các công đoạn và phù hợp với các ràng buộc của bài

toán.

Mô phỏng luyện kim

Sau khi áp dụng thuật toán mô phỏng luyện kim để tối ưu hóa phân bố công nhân vào các công đoạn trong dây chuyền may, kết quả như sau:

STT	Tên công đoạn	Công nhân mới	TG (giây)
0	Xả phà thun lưng	Ngô Khắc Hiển	3.00
1	Lấy đầu cắt gai xù túi sau + gọt góc	Bùi Thị Hồng Vân	4.00
2	Đo cắt pat túi thân sau	Trần Thị Cúc, Ngô Khắc Hiển	2.00
3	Đo cắt dây treo gắn túi thân sau	Bùi Thị Hồng Vân	5.00
4	Nối dây pat túi thân sau	Trần Thị Cúc	10.00
5	Ép dây pat túi thân sau	Ngô Khắc Hiển	7.00
6	Chốt pat túi thân sau	Trần Thị Cúc	7.00
7	Chốt dây treo túi sau	Trần Thị Cúc	17.00
...
84	Ủi bao túi hông x2+túi sau	Trần Thị Cúc, Ngô Khắc Hiển	30.00

Bảng 5.6: Kết quả giảm lương bằng thuật toán mô phỏng luyện kim.

Sau khi tối ưu hóa, chi phí lương cho một sản phẩm đã giảm xuống còn 12, 980.52 đồng (23.70 sản phẩm).

Kết quả này cho thấy đã giảm lương đáng kể so với trạng thái ban đầu. Phân bố công nhân cũng đã đảm bảo cân bằng giữa các công đoạn và phù hợp với các ràng buộc của bài toán.

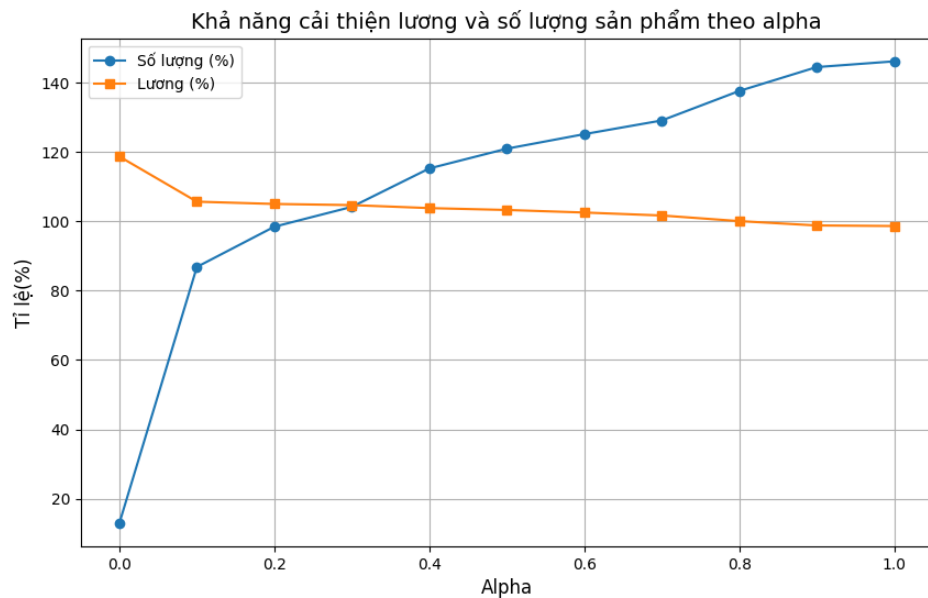
5.1.3 Kết quả thuật toán cân bằng giữa 2 yếu tố

Dưới đây là kết quả của ba thuật toán: giải thuật di truyền, thuật toán đàn kiến, và thuật toán mô phỏng luyện kim. Các bảng hiển thị số lượng sản phẩm và chi phí lương tương ứng với các giá trị α .

Giải thuật di truyền

α	Số lượng sản phẩm	Lương/1 sản phẩm (đồng)
1.0	308.07	15,459.75
0.9	304.56	15,434.42
0.8	290.03	15,240.68
0.7	272.11	14,998.12
0.6	263.79	14,873.03
0.5	254.95	14,767.03
0.4	242.94	14,689.69
0.3	219.59	14,568.57
0.2	207.52	14,522.57
0.1	183.05	14,432.33
0.0	27.35	12,849.32

Bảng 5.7: Kết quả giải thuật di truyền.

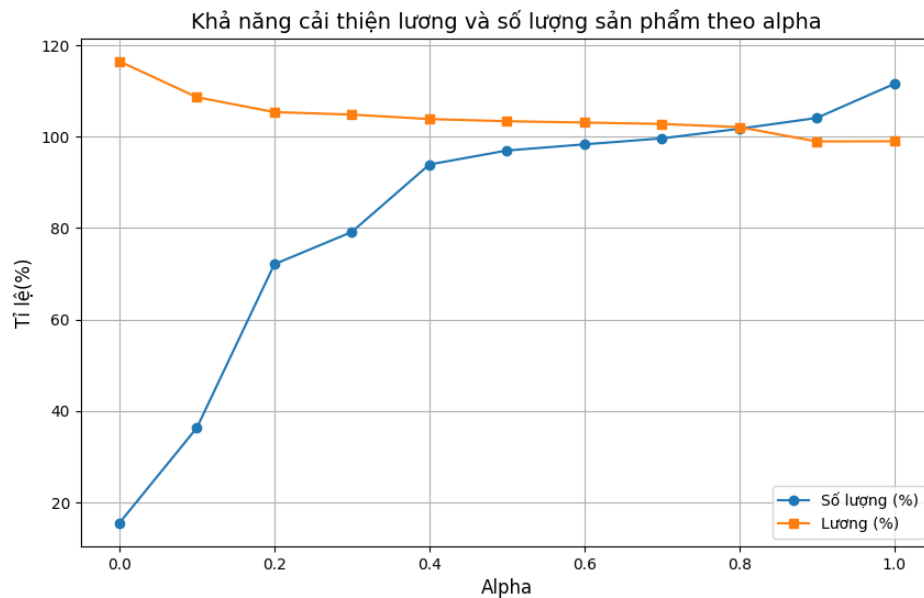


Hình 5.2: Khả năng cải thiện lương và số lượng sản phẩm của giải thuật di truyền.

Thuật toán đàn kiến:

α	Số lượng sản phẩm	Lương/1 sản phẩm (đồng)
1.0	235.04	15,408.49
0.9	219.36	15,414.44
0.8	214.39	14,939.16
0.7	209.95	14,840.20
0.6	207.19	14,795.45
0.5	204.36	14,754.55
0.4	197.89	14,686.76
0.3	166.81	14,550.28
0.2	151.91	14,474.95
0.1	76.51	14,039.96
0.0	32.60	13,094.76

Bảng 5.8: Kết quả thuật toán đàn kiến.

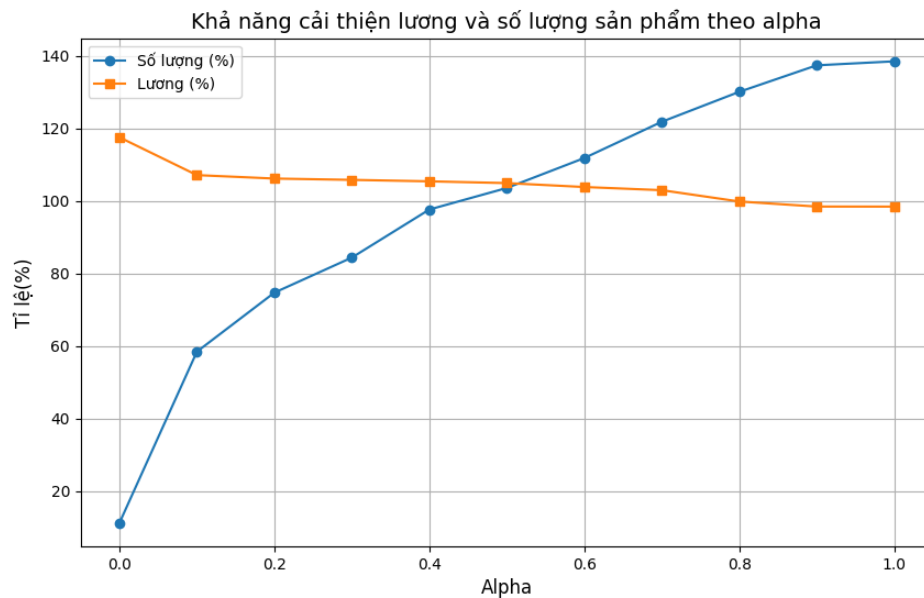


Hình 5.3: Khả năng cải thiện lương và số lượng sản phẩm của thuật toán đàn kiến.

Thuật toán mô phỏng luyện kim:

α	Số lượng sản phẩm	Lương/1 sản phẩm (đồng)
1.0	291.74	15,499.19
0.9	289.43	15,496.79
0.8	274.02	15,279.93
0.7	256.64	14,817.40
0.6	235.58	14,693.35
0.5	218.20	14,541.56
0.4	205.70	14,474.81
0.3	177.80	14,419.85
0.2	157.44	14,370.28
0.1	123.17	14,243.11
0.0	23.70	12,980.52

Bảng 5.9: Kết quả thuật toán mô phỏng luyện kim.



Hình 5.4: Khả năng cải thiện lương và số lượng sản phẩm của thuật toán mô phỏng luyện kim.

5.1.4 Các yếu tố khác

Thời gian chạy mô hình

Thời gian cần thiết để chạy mô hình tối ưu hóa đối với từng thuật toán như sau:

Thuật toán	Tối ưu sản lượng	Tối ưu lương	1 giá trị α cân bằng
Giải thuật di truyền	2 giờ	1 giờ	2,5 giờ
Giải thuật đàn kiến	30 phút	25 phút	18 phút
Giải thuật mô phỏng luyện kim	10 phút	5 phút	15 phút

Bảng 5.10: Thời gian chạy mô hình của các thuật toán.

Tài nguyên sử dụng

Mức độ tài nguyên cần thiết của từng thuật toán:

- **Giải thuật di truyền:** Tốn nhiều tài nguyên GPU/CPU để tăng tốc độ xử lý vì mức độ phức tạp cao. Yêu cầu lưu trữ và tính toán nhiều cá thể trong quần thể qua nhiều thế hệ.
- **Giải thuật đàn kiến:** Tốn tài nguyên CPU/RAM để lưu trữ và cập nhật ma trận pheromone. Đồng thời, cần xử lý đồng thời nhiều tác nhân (kiến) trong không gian tìm kiếm, dẫn đến yêu cầu tài nguyên xử lý song song.
- **Giải thuật mô phỏng luyện kim:** Tốn ít tài nguyên, chủ yếu sử dụng CPU vì chỉ quản lý một trạng thái duy nhất trong mỗi bước lặp. Không yêu cầu lưu trữ dữ liệu phức tạp, nên phù hợp với hệ thống có tài nguyên hạn chế.

5.2 Phân tích và đánh giá kết quả đạt được

Giải thuật di truyền: Kết quả tốt nhất về cả sản lượng và chi phí lương, tốn nhiều thời gian và tài nguyên để chạy mô hình, không phù hợp khi cần ra quyết định nhanh chóng.

Thuật toán đàn kiến: Kết quả thấp nhất về cả sản lượng và chi phí lương không tốn quá nhiều thời gian và tài nguyên để chạy mô hình.

Thuật toán mô phỏng luyện kim: Không đạt hiệu quả cao bằng giải thuật di truyền, nhanh hơn và tiết kiệm tài nguyên hơn các giải thuật khác.

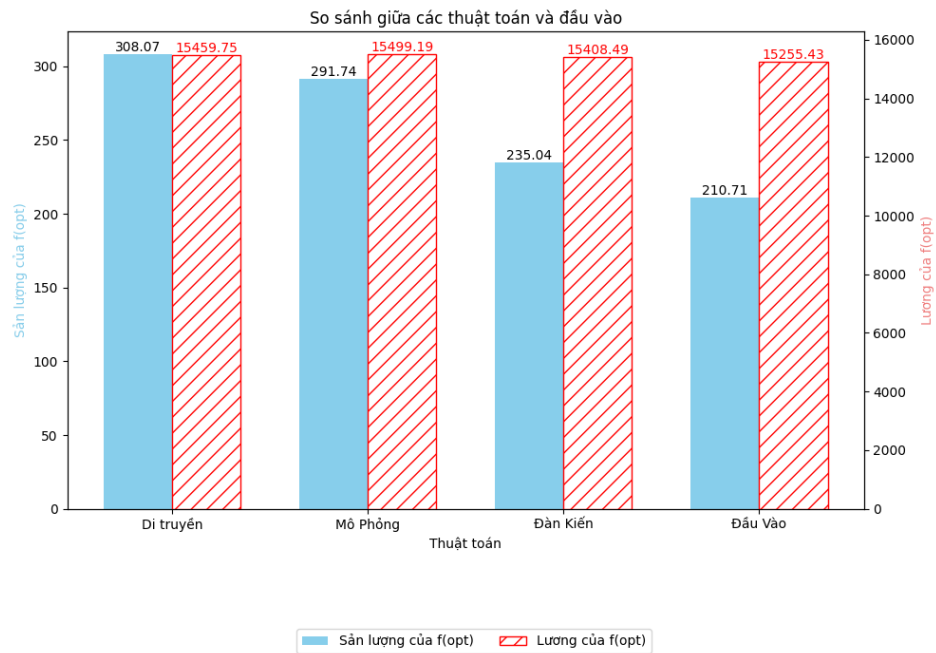
Kết luận

- **Tối ưu sản lượng hoặc chi phí cao:** Sử dụng giải thuật di truyền, nhưng cần cân nhắc thời gian và tài nguyên.
- **Giải pháp nhanh và tiết kiệm tài nguyên:** Sử dụng giải thuật SA cho bài toán không đòi hỏi độ chính xác tối đa, nhưng có kết quả nhanh và tốn ít tài nguyên.
- **Giải thuật đàn kiến:** Không hiệu quả bằng giải thuật di truyền và mô phỏng luyện kim về kết quả lẫn tài nguyên tiêu tốn.

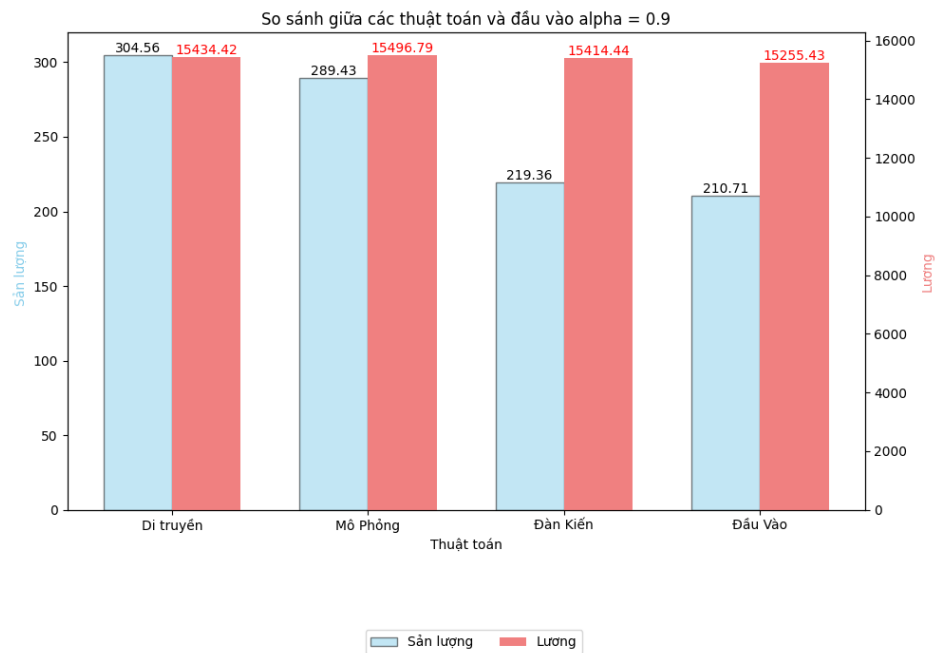
Khuyến nghị sử dụng

- **Giải thuật di truyền:** Phù hợp với phân bố công nhân trước khi bắt đầu làm sản phẩm, nơi yêu cầu tối ưu hóa toàn diện và không bị giới hạn về thời gian tính toán.
- **Thuật toán mô phỏng luyện kim:** Phù hợp với phân bố công nhân trong lúc làm sản phẩm mà xảy ra biến cố, cần sự điều chỉnh nhanh chóng với lượng tài nguyên thấp.

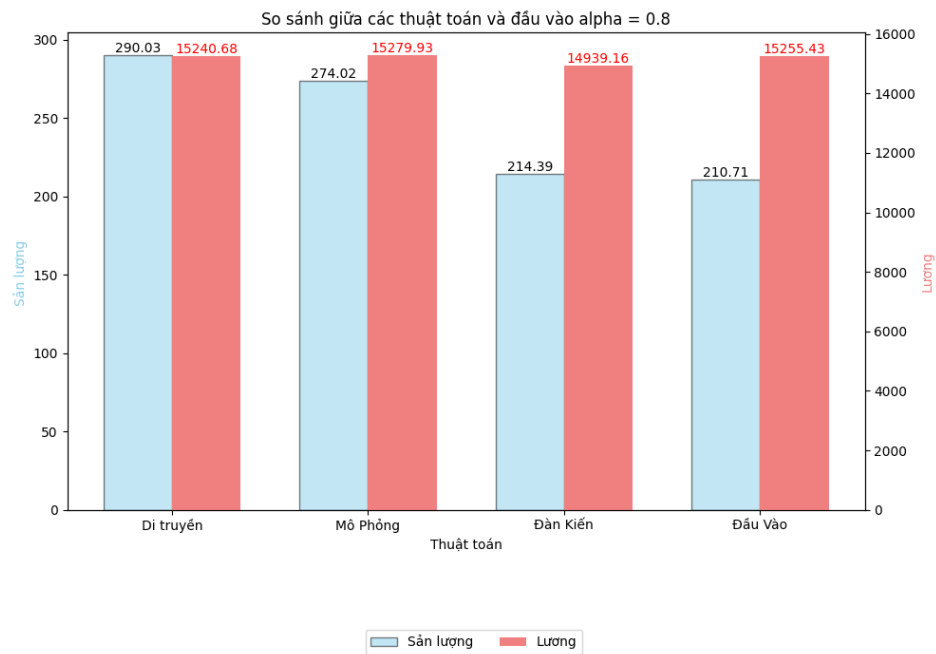
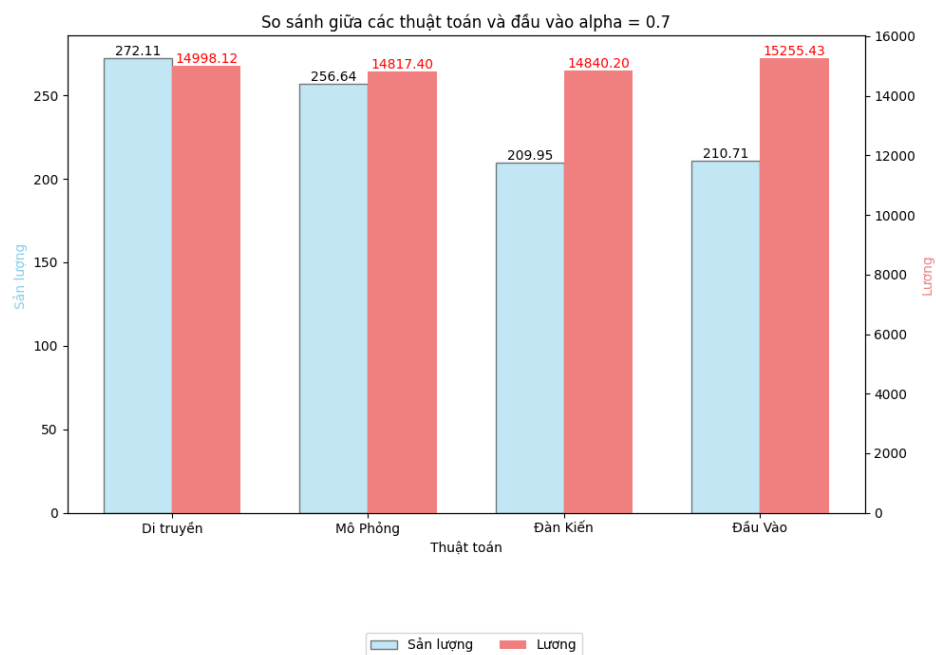
Kết quả so sánh 3 thuật toán theo alpha

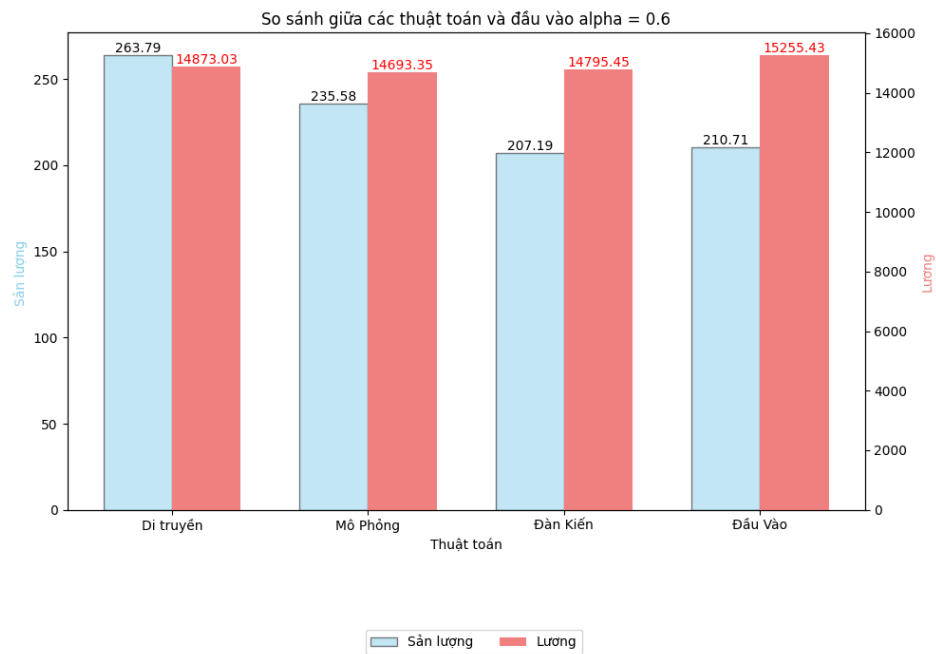
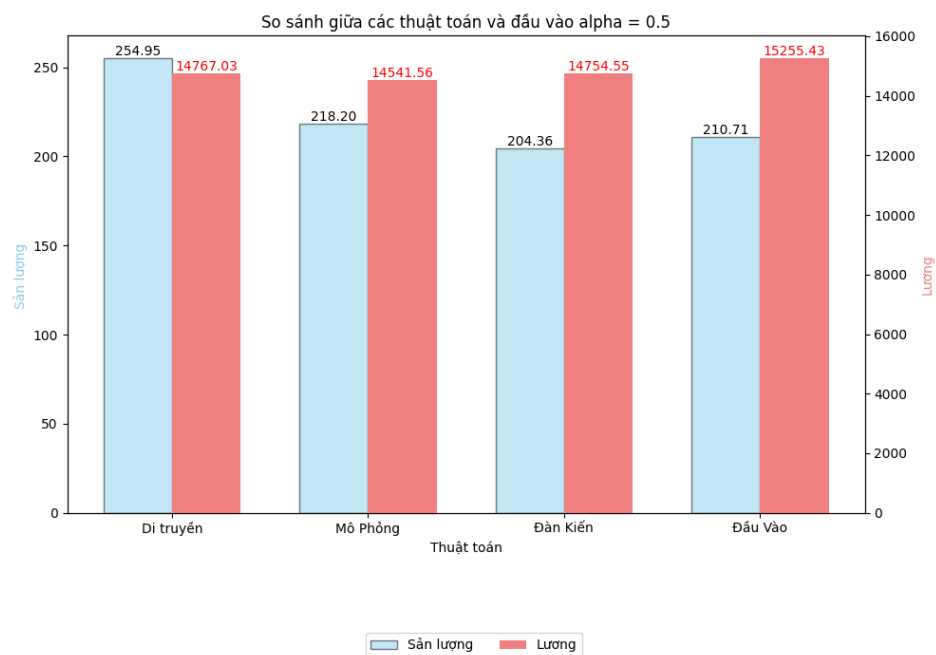


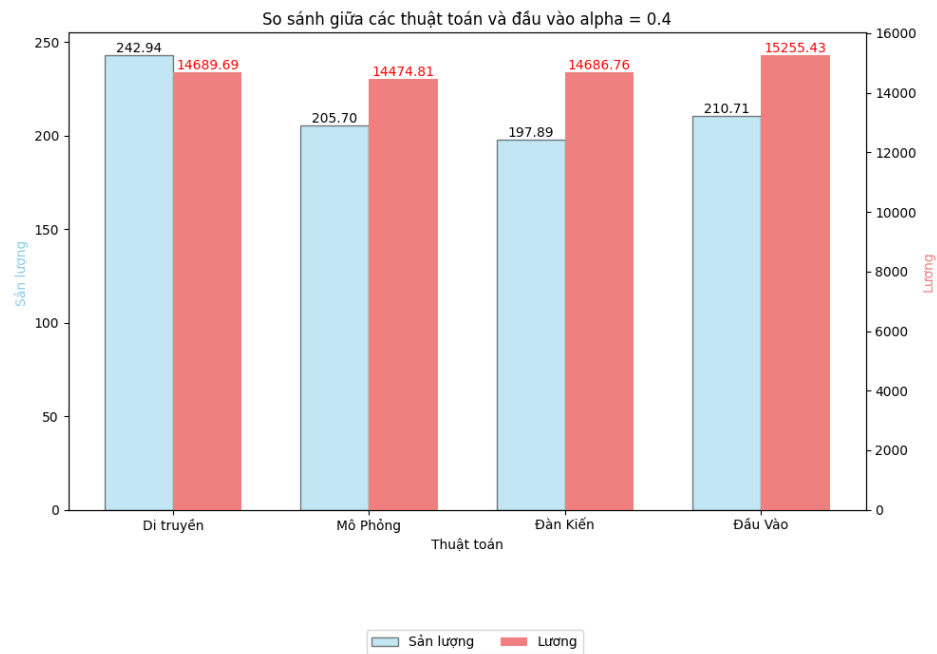
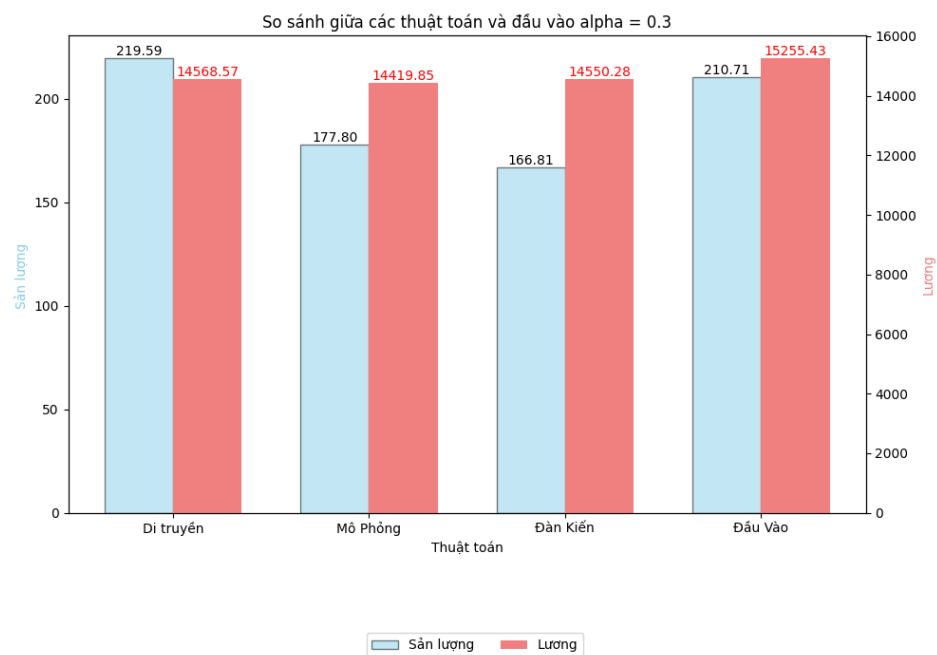
Hình 5.5: So sánh 3 thuật toán với $\alpha = 1.0$.

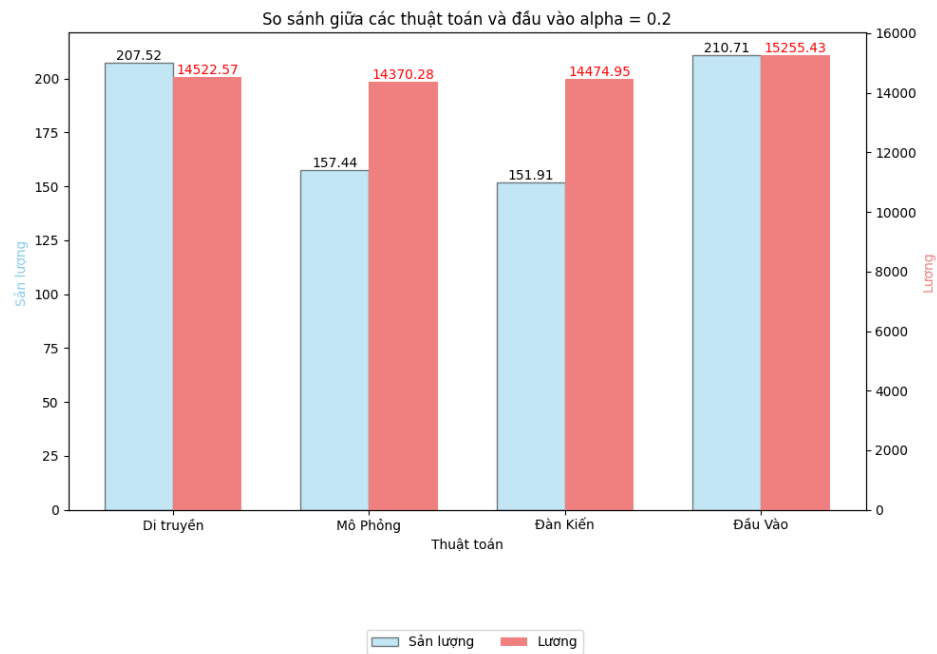
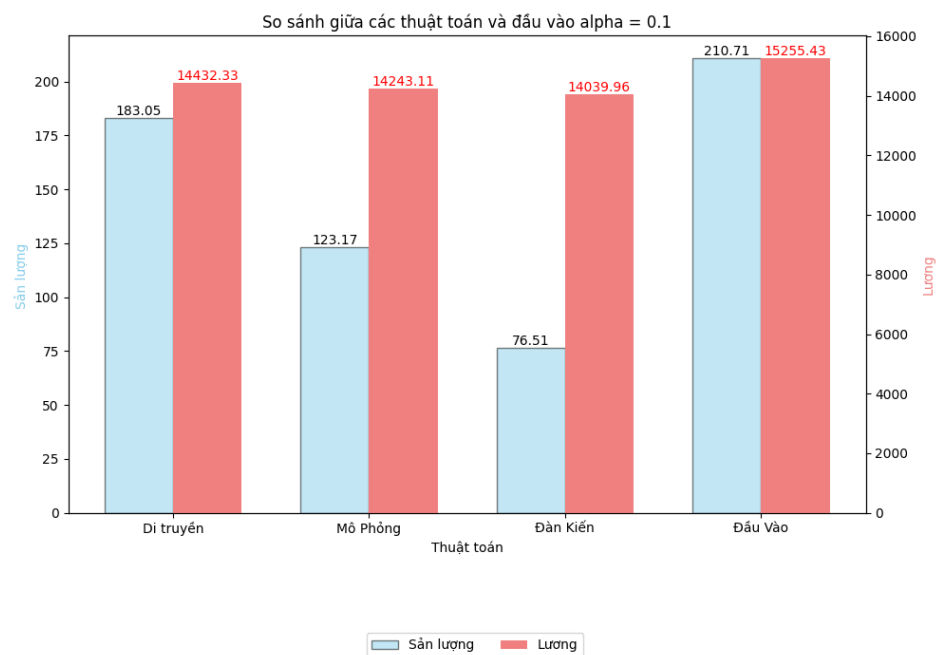


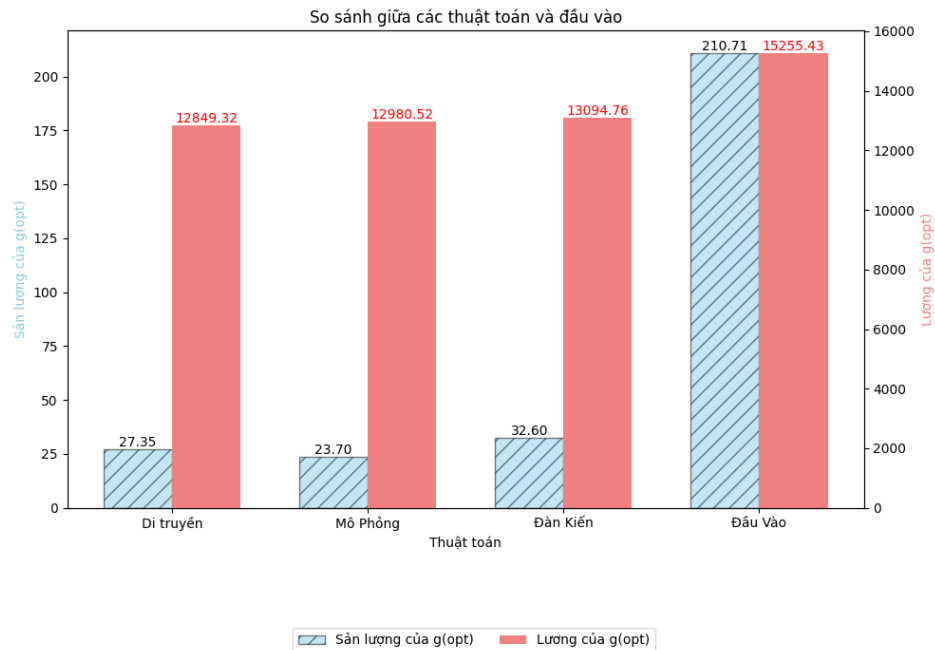
Hình 5.6: So sánh 3 thuật toán với $\alpha = 0.9$.

Hình 5.7: So sánh 3 thuật toán với $\alpha = 0.8$.Hình 5.8: So sánh 3 thuật toán với $\alpha = 0.7$.

Hình 5.9: So sánh 3 thuật toán với $\alpha = 0.6$.Hình 5.10: So sánh 3 thuật toán với $\alpha = 0.5$.

Hình 5.11: So sánh 3 thuật toán với $\alpha = 0.4$.Hình 5.12: So sánh 3 thuật toán với $\alpha = 0.3$.

Hình 5.13: So sánh 3 thuật toán với $\alpha = 0.2$.Hình 5.14: So sánh 3 thuật toán với $\alpha = 0.1$.



Hình 5.15: So sánh 3 thuật toán với $\alpha = 0.0$.

5.3 Những bài toán thực tế trong doanh nghiệp sản xuất may mặc

Bài toán thiếu hụt công nhân: Vì một số lý do mà sau khi cân bằng thì có một số công nhân nghỉ đột xuất do ốm đau, nghỉ phép hoặc lý do cá nhân nên sẽ dẫn đến tình trạng thiếu hụt công nhân.

Biện pháp:

- Chạy lại thuật toán cân bằng: nếu như còn thời gian thì sẽ chạy lại bài toán cân bằng bằng thuật toán mô phỏng luyện kim, hoặc nếu còn nhiều thời gian thì chạy lại giải thuật di truyền.
- Sử dụng công nhân linh hoạt: nhà máy sẽ luôn có những công nhân linh hoạt có khả năng làm được nhiều công đoạn khác nhau, sử dụng công nhân đó thế vào công nhân nghỉ.
- Xem xét sử dụng “cuốn chiếu”: nếu như những biện pháp trên không thực hiện được thì có thể sử dụng phương pháp “cuốn chiếu” tức là xem xét sản phẩm tiếp

theo có thể tăng năng suất lên để bắt đầu muộn hơn, thời gian dư ra đó để làm sản phẩm này.

- Cho hàng vận chuyển bằng máy bay: nếu như các biện pháp trên điều không thể thực hiện được thì có thể cho hàng vận chuyển bằng máy bay thay vì đi tàu để vận chuyển nhanh hơn. Biện pháp này hạn chế sử dụng vì sẽ tốn chi phí cao hơn nhiều.

Bài toán về hỏng máy móc: Trong thực tế thì máy móc bị hỏng hay bị lỗi xảy ra rất thường xuyên dẫn đến bị trễ tiến độ sản xuất.

Biện pháp:

- Áp dụng bảo trì dự đoán (Predictive Maintenance) dựa trên cảm biến IoT để phát hiện vấn đề sớm: Bảo trì dự đoán sử dụng công nghệ IoT kết hợp với phân tích dữ liệu để dự báo lỗi hoặc hỏng hóc của thiết bị trước khi chúng xảy ra. Điều này giúp tối ưu hóa hiệu suất thiết bị, giảm thời gian ngừng hoạt động và chi phí sửa chữa.
- Thay thế máy móc dự phòng: Sử dụng máy móc dự phòng để thay thế tạm thời máy hỏng để kịp tiến độ sản xuất.
- Bảo trì máy: Nếu không có máy để thay thế thì buộc phải bảo trì, sửa chữa máy ngay lập tức để hạn chế trễ tiến độ.
- Xem xét nếu công đoạn đó có nhiều công nhân làm thì để công nhân còn lại làm: nếu 1 công đoạn có 2-3 người làm thì có thể để những người còn lại tập trung nhiều hơn vào làm công đoạn mà máy bị hỏng, bù lại công nhân có máy bị hỏng làm thay những công đoạn còn lại mà những công nhân đó ít tập trung vào hơn.

Sau khi cân bằng vẫn chưa đủ sản lượng yêu cầu: Với một số lượng công nhân sau khi thực hiện các thuật toán nhưng vẫn chưa đủ số lượng yêu cầu.

Biện pháp:

- Sử dụng công nhân linh hoạt: nhà máy có một số công nhân linh hoạt, thêm những người đó vào tập đầu vào để chạy lại thuật toán để nâng cao số lượng sản phẩm.

- Cho công nhân tăng ca: Cho các công nhân tăng ca một cách phù hợp để tăng đủ số lượng sản phẩm, tuy nhiên sẽ tốn thêm chi phí vì tăng ca sẽ trả lương nhiều hơn làm chính thức
- Xem xét sử dụng “cuốn chiếu”: xem xét sản phẩm tiếp theo có thể tăng năng suất lên để bắt đầu muộn hơn, thời gian dư ra đó để làm sản phẩm này.
- Cho hàng đi bằng máy bay: nếu như các biện pháp trên điều không thể thực hiện được thì có thể cho hàng vận chuyển bằng máy bay thay vì đi tàu để vận chuyển nhanh hơn. Biện pháp này hạn chế sử dụng vì sẽ tốn chi phí cao hơn nhiều.

Lương vượt quá ngân sách cho phép: Một số trường hợp sau khi chạy thuật toán giảm lương chi trả vẫn cao hơn ngân sách cho phép của doanh nghiệp.

Biện pháp:

- Xem xét đề xuất tăng ngân sách lương.
- Giảm lương cố định cho mỗi công đoạn.
- Sử dụng công nhân có hệ số lương thấp: Sử dụng nhiều các công nhân có hệ số lương thấp rồi sau đó chạy lại thuật toán để phù hợp với ngân sách doanh nghiệp.

Một số sản phẩm làm ra bị lỗi: Trong thực tế thì sản phẩm làm ra hoàn toàn có thể bị lỗi dẫn đến không đủ sản phẩm dự kiến.

Biện pháp: đánh giá tỷ lệ bị lỗi sau đó tính toán sẽ làm được tỷ lệ bao nhiêu so với dự kiến để vận hành, nếu thiếu sản phẩm thì có thể xem xét những phương pháp trên.

5.4 Những hạn chế của nghiên cứu

Khi nghiên cứu sản xuất, các giả định thường được đặt ra để mô hình hóa và tối ưu hóa quy trình. Tuy nhiên, thực tế có nhiều yếu tố không nằm trong giả định, ảnh hưởng đến hiệu quả sản xuất. Một số hạn chế đáng chú ý bao gồm:

- **Nguyên phụ liệu đáp ứng đủ cho sản xuất:** Nghiên cứu cũng giả định rằng nguyên phụ liệu luôn được cung cấp đầy đủ và không gián đoạn nhưng trong

thực tế vẫn có thể xảy ra tình trạng thiếu hụt nguyên phụ liệu làm gián đoạn sản xuất.

- **Thời gian của công đoạn và năng lực của công nhân là cố định:** Nghiên cứu giả định rằng thời gian hoàn thành mỗi công đoạn và năng lực của công nhân không thay đổi. Trong thực tế, năng lực của công nhân có thể bị dao động do vấn đề sức khỏe, lỗi thao tác hay các yếu tố khác.
- **Thời gian chết của giữa các công đoạn coi như bằng 0:** Thời gian chuyển sản phẩm giữa các công đoạn trong nghiên cứu được coi như là không tồn tại nhưng trong thực tế thì luôn có.
- **Không xét đến yếu tố ngoại cảnh:** Mô hình không tính đến các yếu tố khác như các thiên tai, điện hay các biến động khác, nhưng trong thực tế hoàn toàn có thể xảy ra làm tác động đến hiệu quả sản xuất.

Những hạn chế này dẫn đến việc kết quả nghiên cứu có thể thấp hơn hoặc khác biệt so với thực tế. Khi áp dụng vào thực tiễn, cần tính đến các yếu tố biến động ngoài mô hình để hiệu chỉnh và dự báo chính xác hơn. Điều này đòi hỏi sự phối hợp chặt chẽ giữa mô hình lý thuyết và dữ liệu thực tế từ sản xuất.

Phần III

KẾT LUẬN VÀ KIẾN NGHỊ

Chương 6

Kết luận và hướng phát triển trong tương lai

6.1 Kết luận

Qua quá trình nghiên cứu và thực nghiệm, đề tài “Ứng dụng các phương pháp tối ưu để cải thiện hiệu suất trong cân bằng dây chuyền may” đã đạt được những kết quả quan trọng như sau:

Hiệu quả giải thuật

Các thuật toán tối ưu hiện đại như di truyền, đàn kiến và mô phỏng luyện kim đã được triển khai thành công để giải quyết bài toán cân bằng dây chuyền may. Đã chứng minh được tính hiệu quả trong việc nâng cao sản lượng và giảm chi phí.

Kết quả thực nghiệm cho thấy sản lượng dây chuyền được cải thiện đáng kể trong khi chi phí lương chi trả cho mỗi sản phẩm giảm xuống.

Đánh giá phương pháp

Thuật toán di truyền cung cấp giải pháp tối ưu toàn diện nhưng yêu cầu tài nguyên lớn.

Thuật toán mô phỏng luyện kim phù hợp với các trường hợp cần giải pháp nhanh, ít tài nguyên.

Thuật toán đàn kiến có khả năng thích ứng cao nhưng kết quả chưa vượt trội so với các phương pháp khác.

Ứng dụng thực tế

Các thuật toán được thiết kế phù hợp với đặc thù sản xuất tại Công ty CP May & TM Gio Linh, với tính linh hoạt cao và khả năng mở rộng.

Hệ thống phân bổ công nhân hợp lý nâng cao rõ rệt số lượng sản phẩm sản xuất trong một ngày. Việc phân bổ hợp lý công nhân và thiết bị giúp giảm chi phí lương chi trả trên mỗi sản phẩm, đồng thời đảm bảo hiệu suất dây chuyền.

Đánh giá hạn chế

Các thuật toán tối ưu vẫn cần thời gian tính toán dài hơn khi áp dụng cho dây chuyền có

quy mô lớn.

Mặc dù hiệu quả đã được chứng minh trong thực nghiệm. Tuy nhiên việc triển khai thực tế còn phụ thuộc vào yếu tố con người và khả năng tiếp nhận công nghệ tại doanh nghiệp.

6.2 Định hướng phát triển trong tương lai

Áp dụng các thuật toán tối ưu tiên tiến hơn

Nghiên cứu các thuật toán hiện đại như Thuật toán học sâu, tối ưu metaheuristic lai, vét cạn... có thể cho ra được kết quả tốt hơn cho doanh nghiệp.

Thêm các ràng buộc và các nhãn khác

Trong tương lai có thể thêm vào các ràng buộc để đúng với thực tế hơn như giới hạn về máy móc, ngân sách cho nguyên liệu và vận hành, tỷ lệ lỗi,...

Ngoài ra có thể xem xét để thêm vào đầu vào các nhãn về hiệu suất trung bình của công nhân, các yếu tố ngoại cảnh và tỷ lệ xảy ra, tuổi thọ hay thời gian đã sử dụng của các loại máy móc.

Thêm thời gian chết phù hợp với thực tế

Tích hợp thêm thời gian chết vào mô hình như thời gian bảo trì định kỳ và thời gian chờ các nguyên liệu hoặc công đoạn để sát với thực tế hơn.

Dữ liệu thời gian chết cần được thu thập và phân tích từ thực tế để đảm bảo mô hình có kết quả chính xác

Nghiên cứu tối ưu cân bằng dây chuyền công nghiệp may theo thời gian thực

Tích hợp hệ thống giám sát thu thập dữ liệu trực tuyến về tình trạng của dây chuyền, máy móc và công nhân.

Sử dụng thuật toán điều chỉnh nhanh để điều chỉnh kế hoạch sản xuất một cách linh hoạt để đáp ứng các thay đổi đột ngột.

Sử dụng học tăng cường để đào tạo các agent có khả năng đưa ra quyết định tối ưu trong môi trường động.

Áp dụng cho các ngành khác

Mặc dù nghiên cứu được thiết kế cho ngành công nghiệp may, thuật toán và phương pháp phát triển có thể được điều chỉnh và mở rộng để áp dụng vào các ngành khác.

Những lĩnh vực như chế biến thực phẩm, lắp ráp điện tử, và logistics cũng có nhu cầu tối ưu hóa tương tự.

Việc mở rộng ứng dụng sẽ không chỉ giúp nâng cao tính linh hoạt của mô hình mà còn tăng giá trị thực tiễn và tính ứng dụng đa ngành, mở ra cơ hội phát triển kinh doanh và nghiên cứu sâu rộng hơn.

Tích hợp, phát triển phần mềm để hỗ trợ doanh nghiệp

Lập trình phần mềm, tích hợp với các hệ thống quản lý sản xuất để tạo ra sản phẩm có thể hỗ trợ doanh nghiệp phân bổ công nhân nhanh chóng và phù hợp với nhu cầu của doanh nghiệp. Việc tích hợp công nghệ thông minh với quy trình sản xuất truyền thống là xu hướng tất yếu để đáp ứng nhu cầu ngày càng cao của thị trường.

Tài liệu tham khảo

- [1] T. T. B. Nhung and T. T. P. Thuy, “Vietnam’s textile and garment industry: an overview,” *Business and IT*, vol. 8, no. 2, pp. 45–53, 2018.
- [2] T. T. Quang, T. Tran, A. Tho, and J. Burgess, “Chances and challenges of vietnam’s garment industry in the new trend of sustainable development,” in *2020 5th International Conference on Green Technology and Sustainable Development (GTSD)*. IEEE, 2020, pp. 286–290.
- [3] L. Li, “A systematic-theoretic analysis of data-driven throughput bottleneck detection of production systems,” *Journal of manufacturing systems*, vol. 47, pp. 43–52, 2018.
- [4] Y.-S. Gloy, “Industry 4.0 in textile production,” *ISBN : 978-3-030-62589-4*, 2021.
- [5] C. Becker and A. Scholl, “A survey on problems and methods in generalized assembly line balancing,” *European journal of operational research*, vol. 168, no. 3, pp. 694–715, 2006.
- [6] G. Buxey, “Globalisation and manufacturing strategy in the tcf industry,” *International Journal of Operations & Production Management*, vol. 25, no. 2, pp. 100–113, 2005.
- [7] Z. He, J. Xu, K. P. Tran, S. Thomassey, X. Zeng, and C. Yi, “Modeling of textile manufacturing processes using intelligent techniques: a review,” *The International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, vol. 116, no. 1, pp. 39–67, 2021.
- [8] W.-C. Chiang, “The application of a tabu search metaheuristic to the assembly line balancing problem,” *Annals of Operations Research*, vol. 77, p. 209–227, 1998.

- [9] O. Bongomin, J. I. Mwasiagi, E. O. Nganyi, and I. Nibikora, “Improvement of garment assembly line efficiency using line balancing technique,” *Engineering Reports*, vol. 2, no. 4, p. e12157, 2020.
- [10] N.-T. Huynh, “Status and challenges of textile and garment enterprises in vietnam and a framework toward industry 3.5,” *International Journal of Logistics Research and Applications*, vol. 27, no. 2, pp. 346–357, 2024.
- [11] D. Huong, T. Long, D. Thuan *et al.*, “Application of exhaustive search for optimization assembly line balancing in garment industry,” *Journal of Science & Technology Technical Universities*, vol. 141, pp. 34–41, 2020.
- [12] Đinh Mai Hương, “Nghiên cứu cân bằng dây chuyền may sản phẩm polo-shirt,” *Journal of Science & Technology (Tập chí Khoa học và Công nghệ)*, vol. 59, pp. 103–108, 2023.
- [13] V. T. T. B. Châu, “Cân bằng dây chuyền sản xuất sản phẩm may mặc thông qua mô phỏng,” *Tạp chí Khoa học và Công nghệ - Đại học Đà Nẵng*, vol. 19, no. 2, 2021.
- [14] N. V. Nghiễn, *Quản lý sản xuất và tác nghiệp*. Giáo dục, 2008.
- [15] N. V. Phương, L. T. Cúc, and T. H. Cường, “Các yếu tố ảnh hưởng đến năng lực cạnh tranh doanh nghiệp may tại vùng đồng bằng sông hồng,” *Tạp chí Khoa học Nông nghiệp Việt Nam*, vol. 19, no. 8, pp. 1103–1114, 2021.
- [16] M. D. Kilbridge and L. Wester, “A heuristic method of assembly line balancing,” *Operations Management*, p. 22, 2003.
- [17] K. Wadhwa, “The role of gantt chart in the project management,” 2024.
- [18] N. Kumar and D. Mahto, “Assembly line balancing: a review of developments and trends in approach to industrial application,” *Global Journal of Researches in Engineering Industrial Engineering*, vol. 13, no. 2, pp. 29–50, 2013.
- [19] N. Sharma and S. Gupta, “Applications of critical path method in project management,” *International Journal of Management and Economics*, vol. 26, pp. 113–116, 2018.

- [20] S. G. Dimitriadis, “Assembly line balancing and group working: A heuristic procedure for workers’ groups operating on the same product and workstation,” *Computers & Operations Research*, vol. 33, no. 9, pp. 2757–2774, 2006.
- [21] J. Fortuny-Santos, P. Ruiz-de Arbulo-López, L. Cuatrecasas-Arbós, and J. Fortuny-Profítos, “Balancing workload and workforce capacity in lean management: application to multi-model assembly lines,” *Applied Sciences*, vol. 10, no. 24, p. 8829, 2020.
- [22] M. Dorigo, M. Birattari, and T. Stutzle, “Ant colony optimization,” *IEEE computational intelligence magazine*, vol. 1, no. 4, pp. 28–39, 2006.
- [23] G. Zeba, M. Dabić, M. Čičak, T. Daim, and H. Yalcin, “Technology mining: Artificial intelligence in manufacturing,” *Technological Forecasting and Social Change*, vol. 171, p. 120971, 2021.
- [24] E. Babulak and M. Wang, “Discrete event simulation,” *Aitor Goti (Hg.): Discrete Event Simulations. Rijeka, Kroatien: Sciyo*, p. 1, 2010.
- [25] A. S. Abdul-Qawy, P. Pramod, E. Magesh, and T. Srinivasulu, “The internet of things (iot): An overview,” *International Journal of Engineering Research and Applications*, vol. 5, no. 12, pp. 71–82, 2015.
- [26] S. Mantravadi and C. Møller, “An overview of next-generation manufacturing execution systems: How important is mes for industry 4.0?” *Procedia manufacturing*, vol. 30, pp. 588–595, 2019.
- [27] N. Kumar and D. Mahto, “Assembly line balancing: a review of developments and trends in approach to industrial application,” *Global Journal of Researches in Engineering Industrial Engineering*, vol. 13, no. 2, pp. 29–50, 2013.
- [28] J. C. Chen, C.-C. Chen, L.-H. Su, H.-B. Wu, and C.-J. Sun, “Assembly line balancing in garment industry,” *Expert Systems with Applications*, vol. 39, no. 11, pp. 10 073–10 081, 2012.

- [29] P. Y. Mok, T. Cheung, W. K. Wong, S. Y.-S. Leung, and J. Fan, “Intelligent production planning for complex garment manufacturing,” *Journal of Intelligent Manufacturing*, vol. 24, pp. 133–145, 2013.
- [30] E. Kahya, “The effects of job characteristics and working conditions on job performance,” *International journal of industrial ergonomics*, vol. 37, no. 6, pp. 515–523, 2007.
- [31] C. C. Bozarth, D. P. Warsing, B. B. Flynn, and E. J. Flynn, “The impact of supply chain complexity on manufacturing plant performance,” *Journal of operations management*, vol. 27, no. 1, pp. 78–93, 2009.
- [32] C. O. Colpan, M. A. Ezan, and O. Kizilkan, *Thermodynamic Analysis and Optimization of Geothermal Power Plants*. Elsevier, 2021.
- [33] C. Blum, “Ant colony optimization: Introduction and recent trends,” *Physics of Life reviews*, vol. 2, no. 4, pp. 353–373, 2005.
- [34] M. R. Islam, C. K. Saifullah, and M. R. Mahmud, “Chemical reaction optimization: survey on variants,” *Evolutionary Intelligence*, vol. 12, pp. 395–420, 2019.
- [35] P. J. Van Laarhoven, E. H. Aarts, P. J. van Laarhoven, and E. H. Aarts, *Simulated annealing*. Springer, 1987.
- [36] S. Kirkpatrick, C. D. Gelatt Jr, and M. P. Vecchi, “Optimization by simulated annealing,” *science*, vol. 220, no. 4598, pp. 671–680, 1983.
- [37] V. Černý, “Thermodynamical approach to the traveling salesman problem: An efficient simulation algorithm,” *Journal of optimization theory and applications*, vol. 45, pp. 41–51, 1985.
- [38] J. P. Boyd, “Additive blending of local approximations into a globally-valid approximation with application to the dilogarithm,” *Applied Mathematics Letters*, vol. 14, no. 4, pp. 477–481, 2001.

-
- [39] R. Aslan, “Rate of approximation of blending type modified univariate and bivariate λ -schurer-kantorovich operators,” *Kuwait Journal of Science*, vol. 51, no. 1, p. 100168, 2024.