ĐẠI HỌC ĐÀ NẴNG
TRƯỜNG ĐẠI HỌC BÁCH KHOA
KHOA CƠ KHÍ GIAO THÔNG

ĐỒ ÁN TỐT NGHIỆP

NGÀNH: KỸ THUẬT HỆ THỐNG CÔNG NGHIỆP

ĐỀ TÀI:

PHÂN TÍCH VÀ CẢI TIẾN CÂN BẰNG CHUYỀN MAY ỨNG DỤNG LEAN SIX SIGMA, LÝ THUYẾT RÀNG BUỘC VÀ MÔ PHỎNG SẢN XUẤT TẠI CÔNG TY SCAVI ĐÀ NẴNG

Giảng viên hướng dẫn: PGS.TS. Lê Cung
Sinh viên thực hiện: Phan Thanh Vang
Nguyễn Hồng Quân
MSSV: 103210216
103210203

Đà Nẵng, 06/2026

ĐẠI HỌC ĐÀ NẴNG
TRƯỜNG ĐẠI HỌC BÁCH KHOA
KHOA: Cơ Khí Giao Thông

CỘNG HÒA XÃ HỘI CHỦ NGHĨA VIỆT NAM
Độc lập - Tự do - Hạnh phúc

NHIỆM VỤ ĐỒ ÁN TỐT NGHIỆP

TT	Họ tên sinh viên	Số thẻ SV	Lớp	Ngành
1	Phan Thanh Vang	103210216	21HTCN2	Kỹ thuật Hệ thống Công nghiệp
2	Nguyễn Hồng Quân	103210203	21HTCN2	Kỹ thuật Hệ thống Công nghiệp

1. Tên đề tài đồ án:

Phân tích và cải tiến cân bằng chuyền may ứng dụng Lean Six Sigma, Lý thuyết ràng buộc và mô phỏng sản xuất tại Công ty Scavi Đà Nẵng

2. Các số liệu và dữ liệu ban đầu:

Các dữ liệu thu thập bao gồm: kế hoạch và sản lượng sản xuất trong ca, số lượng công nhân trên chuyền, năng suất chuyền, số lượng bán thành phẩm tồn tại giữa các công đoạn và các thông tin liên quan đến hiệu quả hoạt động của chuyền

3. Nội dung các phần thuyết minh và tính toán:

a. Phần chung:

TT	Họ tên sinh viên	Nội dung
1	Phan Thanh Vang	- Mục tiêu và lý do chọn đề tài - Tìm hiểu tổng quan về Công ty Scavi Đà Nẵng. - Thu thập các số liệu tại chuyền may (kế hoạch sản xuất, thông tin sản phẩm, quy trình sản xuất, thời gian công đoạn, số lượng công nhân và máy móc,…). - Tìm hiểu tổng thể lý thuyết về Lean Six Sigma, cân bằng chuyền, kỹ thuật mô phỏng ARENA,… - Phân tích nguyên nhân gây ra điểm nghẽn hiện tại, bán thành phẩm, thời gian công đoạn, tỷ lệ lỗi, hiệu suất cân bằng chuyền hiện tại. - Đề xuất triển khai các giải pháp cải tiến về lỗi, tái cân bằng chuyền và kiểm soát dựa trên kết quả đã cải tiến. - Mô phỏng chuyền may trên Arena trước và sau cải tiến nhằm đánh giá hiệu quả cải tiến.
2	Nguyễn Hồng Quân	

4. Các bản vẽ, đồ thị (ghi rõ các loại và kích thước bản vẽ):

a. Phần chung:

TT	Họ tên sinh viên	Nội dung
1	Phan Thanh Vang	- Biểu đồ tổng quan nhà máy - Biểu đồ cân bằng chuyền - Biểu đồ Pareto - Biểu đồ xương cá - Biểu đồ kiểm soát - Bản vẽ 2D, 3D cữ gấp lai - Mô phỏng Arena
2	Nguyễn Hồng Quân	

5. Họ tên người hướng dẫn:	*Phần/ Nội dung:*
PGS.TS.Lê Cung	

6. Ngày giao nhiệm vụ đồ án: 27/02/2026

7. Ngày hoàn thành đồ án: 17/06/2026

Đà Nẵng, ngày 17 tháng 06 năm 2026

Trưởng Bộ môn……. **Người hướng dẫn**

TÓM TẮT

Trong ngành sản xuất may mặc, việc tối ưu hóa năng suất và nâng cao chất lượng sản phẩm thông qua kiểm soát điểm nghẽn và giảm thiểu tỷ lệ lỗi đóng vai trò quyết định đến năng lực cạnh tranh và khả năng đáp ứng tiến độ giao hàng của doanh nghiệp. Đồ án tốt nghiệp với đề tài "Phân tích và cải tiến cân bằng chuyền may ứng dụng Lean Six Sigma, Lý thuyết ràng buộc và mô phỏng sản xuất tại Công ty Scavi Đà Nẵng" được thực hiện tại Công ty Scavi Đà Nẵng, tập trung vào chuyền may 3A sản xuất mã hàng LCMDOAQ15 chuyền được ghi nhận có hiệu suất thấp hơn và tỷ lệ lỗi cao hơn so với mặt bằng chung của nhà máy trong cùng giai đoạn. Xuất phát từ thực trạng đó, đề tài được xây dựng nhằm tìm ra các nguyên nhân cốt lõi ảnh hưởng đến hiệu suất và chất lượng, từ đó đề xuất các giải pháp cải tiến cụ thể và khả thi.

Phương pháp nghiên cứu chủ đạo là sự kết hợp giữa Lean Six Sigma theo quy trình DMAIC (Define – Measure – Analyze – Improve – Control), Lý thuyết ràng buộc TOC để xác định điểm nghẽn và phần mềm mô phỏng Arena để kiểm chứng hiệu quả phương án cải tiến trước khi triển khai thực tế. Các công cụ phân tích được ứng dụng bao gồm: biểu đồ Pareto xác định lỗi chủ yếu, biểu đồ Fishbone truy tìm nguyên nhân gốc rễ, phân tích 4M và Line Balancing để tối ưu bố trí công đoạn.

Tại Define và Measure hiện trạng năng suất, thời gian từng công đoạn và tỷ lệ lỗi được thu thập và định lượng trực tiếp tại chuyền. Tại Analyze, các điểm nghẽn làm gián đoạn dòng chảy sản xuất và nguyên nhân gốc rễ gây tỷ lệ lỗi cao được xác định rõ, xuất phát chủ yếu từ yếu tố con người, phương pháp thao tác và cách bố trí công đoạn chưa tối ưu. Tại Improve giải pháp đồng bộ được đề xuất gồm tái cân bằng chuyền, áp dụng giải pháp kỹ thuật cải tiến lỗi, toàn bộ được kiểm chứng qua mô phỏng Arena trước khi triển khai. Tại Control, quy trình vận hành được chuẩn hóa thông qua ban hành SOP, thiết lập quy trình kiểm soát hiệu suất và ứng dụng biểu đồ thống kê để giám sát tính ổn định của quá trình sản xuất sau cải tiến.

Kết quả cho thấy việc kết hợp đồng thời Lean Six Sigma, Lý thuyết ràng buộc và mô phỏng Arena đã được áp dụng thành công trong việc cải thiện chuyền may đã đạt 740 sản phẩm/ngày tăng 27%, giảm tỷ lệ lỗi từ 9.27% xuống còn 4.85% tạo cơ sở để áp dụng mở rộng mô hình cải tiến cho các chuyền may khác trong nhà máy.

LỜI CẢM ƠN

Sau gần năm năm học tập và rèn luyện tại Trường Đại học Bách khoa – Đại học Đà Nẵng, việc hoàn thành đồ án tốt nghiệp đã trở thành một dấu mốc ý nghĩa, khép lại chặng đường sinh viên với nhiều kỷ niệm và trải nghiệm quý giá. Đây không chỉ là dịp để nhóm tổng hợp, vận dụng những kiến thức chuyên môn đã tích lũy mà còn là cơ hội tiếp cận môi trường sản xuất thực tế, rèn luyện tư duy nghiên cứu và nâng cao năng lực giải quyết vấn đề trong doanh nghiệp.

Trước hết, nhóm xin gửi lời cảm ơn chân thành đến quý Thầy, Cô Trường Đại học Bách khoa – Đại học Đà Nẵng đã tận tâm giảng dạy, truyền đạt những kiến thức chuyên môn và kinh nghiệm quý báu trong suốt quá trình học tập. Đặc biệt, nhóm xin bày tỏ lòng biết ơn sâu sắc đến PGS.TS Lê Cung người đã trực tiếp hướng dẫn, luôn dành thời gian góp ý, định hướng và hỗ trợ nhóm trong suốt quá trình thực hiện đề tài. Những chỉ dẫn tận tình cùng những chia sẻ từ thực tiễn của Thầy đã giúp nhóm hoàn thiện đồ án cũng như tích lũy thêm nhiều kinh nghiệm hữu ích cho công việc trong tương lai.

Nhóm cũng xin chân thành cảm ơn Ban Giám đốc cùng toàn thể cán bộ, kỹ sư và công nhân viên Công ty TNHH SCAVI Đà Nẵng đã tạo điều kiện thuận lợi, nhiệt tình hỗ trợ nhóm trong quá trình thực tập, khảo sát thực tế và thu thập các số liệu cần thiết phục vụ cho việc nghiên cứu và thực hiện đề tài.

Mặc dù đã cố gắng và dành nhiều tâm huyết trong quá trình thực hiện, song do kiến thức chuyên môn và kinh nghiệm thực tiễn còn hạn chế nên đồ án khó tránh khỏi những thiếu sót nhất định. Nhóm rất mong nhận được những ý kiến đóng góp quý báu từ quý Thầy, Cô để đề tài được hoàn thiện hơn. Nhóm xin chân thành cảm ơn!

Đà Nẵng, ngày 17 tháng 06 năm 2026.

Sinh viên thực hiện

Phan Thanh Vang

Nguyễn Hồng Quân

CAM ĐOAN

Nhóm xin cam đoan rằng đồ án tốt nghiệp với đề tài "Phân tích và cải tiến cân bằng chuyền may ứng dụng Lean Six Sigma, Lý thuyết ràng buộc và mô phỏng sản xuất tại Công ty Scavi Đà Nẵng" là kết quả nghiên cứu của nhóm tôi dưới sự hướng dẫn khoa học của PGS.TS Lê Cung. Nội dung đồ án được thực hiện dựa trên cơ sở nghiên cứu lý thuyết, khảo sát thực tế, thu thập và phân tích dữ liệu tại Công ty Scavi Đà Nẵng nhằm đánh giá hiện trạng và đề xuất các giải pháp cải tiến phù hợp. Các thông tin, số liệu, hình ảnh, bảng biểu và tài liệu tham khảo được sử dụng trong báo cáo đều có nguồn gốc rõ ràng, được kiểm chứng và trích dẫn theo đúng quy định. Nhóm cam kết tuân thủ các nguyên tắc về liêm chính học thuật, không sao chép, gian lận hay sử dụng trái phép kết quả nghiên cứu của bất kỳ cá nhân hoặc tổ chức nào. Mọi kết quả phân tích, đánh giá và kết luận trong đồ án đều phản ánh trung thực quá trình nghiên cứu, đồng thời nhóm hoàn toàn chịu trách nhiệm trước Hội đồng đánh giá, Khoa và Nhà trường về tính chính xác của nội dung báo cáo. Nếu có bất kỳ vi phạm nào liên quan đến đạo văn hoặc các quy định học thuật hiện hành, nhóm xin hoàn toàn chịu trách nhiệm.

Đà Nẵng, ngày 17 tháng 06 năm 2026.

Sinh viên thực hiện

Phan Thanh Vang

Nguyễn Hồng Quân

MỤC LỤC

TÓM TẮT ..... **iii**
LỜI CẢM ƠN ..... **iv**
CAM ĐOAN ..... **v**
MỤC LỤC ..... **vi**
DANH MỤC BẢNG ..... **x**
DANH MỤC HÌNH ẢNH ..... **xii**
BẢNG DANH MỤC TỪ VIẾT TẮT ..... **xiv**
CHƯƠNG 1: GIỚI THIỆU CHUNG VỀ ĐỀ TÀI **1**
1.1. Bối cảnh đặt vấn đề 1
1.2. Lý do chọn đề tài và đối tượng nghiên cứu 1
1.3. Mục tiêu đề tài 2
1.4. Phạm vi nghiên cứu 3
1.4.1. Phạm vi sản phẩm 3
1.4.2. Phạm vi quy trình 3
1.4.3. Phạm vi công cụ 3
CHƯƠNG 2: TỔNG QUAN HỆ THỐNG VÀ ĐÁNH GIÁ HIỆN TRẠNG CHUYỀN MAY **4**
2.1. Tổng quan công ty và hệ thống chuyền may nghiên cứu 4
2.1.1. Lịch sử hình thành và phát triển 4
2.1.2. Ngành nghề lĩnh vực và kinh doanh 4
2.1.3. Giới thiệu sản phẩm 5
2.1.4. Mặt bằng nhà máy sản xuất 5
2.1.5. Sơ đồ tổ chức công ty 6
2.1.6. Quy trình sản xuất chung 6
2.2. Hiện trạng chuyền may 3A 9
2.2.1. Sản phẩm nghiên cứu 9
2.2.2. Sơ đồ quy trình công đoạn 9

2.2.3. Bố trí chuyền và nhân lực 10
2.2.4. Kế hoạch sản xuất 12
2.2.5. Đánh giá khả năng đáp ứng kế hoạch sản xuất của chuyền 12
2.2.6. Bảng thống kê lỗi trong giai đoạn 10 ngày đầu 13
CHƯƠNG 3: CƠ SỞ LÝ THUYẾT 15
3.1. Hệ thống sản xuất tinh gọn 15
3.1.1. Khái niệm 15
3.1.2. Định nghĩa 15
3.1.3. Lợi ích của sản xuất tinh gọn trong ngành may 15
3.2. Giới thiệu về Six Sigma 16
3.2.1. Khái niệm Six Sigma 16
3.2.2. Mục tiêu Six Sigma 16
3.2.3. Ý nghĩa mức Six Sigma 16
3.2.4. Mức sigma đo năng lực quá trình 17
3.2.5. Lợi ích từ việc áp dụng Six Sigma 18
3.3. Mô hình cải tiến Six Sigma theo các bước DMAIC 19
3.4. Các công cụ áp dụng 20
3.4.1. Giới thiệu biểu đồ Pareto 20
3.4.2. Biểu đồ xương cá 21
3.4.3. Cơ chế chống sai lỗi (Poka -Yoke) 22
3.5. Lý thuyết ràng buộc (Theory of Constraints – TOC) 22
3.6. Cân bằng chuyền 24
3.6.1. Các công thức trong cân bằng chuyền 24
3.6.2. Các phương pháp cân bằng chuyền 25
3.6.3. Tiêu chí đánh giá cân bằng chuyền 26
3.7. Lý thuyết mô phỏng Arena Simulation 26
3.7.1. Khái niệm mô phỏng 26
3.7.2. Mục đích mô phỏng hệ thống 26

3.7.3. Xây dựng hàm phân phối đầu vào cho mô hình Arena 27
3.7.4. Các module cơ bản trong mô phỏng Arena 28
3.8. Phương pháp luận 30
CHƯƠNG 4: PHÂN TÍCH VÀ CẢI TIẾN CHUYỀN MAY 3A 32
4.1. DEFINE 32
4.1.1. Mô tả vấn đề 32
4.1.2. Quy trình sản xuất theo SIPOC 33
4.1.3. Tóm tắt giai đoạn DEFINE 34
4.2. MEASURE 35
4.2.1. Dữ liệu công đoạn 35
4.2.2. Số liệu WIP giữa các công đoạn 38
4.2.3. Tính mức sigma dựa trên tỷ lệ lỗi 39
4.2.4. Hiệu suất cân bằng chuyền 41
4.2.5. Tạo dữ liệu mô phỏng chuyền may 3A bằng Input Analyzer 41
4.3. ANALYZE 43
4.3.1. Phân tích TOC – xác định điểm nghẽn 43
4.3.2. Phân tích hiệu suất cân bằng chuyền và WIP 47
4.3.2.1. Các chỉ số cân bằng chuyền hiện tại 47
4.3.2.2. Phân tích WIP 47
4.3.3. Phân tích chất lượng theo Six Sigma 48
4.3.3.1. Phân tích Pareto —Xác định công đoạn ưu tiên 49
4.3.4. Phân tích nguyên nhân lỗi 50
4.3.4.1. Xác định lỗi ưu tiên trong nhóm 6 lỗi toàn chuyền 50
4.3.4.2. Phân tích nguyên nhân gốc rễ tại công đoạn 11 bằng biểu đồ xương cá và 4M 50
4.3.4.3. Phân tích nguyên nhân gốc rễ tại công đoạn 9 bằng biểu đồ xương cá và 4M 52
4.3.5. Kiểm chứng kết quả chuyền 3A bằng mô phỏng Arena trước cải tiến 53
4.3.5.1. Thiết lập mô hình trước cải tiến 53

4.3.5.2. Thông số các module 56
4.3.5.3. Kết quả mô phỏng trước cải tiến 58
4.3.5.4. Kiểm chứng kết quả thực tế và mô phỏng kiểm chứng 61
4.4. IMPROVE 62
4.4.1. Tái cân bằng chuyền 62
4.4.2. Tái bố trí mặt bằng 67
4.4.3. Kiểm chứng kết quả cân bằng chuyền bằng mô phỏng Arena 69
4.4.3.1. Thiết lập thông số sau cải tiến 69
4.4.3.2. Sơ đồ mô hình Arena sau cải tiến 71
4.4.3.3. Kết quả mô phỏng sau cải tiến 73
4.4.4. Thiết kế công cụ kỹ thuật cữ gấp lai tại công đoạn 11 77
4.4.4.1. Cấu tạo và nguyên lý hoạt động 77
4.4.4.2. Phân tích thao tác sau khi áp dụng cữ gấp lai theo ECRS 80
4.4.4.3. Chuẩn hóa quy trình SOP sau khi áp dụng cữ gấp lai 81
4.4.4.4. Dự kiến hiệu quả cải tiến công đoạn 11 81
4.4.5. Thiết kế giải pháp Poka-Yoke tại công đoạn 9 bằng thiết bị sẵn có 82
4.4.5.1. Nguyên lý hoạt động của hệ thống RULO và cơ chế Poka-Yoke 82
4.4.5.2. Phân tích thao tác công đoạn 9 sau khi áp dụng giải pháp theo ECRS 83
4.4.5.3. Chuẩn hóa SOP sau khi áp dụng Poka-Yoke tại công đoạn 9 84
4.4.5.4. Dự kiến hiệu quả cải tiến công đoạn 9 85
4.5. CONTROL 85
4.5.1. Xây dựng quy trình kiểm soát hiệu suất chuyền 85
4.5.2. Kế hoạch kiểm soát lỗi tại công đoạn 9 và công đoạn 11 86
4.5.3. Đánh giá lỗi sau cải tiến và tính lại mức Sigma 88
4.5.4. Biểu đồ kiểm soát thống kê SPC (u-Chart) 90
KẾT LUẬN VÀ TRIỂN VỌNG 92
TÀI LIỆU THAM KHẢO 94
PHỤ LỤC A 95

DANH MỤC BẢNG

Bảng 2.1. Thông tin chuyền may 3A 10
Bảng 2.2. Năng suất chuyền may 3A 12
Bảng 2.3. Thống kê tỷ lệ lỗi tại các công đoạn chuyền 3A 14
Bảng 3.1. Bảng thống kê tỷ lệ lỗi và mức Sigma 17
Bảng 3.2. Đánh giá hiệu quả theo cấp độ Sigma 17
Bảng 3.3. Bảng tiêu chí đánh giá cân bằng chuyền 26
Bảng 4.1. Thông số hiện trạng chuyền 3A 32
Bảng 4.2. Phân tích yếu tố CTQ 33
Bảng 4.3. Tóm tắt giai đoạn Define 34
Bảng 4.4. Dữ liệu thông tin máy và số lượng công nhân 35
Bảng 4.5. Thời gian công đoạn 36
Bảng 4.6. Thông tin số lượng WIP từng công đoạn 38
Bảng 4.7. Bảng thống kê lỗi 39
Bảng 4.8. Tổng hợp tỷ lệ lỗi và tỷ lệ tích lũy theo công đoạn 40
Bảng 4.9. Hàm phân phối tại các công đoạn 42
Bảng 4.10. So sánh CT thực tế và takt time 43
Bảng 4.11. So sánh tỉ lệ tồn WIP tại các vùng nghẽn 48
Bảng 4.12. Công đoạn lỗi chiếm tỷ lệ cao 49
Bảng 4.13. Phân tích lỗi ưu tiên trong 6 nhóm lỗi toàn chuyền 50
Bảng 4.14. Bảng phân tích 4M công đoạn 11 51
Bảng 4.15. Bảng phân tích 4M công đoạn 9 52
Bảng 4.16. Kết quả mô phỏng trước cải tiến 59
Bảng 4.17. Thời gian và WIP trong chuyền trước cải tiến 60
Bảng 4.18. So sánh kết quả mô phỏng và cân bằng chuyền 61
Bảng 4.19. Phân bố công nhân trong công đoạn 11 64
Bảng 4.20. Phân bố công nhân sau khi cân bằng 65
Bảng 4.21. Bảng so sánh kết quả trước và sau cân bằng chuyền 67
Bảng 4.22. Hàm phân phối tại các công đoạn sau cải tiến 70
Bảng 4.23. Kết quả mô phỏng sau cải tiến 73
Bảng 4.24. So sánh kết quả mô phỏng cân bằng chuyền trước và sau cải tiến 76
Bảng 4.25. Thao tác tay công đoạn 11 sau khi áp dụng Cữ gấp lai 80
Bảng 4.26. Chuẩn hoá quy trình SOP trước và sau cải tiến 81
Bảng 4.27. Cơ chế hoạt động và ngăn chặn của Poka-Yoke tại CĐ9 83

Bảng 4.28. Thao tác tay công đoạn 9 theo ECRS 84
Bảng 4.29. Chuẩn hoá quy trình SOP trước và sau cải tiến 84
Bảng 4.30. Bảng kiểm soát công đoạn 9 86
Bảng 4.31. Bảng kiểm soát công đoạn 11 87
Bảng 4.32. Bảng dự báo lỗi sau cải tiến 88
Bảng 4.33.Tính toán giới hạn kiểm soát biểu đồ (u-Chart) cho tỷ lệ lỗi 91
Bảng 4.34. Tổng hợp kết quả thực hiện đề tài 92
Bảng A.1. 40 mẫu dữ liệu đo thời gian hoàn thành công đoạn trên chuyền may 3A...95

DANH MỤC HÌNH ẢNH

Hình 2.1. Nhà máy Scavi Đà Nẵng 4
Hình 2.2. Mặt bằng nhà máy sản xuất 5
Hình 2.3. Sơ đồ tổ chức công ty 6
Hình 2.4. Quy trình sản xuất chung 6
Hình 2.5. Kho nguyên vật liệu 7
Hình 2.6. Công đoạn trải vải 7
Hình 2.7. Chuyền may bán thành phẩm 7
Hình 2.8. Khu vực ép nhãn và là ủi 8
Hình 2.9. Kiểm tra bán thành phẩm 8
Hình 2.10. Khu vực đóng gói 9
Hình 2.11. Sản phẩm DGY 9
Hình 2.12. Sơ đồ quy trình công đoạn may sản phẩm 9
Hình 2.13. Sơ đồ mặt bằng bố trí chuyền 3A 11
Hình 2.14. Kế hoạch sản xuất 12
Hình 2.15. Biểu đồ năng suất thực tế so với kế hoạch (10 ngày đầu triển khai) 13
Hình 3.1. Mô hình DMAIC 19
Hình 3.2. Ví dụ về biểu đồ Pareto 21
Hình 3.3. Ví dụ về biểu đồ xương cá 22
Hình 3.4. Sơ đồ TOC 22
Hình 3.5. Module Create và module Dispose 28
Hình 3.6. Module Process 28
Hình 3.7. Module Batch 29
Hình 3.8. Module Assign 29
Hình 3.9. Module Decide 29
Hình 3.10. Module Record 30
Hình 3.11 Quy trình thực hiện mô phỏng Arena 30
Hình 3.12. Sơ đồ phương pháp luận 31
Hình 4.1. Quy trình SIPOC 33
Hình 4.2. Biểu đồ cycle time các công đoạn so với takt time 38
Hình 4.3. Biểu đồ WIP bán thành phẩm tồn đọng giữa các công đoạn 39
Hình 4.4. Minh hoạ việc sử dụng Input Analyzer công đoạn 3 42
Hình 4.5. Biểu đồ theo dõi tồn WIP TB trên chuyền 48
Hình 4.6. Biểu đồ Pareto lỗi 49

Hình 4.7. Biểu đồ xương cá phân tích nguyên nhân công đoạn 11 51
Hình 4.8. Biểu đồ xương cá công đoạn 9 52
Hình 4.9. Sơ đồ mô phỏng dây chuyền 3A trước cải tiến 54
Hình 4.10. Thông số Module Create trong Arena 56
Hình 4.11. Hàm phân phối các Module Process trong Arena 56
Hình 4.12. Cấu hình gộp công đoạn 3 và công đoạn 8 56
Hình 4.13. Cấu hình nguồn lực tại các công đoạn sản xuất 57
Hình 4.14. Cấu hình phân phối xác suất lỗi tại Decide 57
Hình 4.15. Run Setup thời gian mô phỏng 58
Hình 4.16. Tổng sản phẩm hệ thống 58
Hình 4.17. Thống kê số lượng đầu vào, sản phẩm đạt, làm lại và phế phẩm trước cải tiến 59
Hình 4.18. Thời gian hoàn thành sản phẩm và thời gian chờ trong chuyền trước cải tiến 60
Hình 4.19. Hiệu suất công đoạn và máy trong chuyền trước cải tiến 61
Hình 4.20. Biểu đồ Cycle time sau tái cân bằng 66
Hình 4.21. Mặt bằng chuyền may 3A sau tái cân bằng chuyền 68
Hình 4.22. Cấu hình Module Decide sau cải tiến 70
Hình 4.23. Module Process sau cải tiến 71
Hình 4.24. Thiết lập lại Resource sau cải tiến 71
Hình 4.25. Sơ đồ mô phỏng dây chuyền 3A sau cải tiến 72
Hình 4.26. Tổng số sản phẩm ra trong hệ thống 73
Hình 4.27. Thống kê số lượng đầu vào, sản phẩm đạt, làm lại và phế phẩm sau cải tiến 73
Hình 4.28. Thời gian và WIP trong chuyền sau cải tiến 74
Hình 4.29. Hiệu suất công đoạn và máy trong chuyền sau cải tiến 75
Hình 4.30. Bản vẽ 2D thông số kích thước công cụ kỹ thuật cữ gấp lai công đoạn 11 78
Hình 4.31. Hình vẽ 3D công cụ kỹ thuật cữ gấp lai công đoạn 11 79
Hình 4.32. Sơ đồ nguyên lý hệ thống RULO và ba cơ chế Poka-Yoke tại CĐ9 82
Hình 4.33. Quy trình kiểm soát hiệu suất chuyền 86
Hình 4.34. Dự báo lại tỉ lệ lỗi sau khi cải tiến 89
Hình 4.35. Biểu đồ u-Chart kiểm soát tỷ lệ lỗi chuyền 3A sau cải tiến 91

BẢNG DANH MỤC TỪ VIẾT TẮT

Viết tắt	Tiếng Anh	Tiếng Việt
CT	Cycle time	Thời gian công đoạn
TT	Takt time	Nhịp sản xuất
TOC	Theory of Constraints	Lý thuyết các ràng buộc
WIP	Work in process	Bán thành phẩm
ODM	Original Design Manufacturer	Nhà sản xuất thiết kế gốc
VA	Value Added	Hoạt động gia tăng giá trị
NVA	Non-Value Added	Hoạt động không gia tăng giá trị
NNVA	Necessary Non-Value Added	Hoạt động không gia tăng giá trị nhưng cần thiết
DPMO	Defects Per Million Opportunities	Số lỗi trên một triệu cơ hội
SIPOC	Supplier - Input - Process - Output - Customer	Sơ đồ Nhà cung cấp - Đầu vào - Quy trình - Đầu ra - Khách hàng
CTQ	Critical To Quality	Yếu tố chất lượng đối với khách hàng
POKA-YOKE	Poka-Yoke (Mistake Proofing)	Cơ chế chống sai lỗi
4M	Man, Machine, Material, Method	Con người, Máy móc, Nguyên vật liệu, Phương pháp
ALB	Assembly Line Balancing	Cân bằng chuyền
LE	Line Efficiency	Hiệu suất cân bằng chuyền
BD	Balance Delay	Tỷ lệ mất cân bằng chuyền
SI	Smoothness Index	Chỉ số độ mượt của chuyền
DBR	Drum–Buffer–Rope	Trống – Bộ đệm – Dây kéo
ECRS	Eliminate – Combine – Rearrange – Simplify	Loại bỏ – Kết hợp – Sắp xếp lại – Đơn giản hóa
CĐ		Công đoạn
CN		Công nhân
TG		Thời gian
SP		Sản phẩm
NS		Năng suất

Viết tắt	Tiếng Anh	Tiếng Việt
TB		Trung bình
CBC		Cân bằng chuyền
SD	Standard Deviation	Độ lệch chuẩn
Mean		Giá trị trung bình
SOP	Standard Operating Rocedure	Quy trình thao tác chuẩn

CHƯƠNG 1: GIỚI THIỆU CHUNG VỀ ĐỀ TÀI

1.1. Bối cảnh đặt vấn đề

Trong bối cảnh công nghiệp hóa và hiện đại hóa đang diễn ra mạnh mẽ, ngành may mặc Việt Nam tiếp tục khẳng định vai trò là một trong những ngành kinh tế chủ lực, đóng góp đáng kể vào kim ngạch xuất khẩu và giải quyết việc làm cho người lao động. Với lợi thế về nguồn nhân lực dồi dào, tay nghề ngày càng được nâng cao cùng xu hướng ứng dụng công nghệ vào sản xuất, các doanh nghiệp may mặc đang đứng trước nhiều cơ hội phát triển nhưng cũng phải đối mặt với áp lực cạnh tranh ngày càng lớn. Vì vậy, việc đổi mới phương thức quản lý, cải tiến quy trình sản xuất, nâng cao năng suất và kiểm soát chi phí là những yêu cầu cấp thiết nhằm đáp ứng tốt các tiêu chuẩn về chất lượng và tiến độ giao hàng.

Tại Chi nhánh Công ty Scavi Huế tại Đà Nẵng, hoạt động cải tiến liên tục luôn được chú trọng nhằm nâng cao hiệu quả sản xuất và đáp ứng yêu cầu ngày càng khắt khe của khách hàng. Tuy nhiên, tình trạng chậm tiến độ đơn hàng vẫn là một thách thức đáng quan tâm do chịu ảnh hưởng của nhiều yếu tố như sự mất cân bằng trong dây chuyền sản xuất, biến động nhu cầu thị trường, gián đoạn nguồn cung nguyên phụ liệu, thiếu hụt lao động hoặc sự cố máy móc thiết bị. Việc không đảm bảo tiến độ giao hàng không chỉ làm ảnh hưởng đến kế hoạch sản xuất và chuỗi cung ứng mà còn làm giảm mức độ hài lòng của khách hàng, ảnh hưởng đến uy tín, năng lực cạnh tranh và sự phát triển bền vững của doanh nghiệp.

1.2. Lý do chọn đề tài và đối tượng nghiên cứu

Trong quá trình vận hành chuyền may, sự chênh lệch thời gian thao tác giữa các công đoạn dễ dẫn đến hiện tượng mất cân bằng chuyền. Khi một công đoạn có thời gian thực hiện lớn hơn nhịp sản xuất, bán thành phẩm sẽ tồn đọng trước công đoạn đó, làm tăng thời gian chờ, gián đoạn dòng chảy sản xuất và ảnh hưởng đến năng suất của toàn chuyền.

Qua khảo sát thực tế tại Công ty Scavi Đà Nẵng, nhóm nhận thấy chuyền may 3A đang tồn tại tình trạng ùn tắc bán thành phẩm tại một số công đoạn, đặc biệt khi triển khai mã hàng mới. Một số công đoạn hình thành điểm nghẽn do thời gian thao tác cao, khiến năng suất thực tế chưa đạt kế hoạch sản xuất. Bên cạnh đó, quá trình kiểm tra cuối chuyền vẫn phát sinh một số sản phẩm lỗi phải sửa chữa, làm tăng thời gian xử lý và ảnh hưởng đến tiến độ hoàn thành đơn hàng. Chuyền 3A hiện đang sản xuất mã hàng LCMDOAQ15 với đầy đủ dữ liệu về thời gian công đoạn, năng suất và tình trạng lỗi sản phẩm, tạo điều kiện thuận lợi cho việc nghiên cứu và đánh giá cải tiến.

Xuất phát từ thực trạng trên, nhóm lựa chọn đề tài: "Phân tích và cải tiến cân bằng chuyền may ứng dụng Lean Six Sigma, Lý thuyết ràng buộc và mô phỏng sản xuất tại Công ty Scavi Đà Nẵng" nhằm xác định các công đoạn nghẽn, đề xuất giải pháp cải tiến phù hợp để nâng cao năng suất, giảm tồn bán thành phẩm, hạn chế sửa lỗi và cải thiện khả năng đáp ứng kế hoạch sản xuất của chuyền may.

1.3. Mục tiêu đề tài

Đề tài được thực hiện nhằm phân tích và cải tiến hiệu quả vận hành của chuyền may 3A tại Công ty Scavi Đà Nẵng thông qua việc ứng dụng Lean Six Sigma kết hợp với Lý thuyết ràng buộc TOC và mô phỏng sản xuất. Nghiên cứu tập trung vào các mục tiêu chính sau:

- **Phân tích và xác định điểm nghẽn trong chuyền may**

Đánh giá hiện trạng vận hành thông qua các chỉ tiêu như năng suất, thời gian công đoạn, nhịp sản xuất, bán thành phẩm và tỷ lệ lỗi nhằm xác định các công đoạn gây mất cân bằng và làm gián đoạn dòng chảy sản xuất.

- **Cải thiện dòng chảy sản xuất và cân bằng chuyền may**

Thực hiện tái phân bổ lao động, điều chỉnh trình tự công đoạn và tái bố trí mặt bằng chuyền nhằm giảm ùn tắc giữa các công đoạn, giảm thời gian chờ và nâng cao tính liên tục của dòng chảy sản phẩm.

- **Giảm tỷ lệ lỗi và nâng cao chất lượng sản phẩm**

Đề xuất các giải pháp hỗ trợ thao tác và kiểm soát lỗi như thiết kế cử gá, cải tiến phương pháp làm việc và chuẩn hóa thao tác nhằm hạn chế lỗi phát sinh trong quá trình sản xuất, đồng thời nâng cao mức Sigma của chuyền.

- **Nâng cao năng suất và khả năng đáp ứng kế hoạch sản xuất**

Tối ưu hóa hoạt động của chuyền may nhằm tăng năng suất đầu ra, cải thiện tỷ lệ hoàn thành kế hoạch hằng ngày và giảm nguy cơ chậm tiến độ đơn hàng.

- **Đánh giá hiệu quả cải tiến bằng mô phỏng sản xuất**

Ứng dụng mô phỏng Arena để kiểm tra và đánh giá hiệu quả của các phương án cải tiến trước khi triển khai thực tế, từ đó hỗ trợ doanh nghiệp lựa chọn giải pháp phù hợp và khả thi hơn trong vận hành sản xuất.

1.4. Phạm vi nghiên cứu

1.4.1. Phạm vi sản phẩm

Khách hàng	Line	Loại SP	Mã hàng	Màu sắc	Sản lượng kế hoạch	Bắt đầu sản xuất	Kết thúc sản xuất	CN	Time/Day
POND	3A	Panty	LCMDOAQ15	DGY	33750	25-Dec	8-Feb	22	480

Hình 1.1. Phạm vi sản phẩm chuyền may 3A

Thông tin chung về đơn hàng:

- Khách hàng: POND.
- Chuyền sản xuất: 3A.
- Loại sản phẩm: Panty (Cụ thể là quần đùi nam).
- Mã hàng: LCMDOAQ15
- Màu sắc: DGY (Xám đậm).
- Số lượng công nhân may 22, dự kiến yêu cầu 33750 sản phẩm.

1.4.2. Phạm vi quy trình

Phạm vi quy trình bao gồm các công đoạn trong chuyền may 3A, từ khi bán thành phẩm được đưa vào chuyền đến khi hoàn thành công đoạn kiểm tra cuối chuyền. Nội dung nghiên cứu tập trung vào việc phân tích hiện trạng, đánh giá mức độ cân bằng chuyền, xác định các công đoạn nghẽn, tình trạng tồn bán thành phẩm và sản phẩm lỗi để đề xuất giải pháp cải tiến phù hợp.

1.4.3. Phạm vi công cụ

- Ứng dụng Lean Six Sigma nhằm nâng cao hiệu suất chuyền may, giảm tỷ lệ lỗi, cải thiện chất lượng sản phẩm và loại bỏ các lãng phí không tạo giá trị gia tăng.
- Khung DMAIC được sử dụng làm phương pháp luận chính, kết hợp Lý thuyết Ràng buộc (TOC) và kỹ thuật cân bằng chuyền để phân tích và cải tiến hệ thống sản xuất.
- Một số công cụ hỗ trợ như: Mô phỏng Arena, biểu đồ Pareto, biểu đồ xương cá,...

CHƯƠNG 2: TỔNG QUAN HỆ THỐNG VÀ ĐÁNH GIÁ HIỆN TRẠNG CHUYỀN MAY

2.1. Tổng quan công ty và hệ thống chuyền may nghiên cứu

2.1.1. Lịch sử hình thành và phát triển

SCAVI Đà Nẵng là chi nhánh của Công ty Scavi Huế, trực thuộc Tập đoàn SCAVI – Corèle International (Pháp), một trong những tập đoàn hàng đầu thế giới trong lĩnh vực sản xuất hàng may mặc cao cấp như đồ nội y, đồ thể thao, đồ bơi và các sản phẩm dệt may xuất khẩu. Công ty mẹ SCAVI Huế được thành lập từ tháng 3/2008 tại Khu công nghiệp Phong Điền, tỉnh Thừa Thiên Huế và đã phát triển mạnh mẽ trong ngành dệt may xuất khẩu với quy mô lớn, nhiều cơ sở sản xuất và lực lượng lao động đông đảo tại Việt Nam.



Hình 2.1. Nhà máy Scavi Đà Nẵng

Chi nhánh SCAVI Huế tại Đà Nẵng được thành lập ngày 26/04/2012, tọa lạc tại Khu công nghiệp An Đồn, quận Sơn Trà, thành phố Đà Nẵng. Với vị trí địa lý thuận lợi cho giao thông và logistics, chi nhánh đóng vai trò quan trọng trong việc mở rộng năng lực sản xuất của tập đoàn, chuyên sản xuất hàng may mặc xuất khẩu với hệ thống chuyền may tổ chức khoa học, đội ngũ nhân sự có tay nghề cao, đồng thời chú trọng quản lý chất lượng, cải tiến quy trình và đảm bảo môi trường làm việc an toàn, chuyên nghiệp.

Trang web: **:** **www.scavi.com.vn**

Địa chỉ**:** Lô 17 KCN An Đồn, An Hải Bắc, Quận Sơn Trà, Đà Nẵng, Việt Nam

2.1.2. Ngành nghề lĩnh vực và kinh doanh

Lĩnh vực kinh doanh: Kỹ nghệ trang phục lingerie.

Ngành nghề kinh doanh: Sản xuất hàng may sẵn, may trang phục và dịch vụ liên quan đến may mặc.

2.1.3. Giới thiệu sản phẩm

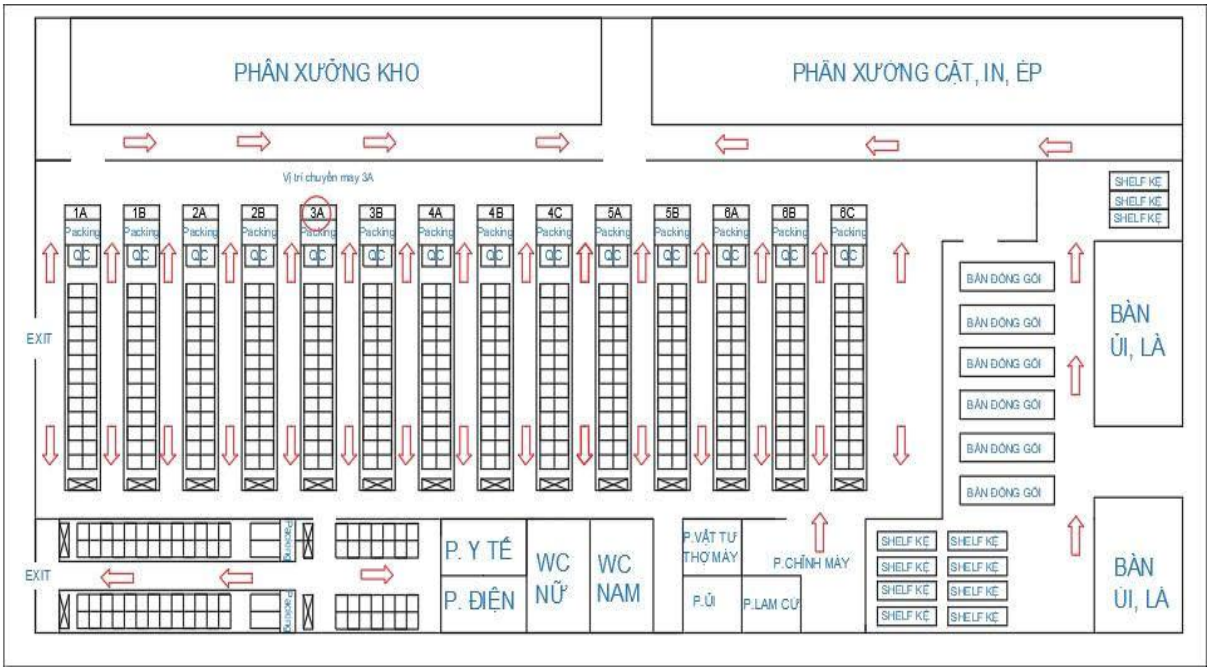
Lĩnh vực kinh doanh của Công ty Scavi Đà Nẵng chuyên sản xuất các sản phẩm thời trang cao cấp thuộc các ngành hàng chính là đồ lót (underwear), đồ bơi (swimwear), đồ thể thao (sportswear) và quần áo bảo hộ (protective wear), cung cấp cho các thương hiệu quốc tế lớn với đặc điểm là áp dụng mô hình ODM và chuỗi liên kết toàn phần từ thiết kế đến sản xuất, hướng tới sản phẩm có giá trị gia tăng cao.

Các sản phẩm chính Công ty Scavi sản xuất:

- Đồ lót (Lingerie): Sản phẩm chủ lực, bao gồm đồ lót nam (underwear) và nữ (lingerie) cao cấp, được gia công theo yêu cầu của các thương hiệu lớn.
- Đồ bơi (Swimwear): Chuyên sản xuất đồ bơi thời trang.
- Đồ thể thao (Sportswear): Các sản phẩm may mặc cho hoạt động thể thao.
- Quần áo bảo hộ (Protective Wear): Sản xuất quần áo bảo hộ chuyên dụng.

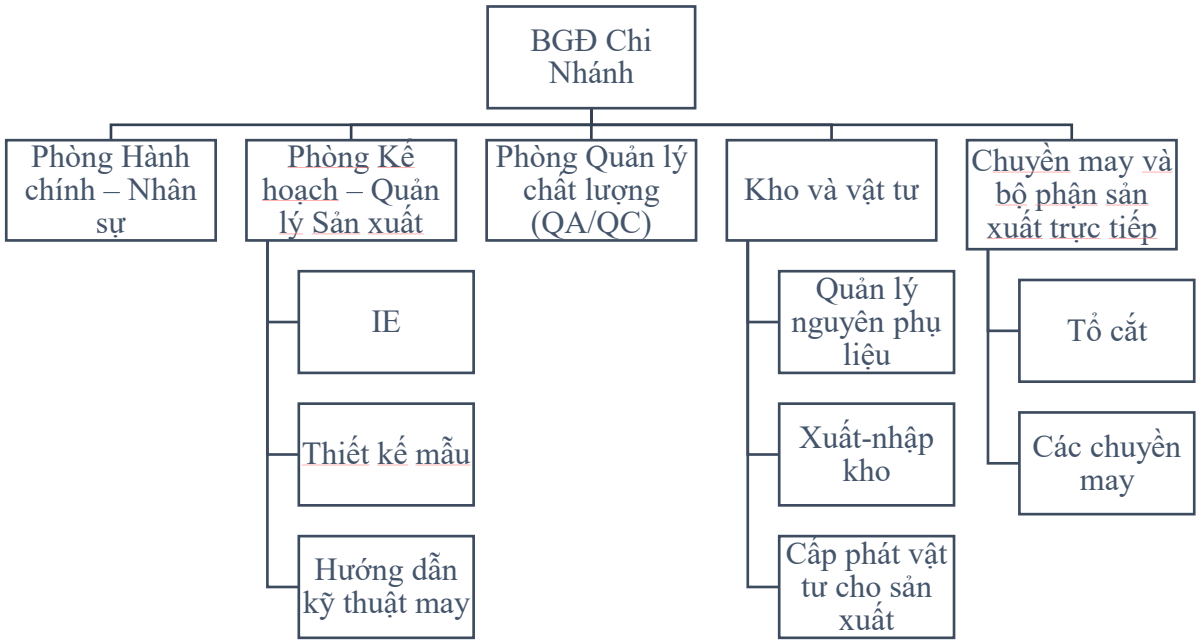
2.1.4. Mặt bằng nhà máy sản xuất

Mặt bằng nhà máy được bố trí theo hướng sản xuất theo dòng chảy, đảm bảo sự liên tục từ khu vực đầu vào nguyên vật liệu đến khu vực đóng gói thành phẩm. Các khu chức năng được phân chia rõ ràng theo từng công đoạn sản xuất, đồng thời có sự liên kết hợp lý nhằm giảm quãng đường di chuyển và thuận tiện cho công tác quản lý. Nhà máy được chia làm 3 khu vực kho, cắt, chuyền may.



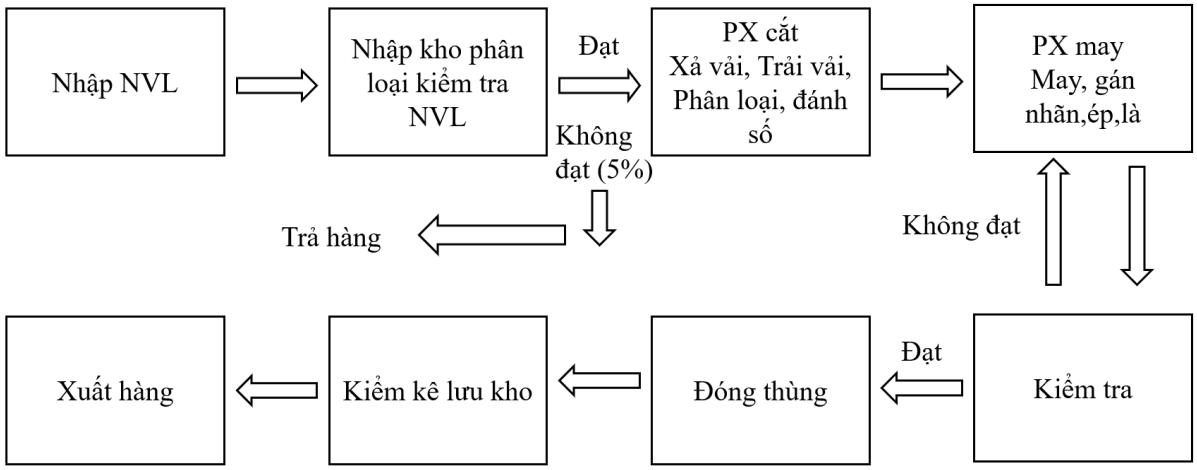
Hình 2.2. Mặt bằng nhà máy sản xuất

2.1.5. Sơ đồ tổ chức công ty



Hình 2.3. Sơ đồ tổ chức công ty

2.1.6. Quy trình sản xuất chung



Hình 2.4. Quy trình sản xuất chung

- Nhập nguyên vật liệu và kiểm tra chất lượng

Nguyên phụ liệu do khách hàng cung cấp được tiếp nhận tại kho và phân loại theo mã hàng nhằm phục vụ quản lý và cấp phát sản xuất. Bộ phận kho thực hiện kiểm tra số lượng và lấy mẫu khoảng 10% nguyên liệu để đánh giá chất lượng bằng máy kiểm vải. Các lô không đạt yêu cầu sẽ được loại bỏ hoặc trả lại khách hàng.Sau kiểm tra, vải được xả trong 24–48 giờ nhằm ổn định cấu trúc sợi và hạn chế co rút trước khi chuyển sang công đoạn cắt.



Hình 2.5. Kho nguyên vật liệu

- Khu vực cắt, xả vải, trải vải

Vải sau xả được đưa đến khu vực trải bằng máy trải tự động theo số lớp và kích thước đã cài đặt. Trong quá trình trải, công nhân kiểm tra và điều chỉnh nhằm đảm bảo độ phẳng và tính chính xác của các lớp vải.Sau khi trải, vải được cắt theo sơ đồ mẫu bằng máy cắt tự động. Các chi tiết sau cắt được phân loại theo size và bộ phận trước khi chuyển sang công đoạn may.



Hình 2.6. Công đoạn trải vải

- Khu vực chuyền may

Bán thành phẩm được phân loại và đưa vào chuyền may theo từng công đoạn. Phòng kỹ thuật thực hiện bố trí lao động, máy móc và mặt bằng chuyền phù hợp với mã hàng.



Hình 2.7. Chuyền may bán thành phẩm

Sau các công đoạn may, sản phẩm được kiểm tra chất lượng (QC) trước khi chuyển sang khu vực ép nhãn và là ủi. Công đoạn ép nhãn sử dụng máy ép nhiệt để gắn logo

hoặc nhãn theo yêu cầu kỹ thuật. Sau đó, sản phẩm được là ủi để hoàn thiện form dáng trước khi chuyển sang đóng gói.



Hình 2.8. Khu vực ép nhãn và là ủi

- Kiểm tra

Tại đây công nhân sẽ kiểm tra tổng thể sản phẩm. Các lỗi thường gặp tại khu vực kiểm tra như: Chỉ thừa, mép vải dư và lệch, dơ bẩn, đường may lệch sai hướng, vị trí gắn nhãn, và các yêu cầu của khách hàng đưa ra...



Hình 2.9. Kiểm tra bán thành phẩm

- Đóng thùng,kiểm kê lưu kho và xuất hàng

Sau khi kiểm tra chất lượng, các sản phẩm đạt yêu cầu sẽ được đóng gói vào thùng carton với số lượng khoảng 10–20 sản phẩm/thùng nhằm hạn chế tình trạng chồng đè, đảm bảo chất lượng sản phẩm trong quá trình lưu trữ và vận chuyển. Mỗi thùng được dán tem nhãn ghi rõ thông tin khách hàng, mã hàng, kích cỡ và số lượng để thuận tiện cho việc phân loại và quản lý.

Sau khi đóng gói, số lượng sản phẩm trong từng thùng được kiểm tra lại trước khi xếp lên pallet. Khi pallet đủ số lượng theo quy định, hàng hóa sẽ được chuyển vào kho thành phẩm để lưu trữ và chờ xuất hàng theo kế hoạch.



Hình 2.10. Khu vực đóng gói

2.2. Hiện trạng chuyền may 3A

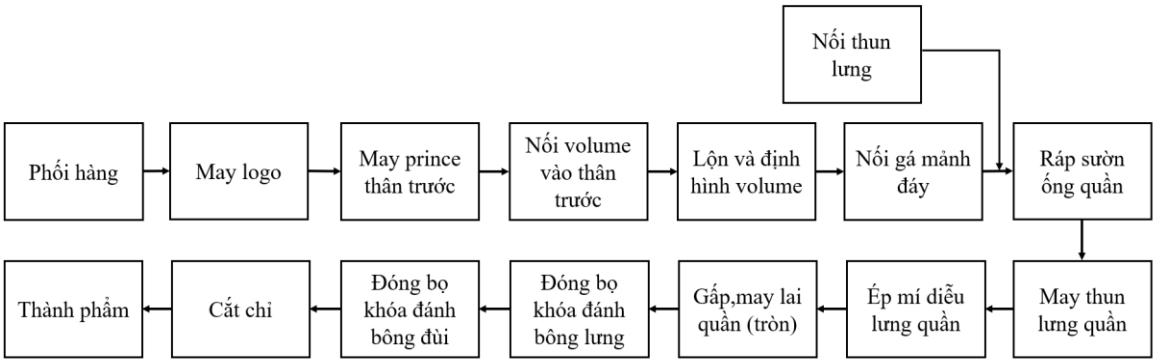
2.2.1. Sản phẩm nghiên cứu

Chuyền may 3A được chọn nghiên cứu do tồn tại tình trạng mất cân bằng giữa các công đoạn, phát sinh điểm nghẽn và tồn bán thành phẩm làm ảnh hưởng năng suất chuyền. Ngoài ra, chuyền vẫn xuất hiện sản phẩm lỗi cần sửa chữa và đầy đủ dữ liệu phục vụ cho quá trình phân tích, mô phỏng và đánh giá hiệu quả cải tiến. Sản phẩm được chọn nghiên cứu là quần đùi nam, mã sản phẩm DGY. Sản phẩm được sản xuất theo đơn đặt hàng với số lượng 33750 sản phẩm trong vòng 45 ngày với tiến độ sản xuất vào chuyền bắt đầu từ ngày 25/12. Kế hoạch xuất hàng ban đầu ngày 8/2. Mã hàng sản xuất là LCMDOAQ15. Sản phẩm nghiên cứu được thể hiện trong Hình 2.11.



Hình 2.11. Sản phẩm DGY

2.2.2. Sơ đồ quy trình công đoạn



Hình 2.12. Sơ đồ quy trình công đoạn may sản phẩm

2.2.3. Bố trí chuyền và nhân lực

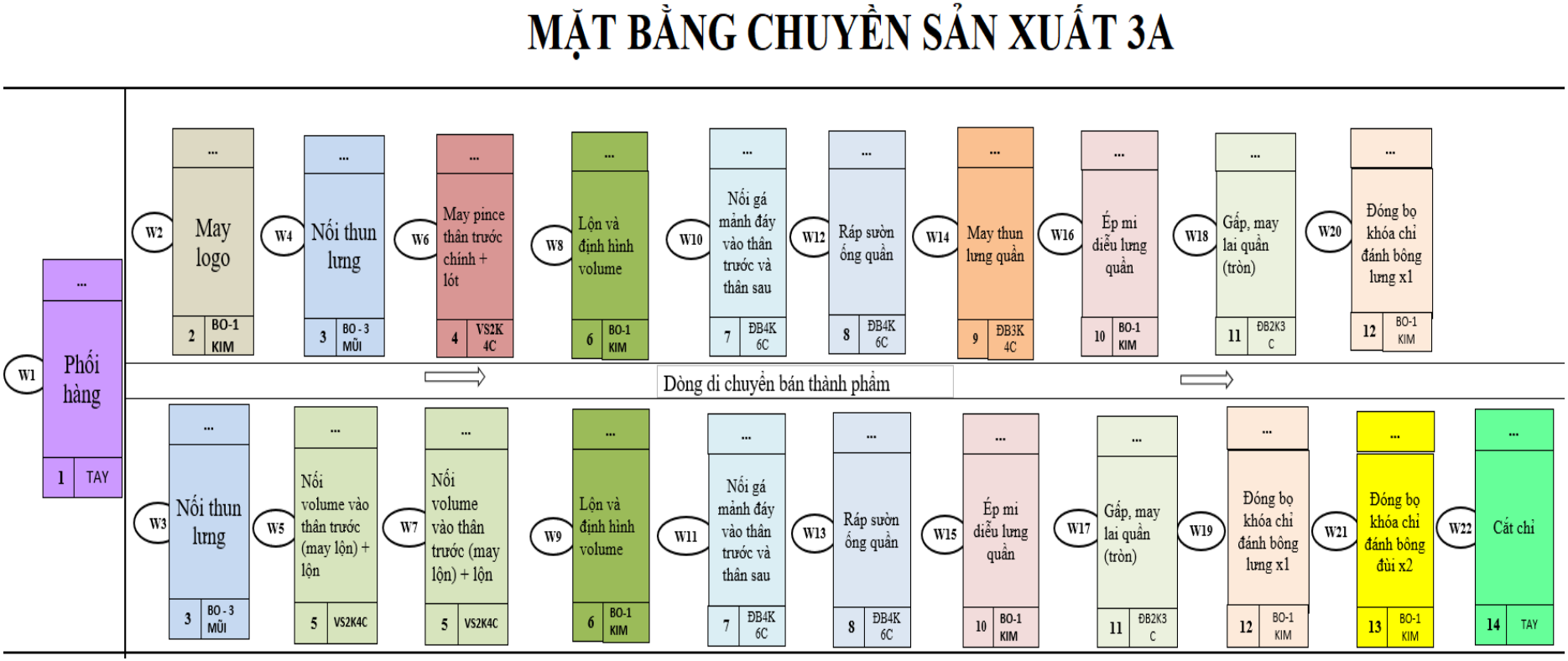
Dây chuyền được bố trí theo mặt bằng chuyền đôi thẳng có bàn ở trung tâm. Trong đó các máy may được sắp xếp thành hai hàng song song dọc theo chiều dài chuyền. Giữa hai hàng máy là bàn trung gian dùng để đặt bán thành phẩm, cấp phát và thu hồi sản phẩm giữa các công đoạn. Hướng di chuyển vật liệu được tổ chức theo một chiều từ đầu chuyền đến cuối chuyền, phù hợp với đặc điểm sản xuất hàng loạt trong ngành may mặc.

Luồng di chuyển vật liệu trên chuyền may diễn ra theo trình tự các công đoạn đã được xác định trước. Sau khi hoàn thành mỗi công đoạn, bán thành phẩm được chuyển trực tiếp lên bàn trung tâm, từ đó công nhân ở công đoạn kế tiếp tiến hành lấy hàng để gia công.

Bảng 2.1. Thông tin chuyền may 3A

Nhân lực chuyền 3A	
Chức vụ	**Số lượng (người)**
Chuyền trưởng	1
Chuyền phó	1
Thợ máy	1
Công nhân may	22
QC	1
Tổng	**26**

Chuyền 3A tổng cộng có 26 người, bao gồm 1 chuyền trưởng, 1 chuyền phó, 1 thợ máy, 1 QC và 22 nhân viên may. Chuyền trưởng là người sẽ thực hiện các công việc điều phối trên chuyền, quản lý nhân sự, kiểm tra nguyên phụ liệu, giải quyết các vấn đề phát sinh, báo cáo các thông tin sản xuất và liên hệ trực tiếp với các bộ phận khác để đảm bảo tiến độ sản xuất. Chuyền phó sẽ là người giao nhận thành phẩm, bán thành phẩm và nguyên phụ liệu giữa chuyền may và các bộ phận, chuyền phó chịu trách nhiệm về số lượng đã giao hoặc đã nhận, bên cạnh đó còn hỗ trợ chuyền trưởng quản lý chuyền, đặc biệt là khi chuyền trưởng không có mặt.



Hình 2.13. Sơ đồ mặt bằng bố trí chuyền 3A

2.2.4. Kế hoạch sản xuất

Khách hàng	Line	Loại SP	Mã hàng	Màu sắc	Sản lượng kế hoạch	Bắt đầu sản xuất	Kết thúc sản xuất	CN	Time/Day
POND	3A	Panty	LCMDOAQ15	DGY	33750	25-Dec	8-Feb	22	480

Hình 2.14. Kế hoạch sản xuất

Số lượng đơn hàng: Tổng cộng khoảng 33750 sản phẩm

Thời gian làm việc 480 phút (tương đương 8 tiếng/ngày).

Tiến độ sản xuất vào chuyền bắt đầu từ 25/12. Kế hoạch kết thúc sản xuất từ ngày 8/2 tổng thời gian sản xuất là 45 ngày

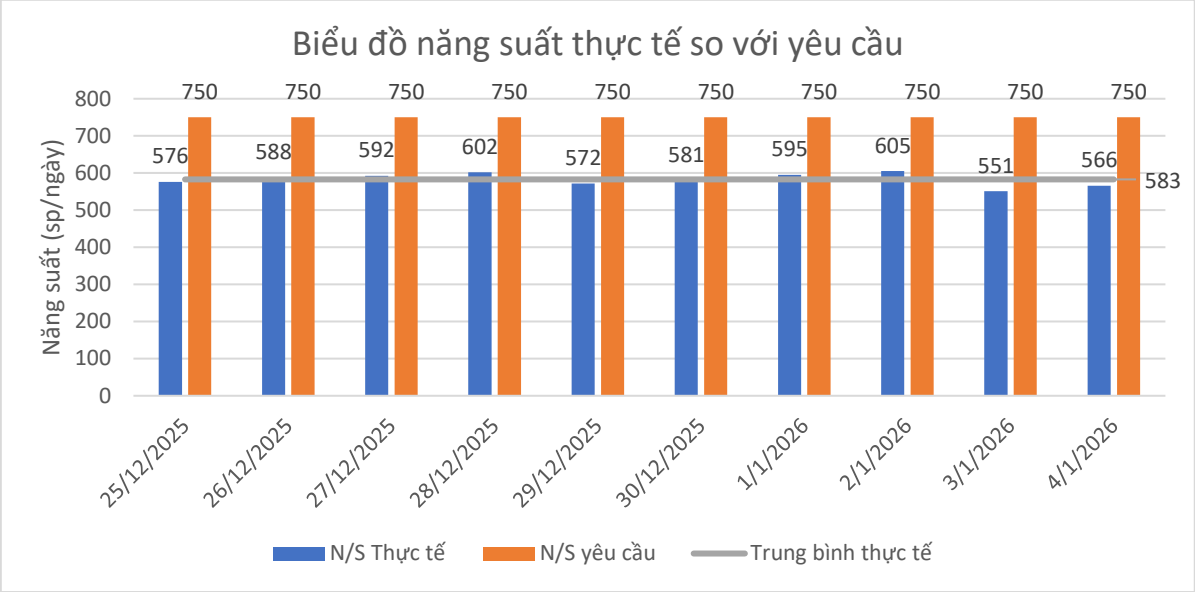
2.2.5. Đánh giá khả năng đáp ứng kế hoạch sản xuất của chuyền

Năng suất yêu cầu chuyền $= \frac{Tổng\ số\ lượng\ đơn\ hàng}{Số\ ngày\ sản\ xuất} = \frac{33750}{45} = 750\ Sản\ phẩm/ngày$

Bảng 2.2. Năng suất chuyền may 3A

Ngày	Line	Mã hàng	NS Thực tế	NS yêu cầu
25/12/2025	3A	LCMDOAQ15	576	750
26/12/2025	3A	LCMDOAQ15	588	750
27/12/2025	3A	LCMDOAQ15	592	750
28/12/2025	3A	LCMDOAQ15	602	750
29/12/2025	3A	LCMDOAQ15	572	750
30/12/2025	3A	LCMDOAQ15	581	750
1/1/2026	3A	LCMDOAQ15	595	750
2/1/2026	3A	LCMDOAQ15	605	750
3/1/2026	3A	LCMDOAQ15	551	750
4/1/2026	3A	LCMDOAQ15	566	750

Trong giai đoạn từ 25/12/2025 đến 04/01/2026, năng suất chuyền may dao động trong khoảng 551–605 sản phẩm/ngày, với giá trị trung bình đạt khoảng 583 sản phẩm/ngày. So với năng suất yêu cầu 750 sản phẩm/ngày, Ngoài ra, năng suất giữa các ngày còn biến động, chưa có xu hướng ổn định, điều này gây khó khăn trong việc kiểm soát tiến độ và là nguyên nhân chính dẫn đến nguy cơ chậm đơn hàng.



Hình 2.15. Biểu đồ năng suất thực tế so với kế hoạch (10 ngày đầu triển khai)

Năng suất chuyền 3A dao động trong khoảng 551–605 sản phẩm/ngày, thấp hơn kế hoạch 750 sản phẩm/ngày liên tục trong suốt 10 ngày theo dõi. Không có xu hướng tăng rõ rệt, ngày 8 (02/01) đạt cao nhất 605 sản phẩm, ngày 9 (03/01) lại giảm xuống mức thấp nhất 551 sản phẩm.

Tính toán khả năng đáp ứng kế hoạch sản xuất và tiến độ hoàn thành đơn hàng của chuyền.

Thiếu hụt = Năng suất yêu cầu - Năng suất TB thực tế = 750 – 583 = 167 sản phẩm/ngày

Tổng thiếu hụt = Thiếu hụt mỗi ngày × số ngày kế hoạch = 167 x 45 = 7515 sản phẩm

$$\text{Số ngày làm thực tế} = \frac{\textit{Tổng sản lượng}}{\textit{Năng suất trung bình}} = \frac{33750}{583} = 57\ ngày$$

Số ngày trễ = Số ngày thực tế - Số ngày kế hoạch = 57 – 45 = 12 ngày

$$\text{Tỷ lệ trễ} = \frac{\textit{Số ngày trễ}}{\textit{Số ngày kế hoạch}} \times 100 = \frac{12}{45} \times 100 = 26\%$$

Qua các kết quả tính toán, năng suất thực tế của chuyền thấp hơn so với mức yêu cầu, dẫn đến thiếu hụt trung bình 167 sản phẩm mỗi ngày. Sự thiếu hụt này tích lũy trong toàn bộ thời gian kế hoạch, làm phát sinh lượng sản phẩm chưa hoàn thành khoảng 7515 sản phẩm. Do đó, thời gian hoàn thành đơn hàng kéo dài lên khoảng 57 ngày, vượt 12 ngày so với kế hoạch ban đầu, tương ứng với tỷ lệ trễ khoảng 26%. Điều này cho thấy chuyền chưa đáp ứng được tiến độ sản xuất đã đề ra.

2.2.6. Bảng thống kê lỗi trong giai đoạn 10 ngày đầu

Trong Bảng 2.3 thống kê lỗi trong giai đoạn khảo sát 10 ngày đầu triển khai mã hàng (25/12/2025 – 04/01/2026). Tổng tỷ lệ lỗi của toàn chuyền 3A đạt 9.27%, cao hơn nhiều so với mục tiêu chất lượng mà công ty đặt ra cho chuyền là dưới 5%, cho thấy chuyền 3A đang gặp vấn đề đáng kể về kiểm soát chất lượng cần được cải thiện. Trong đó, hai

công đoạn có tỷ lệ lỗi cao nhất là CĐ11 Gấp may lay quần (3.29%) và CĐ9 May thun lưng quần (2.12%), chiếm tổng cộng 5.41%, tương đương gần 58% tổng tỷ lệ lỗi toàn chuyền. Đây là hai công đoạn có ảnh hưởng lớn nhất đến chất lượng sản phẩm và là nguyên nhân chính khiến tỷ lệ lỗi chung vượt xa mục tiêu.

Bảng 2.3. Thống kê tỷ lệ lỗi tại các công đoạn chuyền 3A

TT	Công đoạn	% lỗi
1	Phối hàng	0.10%
2	May logo	0.27%
3	Nối thun lưng	0.21%
4	May pince thân trước chính + lót	0.33%
5	Nối volume vào thân trước	0.33%
6	Lộn và định hình volume	0.31%
7	Nối gá mảnh đáy vào thân trước và thân sau	0.25%
8	Ráp sườn ống quần	0.57%
9	May thun lưng quần (tròn, canh chữ + RULO)	2.12%
10	Ép mí/diễu lưng quần	0.63%
11	Gấp, may lai quần (tròn)	3.29%
12	Đóng bọ khóa chỉ đánh bông lưng x1	0.20%
13	Đóng bọ khóa chỉ đánh bông đùi x2	0.18%
14	Cắt chỉ	0.48%
Tổng cộng		9.27%

Tỷ lệ lỗi cao tại CĐ9 và CĐ11 không chỉ ảnh hưởng đến chất lượng đầu ra mà còn kéo theo thời gian xử lý lại làm tăng thời gian công đoạn thực tế so với nhịp sản xuất, gây tồn đọng bán thành phẩm là một trong những nguyên nhân khiến năng suất thực tế của chuyền chỉ đạt 583 sản phẩm/ngày, thấp hơn so với kế hoạch 750 sản phẩm/ngày.

CHƯƠNG 3: CƠ SỞ LÝ THUYẾT

3.1. Hệ thống sản xuất tinh gọn

3.1.1. Khái niệm

Sản xuất tinh gọn (Lean Manufacturing) là một hệ thống các phương pháp quản lý và tổ chức sản xuất nhằm loại bỏ lãng phí, tối ưu hóa dòng chảy giá trị và nâng cao hiệu quả hoạt động của doanh nghiệp. Phương pháp này được phát triển từ hệ thống sản xuất của Toyota, còn gọi là Toyota Production System với mục tiêu tạo ra giá trị tối đa cho khách hàng với mức tiêu hao nguồn lực tối thiểu. Lean không chỉ là một công cụ mà còn là một tư duy quản lý, hướng đến việc cải tiến liên tục và xây dựng hệ thống sản xuất linh hoạt, hiệu quả và bền vững.

3.1.2. Định nghĩa

Lean Manufacturing là phương pháp quản lý sản xuất tập trung vào việc xác định và gia tăng giá trị cho khách hàng thông qua việc loại bỏ các hoạt động không tạo giá trị gia tăng trong toàn bộ chuỗi sản xuất. Mục tiêu của Lean là tạo ra sản phẩm với ít nguồn lực hơn thời gian, chi phí, nhân lực nhưng vẫn đảm bảo chất lượng cao và đáp ứng nhanh nhu cầu thị trường.

Phương pháp Lean được xây dựng dựa trên 5 nguyên tắc cơ bản:

- Xác định giá trị (Value): Xác định những gì khách hàng thực sự cần.
- Dòng giá trị (Value Stream): Phân tích toàn bộ quy trình để loại bỏ các bước không cần thiết.
- Dòng chảy (Flow): Đảm bảo sản phẩm di chuyển liên tục trong quá trình sản xuất.
- Kéo (Pull): Sản xuất dựa trên nhu cầu thực tế thay vì dự báo.
- Hoàn thiện (Perfection): Liên tục cải tiến để đạt hiệu quả tối ưu.

3.1.3. Lợi ích của sản xuất tinh gọn trong ngành may

- **Giảm tỷ lệ lỗi sản phẩm**

Thông qua việc thu thập và phân tích dữ liệu lỗi một cách hệ thống, Six Sigma giúp doanh nghiệp xác định và loại bỏ nguyên nhân gốc của các lỗi phổ biến như may lệch đường chỉ, nhăn vải, sai thông số kích thước hay sai quy cách kỹ thuật, từ đó giảm đáng kể tỷ lệ sản phẩm lỗi, hạn chế tình trạng khách hàng khiếu nại hoặc trả hàng.

- **Nâng cao chất lượng đầu ra và độ ổn định của quy trình**

Việc chuẩn hóa thao tác làm việc kết hợp kiểm soát chặt chẽ từng công đoạn theo các chỉ tiêu đo lường cụ thể giúp chất lượng sản phẩm đồng đều hơn giữa các lô hàng và các ca làm việc, qua đó củng cố uy tín của doanh nghiệp với các đối tác quốc tế.

- **Tối ưu hóa quy trình sản xuất**

Thông qua nguyên tắc "làm đúng ngay từ đầu" và kiểm soát chất lượng tại từng công đoạn, Lean giúp giảm tỷ lệ lỗi và hạn chế việc sửa chữa (rework). Việc áp dụng các công cụ như biểu đồ xương cá (Fishbone), Cơ chế chống sai lỗi (Poka -Yoke) và kiểm tra tại nguồn giúp phát hiện sớm nguyên nhân gây lỗi, đảm bảo chất lượng sản phẩm ổn định và đồng đều.

- **Giảm thời gian sản xuất**

Lean hướng đến việc tạo dòng chảy liên tục trong sản xuất, giảm thời gian chờ giữa các công đoạn và hạn chế tồn kho bán thành phẩm (WIP). Nhờ đó, thời gian từ khi nhận đơn hàng đến khi giao hàng được rút ngắn, giúp doanh nghiệp phản ứng nhanh hơn với nhu cầu thị trường.

- **Tối ưu hóa mặt bằng và dòng chảy sản xuất**

Lean khuyến khích bố trí chuyền may theo dòng chảy công việc, giúp giảm di chuyển không cần thiết và tăng sự liên kết giữa các công đoạn. Nhờ đó, không gian sản xuất được sử dụng hiệu quả hơn, đồng thời tạo môi trường làm việc gọn gàng, khoa học và an toàn.

3.2. Giới thiệu về Six Sigma

3.2.1. Khái niệm Six Sigma

Six Sigma là phương pháp quản lý chất lượng dựa trên dữ liệu nhằm kiểm soát và cải tiến quy trình sản xuất. Trong ngành may, phương pháp này giúp giảm sai lỗi ở các công đoạn như cắt, may, hoàn thiện và đóng gói. Six Sigma sử dụng chu trình DMAIC gồm: Define, Measure, Analyze, Improve và Control để tìm nguyên nhân gốc của lỗi và đưa ra giải pháp khắc phục hiệu quả. Mục tiêu của Six Sigma là nâng cao chất lượng quy trình, hướng tới mức gần như hoàn hảo với chỉ 3,4 lỗi trên một triệu cơ hội.

3.2.2. Mục tiêu Six Sigma

Mục tiêu của Six Sigma trong ngành may là giảm sai lỗi, giảm biến động quy trình và đảm bảo chất lượng sản phẩm ổn định. Đồng thời, phương pháp này giúp chuẩn hóa thao tác, nâng cao hiệu suất và đáp ứng yêu cầu chất lượng ngày càng cao của khách hàng.

3.2.3. Ý nghĩa mức Six Sigma

Mức Six Sigma phản ánh khả năng kiểm soát và năng lực của quá trình. Mức sigma càng cao thì số khuyết tật càng thấp, quy trình càng ổn định, chi phí càng giảm và hiệu quả sản xuất càng cao. Đây là cơ sở để doanh nghiệp định lượng và theo dõi hiệu quả cải tiến chất lượng.

3.2.4. Mức sigma đo năng lực quá trình

Mức sigma cho ta thấy năng lực quá trình. Mức sigma càng cao thì số khuyết tật càng ít, tương đương với chi phí chất lượng càng thấp và lợi nhuận càng cao. Trong Bảng 3.1 thể hiện chuyển đổi so sánh giữa mức sigma và hiệu suất hoạt động của quá trình.

Bảng 3.1. Bảng thống kê tỷ lệ lỗi và mức Sigma

Cấp độ sigma	Hiệu suất quá trình (%)	Lỗi (%)	Số lỗi trên 1 triệu cơ hội (DPMO)	Chi phí chất lượng (% doanh thu)
1	31	69	690,000	>40%
2	69	31	310,000	30 đến 40%
3	93.3	6.7	67,000	20 đến 30%
4	99.38	0.62	6,200	15 đến 20%
5	99.977	0.023	230	10 đến 15%
6	99.99966	0.00034	3.4	<10%

Mức sigma dùng để chỉ số khuyết tật xảy ra trên một triệu cơ hội (DPMO). Mục đích của 6 Sigma là hướng tới sản phẩm không có khuyết tật. Nếu đạt tới mức 6 Sigma, tức là chỉ 3,4 khuyết tật có thể xảy ra trên một triệu cơ hội xảy ra khuyết tật. Mức sigma được dùng để đo số khuyết tật trên một triệu cơ hội (DPMO). Chỉ số này cho biết mức độ ổn định của quá trình sản xuất. Công thức tính:

$$\text{DPMO} = \frac{(\text{Số khuyết tật x } 1.000.000)}{\text{Số cơ hội xảy ra khuyết tật}}$$

Để hiểu rõ hơn về ý nghĩa thực tế và hiệu quả sản xuất tương ứng với từng cấp độ Sigma, Bảng 3.2 sẽ cung cấp cái nhìn định tính cụ thể hơn.

Bảng 3.2. Đánh giá hiệu quả theo cấp độ Sigma

Cấp độ	Ý nghĩa thực tế	Hiệu quả
1 Sigma	Rất nhiều lỗi, quá trình không ổn định	Khó sản xuất đầu ra theo yêu cầu của khách hàng
2 Sigma	Gần 1/3 sản phẩm có thể lỗi	Chính xác - chất lượng rất thấp, cạnh tranh yêu

3 Sigma	Đây là mức trung bình trong ngành may (nhiều công ty vẫn ở mức này)	Hầu hết sản lượng đáp ứng yêu cầu khách hàng là phù hợp
4 Sigma	Khá tốt, phù hợp với doanh nghiệp cải tiến	Nhận định hiệu quả đúng với thực tế ngành
5 Sigma	Rất cao, ít sai sót	Hầu hết tất cả đầu ra đáp ứng yêu cầu khách hàng là phản ánh đúng năng lực chất lượng quốc tế
6 Sigma	Gần như hoàn hảo-tiêu chuẩn của các tập đoàn lớn như Motorola, GE	Chính xác tuyệt đối , gần như không có lỗi

3.2.5. Lợi ích từ việc áp dụng Six Sigma

- **Giảm tỷ lệ lỗi sản phẩm**

Trong ngành may mặc Six Sigma giúp các công ty kiểm soát và cải tiến quy trình sản xuất, từ đó làm giảm các lỗi phổ biến như may lệch, nhăn vải, sai thông số kỹ thuật. Nhờ phân tích dữ liệu và loại bỏ nguyên nhân gốc, tỷ lệ sản phẩm bị lỗi được giảm đáng kể, hạn chế tình trạng bị khách hàng khiếu nại hoặc trả hàng.

- **Nâng cao chất lượng đầu ra**

Thông qua việc chuẩn hóa thao tác và kiểm soát chặt chẽ từng công đoạn, chất lượng sản phẩm trở nên đồng đều và ổn định hơn. Điều này giúp công ty đáp ứng tốt yêu cầu khắt khe từ các đối tác quốc tế và giữ vững uy tín trên thị trường.

- **Tối ưu hóa quy trình sản xuất**

Six Sigma cho phép doanh nghiệp đo lường và phân tích từng công đoạn, từ đó phát hiện điểm nghẽn và sắp xếp lại nhân lực hợp lý.

- **Tiết kiệm chi phí và thời gian**

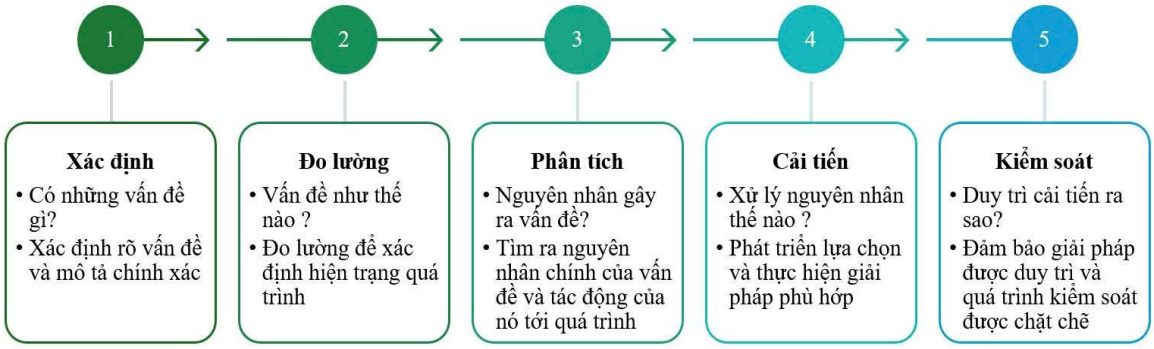
Nhờ giảm lãng phí nguyên phụ liệu và hạn chế thời gian sửa lỗi, có thể tiết kiệm đáng kể chi phí sản xuất. Đồng thời, tiến độ giao hàng cũng được đảm bảo, giúp tăng mức độ hài lòng từ phía khách hàng.

- **Xây dựng văn hóa cải tiến liên tục**

Six Sigma tạo cơ hội để công nhân và quản lý cùng tham gia cải tiến quy trình, điều này giúp phát huy tinh thần làm việc nhóm, chủ động đề xuất ý tưởng và không ngừng nâng cao hiệu quả sản xuất.

3.3. Mô hình cải tiến Six Sigma theo các bước DMAIC

Tiến trình DMAIC (Xác định, Đo lường, Phân tích, Cải tiến, Kiểm soát) là một phương pháp cốt lõi trong khuôn khổ Six Sigma, được thiết kế để cải tiến hiệu quả các quy trình sản xuất hoặc dịch vụ một cách có hệ thống và dựa trên dữ liệu. Phương pháp này không chỉ giúp xác định rõ ràng các vấn đề tiềm ẩn trong quy trình, mà còn cung cấp công cụ để đo lường hiệu suất hiện tại, phân tích nguyên nhân gốc rễ gây ra lỗi hoặc lãng phí, đề xuất các giải pháp cải tiến phù hợp và thiết lập các biện pháp kiểm soát nhằm duy trì kết quả đạt được trong dài hạn. Trong bối cảnh áp dụng vào thực tiễn, DMAIC đóng vai trò như một kim chỉ nam, đảm bảo mọi bước đi đều được thực hiện một cách khoa học và có căn cứ. Sơ đồ dưới đây minh họa chi tiết các giai đoạn và các phân tích và tối ưu hoá quy trình sản xuất tại nhà máy Scavi Đà Nẵng hoạt động quan trọng liên quan đến từng bước, từ việc xác định vấn đề cần giải quyết đến việc theo dõi và đảm bảo tính bền vững của cải tiến.



Hình 3.1. Mô hình DMAIC

Nội dung các bước DMAIC được mô tả:

Bước 1: Define (Xác định)

Giai đoạn Define nhằm xác định rõ vấn đề nghiên cứu, mục tiêu cải tiến, phạm vi thực hiện và các yêu cầu của khách hàng. Đây là bước quan trọng giúp định hướng toàn bộ quá trình cải tiến và đảm bảo các hoạt động tiếp theo tập trung đúng vào vấn đề cần giải quyết. Trong giai đoạn này, nhóm tiến hành xác định yêu cầu về năng suất và chất lượng, đồng thời xây dựng sơ đồ SIPOC để mô tả tổng quan quy trình sản xuất.

Công cụ sử dụng: Yếu tố chất lượng đối với khách hàng (CTQ), Sơ đồ nhà cung cấp – đầu vào – quy trình – đầu ra – khách hàng (SIPOC), Tóm tắt dự án.

Bước 2: Measure (Đo lường)

Giai đoạn Measure tập trung thu thập và đánh giá dữ liệu thực tế của quá trình sản xuất nhằm xác định mức độ hoạt động hiện tại của hệ thống. Các chỉ tiêu như năng suất, cycle time, takt time, WIP, tỷ lệ lỗi và mức Sigma được đo lường để làm cơ sở đánh giá

hiệu quả vận hành của chuyền may. Kết quả thu thập trong giai đoạn này là dữ liệu đầu vào cho quá trình phân tích nguyên nhân ở bước tiếp theo.

Công cụ sử dụng: Nhịp sản xuất (Takt Time),Thời gian công đoạn (Cycle Time), Bán thành phẩm (WIP), Số lỗi trên một triệu cơ hội(DPMO), Mức Sigma (Sigma Level).

Bước 3: Analyze (Phân tích)

Mục tiêu của giai đoạn Analyze là xác định nguyên nhân gốc rễ gây ra các vấn đề về năng suất, chất lượng và mất cân bằng chuyền. Thông qua việc phân tích dữ liệu đo lường, nhóm đánh giá mức độ ảnh hưởng của từng công đoạn đến hiệu quả chung của chuyền sản xuất, xác định các công đoạn nút thắt cổ chai (Bottleneck) và các yếu tố gây phát sinh lỗi. Kết quả phân tích là cơ sở để lựa chọn các giải pháp cải tiến phù hợp.

Công cụ sử dụng: Biểu đồ xương cá (Fishbone), biểu đồ Pareto, Lý thuyết các ràng buôc (Theory of Constraints), phân tích cân bằng chuyền.

Bước 4: Improve (Cải tiến)

Dựa trên các nguyên nhân gốc rễ đã được xác định, giai đoạn Improve tập trung xây dựng và đánh giá các phương án cải tiến nhằm nâng cao hiệu quả sản xuất. Các giải pháp có thể bao gồm tái phân bổ lao động, cân bằng chuyền, chuẩn hóa thao tác làm việc, giảm thời gian thực hiện công đoạn và cải thiện dòng chảy sản xuất. Hiệu quả của các giải pháp được đánh giá thông qua các chỉ tiêu năng suất, WIP, tỷ lệ lỗi và hiệu suất cân bằng chuyền.

Công cụ sử dụng: SOP, Tái cân bằng chuyền và mô phỏng sản xuất.

Bước 5: Control (Kiểm soát)

Sau khi triển khai cải tiến, giai đoạn Control được thực hiện nhằm duy trì các kết quả đạt được và ngăn ngừa sự tái diễn của các vấn đề đã được khắc phục. Các tiêu chuẩn làm việc, quy trình kiểm soát và biểu mẫu theo dõi được thiết lập để giám sát hiệu quả hoạt động của chuyền sản xuất trong dài hạn. Đây là bước giúp đảm bảo các giải pháp cải tiến được duy trì ổn định và mang lại hiệu quả bền vững.

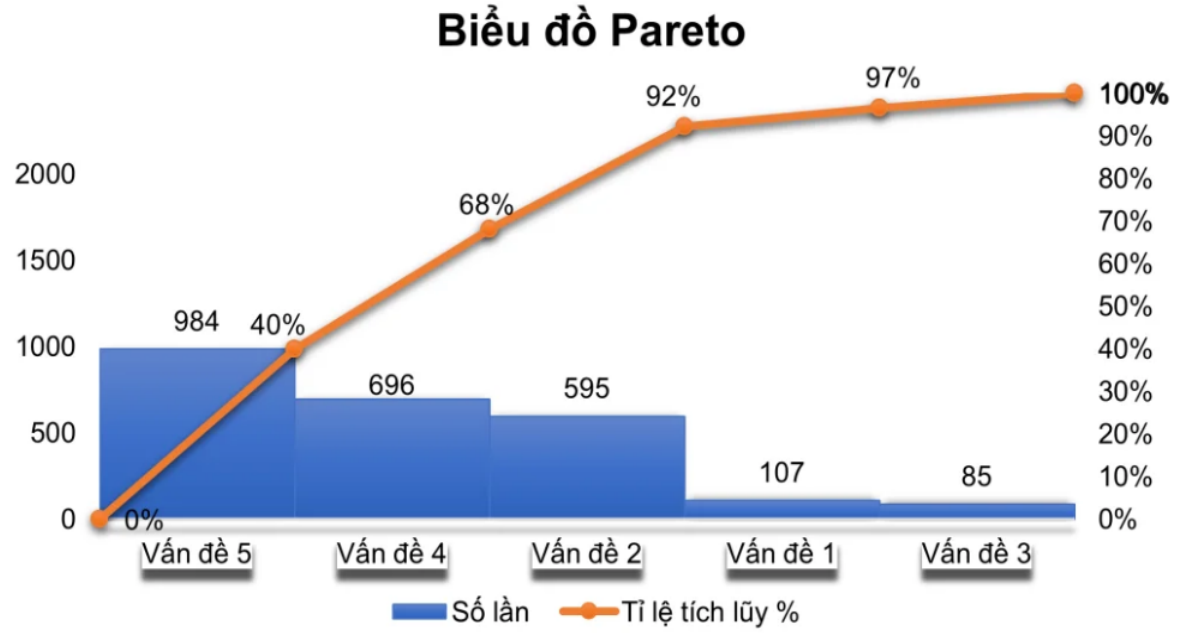
Công cụ sử dụng: Biểu đồ kiểm soát **(**Control Plan) , bảng kiểm tra (Checklist), kế hoạch phản ứng (Reaction plan).

3.4. Các công cụ áp dụng

3.4.1. Giới thiệu biểu đồ Pareto

Trong giai đoạn Analyze, biểu đồ Pareto được sử dụng để thống kê và phân tích các lỗi phát sinh trên chuyền may nhằm xác định những lỗi có tần suất xuất hiện và mức độ ảnh hưởng lớn nhất đến chất lượng sản phẩm. Dựa trên nguyên lý 80/20, biểu đồ giúp nhận diện nhóm lỗi trọng yếu chiếm phần lớn tổng số lỗi của chuyền, từ đó chỉ ra các vấn đề cần được ưu tiên xem xét. Kết quả phân tích Pareto là cơ sở để nhóm nghiên cứu

tập trung tìm hiểu nguyên nhân gốc rễ của các lỗi nổi bật, đề xuất các biện pháp cải tiến phù hợp và sử dụng hiệu quả nguồn lực thay vì xử lý dàn trải tất cả các loại lỗi phát sinh.

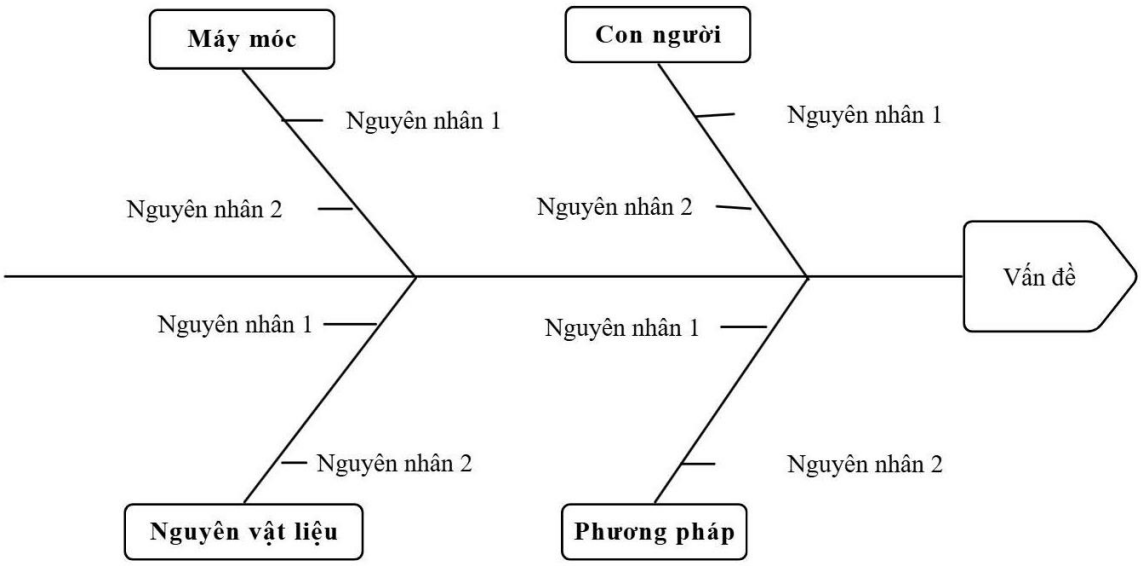


Hình 3.2. Ví dụ về biểu đồ Pareto

3.4.2. Biểu đồ xương cá

Biểu đồ xương cá là công cụ dùng để xác định và phân loại các nguyên nhân có thể dẫn đến một vấn đề hoặc lỗi cụ thể. Biểu đồ có cấu trúc giống xương cá, trong đó phần "đầu cá" thể hiện vấn đề cần phân tích, còn các nhánh chính đại diện cho các nhóm nguyên nhân. Trong sản xuất may mặc, các nguyên nhân thường được phân loại theo mô hình 4M hoặc 5M, bao gồm: Con người (Man), Máy móc (Machine), Phương pháp (Method), Nguyên vật liệu (Material) và Môi trường/Đo lường (Measurement/Environment).

Trong giai đoạn Analyze, biểu đồ xương cá được sử dụng để phân tích sâu các lỗi trọng yếu đã được xác định từ biểu đồ Pareto nhằm truy tìm nguyên nhân gốc rễ gây ra vấn đề. Thông qua việc xem xét các nguyên nhân thuộc từng nhóm, nhóm nghiên cứu có thể nhận diện những yếu tố ảnh hưởng chính và đề xuất các giải pháp cải tiến phù hợp. Việc áp dụng công cụ này giúp hoạt động cải tiến được thực hiện có hệ thống, đúng trọng tâm, góp phần giảm tỷ lệ lỗi và nâng cao hiệu quả sản xuất của chuyền may.



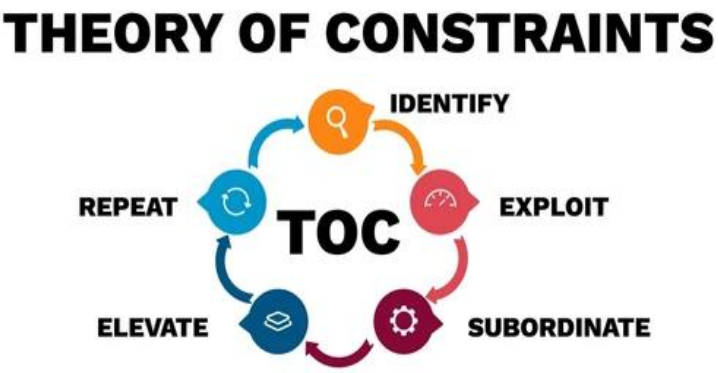
Hình 3.3. Ví dụ về biểu đồ xương cá

3.4.3. Cơ chế chống sai lỗi (Poka -Yoke)

Trong nghiên cứu này, Poka-Yoke được sử dụng để xây dựng các giải pháp chống sai lỗi tại những công đoạn phát sinh lỗi trọng yếu. Các cơ chế như cữ định vị, chuẩn hoá thao tác hoặc hướng dẫn trực quan được đề xuất nhằm đảm bảo công nhân thực hiện đúng vị trí, đúng chiều và đúng trình tự thao tác. Qua đó, các nguyên nhân gây lỗi được kiểm soát ngay tại nguồn, giúp giảm tỷ lệ lỗi lặp lại, nâng cao chất lượng sản phẩm và duy trì hiệu quả cải tiến của chuyền may.

3.5. Lý thuyết ràng buộc (Theory of Constraints – TOC)

Lý thuyết ràng buộc (Theory of Constraints – TOC) do Eliyahu M. Goldratt phát triển, cho rằng trong bất kỳ hệ thống sản xuất nào luôn tồn tại ít nhất một ràng buộc làm giới hạn năng lực đầu ra của toàn hệ thống. Do đó, thay vì cải thiện đồng thời tất cả các công đoạn, doanh nghiệp cần tập trung xác định và cải tiến điểm ràng buộc để nâng cao hiệu quả chung.



Hình 3.4. Sơ đồ TOC

Trong đề tài này, TOC được sử dụng để phân tích và cải thiện năng suất chuyền may thông qua bốn bước sau:

- **Bước 1: Identify (Xác định ràng buộc)**

Bước này được sử dụng để xác định công đoạn đang giới hạn năng lực sản xuất của chuyền. Nghiên cứu sẽ so sánh thời gian công đoạn (Cycle Time) với nhịp sản xuất yêu cầu (Takt Time), đồng thời xem xét mức độ tồn đọng bán thành phẩm (WIP) giữa các công đoạn nhằm nhận diện điểm nghẽn ảnh hưởng đến năng suất toàn chuyền.

- **Bước 2: Exploit (Khai thác ràng buộc)**

Sau khi xác định được điểm nghẽn, nghiên cứu sẽ đánh giá mức độ sử dụng năng lực hiện có của công đoạn này. Mục tiêu là tìm ra các nguyên nhân gây lãng phí như thao tác thừa, thời gian chờ, lỗi phát sinh hoặc mất cân bằng công việc làm giảm hiệu suất của công đoạn ràng buộc. Qua đó đề xuất các biện pháp khai thác tối đa năng lực hiện hữu mà chưa cần đầu tư thêm nguồn lực.

- **Bước 3: Subordinate (Điều tiết hệ thống theo ràng buộc)**

Bước này tập trung đánh giá mức độ đồng bộ giữa các công đoạn trong chuyền sản xuất. Nghiên cứu sẽ phân tích sự phân bố WIP, tốc độ cung cấp bán thành phẩm và mức độ cân bằng công việc giữa các công đoạn nhằm xác định tình trạng sản xuất vượt khả năng tiếp nhận của điểm nghẽn. Kết quả phân tích là cơ sở để đề xuất các giải pháp điều tiết dòng sản xuất và giảm tồn kho bán thành phẩm.

- **Bước 4: Elevate (Nâng cao năng lực ràng buộc)**

Sau khi khai thác và điều tiết hệ thống, nghiên cứu sẽ tập trung phân tích các giải pháp nhằm nâng cao năng lực của công đoạn ràng buộc. Các giải pháp có thể bao gồm cải tiến thao tác, chuẩn hóa quy trình làm việc, bổ sung thiết bị hỗ trợ hoặc thực hiện cân bằng chuyền. Hiệu quả của các phương án cải tiến sẽ được đánh giá thông qua mô phỏng nhằm lựa chọn giải pháp phù hợp trước khi đề xuất áp dụng vào thực tế.

- **Bước 5: Repeat (Lặp lại quá trình cải tiến)**

Repeat của phần TOC này không được thực hiện trong phạm vi nghiên cứu. Do các giải pháp cải tiến mới được đánh giá thông qua mô phỏng và chưa triển khai thực tế trên chuyền sản xuất. Việc xác định ràng buộc mới chỉ có thể thực hiện sau khi các giải pháp được áp dụng và hệ thống vận hành ổn định trong thực tế. Do đó, nghiên cứu tập trung đến bước 4 (Elevate) nhằm xác định và đề xuất các giải pháp nâng cao năng lực của các công đoạn ràng buộc hiện tại.

Thông qua việc áp dụng TOC, đề tài hướng đến việc xác định đúng điểm nghẽn của chuyền may, giảm các tổn thất trong quá trình sản xuất và nâng cao năng suất của toàn hệ thống.

3.6. Cân bằng chuyền

Khái niệm: Cân bằng chuyền (Assembly Line Balancing - ALB) là quá trình phân công các công đoạn sản xuất cho các trạm làm việc sao cho tải trọng công việc tại mỗi trạm xấp xỉ nhau và không vượt quá thời gian nhịp sản xuất (Takt Time). Mục tiêu cốt lõi là tối thiểu hóa thời gian chờ đợi, giảm lãng phí và tối đa hóa hiệu suất sử dụng lao động. Trong ngành may mặc, cân bằng chuyền đóng vai trò đặc biệt quan trọng do tính chất dây chuyền liên tục. Mỗi công đoạn phụ thuộc lẫn nhau và bán thành phẩm phải lưu thông đều đặn qua từng trạm. Nếu một trạm bị ách tắc nút thắt cổ chai, toàn bộ chuyền sẽ bị chậm lại theo tốc độ của trạm chậm nhất đó.

3.6.1. Các công thức trong cân bằng chuyền

Takt Time là thời gian tối đa mà một sản phẩm phải được hoàn thành để đáp ứng nhu cầu khách hàng. Đây là tiêu chuẩn để đánh giá mỗi công đoạn có đạt yêu cầu hay không.

$$Takt\ time\ (TT) = \frac{Thời\ gian\ làm\ việc\ trong\ ca}{Sản\ lượng\ mục\ tiêu}$$

Cycle Time (CT) là thời gian cần thiết để một công đoạn hoặc một trạm làm việc hoàn thành một đơn vị sản phẩm. Trong cân bằng chuyền, cycle time của chuyền thường được quyết định bởi công đoạn có thời gian xử lý lớn nhất.

$$Cycle\ time\ (CT)\ = \frac{Thời\ gian\ công\ đoạn}{Số\ công\ nhân\ tại\ công\ đoạn\ đó}$$

Lưu ý: Đối với một công đoạn do một công nhân hoặc một máy thực hiện: $CT_i = t_i$, trong đó t_i là thời gian xử lý một sản phẩm tại công đoạn i. Trường hợp có m_i công nhân hoặc máy làm việc song song độc lập tại cùng một công đoạn, cycle time hiệu dụng có thể được xác định gần đúng: $CT_i = \frac{t_i}{m_i}$. Công thức áp dụng khi các công nhân/máy có năng lực tương đương và cùng thực hiện một công việc giống nhau theo dạng song song.

Hiệu suất cân bằng chuyền LE: phản ánh mức độ sử dụng hiệu quả thời gian lao động. Hiệu suất càng cao thì lãng phí thời gian chờ đợi càng thấp.

$$LE = \frac{\text{Tổng thời gian chuẩn}}{(\text{Số công đoạn} \times CT_{max})} \times 100\%$$

Mức độ để xem xét: LE > 80%: Tốt | 70–80%: Khá | < 70%: Cần cải thiện

Tỷ lệ mất cân bằng chuyền BL: một trong những thước đo quan trọng phản ánh mức độ phân bổ không đều thời gian làm việc giữa các trạm trong dây chuyền sản xuất. Chỉ số này thể hiện tỷ lệ phần trăm thời gian lãng phí do mất cân đối giữa các công đoạn so với tổng thời gian lý tưởng nếu tất cả trạm đều làm việc đầy đủ công suất.

Tỷ lệ mất cân bằng chuyền được xác định như sau:

$$BL = 100\% - LE$$

Độ thông suốt SI: Chỉ số này mô tả độ thông suốt tương đối trong một dây chuyền sản xuất. Độ thông suốt thể hiện sự cân bằng trong phân công các công đoạn cho công nhân. Chỉ số SI càng nhỏ thì thời gian chênh lệch giữa các CĐ làm việc sẽ càng ít. Ngược lại, nếu SI càng lớn thì sẽ xuất hiện nhiều trạm làm việc căng thẳng, liên tục không hết việc trong khi có những CĐ phải dùng máy, rảnh rỗi, chờ đợi các CĐ làm việc khác.

$$SI = \sqrt{\sum_{i=1}^{n} (CT_{max} - CT_i)^2}$$

Trong đó:

- CT_{max} là thời gian công đoạn lớn nhất
- CT_i là thời gian công đoạn thứ i
- n là thời gian tổng số công đoạn

3.6.2. Các phương pháp cân bằng chuyền

a) Phương pháp phân bổ lại lao động

Đây là phương pháp đơn giản và hiệu quả nhất khi tổng số công nhân được giữ cố định. Nguyên tắc là rút công nhân từ các trạm có % CT thấp (nhiều thời gian chờ đợi) sang các trạm có % CT cao (nút thắt). Cần đảm bảo công nhân được điều chuyển phải biết vận hành máy của cả hai trạm.

• Bước 1: Tính CT mỗi trạm = Thời gian công đoạn / Số công nhân tại trạm.

• Bước 2: Xác định trạm nút thắt (CT lớn nhất) và trạm lãng phí (CT thấp nhất).

• Bước 3: Rút công nhân từ trạm lãng phí sang trạm nút thắt.

• Bước 4: Tính lại CT của từng trạm và hiệu suất cân bằng chuyền (LE).

b) Phương pháp gộp công đoạn

Khi có nhiều công đoạn có thời gian ngắn, công nhân có nhiều thời gian chờ đợi, có thể gộp các công đoạn lại nhằm giải phóng công nhân sang công đoạn nút thắt. Điều kiện bắt buộc là các công đoạn được gộp phải cùng loại máy hoặc có tính chất thao tác tương tự nhau.

• Điều kiện: TG(CĐa) + TG(CĐb) ≤ Takt Time.

• Ưu tiên gộp các công đoạn cùng loại máy để công nhân không phải di chuyển.

• Sau khi gộp, số công nhân giảm và cần được bố trí lại cho các công đoạn nút thắt.

c) Phương pháp bố trí công nhân song song

Khi Cycle Time của công đoạn lớn hơn Takt Time nhưng không thể tách nhỏ thao tác, có thể bố trí nhiều công nhân cùng thực hiện một công đoạn. Mỗi công nhân xử lý một

sản phẩm độc lập. Khi đó, CT của cụm công đoạn được tính bằng thời gian gốc chia cho số công nhân tham gia.

$$\text{Số công nhân cần thiết } = \frac{\text{Cycle time (CT)}}{Takt\ time}$$

d) Phương pháp tách công đoạn

Khi CT công đoạn lớn hơn Takt Time và thao tác có thể tách nhỏ được, nội dung công đoạn sẽ được chia thành hai phần và giao cho hai công nhân riêng biệt thực hiện. Khi đó, CT sau khi tách sẽ giảm tương ứng. CT sau tách = TG gốc / 2. Lưu ý: Phương pháp này chỉ áp dụng khi thao tác cho phép tách về mặt kỹ thuật may và không ảnh hưởng đến chất lượng sản phẩm.

3.6.3. Tiêu chí đánh giá cân bằng chuyền

Bảng 3.3. Bảng tiêu chí đánh giá cân bằng chuyền

Tiêu chí	Yếu	Khá	Tốt
Hiệu suất LE	< 70%	70% - 80%	> 80%
CT max so với Takt Time	CT > TT	CT = TT	CT < TT
Sản lượng đạt	< 80%	80-99%	>= 100%

3.7. Lý thuyết mô phỏng Arena Simulation

Arena Simulation là công cụ mô phỏng giúp tái hiện hoạt động của các hệ thống thực tế trong môi trường máy tính. Phần mềm hỗ trợ xây dựng mô hình, phân tích kết quả và đánh giá hiệu quả của các phương án vận hành, từ đó giúp dự đoán kết quả và đề xuất giải pháp tối ưu cho hệ thống.

3.7.1. Khái niệm mô phỏng

Mô phỏng là kỹ thuật xây dựng mô hình nhằm tái tạo hoạt động của một hệ thống hoặc quá trình thực theo thời gian. Thông qua mô phỏng, người nghiên cứu có thể quan sát, phân tích và đánh giá hiệu suất của hệ thống mà không cần tác động trực tiếp đến thực tế, qua đó hỗ trợ việc thiết kế, cải tiến và đưa ra quyết định phù hợp.

3.7.2. Mục đích mô phỏng hệ thống

Mô phỏng được sử dụng để nghiên cứu và hỗ trợ ra quyết định đối với hệ thống thực tế. Các mục đích chính gồm:

- Hiểu rõ cách vận hành và mối quan hệ giữa các thành phần trong hệ thống.
- Đánh giá hiệu quả hoạt động và thử nghiệm các giải pháp cải tiến.
- Kiểm tra các phương án thiết kế hoặc đầu tư trước khi triển khai thực tế.
- Thu thập thông tin và thực hiện thử nghiệm mà không ảnh hưởng đến hệ thống đang hoạt động.

3.7.3. Xây dựng hàm phân phối đầu vào cho mô hình Arena

Trong mô hình mô phỏng Arena, thời gian xử lý tại mỗi công đoạn được mô tả bằng các hàm phân phối xác suất. Tuy nhiên, do các phương án cải tiến chưa được triển khai thực tế nên chưa thể thu thập dữ liệu thời gian mới. Vì vậy, các tham số của hàm phân phối được xác định từ dữ liệu đo lường ở giai đoạn hiện trạng và được tính toán lại dựa trên các tính chất thống kê của biến ngẫu nhiên. Quá trình xác định tham số được thực hiện theo ba trường hợp: Điều chỉnh nhân lực, gộp công đoạn và tách công đoạn.

a) Trường hợp 1: Thay đổi số lượng lao động

Khi số lượng lao động thay đổi và khối lượng công việc được phân chia đều giữa các công nhân, thời gian thực hiện được điều chỉnh theo tỷ lệ số lao động trước và sau cải tiến:

$$Mean_{mới} = Mean_{cũ} \times \frac{n_1}{n_2}$$

$$SD_{mới} = SD_{cũ} \times \frac{n_1}{n_2}$$

Trong đó:

- $Mean_{cũ}, SD_{cũ}$: giá trị trung bình và độ lệch chuẩn trước cải tiến.
- $Mean_{mới}, SD_{mới}$: giá trị trung bình và độ lệch chuẩn sau cải tiến.
- n_1: số lao động trước cải tiến.
- n_2: số lao động sau cải tiến.

b) Trường hợp 2: Gộp công đoạn

Khi một công đoạn tiếp nhận thêm công việc từ công đoạn khác, thời gian xử lý mới được xem là tổng của các biến ngẫu nhiên độc lập. Khi đó, giá trị trung bình và độ lệch chuẩn được xác định theo:

$$Mean_{mới} = Mean_A + Mean_B$$

$$SD_{mới} = \sqrt{SD_A^2 + SD_B^2}$$

Trong đó:

- $Mean_A, SD_A$: giá trị trung bình và độ lệch chuẩn của công đoạn A.
- $Mean_B, SD_B$: giá trị trung bình và độ lệch chuẩn của công đoạn B.

c) Trường hợp 3: Tách công đoạn

Khi một công đoạn được tách thành các công đoạn nhỏ hơn nhưng chưa có dữ liệu đo lường mới, độ lệch chuẩn của công đoạn mới được xác định theo tỷ lệ thời gian trung bình nhằm duy trì mức độ biến động tương đối của dữ liệu ban đầu.

$$SD_{mới} = SD_{cũ} \times \frac{Mean_{mới}}{Mean_{cũ}}$$

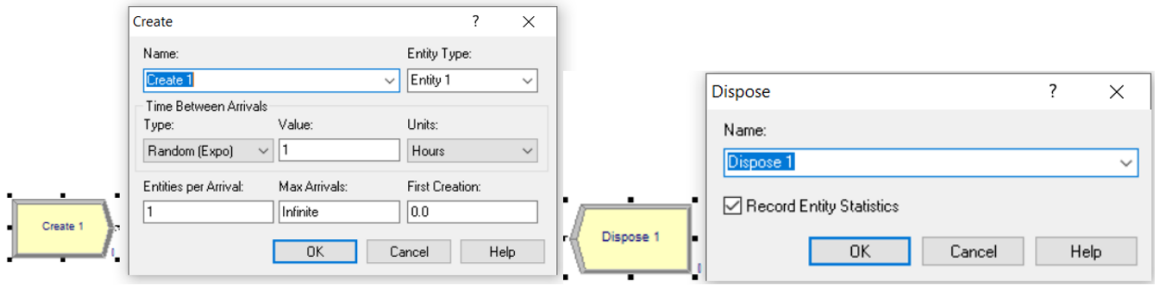
Trong đó:

- $Mean_{cũ}$, $SD_{cũ}$: giá trị trung bình và độ lệch chuẩn của công đoạn trước khi tách.
- $Mean_{mới}$: giá trị trung bình của công đoạn sau khi tách.
- $SD_{mới}$: độ lệch chuẩn của công đoạn sau khi tách.

3.7.4. Các module cơ bản trong mô phỏng Arena

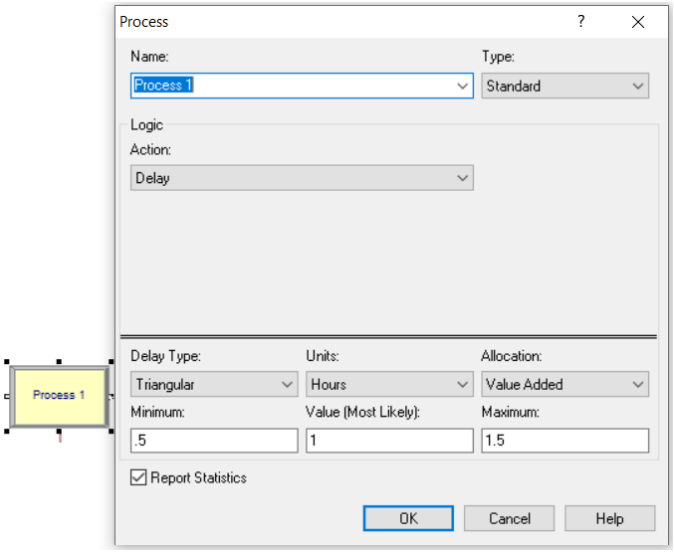
Trong phần mềm Arena, mô hình mô phỏng được xây dựng thông qua việc kết hợp các module chức năng nhằm tái hiện dòng di chuyển của đối tượng trong hệ thống thực tế. Mỗi module đảm nhận một vai trò nhất định, từ tạo đối tượng, xử lý, ra quyết định đến thu thập dữ liệu phục vụ phân tích kết quả.

Nhóm module Create và Dispose: Module Create được sử dụng để sinh ra các thực thể Entity đại diện cho đối tượng cần mô phỏng như nguyên vật liệu, bán thành phẩm hoặc sản phẩm. Các thực thể này được tạo theo khoảng thời gian xác định hoặc theo lịch trình sản xuất. Ngược lại, Dispose đóng vai trò là điểm kết thúc của hệ thống, ghi nhận các thực thể đã hoàn tất quá trình xử lý và rời khỏi mô hình.



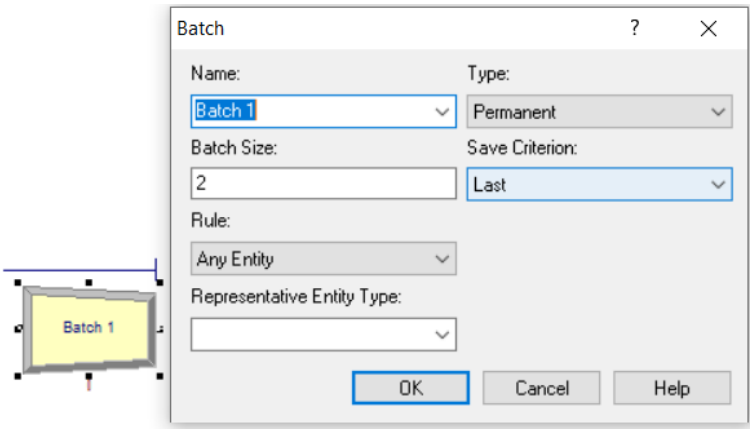
Hình 3.5. Module Create và module Dispose

Nhóm module mô phỏng hoạt động sản xuất: Process và Batch. Process được dùng để biểu diễn các công đoạn làm việc trong hệ thống, nơi thực thể được xử lý và tiêu tốn tài nguyên trong một khoảng thời gian nhất định.



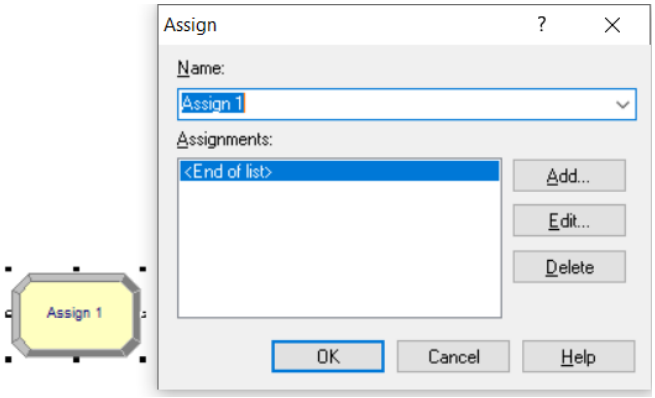
Hình 3.6. Module Process

Batch cho phép kết hợp nhiều thực thể thành một thực thể mới, phù hợp với các công đoạn lắp ráp hoặc ghép nối trong quá trình sản xuất.



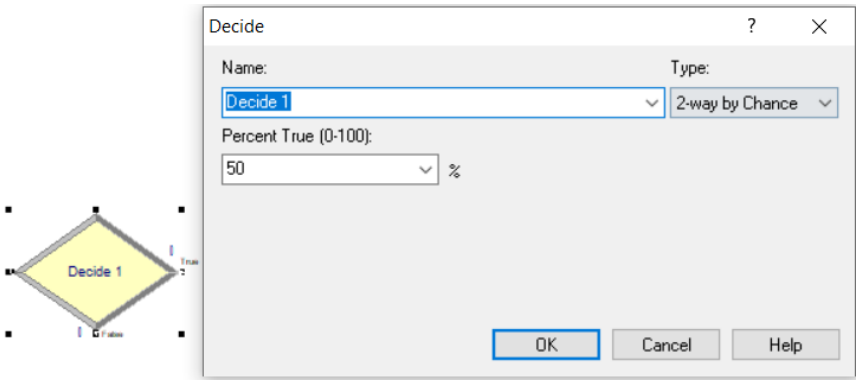
Hình 3.7. Module Batch

Nhóm module điều khiển luồng di chuyển: Assign và Decide. Assign hỗ trợ gán hoặc cập nhật các thuộc tính, biến và thông tin liên quan đến thực thể trong quá trình mô phỏng.



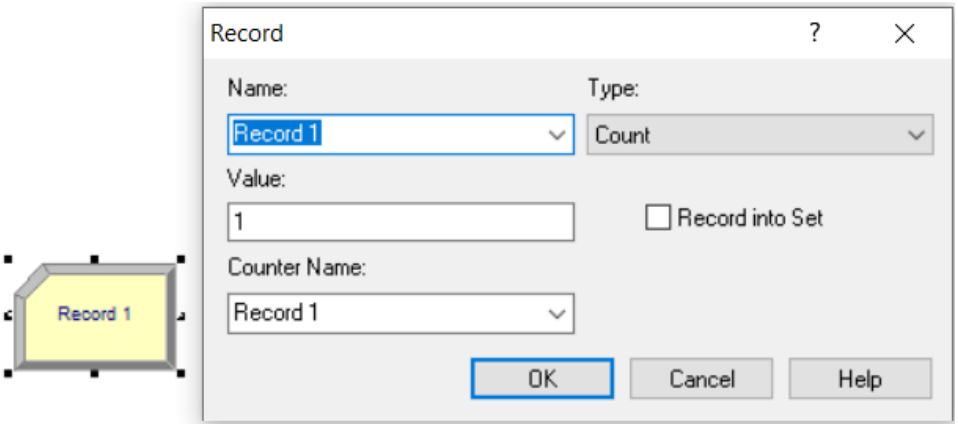
Hình 3.8. Module Assign

Decide được sử dụng để thiết lập các nhánh quyết định dựa trên điều kiện logic hoặc xác suất, giúp mô hình phản ánh những tình huống phát sinh trong thực tế như phân loại sản phẩm đạt và không đạt, tái gia công hoặc chuyển sang công đoạn tiếp theo.



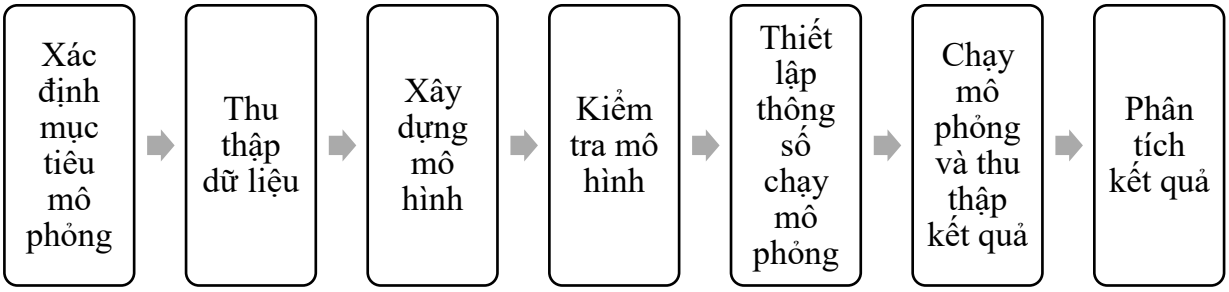
Hình 3.9. Module Decide

Module Record: module được sử dụng để thu thập và lưu trữ các số liệu thống kê trong quá trình mô phỏng. Module này cho phép ghi nhận nhiều loại thông tin như số lượng thực thể đi qua hệ thống, thời gian chờ, thời gian xử lý, thời gian lưu trong hệ thống hoặc các chỉ tiêu do người dùng tự định nghĩa. Dữ liệu thu thập từ Record là cơ sở để đánh giá hiệu quả hoạt động của hệ thống, phân tích mức độ tắc nghẽn và so sánh kết quả giữa các phương án cải tiến.



Hình 3.10. Module Record

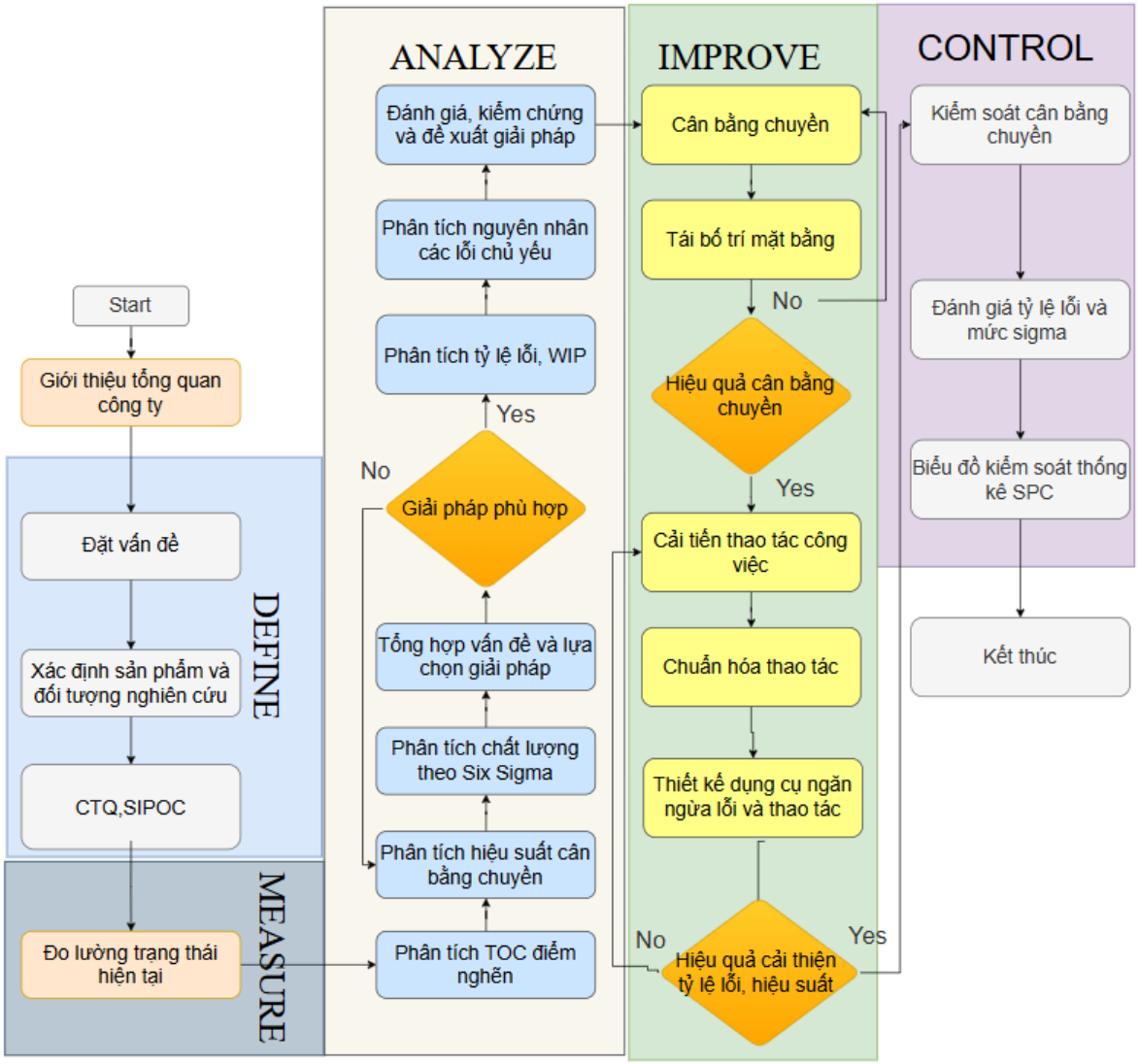
Quy trình xây dựng mô phỏng bằng phần mềm Arena:



Hình 3.11 Quy trình thực hiện mô phỏng Arena

3.8. Phương pháp luận

Phương pháp luận trong sơ đồ là quy trình cải tiến theo DMAIC của Lean Six Sigma nhằm nâng cao chất lượng và hiệu suất sản xuất. Quy trình bắt đầu với Define, trong đó xác định vấn đề, sản phẩm nghiên cứu và xây dựng CTQ, SIPOC để làm rõ phạm vi. Tiếp theo là Measure, tập trung đo lường hiện trạng như tỷ lệ lỗi, WIP và hiệu suất hệ thống. Giai đoạn Analyze tiến hành phân tích nguyên nhân gốc rễ, đánh giá chất lượng theo Six Sigma và xác định giải pháp phù hợp. Ở Improve, các giải pháp như cân bằng chuyền, tái bố trí mặt bằng, chuẩn hóa thao tác và thiết kế chống lỗi được triển khai. Cuối cùng, Control thực hiện kiểm soát bằng SPC, theo dõi tỷ lệ lỗi và mức Sigma để duy trì kết quả cải tiến bền vững.



Hình 3.12. Sơ đồ phương pháp luận

CHƯƠNG 4: PHÂN TÍCH VÀ CẢI TIẾN CHUYỀN MAY 3A

4.1. DEFINE

Giai đoạn Define xác định rõ vấn đề cần giải quyết, phạm vi nghiên cứu và mục tiêu cải tiến. Trong giai đoạn này, nhóm tiến hành mô tả hiện trạng năng suất chuyền 3A, xây dựng sơ đồ SIPOC để hệ thống hóa quy trình sản xuất mã hàng LCMDOAQ15, yêu cầu chất lượng CTQ từ các bên liên quan và tổng hợp kết quả vào bảng tóm tắt giai đoạn Define làm định hướng cho các giai đoạn tiếp theo.

4.1.1. Mô tả vấn đề

Trong quá trình sản xuất mã hàng LCMDOAQ15 tại chuyền may 3A, kết quả theo dõi cho thấy năng suất thực tế của chuyền chưa đáp ứng được kế hoạch sản xuất đề ra. Dữ liệu nghiên cứu được thu nhập trong 10 ngày đầu triển khai mã hàng trong giai đoạn từ 25/12/2025 đến 04/01/2026, năng suất trung bình của chuyền đạt khoảng 583 sản phẩm/ngày, thấp hơn so với mức yêu cầu 750 sản phẩm/ngày để đảm bảo tiến độ hoàn thành đơn hàng.

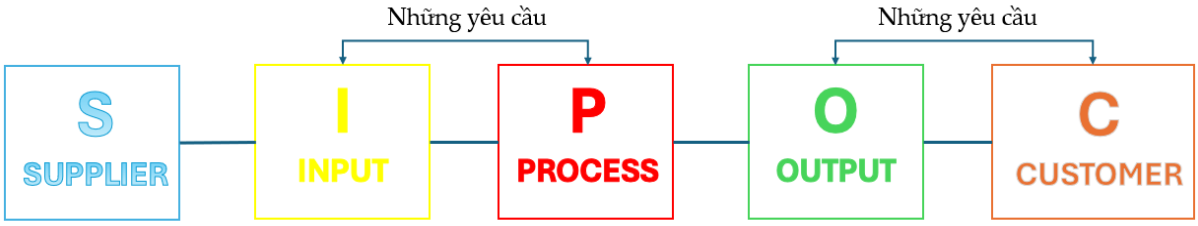
Bảng 4.1. Thông số hiện trạng chuyền 3A

Thông số	**Giá trị**	**Ghi chú**
Mã hàng	LCMDOAQ15	Quần đùi nam
Thời gian ca làm việc	480 phút	8 giờ/ca
Sản lượng yêu cầu	750 SP/ca	Mục tiêu công ty
Sản lượng thực tế (TB 10 ngày)	583 SP/ca	Không đạt yêu cầu
Tỷ lệ lỗi	9.27%	Vượt mức 5% so với công ty yêu cầu
Tỷ lệ lỗi tập trung chủ yếu tại 2 CĐ9 và CĐ11	58% lỗi toàn chuyền	Là 2 CĐ chính gây ra nghẽn
Takt Time	0.64 phút/sp	480/750
Tổng số công nhân	22 CN	Cố định
Số công đoạn	14 công đoạn	Trước cân bằng

Sự chênh lệch này khiến chuyền chỉ đạt khoảng 78% năng suất kế hoạch, tương đương thiếu hụt trung bình khoảng 167 sản phẩm/ngày. Việc không đạt năng suất diễn ra liên tục trong nhiều ngày đầu triển khai, tỷ lệ lỗi cao làm phát sinh lượng bán thành phẩm tồn đọng giữa các công đoạn, ảnh hưởng đến dòng chảy sản xuất và kéo dài thời gian hoàn thành đơn hàng. Theo kế hoạch, đơn hàng cần hoàn thành trong 45 ngày sản xuất, tuy nhiên thực tế quá trình may kéo dài đến 57 ngày, gây ảnh hưởng đến tiến độ chung.

Trong thực tế sản xuất, một mã hàng có thể được triển khai đồng thời trên nhiều chuyền nhằm đáp ứng tiến độ đơn hàng và tối ưu công suất sản xuất. Tuy nhiên, mỗi chuyền có sự khác biệt về bố trí lao động, tay nghề công nhân và hiệu quả vận hành.

4.1.2. Quy trình sản xuất theo SIPOC



Nhà cung cấp	Đầu vào	Quá trình	Đầu ra	Khách hàng
Nhà cung ứng vải Nhà cung ứng phụ liệu	Vải Phụ liệu Nhân công Máy móc	Quá trình may	Quần đùi nam	POND

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
Phối hàng	May logo	Nối thun lưng	May prince thân trước	Nối volume vào thân trước	Lộn và định hình volume	Nối gá mảnh đáy	Ráp sườn ống quần	May thun lưng quần	Ép mí diễu lưng quần	Gấp,may lai quần (tròn)	Đóng bọ khóa đánh bông lưng	Đóng bọ khóa đánh bông đùi	Cắt chỉ

Hình 4.1. Quy trình SIPOC

Nhằm xác định tổng quan quy trình sản xuất của mã hàng LCMDOAQ15, đề tài sử dụng sơ đồ SIPOC để mô tả mối liên hệ giữa nhà cung cấp, đầu vào, quá trình sản xuất, đầu ra và khách hàng. Sơ đồ giúp xác định phạm vi nghiên cứu, nhận diện các yếu tố tham gia trong quá trình sản xuất và làm rõ trình tự các công đoạn của chuyền may 3A, từ đó làm cơ sở cho các bước đo lường và phân tích tiếp theo.

Bảng 4.2. Phân tích yếu tố CTQ

Nhu cầu khách hàng	**Yêu cầu chất lượng (CTQ)**	**Chỉ tiêu đo lường**	**Đơn vị**	**Mục tiêu**	**Nơi đo**	**Tần suất**
Tăng năng suất chuyền	Sản lượng đạt kế hoạch	Đầu ra thực tế	sp/ngày	≥ 750 sp/ngày	Cuối chuyền	Hằng ngày
Đảm bảo chất lượng tại công đoạn	Tỷ lệ lỗi tại các công đoạn	% lỗi/công đoạn	%	< 1%	Từng công đoạn	Hằng ca

Nhu cầu khách hàng	Yêu cầu chất lượng (CTQ)	Chỉ tiêu đo lường	Đơn vị	Mục tiêu	Nơi đo	Tần suất
Nâng cao chất lượng tổng thể chuyền	Tỷ lệ lỗi chung của toàn chuyền	% lỗi toàn chuyền	%	< 5%	QC cuối chuyền	Hằng ngày
Dòng chảy sản xuất ổn định	Cân bằng tải giữa các công đoạn	Hiệu suất cân bằng chuyền	%	≥ 80%	Toàn chuyền	Mỗi ca
Thời gian công đoạn đáp ứng nhịp sản xuất, không gây nghẽn	Cycle time từng công đoạn không vượt takt time	CT ≤ TT	phút	CT ≤ 0.64 phút	Từng công đoạn	Mỗi ca

Bảng CTQ trên xác định các yêu cầu chất lượng trọng yếu của chuyền 3A theo các chỉ tiêu định lượng cụ thể, làm cơ sở cho việc phân tích và đánh giá ở các giai đoạn tiếp theo.

4.1.3. Tóm tắt giai đoạn DEFINE

Bảng 4.3. Tóm tắt giai đoạn Define

Bảng tóm tắt giai đoạn Define	
Vấn đề chính	Năng suất chuyền chưa đạt kế hoạch, mất cân bằng công đoạn và tỷ lệ lỗi sản phẩm cao
Nguyên nhân ban đầu	Nghẽn tại CĐ9, CĐ11, cycle time vượt takt time, tỷ lệ lỗi còn cao
CTQ	Tăng năng suất, giảm lỗi, đảm bảo tiến độ giao hàng, ổn định dòng chảy sản xuất
Đối tượng nghiên cứu	Chuyền may 3A – mã hàng LCMDOAQ15
Sản phẩm nghiên cứu	Quần đùi nam
Dữ liệu ban đầu	Theo dõi 10 ngày đầu triển khai mã hàng (25/12/2025 – 04/01/2026)
Hiện trạng	Năng suất TB 583 sp/ngày, thấp hơn kế hoạch 750 sp/ngày

Bảng tóm tắt giai đoạn Define	
Công cụ sử dụng	SIPOC, CTQ, bảng thống kê năng suất
Chỉ tiêu phân tích	Năng suất, Cycle time, Takt time, hiệu suất cân bằng chuyền, tỷ lệ lỗi sản hẩm
Định hướng cải tiến	Xác định công đoạn nghẽn, tái cân bằng chuyền và mô phỏng tối ưu dòng chảy sản xuất, giảm tỉ lệ lỗi, thiết kế công cụ giảm lỗi

Bảng tổng hợp trên cho thấy chuyền may 3A đang tồn tại khoảng cách đáng kể giữa hiện trạng vận hành và mục tiêu kế hoạch, làm cơ sở cho việc tiếp tục thực hiện bước đo lường và phân tích trong các giai đoạn tiếp theo.

4.2. MEASURE

Giai đoạn Measure tập trung thu thập số liệu thực tế tại chuyền 3A để làm rõ hiện trạng. Dữ liệu gồm: thời gian từng công đoạn, lượng bán thành phẩm tồn đọng giữa các công đoạn, số lỗi phát sinh theo ngày, thông tin máy móc và nhân lực. Số liệu được thu thập bằng cách ghi nhận qua biểu mẫu theo dõi sản xuất trong 10 ngày đầu triển khai (25/12/2025 – 04/01/2026). Từ đó, tính toán hiệu suất cân bằng chuyền và mức Sigma hiện tại của chuyền.

4.2.1. Dữ liệu công đoạn

Để thu thập dữ liệu phục vụ cho việc đánh giá, phân tích cân bằng chuyền và mô phỏng, nhóm tiến hành đo thời gian thực hiện của từng công đoạn bằng phương pháp bấm giờ trực tiếp tại chuyền may 3A. Việc đo thời gian được thực hiện trong điều kiện sản xuất bình thường nhằm đảm bảo dữ liệu phản ánh đúng thực tế vận hành của chuyền. Đối với mỗi công đoạn, nhóm tiến hành thu thập ngẫu nhiên 40 mẫu thời gian thực hiện. Kết quả đo thời gian của các công đoạn được trình bày trong Bảng A.1, Phụ lục A. Đồng thời, thông tin về máy móc và số lượng công nhân tại từng công đoạn cũng được tổng hợp trong Bảng 4.4.

Bảng 4.4. Dữ liệu thông tin máy và số lượng công nhân

STT	Tên công đoạn	Tên máy	Số lao động thực tế
CĐ1	Phối hàng	TAY	1
CĐ2	May logo	BO-1 KIM	1
CĐ3	Nối thun lưng	BO-3 MŨI	2

STT	Tên công đoạn	Tên máy	Số lao động thực tế
CĐ4	May pince thân trước chính + lót	VS2K4C	1
CĐ5	Nối volume vào thân trước	VS2K4C	2
CĐ6	Lộn và định hình volume	BO-1 KIM	2
CĐ7	Nối gá mảnh đáy vào thân trước và thân sau	ĐB4K6C	2
CĐ8	Ráp sườn ống quần	ĐB4K6C	2
CĐ9	May thun lưng quần (tròn, canh chữ + RULO)	ĐB3K4C	1
CĐ10	Ép mí/diễu lưng quần	BO-1 KIM	2
CĐ11	Gấp, may lai quần (tròn)	ĐB2K3C	2
CĐ12	Đóng bọ khóa chỉ đánh bông lưng x1	BO-1 KIM	2
CĐ13	Đóng bọ khóa chỉ đánh bông đùi x2	BO-1 KIM	1
CĐ14	Cắt chỉ	TAY	1

Dựa trên dữ liệu 40 mẫu thời gian đo của từng công đoạn Bảng A.1, Phụ lục A. Tiến hành tính toán thời gian trung bình (Cycle Time) cho từng công đoạn so sánh với Takt Time của chuyền nhằm đánh giá mức độ cân bằng sản xuất và xác định các công đoạn có nguy cơ trở thành điểm nghẽn. Kết quả được trình bày trong Bảng 4.5.

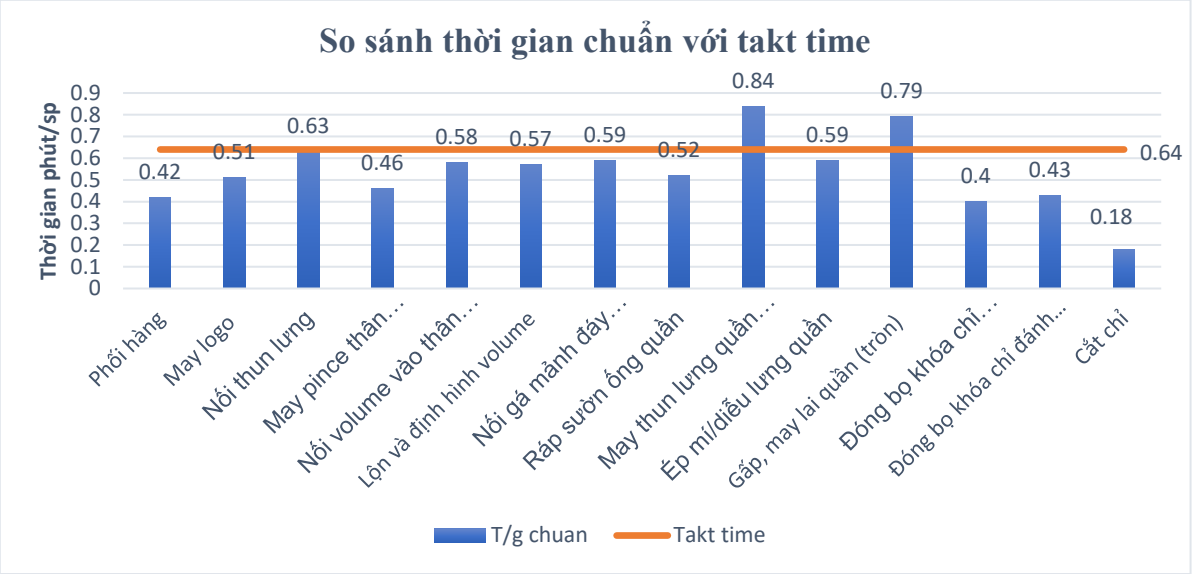
Bảng 4.5. Thời gian công đoạn

CĐ	Tên công đoạn	Thời gian (Cycle time)	Takt time (phút)
CĐ1	Phối hàng	0.42	0.64
CĐ2	May logo	0.51	0.64
CĐ3	Nối thun lưng	0.63	0.64
CĐ4	May pince thân trước chính + lót	0.46	0.64

CĐ	Tên công đoạn	Thời gian (Cycle time)	Takt time (phút)
CĐ5	Nối volume vào thân trước	0.58	0.64
CĐ6	Lộn và định hình volume	0.57	0.64
CĐ7	Nối gá mảnh đáy vào thân trước và thân sau	0.59	0.64
CĐ8	Ráp sườn ống quần	0.52	0.64
CĐ9	May thun lưng quần (tròn, canh chữ + RULO)	0.84	0.64
CĐ10	Ép mí/diễu lưng quần	0.59	0.64
CĐ11	Gấp, may lai quần (tròn)	0.79	0.64
CĐ12	Đóng bọ khóa chỉ đánh bông lưng x1	0.40	0.64
CĐ13	Đóng bọ khóa chỉ đánh bông đùi x2	0.43	0.64
CĐ14	Cắt chỉ	0.18	0.64

Kết quả đo lường thời gian công đoạn cho thấy tồn tại sự chênh lệch đáng kể giữa thời gian thực hiện và thời gian yêu cầu của chuyền. Nhịp sản xuất của chuyền là 0.64 phút, một số công đoạn có thời gian công đoạn vượt mức CT cho phép như công đoạn May thun lưng quần (tròn, canh chữ + RULO) có thời gian 0.84 phút và công đoạn gấp, may lai quần có thời gian 0.79 phút.

Theo phương pháp Theory of Constraints, các công đoạn có CT lớn hơn hoặc tiệm cận TT sẽ trở thành ràng buộc của hệ thống, làm hạn chế năng suất toàn chuyền. Khi các công đoạn này hoạt động chậm hơn, bán thành phẩm sẽ tích tụ phía trước, làm tăng bán thành phẩm, hiệu suất công đoạn tăng gây quá tải và gây mất cân bằng dòng chảy sản xuất. Đồng thời, các công đoạn phía sau có thể xảy ra tình trạng thiếu hàng và thời gian chờ đợi. Từ kết quả đo lường, có thể xác định CĐ9 may thun lưng quần (tròn, canh chữ + RULO) và CĐ11 gấp, may lai quần là hai công đoạn có khả năng trở thành điểm nghẽn chính của chuyền. Điều này chứng tỏ chuyền 3A đang tồn tại sự mất cân bằng về thời gian công đoạn, cần tiến hành phân tích nguyên nhân và tái phân bổ lao động nhằm cải thiện hiệu suất sản xuất.



Hình 4.2. Biểu đồ cycle time các công đoạn so với takt time

Hai công đoạn vượt takt time là CĐ9 May thun lưng quần (tròn, canh chữ + RULO) CT = 0.84 phút, vượt 31,2% và CĐ 10 Gấp, may lai quần CT = 0.79 phút, vượt 23,4%. Đây là hai điểm nghẽn chính làm hạn chế năng suất toàn chuyền.

4.2.2. Số liệu WIP giữa các công đoạn

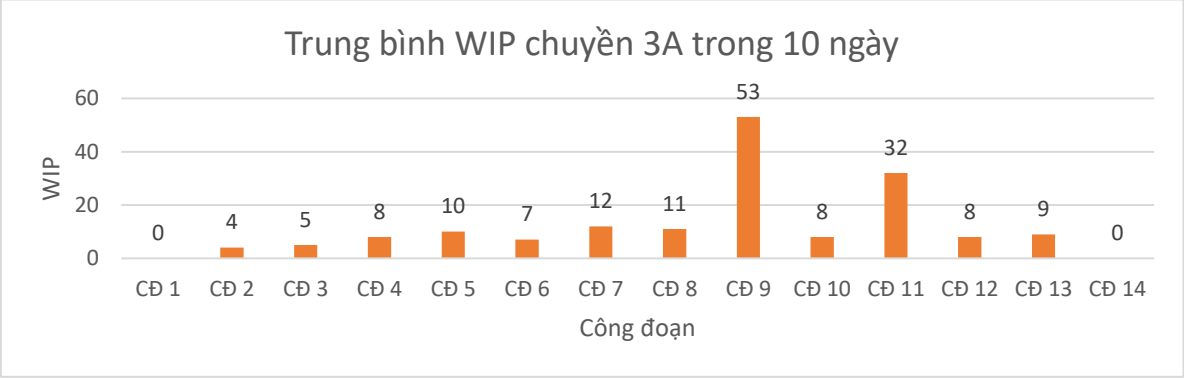
Để đánh giá mức độ tồn bán thành phẩm trên chuyền may 3A, số lượng WIP tại từng công đoạn được theo dõi trong 10 ngày sản xuất. Dữ liệu thu thập được sử dụng để xác định các vị trí tồn đọng bán thành phẩm cao. Kết quả được trình bày trong Bảng 4.6.

Bảng 4.6. Thông tin số lượng WIP từng công đoạn

STT	25/12/2025	26/12/2025	27/12/2025	28/12/2025	29/12/2025	30/12/2025	01/1/2026	02/01/2026	03/1/2026	04/1/2026	TB WIP
CĐ 1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
CĐ 2	4	6	2	3	5	4	5	2	5	4	4
CĐ 3	5	5	5	3	5	4	6	4	6	7	5
CĐ 4	8	8	8	7	9	8	6	7	10	9	8
CĐ 5	9	8	9	9	12	9	10	9	13	12	10
CĐ 6	7	6	7	6	8	7	6	6	9	8	7
CĐ 7	13	12	10	11	13	12	11	10	15	13	12
CĐ 8	12	11	10	10	12	11	10	8	14	12	11
CĐ 9	56	51	50	47	57	54	49	46	62	58	53
CĐ 10	8	8	8	7	9	8	7	6	10	9	8
CĐ 11	34	31	30	28	34	32	29	28	39	35	32
CĐ 12	8	7	8	7	9	8	7	7	10	9	8
CĐ 13	10	7	8	9	10	9	8	8	11	10	9
CĐ 14	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
											167

Kết quả WIP giữa các công đoạn cho thấy dòng chảy sản xuất của chuyền 3A chưa thực sự ổn định và vẫn tồn tại hiện tượng tồn bán thành phẩm cục bộ tại một số vị trí trong chuyền. Phản ánh tốc độ xử lý giữa các công đoạn chưa đồng đều. Đồng thời WIP tập trung cao tại CĐ9 với 53 sản phẩm và CĐ11 với 32 sản phẩm. Điều này cho thấy bán

thành phẩm bị tích tụ trước các công đoạn xử lý chậm hơn, làm gián đoạn dòng chảy sản xuất và ảnh hưởng trực tiếp đến năng suất chung của chuyền.



Hình 4.3. Biểu đồ WIP bán thành phẩm tồn đọng giữa các công đoạn

WIP tập trung cục bộ cao nhất tại CĐ9 53 sản phẩm và CĐ11 32 sản phẩm. Trùng khớp với hai điểm nghẽn cycle time. CĐ9 và CĐ11 chiếm 85/167 sản phẩm tương đương 51% toàn bộ WIP của chuyền, phản ánh sự ùn tắc cục bộ nghiêm trọng tại trung tâm chuyền và gây gián đoạn dòng chảy sản xuất liên tục.

4.2.3. Tính mức sigma dựa trên tỷ lệ lỗi

Bảng 4.7. Bảng thống kê lỗi

Bảng kiểm soát lỗi												
STT	**Tên lỗi**	25/12	26/12	27/12	28/12	29/12	30/12	1/1	2/1	3/1	4/1	Tổng
		Số lượng lỗi										
1	Lệch mí/diễu lưng	5	8	7	7	6	7	4	9	4	6	63
2	Lệch volume	7	3	6	9	8	10	6	5	9	4	67
3	Vặn lai quần	19	17	15	17	21	13	17	21	18	20	178
4	Lỏng thun lưng	13	12	11	12	15	9	11	9	15	8	115
5	Đứt chỉ diễu sườn	4	3	9	7	8	5	7	9	6	6	64
6	Sót chỉ	5	7	4	6	8	5	6	3	4	6	54
Tổng		**53**	**50**	**52**	**58**	**66**	**49**	**51**	**56**	**56**	**50**	**541**

Kết quả thống kê trong 10 ngày đầu triển khai mã hàng cho thấy tổng số lỗi phát sinh tại chuyền 3A là 541 lỗi. Điều này cho thấy khi áp lực sản lượng tăng lên, chất lượng sản phẩm, bắt đầu chịu ảnh hưởng bởi tình trạng mất cân bằng chuyền và sự quá tải tại các công đoạn trọng yếu.

Bảng 4.8. Tổng hợp tỷ lệ lỗi và tỷ lệ tích lũy theo công đoạn

TT	Công đoạn	% lỗi	Tỷ lệ %	% Tích lũy
CĐ1	Phối hàng	0.10%	1.08%	1.08%
CĐ2	May logo	0.27%	2.91%	3.99%
CĐ3	Nối thun lưng	0.21%	2.27%	6.26%
CĐ4	May pince thân trước chính + lót	0.33%	3.56%	9.82%
CĐ5	Nối volume vào thân trước	0.33%	3.56%	13.38%
CĐ6	Lộn và định hình volume	0.31%	3.34%	16.72%
CĐ7	Nối gá mảnh đáy vào thân trước và thân sau	0.25%	2.70%	19.42%
CĐ8	Ráp sườn ống quần	0.57%	6.15%	25.57%
CĐ9	May thun lưng quần (tròn, canh chữ + RULO)	2.12%	22.87%	48.44%
CĐ10	Ép mí/diễu lưng quần	0.63%	6.80%	55.23%
CĐ11	Gấp, may lai quần (tròn)	3.29%	35.49%	90.72%
CĐ12	Đóng bọ khóa chỉ đánh bông lưng x1	0.20%	2.16%	92.88%
CĐ13	Đóng bọ khóa chỉ đánh bông đùi x2	0.18%	1.94%	94.82%
CĐ14	Cắt chỉ	0.48%	5.18%	100.00%
Tổng cộng		9.27%	100.00%	

Tỷ lệ lỗi của chuyền không phân bố đồng đều mà tập trung chủ yếu ở một số công đoạn. CĐ11 Gấp, may lai quần 3.29% có tỷ lệ lỗi cao nhất, tiếp theo là CĐ9 May thun lưng quần 2.12%. Đây là những công đoạn cần được ưu tiên phân tích và cải tiến nhằm giảm lỗi cho toàn chuyền. Trong khi đó, đa số các công đoạn còn lại có tỷ lệ lỗi dưới 1%, cho thấy quá trình sản xuất tương đối ổn định và được kiểm soát tốt. Tổng tỷ lệ lỗi của chuyền là 9.27%, phản ánh vẫn còn tiềm năng cải thiện chất lượng sản phẩm thông qua việc tập trung xử lý các công đoạn có tỷ lệ lỗi cao.

- Tính mức sigma hiện tại của chuyền 3A

Tổng sản phẩm kiểm tra : 5830 sản phẩm

Tổng số lỗi phát sinh : 541 lỗi

Số cơ hội lỗi trên 1 sản phẩm : Được xác định là 6, tương ứng với 6 loại lỗi được theo dõi trong nghiên cứu gồm: lệch mí, lệch volume, vặn lai, lỏng thun, đứt chỉ và sót chỉ.

$$DPMO = \frac{Số\ lỗi}{Tổng\ sản\ phẩm\ \times\ Số\ cơ\ hội\ lỗi\ trên\ 1\ sản\ phẩm} \times 1000000$$

$$DPMO = \frac{541}{5830\ \times 6} \times 1000000 = 15465.98$$

Kết quả tính toán cho thấy mức Sigma hiện tại của chuyền may 3A đạt khoảng 3.67 Sigma. Điều này cho thấy quá trình sản xuất vẫn còn tồn tại tỷ lệ lỗi tương đối cao và chưa đạt trạng thái vận hành ổn định tối ưu trong giai đoạn đầu triển khai mã hàng mới.

4.2.4. Hiệu suất cân bằng chuyền

Trong nghiên cứu này, hiệu suất cân bằng chuyền được tính dựa trên số công đoạn khảo sát. Mỗi công đoạn được xem là một đơn vị sản xuất độc lập với thời gian công đoạn riêng và thực hiện chức năng xử lý riêng trong chuyền may.

Hiệu suất chuyền được xác định theo công thức:

$$\mathrm{LE} = \frac{\text{Tổng thời gian chuẩn}}{(\text{Số công đoạn}\ \times\ \mathrm{CT_{max}})} \times 100\%$$

Trong đó:

- Tổng thời gian chuẩn của các công đoạn: 7.51 phút
- Số công đoạn: 14
- Cycle Time lớn nhất: 0.84 phút

Thay số vào công thức:

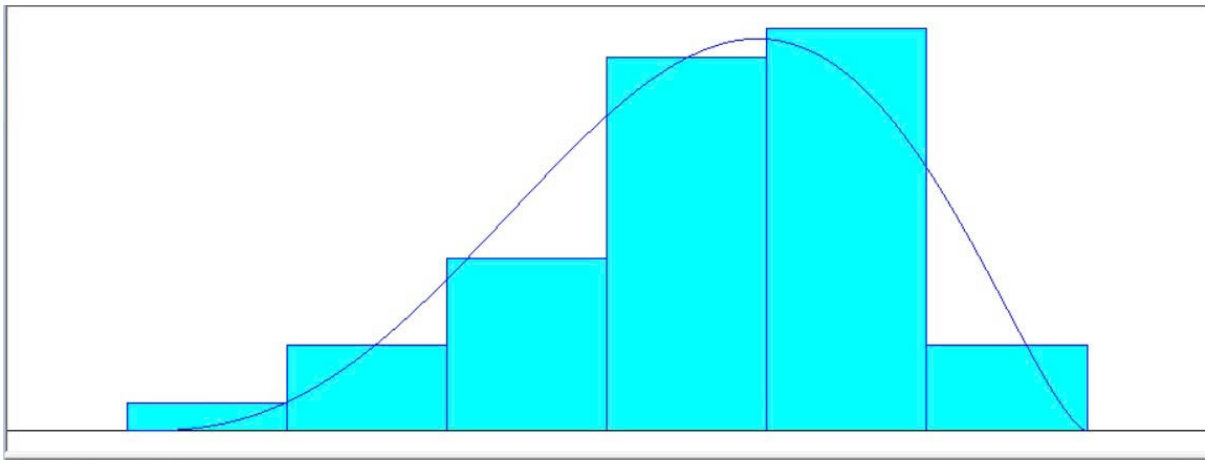
$$LE = \frac{7.51}{(14\ \times\ 0.84)} \times 100\% = 63.8\%$$

Kết quả tính toán cho thấy hiệu suất cân bằng chuyền đạt 63.8 %, phản ánh chuyền may 3A vẫn chưa được cân bằng tối ưu giữa các công đoạn. Mức hiệu suất này cho thấy thời gian làm việc trong chuyền chưa được phân bổ đồng đều, dẫn đến tình trạng một số vị trí phát sinh thời gian chờ trong khi một số vị trí khác chịu tải công việc cao hơn. Điều này ảnh hưởng trực tiếp đến khả năng đáp ứng năng suất kế hoạch và làm giảm hiệu quả sử dụng nguồn lực của chuyền. Vì vậy, cần thực hiện các giải pháp tái cân bằng chuyền và tối ưu hóa thao tác nhằm nâng cao hiệu suất vận hành trong giai đoạn tiếp theo.

4.2.5. Tạo dữ liệu mô phỏng chuyền may 3A bằng Input Analyzer

Để xây dựng hàm phân phối thời gian cho Module trong dây chuyền sản xuất 3A.

Dựa trên dữ liệu thời gian 40 lần đo của các công đoạn được trình bày tại Bảng A.1, Phụ lục A phần mềm Input Analyzer được sử dụng để phân tích dữ liệu và xác định hàm phân phối phù hợp cho từng công đoạn. Hình 4.4 minh hoạ việc sử dụng Input Analyzer của công đoạn 3 để tìm hàm phân phối:



```
Distribution:   Beta
Expression:     0.47 + 0.26 * BETA(3.86, 2.5)
Square Error:   0.006773

Chi Square Test
  Number of intervals   = 3
  Degrees of freedom    = 0
  Test Statistic        = 0.501
  Corresponding p-value < 0.005

Kolmogorov-Smirnov Test
  Test Statistic        = 0.0727
  Corresponding p-value > 0.15

        Data Summary

Number of Data Points   = 40
Min Data Value          = 0.498
Max Data Value          = 0.709
Sample Mean             = 0.629
Sample Std Dev          = 0.0486
```

Hình 4.4. Minh hoạ việc sử dụng Input Analyzer công đoạn 3

Tiếp tục sử dụng tương tự cho các công đoạn còn lại, từ đó ta có bảng kết quả phân tích được như sau:

Bảng 4.9. Hàm phân phối tại các công đoạn

Công đoạn	Hàm phân phối	Mean	SD
CĐ1	0.32 + WEIB(0.101, 3.55)	0.4231	0.0295
CĐ2	NORM(0.501, 0.0384)	0.5106	0.0389
CĐ3	0.47 + 0.26 * BETA(3.86, 2.5)	0.6324	0.0486
CĐ4	0.37 + 0.2 * BETA(5.4, 6.47)	0.4585	0.0317
CĐ5	0.48 + 0.22 * BETA(2.14, 2.64)	0.5901	0.0455
CĐ6	0.48 + WEIB(0.105, 2.42)	0.5705	0.0416
CĐ7	NORM(0.599, 0.0529)	0.5831	0.0536
CĐ8	NORM(0.515, 0.0447)	0.516	0.0453
CĐ9	NORM(0.804, 0.11)	0.843	0.112
CĐ10	0.5 + WEIB(0.0973, 2.49)	0.5885	0.0376
CĐ11	NORM(0.792, 0.111)	0.7922	0.113
CĐ12	0.33 + 0.17 * BETA(3.27, 4.26)	0.4253	0.0302

Công đoạn	Hàm phân phối	Mean	SD
CĐ13	0.34 + GAMM(0.0154, 5.53)	0.4231	0.0332
CĐ14	0.15 + LOGN(0.0334, 0.0125)	0.1832	0.0114

4.3. ANALYZE

Giai đoạn Analyze dùng số liệu đã thu thập để tìm ra nguyên nhân khiến năng suất thấp và tỷ lệ lỗi cao. Nhóm phân tích điểm nghẽn theo TOC để xác định công đoạn làm chậm toàn chuyền, đánh giá mức độ mất cân bằng, phân tích lỗi bằng biểu đồ Pareto, biểu đồ xương cá và bảng 4M tại công đoạn nghẽn để tìm đúng nguyên nhân gốc rễ cần xử lý. Đồng thời, mô phỏng bằng phần mềm Arena được sử dụng để kiểm chứng các kết quả phân tích và đánh giá mức độ ảnh hưởng của điểm nghẽn đến hiệu quả hoạt động của dây chuyền.

4.3.1. Phân tích TOC – xác định điểm nghẽn

- **Bước 1 Identify: Xác định ràng buộc của hệ thống**

Theo TOC, trong mỗi hệ thống sản xuất luôn tồn tại ít nhất một ràng buộc làm giới hạn năng suất của toàn hệ thống. Ràng buộc thường là công đoạn có thời gian xử lý lớn nhất hoặc năng lực thấp nhất, từ đó quyết định tốc độ đầu ra của chuyền sản xuất.

Để xác định ràng buộc của chuyền may 3A, tiến hành so sánh thời gian công đoạn thực tế với nhịp sản xuất của chuyền. Với thời gian làm việc thực tế 480 phút/ngày và sản lượng yêu cầu 750 sản phẩm/ngày, nhịp sản xuất được xác định là 0.64 phút/sản phẩm. Điều này có nghĩa mỗi công đoạn phải hoàn thành sản phẩm trong thời gian không vượt quá 0.64 phút để đáp ứng kế hoạch sản xuất. Kết quả cho thấy một số công đoạn có thời gian công đoạn cao hơn mức yêu cầu, trong đó công đoạn có thời gian công đoạn lớn nhất được xem là điểm nghẽn của hệ thống. Theo nguyên lý TOC, đây chính là ràng buộc quyết định năng lực sản xuất của toàn chuyền vì mọi công đoạn khác dù có năng suất cao hơn cũng không thể làm tăng sản lượng vượt quá khả năng xử lý của công đoạn này. Kết quả so sánh như sau:

Bảng 4.10. So sánh CT thực tế và takt time

STT	Tên công đoạn	Cycle time	Takt time	Chênh lệch	Phân loại
CĐ1	Phối hàng	0.42	0.64	0.220	Bình thường
CĐ2	May logo	0.51	0.64	0.130	Bình thường
CĐ3	Nối thun lưng	0.63	0.64	0.010	Bình thường

STT	Tên công đoạn	Cycle time	Takt time	Chênh lệch	Phân loại
CĐ4	May pince thân trước chính + lót	0.46	0.64	0.180	Bình thường
CĐ5	Nối volume vào thân trước	0.58	0.64	0.060	Bình thường
CĐ6	Lộn và định hình volume	0.57	0.64	0.070	Bình thường
CĐ7	Nối gá mảnh đáy vào thân trước và thân sau	0.59	0.64	0.050	Bình thường
CĐ8	Ráp sườn ống quần	0.52	0.64	0.120	Bình thường
CĐ9	May thun lưng quần (tròn, canh chữ + RULO)	0.84	0.64	-0.200	Nghẽn
CĐ10	Ép mí/diễu lưng quần	0.59	0.64	0.050	Bình thường
CĐ11	Gấp, may lai quần (tròn)	0.79	0.64	-0.150	Nghẽn
CĐ12	Đóng bọ khóa chỉ đánh bông lưng x1	0.4	0.64	0.240	Bình thường
CĐ13	Đóng bọ khóa chỉ đánh bông đùi x2	0.43	0.64	0.210	Bình thường
CĐ14	Cắt chỉ	0.18	0.64	0.460	Bình thường

Kết quả phân tích cho thấy công đoạn 11 là điểm nghẽn với Cycle Time thực tế 0.79 phút/sản phẩm vượt Takt Time 23.4% và Cycle Time công đoạn 9 0.84 phút/sản phẩm, vượt Takt Time 31.2%. Đây là hai công đoạn có mức vượt Takt Time, ảnh hưởng trực tiếp đến năng suất và dòng chảy sản xuất của toàn chuyền.

- **Bước 2 Exploit: Khai thác tối đa năng lực ràng buộc hiện có**

Sau khi xác định CĐ9 và CĐ11 là hai công đoạn rõ ràng của hệ thống, bước tiếp theo trong TOC khai thác thác tối đa năng lực hiện có của các điểm mạnh này mà không cần phải đầu tư thêm nguồn lực. Mục tiêu là loại bỏ các nguyên nhân gây lãng phí và làm giảm hiệu suất, đảm bảo hai giai đoạn này luôn hoạt động liên tục với hiệu suất cao nhất.

Kết quả đo lường thực tế cho thấy thời gian công đoạn thực tế tại CĐ9 đạt 0.84 phút/sản phẩm vượt qua nhịp sản xuất 31.2% và CĐ11 đạt 0.79 phút/sản phẩm vượt qua Nhịp sản xuất 23.4%. Nguyên nhân chủ yếu xuất phát từ việc công nhân phải thực hiện các thao tác gấp và căn chỉnh lai quần thủ công trên vải co giãn 4 chiều có độ đàn hồi cao,

thao tác chưa được chuẩn hóa, mã hàng LCMDOAQ15 là mã hàng mới nên tay nghề chưa đồng đều, và thiếu công cụ hỗ trợ định vị.

Ngoài ra, dữ liệu năng suất trong 10 ngày đầu trong Bảng 2.2. Năng suất chuyền may 3A cho thấy sản lượng dao động từ 551 đến 605 sản phẩm/ngày, tương ứng biên độ dao động 54 sản phẩm/ngày. Mức dao động này phản ánh quá trình vận hành của chuyền chưa ổn định và vẫn tồn tại nhiều tổn thất chưa được kiểm soát. Nếu chuyền duy trì được mức năng suất tốt nhất là 605 sản phẩm/ngày thay vì mức trung bình 583 sản phẩm/ngày thì sản lượng thiếu hụt so với kế hoạch sẽ giảm từ 167 xuống còn 145 sản phẩm/ngày, tương đương cải thiện khoảng 13,2%. Điều này chứng tỏ bản thân hệ thống vẫn còn tồn tại năng lực tiềm ẩn chưa được khai thác hết.

Vì vậy, trước khi thực hiện các giải pháp cải tiến như cân bằng chuyền, bố trí lại lao động hoặc bổ sung thiết bị hỗ trợ, việc tập trung khai thác tối đa năng lực hiện có của hai công đoạn ràng buộc là cần thiết. Tuy nhiên, dù khai thác tốt nhất, chuyền vẫn không thể vượt qua ngưỡng 605 sp/ngày. Khoảng cách từ 605 đến 750 sp/ngày tương đương 145 sp/ngày là khoảng cách cấu trúc, chỉ có thể giải quyết bằng bước Improve. Đây là lý do tại sao Exploit không phải giải pháp mà chỉ là biện pháp duy trì trong thời gian chờ cải tiến thực sự.

- **Bước 3 Subordinate: Điều tiết toàn hệ thống theo nhịp ràng buộc**

Sau khi xác định CĐ9 và CĐ11 là các công đoạn ràng buộc, TOC yêu cầu toàn bộ hệ thống vận hành theo năng lực của các điểm nghẽn này nhằm hạn chế tồn tại kho bán thành sản phẩm, giảm thời gian chờ và cải thiện dòng sản phẩm sản xuất.

Theo cơ chế Drum–Buffer–Rope, CĐ9 với thời gian công đoạn thực tế 0.84 phút/sản phẩm vượt qua Takt Time cao nhất (31.2%) được xác định là công đoạn tạo nhịp của hệ thống (Drum of System). Điều này có nghĩa là sản phẩm toàn toàn không được quyết định bởi tổng số lao động hay tổng số máy có thể bị giới hạn bởi khả năng xử lý của CĐ11.

Đối với Buffer dữ liệu WIP tích lũy 10 ngày cho thấy CĐ9 tồn tại 53 sản phẩm và CĐ11 tồn tại 32 sản phẩm, tổng cộng 85 sản phẩm sử dụng 51% tổng WIP toàn chuyền 85/167 sản phẩm. Trong khi đó, 12 công đoạn còn lại chỉ sử dụng lại 49% WIP, phần lớn phân bố ở mức độ thấp. Mức độ ở CĐ9 và CĐ11 cao hơn nhiều so với nhu cầu thực tế cần thiết, phản ánh các đoạn công đoạn trước đó đang sản xuất vượt quá khả năng tiếp nhận của điểm nghẽn. Số lượng WIP dư thừa này không tạo ra sự gia tăng giá trị mà còn làm tăng diện tích lưu trữ, kéo dài Lead Time và tăng nguy cơ nhầm lẫn giữa bán thành phẩm.

Đối với Rope phân tích cho thấy các công đoạn đầu liên tục cấp bán thành phẩm vào hệ thống với tốc độ vượt quá khả năng sản xuất của CĐ9 và CĐ11. Điều này được phản ánh qua hiệu suất cân bằng chỉ đạt 63.8%, với tổng thời gian chu kỳ chuẩn 7.51 phút và 14 công đoạn. Vì vậy, để hệ thống vận hành theo nguyên tắc Subordinate cần thực hiện cân bằng chuyền, điều chỉnh lại phân công lao động và kiểm soát tốc độ đầu chuyền theo năng lực của CĐ9 và CĐ11. Việc này sẽ giúp giảm lượng WIP tồn đọng, cải thiện hiệu suất dòng chảy sản xuất và tạo tiền đề cho các giải pháp nâng cao năng suất ở giai đoạn Improve.

- **Bước 4 Elevate: Nâng cao năng lực ràng buộc**

Sau khi thực hiện các biện pháp khai thác tối đa năng lực hiện có của ràng buộc và điều tiết toàn bộ hệ thống theo nhịp của điểm nghẽn, bước tiếp theo trong TOC là nâng cao năng lực xử lý của các công đoạn ràng buộc nhằm phá vỡ giới hạn hiện tại của hệ thống. Tại chuyền may 3A, kết quả phân tích cho thấy CĐ9 và CĐ11 không chỉ có CT vượt TT mà còn tồn tại các nguyên nhân làm gia tăng thời gian thao tác như công nhân phải căn chỉnh chi tiết thủ công, thao tác chưa được chuẩn hóa, phân bố lao động chưa hợp lý và thiếu các thiết bị hỗ trợ trong quá trình may.

Do đó, việc nâng cao năng lực của các công đoạn này cần tập trung vào cả yếu tố kỹ thuật và tổ chức sản xuất. Về mặt kỹ thuật, cần nghiên cứu và áp dụng các thiết bị hỗ trợ thao tác như cữ gấp lai nhằm giảm thời gian căn chỉnh, tăng độ ổn định của thao tác và hạn chế sự phụ thuộc vào kỹ năng cá nhân của công nhân. Về mặt tổ chức, cần thực hiện cân bằng chuyền và tái phân bổ lao động dựa trên tải công việc thực tế của từng công đoạn, đồng thời xây dựng quy trình thao tác chuẩn SOP để giảm sự khác biệt giữa các công nhân và duy trì năng suất ổn định.

Bên cạnh đó, trước khi áp dụng trên thực tế, các phương án cải tiến cần được đánh giá thông qua mô phỏng hệ thống sản xuất nhằm dự đoán tác động đến năng suất, mức tồn kho bán thành phẩm và khả năng đáp ứng sản lượng mục tiêu. Việc mô phỏng cho phép kiểm chứng hiệu quả của các giải pháp trong môi trường thử nghiệm, từ đó giảm rủi ro khi triển khai thực tế và lựa chọn phương án tối ưu nhất.

Như vậy, bước 4 hướng đến việc loại bỏ các nguyên nhân gốc rễ làm suy giảm năng lực của CĐ9 và CĐ11, qua đó nâng cao công suất của điểm nghẽn, cải thiện dòng chảy sản xuất và tạo điều kiện để toàn chuyền tiến gần hơn đến mức sản lượng yêu cầu 750 sản phẩm/ngày.

4.3.2. Phân tích hiệu suất cân bằng chuyền và WIP

4.3.2.1. Các chỉ số cân bằng chuyền hiện tại

Dựa trên dữ liệu CT thực tế của 14 công đoạn, nghiên cứu tiến hành đánh giá mức độ cân bằng chuyền thông qua các chỉ số Hiệu suất chuyền, Tỷ lệ mất cân bằng chuyền, Chỉ số độ mượt của chuyền.

Hiệu suất chuyền (LE) chỉ đạt 63.8%, thấp hơn đáng kể so với mức mong muốn của các chuyền may sản xuất hàng loạt. Điều này có nghĩa chỉ có 63.8% tổng thời gian lao động của chuyền được sử dụng để tạo ra giá trị gia tăng, trong khi 36.2% thời gian còn lại bị mất do sự chênh lệch năng lực giữa các công đoạn. Nguyên nhân chủ yếu là sự tồn tại của các công đoạn nghẽn có thời gian công đoạn CT cao hơn đáng kể so với phần còn lại của chuyền, khiến các công đoạn phía trước và phía sau phải chờ đợi hoặc điều chỉnh tốc độ làm việc theo nhịp nghẽn.

Tỷ lệ mất cân bằng chuyền được xác định như sau:

BL = 100% - LE = 100% - 63.8% = 36.2% (Với LE là hiệu suất chuyền đã tính)

Tỷ lệ mất cân bằng chuyền đạt 36.2% cho thấy tỷ lệ thời gian nhàn rỗi và lãng phí trong chuyền còn khá cao. Điều này đồng nghĩa với việc gần 36.2% năng lực sản xuất của chuyền chưa được khai thác hiệu quả do sự mất cân bằng giữa các công đoạn. Mức BL này phản ánh sự chênh lệch đáng kể về khối lượng công việc và thời gian thực hiện giữa các vị trí làm việc, dẫn đến hiện tượng một số công đoạn thường xuyên quá tải trong khi các công đoạn khác phải chờ đợi hoặc hoạt động dưới công suất.

$SI = \sqrt{\sum_{i=1}^{n}(CT\ \max - CT\ i)^2}$ = SI=$\sqrt{1.6415}$ = 1.28

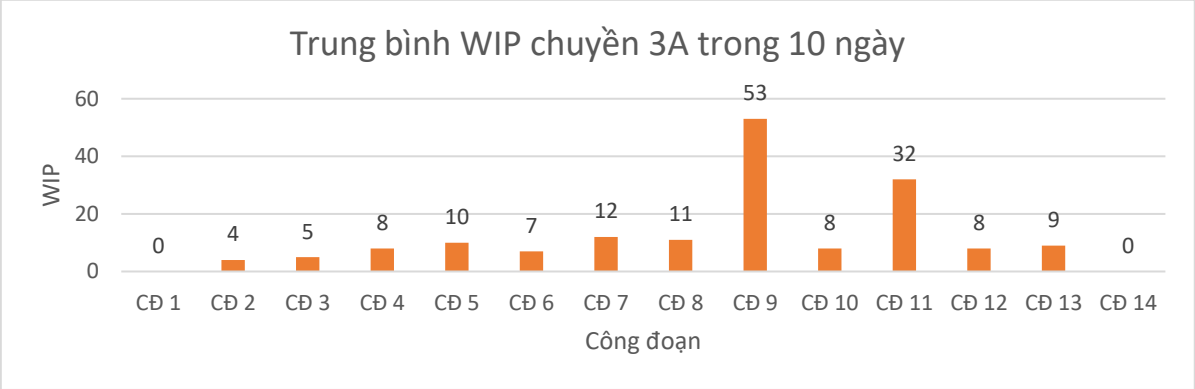
Với : CT_{max} là thời gian công đoạn lớn nhất

CT_i là thời gian công đoạn từ CĐ 1 đến CĐ 14

Chỉ số độ mượt của chuyền bằng 1.28 cho thấy mức độ phân tán thời gian thực hiện giữa các công đoạn còn khá lớn. Về mặt lý thuyết, SI = 0 là trạng thái lý tưởng khi toàn bộ công đoạn có thời gian thực hiện bằng nhau. Giá trị SI càng cao chứng tỏ công việc giữa các công đoạn càng không đồng đều. Kết quả này cho thấy chuyền may 3A đang tồn tại sự mất cân bằng đáng kể, trong đó một số công đoạn có thời gian công đoạn CT thấp hơn nhiều so với công đoạn nghẽn, tạo ra khoảng cách lớn về năng lực sản xuất giữa các vị trí làm việc.

4.3.2.2. Phân tích WIP

Số liệu trung bình WIP thu thập trong 10 ngày đầu triển khai từ Bảng 4.6 cho thấy tổng WIP trung bình toàn chuyền là 167 sản phẩm, phân bổ không đồng đều.



Hình 4.5. Biểu đồ theo dõi tồn WIP TB trên chuyền

Bảng 4.11. So sánh tỉ lệ tồn WIP tại các vùng nghẽn

Vùng chuyền	Công đoạn	WIP (sp)	% tổng
Đầu chuyền	CĐ1-8	57	34.1%
Điểm nghẽn 1	CĐ9	53	31.7%
Điểm nghẽn 2	CĐ11	32	19.2%
Cuối chuyền	CĐ10, CĐ12-14	25	15%

Các công đoạn đầu chuyền CĐ1–CĐ8 có thời gian công đoạn CT tương đối thấp nên liên tục đẩy bán thành phẩm về phía sau với tốc độ nhanh hơn khả năng xử lý của nghẽn. Điều này tạo ra lượng WIP tích tụ dần trước CĐ9. Tại CĐ9 CT chuẩn 0.84 phút, WIP trung bình đạt 53 sản phẩm. Công nhân chịu áp lực cao, phải tăng tốc thao tác gây tỷ lệ lỗi tăng 2.12%. Lan truyền sang CĐ11 CT chuẩn 0.79 phút, WIP trung bình đạt 32 sản phẩm gây tỷ lệ lỗi tăng 3.29%. Hậu quả ở cuối chuyền CĐ12–CĐ14 chỉ nhận được hàng nhỏ giọt. Công nhân và máy móc thường xuyên rơi vào tình trạng chờ hàng, lãng phí năng lực nghiêm trọng.

Kết quả: 51% WIP tập trung ở vùng nghẽn CĐ9 và CĐ11, trong khi cuối chuyền gần như thiếu hàng. Đây chính là điển hình của chuyền khi bị mất cân bằng một số vị trí quá tải nặng, một số vị trí lại nhàn rỗi.

4.3.3. Phân tích chất lượng theo Six Sigma

Theo bảng chuyển đổi Sigma, giá trị DPMO 15465.98 tương ứng với mức năng lực quá trình khoảng 3.67 Sigma. Mặc dù đây là mức chất lượng chấp nhận được trong nhiều ngành sản xuất, nhưng vẫn chưa đáp ứng mục tiêu chất lượng của Scavi đối với các đơn hàng xuất khẩu. Do đó, mục tiêu cải tiến được đặt ra là nâng mức Sigma lên tối thiểu 3.8 tương ứng với giá trị DPMO 10724.47.

Ngoài ra, sự chênh lệch giữa thời gian công đoạn và nhịp sản xuất cho thấy thao tác làm việc chưa được chuẩn hóa hoàn toàn, công nhân vẫn phải thực hiện nhiều hoạt động căn chỉnh thủ công do thiếu công cụ hỗ trợ. Đây là những nguyên nhân góp phần làm tăng

tỷ lệ lỗi và làm giảm năng lực quá trình. Vì vậy, việc cải thiện chất lượng cần gắn liền với các giải pháp cân bằng chuyền, giảm tải công đoạn nghẽn, chuẩn hóa thao tác và bổ sung thiết bị hỗ trợ trong giai đoạn cải tiến tiếp theo.

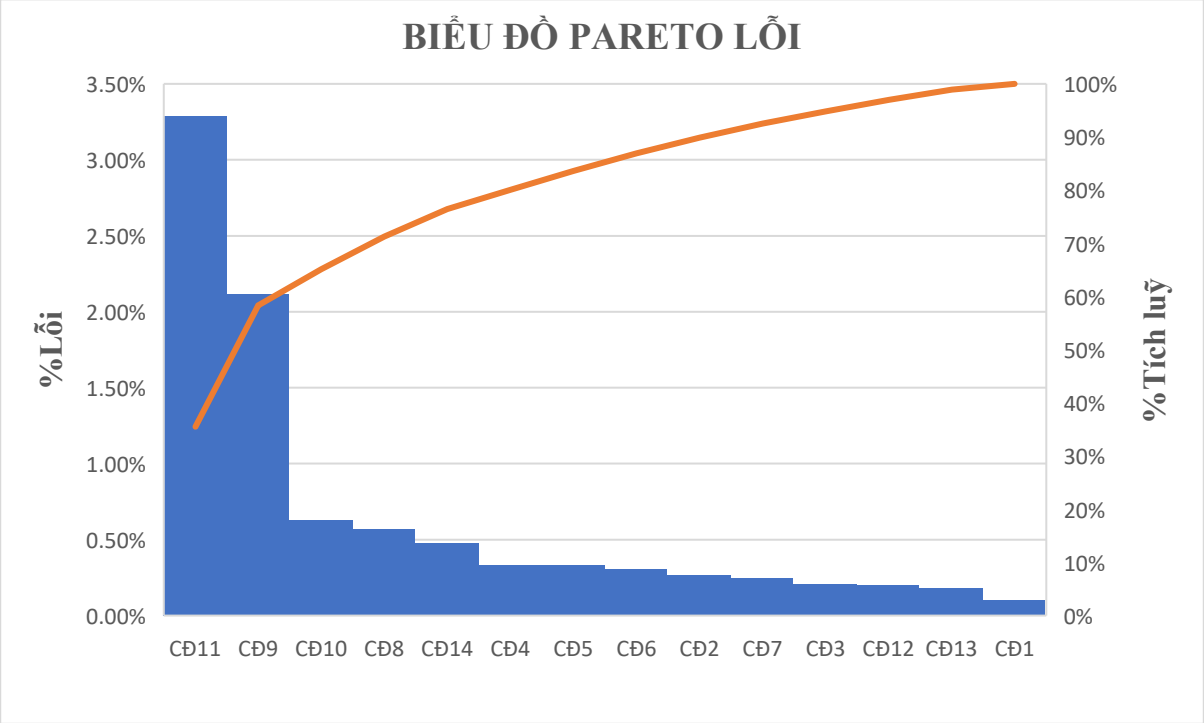
4.3.3.1. Phân tích Pareto —Xác định công đoạn ưu tiên

Dữ liệu lỗi phát sinh tại các công đoạn được tổng hợp nhằm xác định các vị trí có tỷ lệ lỗi cao, làm cơ sở cho việc phân tích và cải tiến chất lượng sản phẩm. Kết quả được trình bày từ Bảng 4.8.

Phân tích tỷ lệ lỗi theo từng công đoạn cho thấy sự tập trung rõ rệt:

Bảng 4.12. Công đoạn lỗi chiếm tỷ lệ cao

Thứ tự	Công đoạn	% lỗi	% tích lũy	Ghi chú
1	CĐ9 - May thun lưng quần (tròn, canh chữ + RULO)	2.12%	22.86%	Nghẽn
2	CĐ11 – Gấp, may lai quần	3.29%	58.36%	Nghẽn
3	Các công đoạn còn lại	3.86%	100%	Bình thường



Hình 4.6. Biểu đồ Pareto lỗi

Kết quả phân tích Pareto cho thấy lỗi tập trung chủ yếu tại các CĐ9 và CĐ11. Đồng thời, đây cũng là hai công đoạn duy nhất có tỷ lệ lỗi vượt mục tiêu chất lượng (<1%) của doanh nghiệp. Do đó, nghiên cứu tập trung phân tích nguyên nhân và đề xuất giải pháp cải tiến đối với hai công đoạn này.

4.3.4. Phân tích nguyên nhân lỗi

4.3.4.1. Xác định lỗi ưu tiên trong nhóm 6 lỗi toàn chuyền

Trong quá trình theo dõi sản xuất tại chuyền 3A, 6 nhóm lỗi chất lượng được ghi nhận trên toàn bộ 14 công đoạn. Tuy nhiên, không phải tất cả các lỗi đều thuộc cùng một công đoạn mỗi nhóm lỗi có nguồn gốc phát sinh tại công đoạn cụ thể và cần được giải quyết tại đúng nguồn gốc đó. Hai nhóm lỗi được chọn làm trọng tâm cải tiến là Vặn lai quần CĐ11 ưu tiên cao và Lỏng thun lưng CĐ9 ưu tiên trung bình. Hai lỗi này được phân tích và giải quyết theo phương pháp DMAIC trong các phần tiếp theo với triết lý chung loại bỏ nguồn biến động tại gốc rễ, không chỉ kiểm tra sau khi lỗi đã xảy ra.

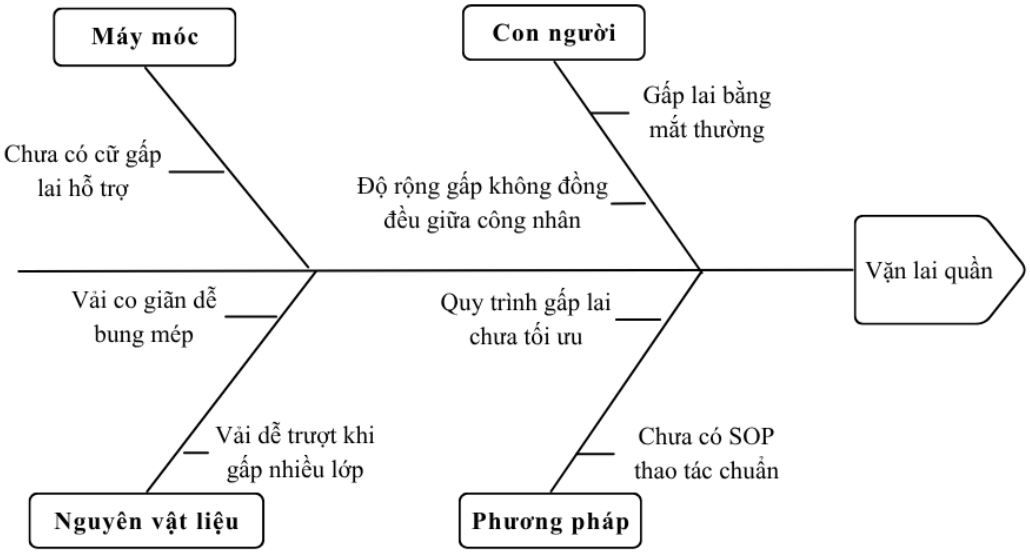
Bảng 4.13. Phân tích lỗi ưu tiên trong 6 nhóm lỗi toàn chuyền

Loại lỗi	Mô tả	Công đoạn phát sinh	Ưu tiên
Vặn lai quần	Ống quần bị xoắn, lai không nằm phẳng sau khi may	CĐ11 Gấp, may lai quần	Cao
Lỏng thun lưng	Thun lưng không được may giữ chặt, dễ bị trượt sau sử dụng	CĐ9 May thun lưng quần	Trung bình
Lệch mí/diễu lưng	Đường diễu không song song mép vải, mí bị lệch so với đường chuẩn	CĐ10 Ép mí/diễu lưng quần	Thấp
Lệch volume	Thể tích phần volume không đều, phồng/lõm không đúng chuẩn	CĐ5 Nối volume vào thân trước	Thấp
Đứt chỉ diễu sườn	Chỉ tại đường diễu sườn bị đứt sau một số lần sử dụng	CĐ8 Ráp sườn ống quần	Thấp
Sót chỉ	Chỉ thừa không được cắt sạch tại đầu/cuối đường may	CĐ14 Cắt chỉ	Thấp

4.3.4.2. Phân tích nguyên nhân gốc rễ tại công đoạn 11 bằng biểu đồ xương cá và 4M

a) Biểu đồ xương cá phân tích nguyên nhân lỗi tại công đoạn 11

Lỗi vặn lai quần có tỷ lệ xuất hiện cao tại công đoạn CĐ11. Mặc dù công nhân đã được hướng dẫn thao tác và thực hiện kiểm tra trong quá trình may, lỗi vẫn phát sinh. Qua quan sát thực tế cho thấy thao tác gấp lai hiện được thực hiện hoàn toàn bằng tay, phụ thuộc nhiều vào kỹ năng của công nhân. Khi thao tác không đồng đều hoặc vị trí gấp lai thay đổi trong quá trình may, sản phẩm dễ xuất hiện hiện tượng vặn lai sau khi hoàn thành.



Hình 4.7. Biểu đồ xương cá phân tích nguyên nhân công đoạn 11

b) Bảng phân tích 4M nguyên nhân tiềm ẩn, mức độ ảnh hưởng công đoạn 11

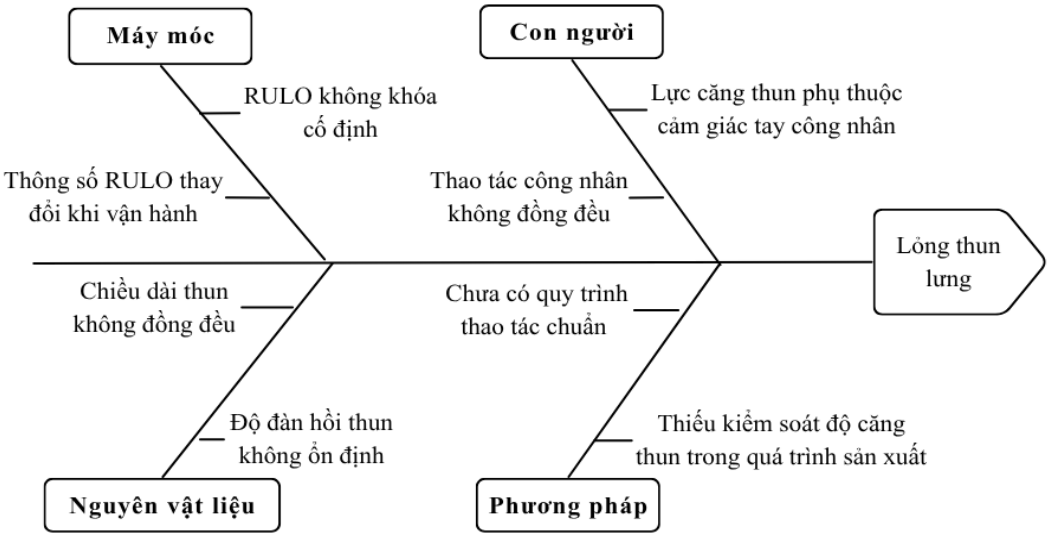
Bảng 4.14. Bảng phân tích 4M công đoạn 11

Nhóm 4M	Nguyên nhân tiềm ẩn	Biểu hiện lỗi	Mức độ ảnh hưởng
Man (Con người)	Thao tác gấp vải phụ thuộc hoàn toàn vào kinh nghiệm cá nhân. Mỏi tay cuối ca làm giảm lực giữ vải không có điểm tựa cố định khi gấp	Lai quần bị xoắn không đều giữa các sản phẩm; sai số tích lũy rõ rệt theo thời gian trong ca	Cao: Biến động ngẫu nhiên, không thể kiểm soát hoàn toàn bằng đào tạo
Machine (Máy móc)	Máy ĐB2K3C không tích hợp cơ cấu gấp vải. Chân vịt không có dẫn hướng mép lai. Tốc độ máy không điều chỉnh linh hoạt tại vị trí đầu/cuối đường may.	Công nhân phải gấp tay song song với thao tác đưa vải vào máy dễ phát sinh sai lệch làm lỗi gia tăng	Rất cao: Đây là nguyên nhân chính làm tăng tỷ lệ lỗi tại công đoạn
Material (Vật liệu)	Độ co giãn và độ dày của vải có sự khác biệt giữa các lô nguyên liệu, đặc biệt tại vị trí nối đáy quần.	Lực kéo căng khác nhau dễ bị co giãn hoặc co rút không đều	Trung bình: Có ảnh hưởng nhưng có thể hạn chế bằng thiết bị hỗ trợ và kiểm soát nguyên liệu.
Method (Phương pháp)	SOP hiện tại yêu cầu nhiều thao tác song song (gấp + giữ + đưa vải + may) Không có điểm kiểm tra rong quá trình thực hiện công đoạn	Công nhân khó kiểm soát độ đồng đều của lai, lỗi thường chỉ được phát hiện sau khi may xong	Cao: Thiết kế SOP hiện tại qúa sức với năng lực công nhân

Kết luận: Nguồn gốc lỗi CĐ11 là thao tác gấp lai thủ công chiếm 60–70% thời gian công đoạn, không có thiết bị kiểm soát chiều rộng lai cần cữ gấp lai là giải pháp cốt lõi, không thể giải quyết bằng cải tiến phương pháp đơn thuần.

4.3.4.3. Phân tích nguyên nhân gốc rễ tại công đoạn 9 bằng biểu đồ xương cá và 4M

a) Biểu đồ xương cá phân tích nguyên nhân lỗi tại CĐ9



Hình 4.8. Biểu đồ xương cá công đoạn 9

Lỗi lỏng thun lưng được xác định phát sinh tại CĐ9 – công đoạn may thun lưng quần. Mặc dù không có tần suất xuất hiện cao nhất, nhưng đây là lỗi có mức độ ảnh hưởng lớn do khó phát hiện ngay tại công đoạn sản xuất. Kết quả phân tích 4M cho thấy nguyên nhân chủ yếu đến từ sự không ổn định của lực căng thun, thông số RULO và việc thiếu quy trình kiểm soát tại nguồn, làm cho lỗi có thể tiếp tục phát sinh và lan truyền sang các công đoạn sau.

b) Bảng phân tích 4M nguyên nhân tiềm ẩn, mức độ ảnh hưởng công đoạn 9

Bảng 4.15. Bảng phân tích 4M công đoạn 9

Nhóm 4M	Nguyên nhân tiềm ẩn	Biểu hiện lỗi	Mức độ ảnh hưởng
Man (Con người)	Lực căng thun khi đặt vào máy phụ thuộc hoàn toàn cảm giác tay từng công nhân không có điểm tham chiếu lực mỗi vòng may một mức căng khác nhau. Mỏi tay cuối ca lực căng giảm dần theo thời gian trong ca	Thun lưng lỏng không đều giữa các sản phẩm trong cùng lô; lỗi tăng rõ rệt ở cuối ca	Cao: Lực kéo thun của công nhân không ổn định là nguyên nhân chính gây phát sinh lỗi, khó khắc phục hoàn toàn chỉ bằng đào tạo
Machine (Máy móc)	Thông số RULO không được khóa cố định sau khi cài đặt	Thun được may với lực căng biến động	Rất cao: RULO lệch ảnh hưởng đồng loạt

	RULO bị tự xê dịch do rung động máy trong ca không có cơ chế phản hồi khi thông số lệch khỏi chuẩn	ngầm lỗi không nhìn thấy trong quá trình may, chỉ phát hiện ở kiểm tra thành phẩm	toàn bộ sản phẩm trong ca
Material (Vật liệu)	Thun có độ đàn hồi biến động giữa các lô nguyên liệu cùng lực may nhưng độ phục hồi khác nhau giữa lô chiều dài thun không đồng đều trong cùng một bó chi tiết sản xuất do cắt tay	Sản phẩm đạt tiêu chuẩn khi may nhưng sau giặt, sử dụng thun bị lỏng do tính đàn hồi thực tế thấp hơn kỳ vọng	Trung bình: Biến động nguyên vật liệu từ con người và máy móc nên sau khi kiểm soát được 2 nhóm trên ảnh hưởng giảm đáng kể
Method (Phương pháp)	Không có quy trình kiểm soát tại lực căng thun từng bước thao tác không có bước kiểm tra độ căng thun sau may trước khi chuyển công đoạn tiếp không có quy trình xác nhận thông số RULO đầu ca	Lỗi lỏng thun đi qua toàn bộ dây chuyền không bị chặn chỉ phát hiện ở QC cuối chuyền, chi phí sửa cao	Cao: Thiếu quy trình kiểm soát tại điểm phát sinh RULO là lý do chưa đủ: cần song song cả khóa RULO lẫn xác nhận quy trình

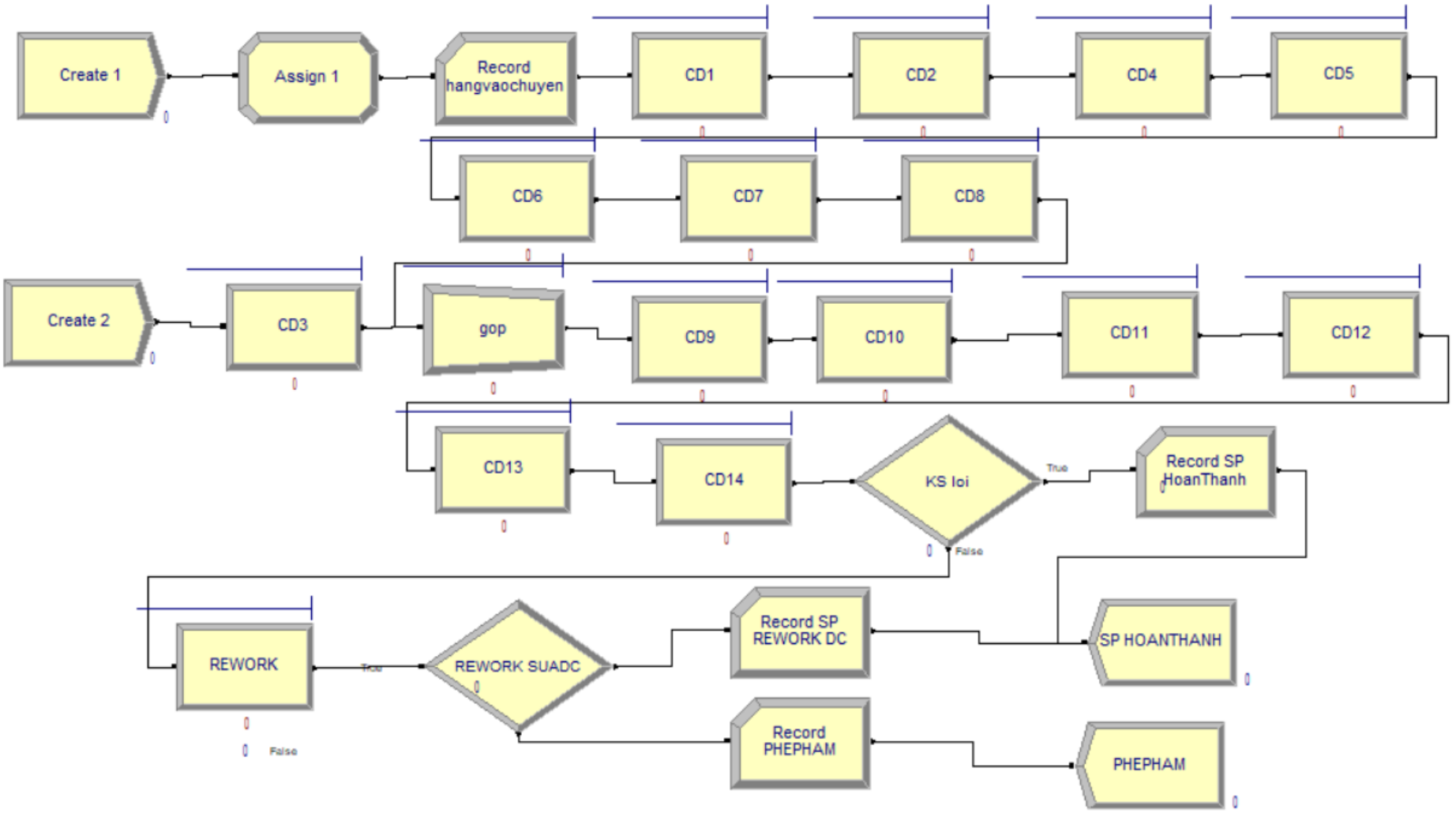
Kết luận: Thiếu quy trình chuẩn hóa kiểm soát thông số RULO kết hợp với sự tồn tại song song của thao tác căng tay khiến lực căng thun bị ảnh hưởng bởi hai nguồn tác động chồng lấp lên nhau. Giải pháp không cần thiết bị mới mà cần khóa RULO và loại bỏ thao tác căng tay.

4.3.5. Kiểm chứng kết quả chuyền 3A bằng mô phỏng Arena trước cải tiến

4.3.5.1. Thiết lập mô hình trước cải tiến

Để kiểm chứng tính hiệu quả và tính khả thi mô hình mô phỏng bằng phần mềm Arena được xây dựng dựa trên sơ đồ logic của dây chuyền may 3A. Mô hình nhằm tái hiện quá trình sản xuất trước và sau cải tiến để so sánh các chỉ tiêu như sản lượng, WIP, tỷ lệ lỗi và hiệu suất chuyền, từ đó xác nhận mức độ cải thiện đạt được trong điều kiện vận hành mô phỏng.

Dựa trên sơ đồ logic đã xây dựng ở chương trước, mô hình Arena được thiết kế để phản ánh sát thực tế luồng sản xuất của dây chuyền 3A, từ khi nguyên phụ liệu được đưa vào cho đến khi sản phẩm hoàn thiện rời khỏi hệ thống. Đặc biệt, mô hình thể hiện đặc trưng hai nguồn cấp liệu song song của chuyền may, sau đó được đồng bộ và tiếp tục qua các công đoạn lắp ráp, hoàn thiện nhằm đảm bảo mô hình hóa chính xác quy trình sản xuất thực tế.



Hình 4.9. Sơ đồ mô phỏng dây chuyền 3A trước cải tiến

❖ Luồng đầu vào và các công đoạn sản xuất

Luồng thứ nhất được khởi tạo bởi module Create 1, có nhiệm vụ phát sinh các đơn vị bán thành phẩm theo phân phối thời gian đến đã được xác định từ dữ liệu thực tế. Ngay sau khi được tạo ra, mỗi thực thể đi qua module Assign 1 để được gán các thuộc tính cần thiết phục vụ theo dõi trong suốt quá trình mô phỏng, đồng thời qua module Record hàng vào chuyền để ghi nhận số lượng đầu vào. Tiếp theo, bán thành phẩm lần lượt đi qua các công đoạn CĐ1 → CĐ2 → CĐ4 → CĐ5 → CD6 → CĐ7 → CĐ8, mỗi công đoạn tương ứng với một trạm làm việc trên chuyền may với thời gian xử lý được mô tả bằng phân phối xác suất.

Song song với đó, luồng thứ hai được khởi tạo bởi module Create 2 đi qua công đoạn CĐ3 trước khi hội tụ với luồng chính. Điểm hội tụ này được thể hiện bằng module.gop, đóng vai trò đồng bộ hóa hai luồng nguyên liệu, đảm bảo rằng sản phẩm chỉ được tiếp tục xử lý khi cả hai thành phần đã sẵn sàng. Đây là một đặc điểm quan trọng trong thực tế sản xuất, nơi mà nhiều bộ phận của sản phẩm được gia công song song rồi ghép lại tại một điểm lắp ráp nhất định. Sau khi qua gộp, bán thành phẩm hoàn chỉnh tiếp tục đi qua chuỗi công đoạn CĐ9 → CĐ10 → CĐ11 → CĐ12 → CĐ13 → CĐ14, hoàn tất toàn bộ quá trình may.

❖ Kiểm tra chất lượng và sản phẩm lỗi

Sau công đoạn CĐ14, mỗi sản phẩm được đưa đến trạm kiểm tra chất lượng, được mô hình hóa bằng module KS lỗi một nút quyết định Decide phân luồng sản phẩm dựa trên tỷ lệ lỗi thực tế của chuyền. Những sản phẩm đạt chất lượng nhánh True được ghi nhận tại module Record SP Hoàn Thành và rời khỏi hệ thống, đại diện cho sản lượng thực tế của chuyền trong một ca sản xuất.

Đối với sản phẩm không đạt yêu cầu nhánh False, thực thể được chuyển sang module REWORK để tiến hành sửa chữa. Thời gian thực hiện công đoạn rework được xác định dựa trên dữ liệu bấm giờ thực tế và mô tả bằng phân phối. Sau khi sửa chữa, sản phẩm tiếp tục đi qua nút quyết định REWORK DC để xác định khả năng phục hồi. Những sản phẩm sửa chữa thành công, được ghi nhận tại Record SP REWORK DC rồi nhập vào luồng SP HOANTHANH, đóng góp vào sản lượng đầu ra cuối cùng. Ngược lại, sản phẩm không thể phục hồi được ghi nhận tại Record PHEPHAM và loại bỏ khỏi hệ thống thông qua module PHEPHAM, phản ánh tỷ lệ phế phẩm thực tế của chuyền may.

4.3.5.2. Thông số các module

Module Create được tạo thông số theo nhịp sản xuất 0.64 phút để đáp ứng yêu cầu của khách hàng:

Create - Basic Process

	Name	Entity Type	Type	Value	Units	Entities per Arrival	Max Arrivals	First Creation
1	Create 1	Entity 1	Constant	0.64	Minutes	1	Infinite	0.0
2	Create 2	Entity 1	Constant	0.64	Minutes	1	Infinite	0.0

Hình 4.10. Thông số Module Create trong Arena

Các hàm phân phối xác suất của từng Process sau khi hiệu chỉnh và kiểm định mức độ phù hợp được trình bày trong Hình 4.11.

Process - Basic Process

	Name	Type	Action	Priority	Resources	Delay Type	Units	Allocation	Value	Expression	Report Statistics
1	CD2	Standard	Seize Delay Release	Medium(2)	2 rows	Expression	Minutes	Value Added	1	NORM(0.501, 0.0384)	☑
2	CD3	Standard	Seize Delay Release	Medium(2)	2 rows	Expression	Minutes	Value Added	1	0.47 + 0.26 * BETA(3.86, 2.5)	☑
3	CD4	Standard	Seize Delay Release	Medium(2)	2 rows	Expression	Minutes	Value Added	1	0.37 + 0.2 * BETA(5.4, 6.47)	☑
4	CD5	Standard	Seize Delay Release	Medium(2)	2 rows	Expression	Minutes	Value Added	1	0.48 + 0.22 * BETA(2.14, 2.64)	☑
5	CD6	Standard	Seize Delay Release	Medium(2)	2 rows	Expression	Minutes	Value Added	1	0.48 + WEIB(0.105, 2.42)	☑
6	CD7	Standard	Seize Delay Release	Medium(2)	2 rows	Expression	Minutes	Value Added	1	NORM(0.599, 0.0529)	☑
7	CD8	Standard	Seize Delay Release	Medium(2)	2 rows	Expression	Minutes	Value Added	1	NORM(0.515, 0.0447)	☑
8	CD9	Standard	Seize Delay Release	Medium(2)	2 rows	Expression	Minutes	Value Added	1	NORM(0.804, 0.11)	☑
9	CD10	Standard	Seize Delay Release	Medium(2)	2 rows	Expression	Minutes	Value Added	1	0.5 + WEIB(0.0973, 2.49)	☑
10	CD11	Standard	Seize Delay Release	Medium(2)	2 rows	Expression	Minutes	Value Added	1	NORM(0.792, 0.111)	☑
11	CD12	Standard	Seize Delay Release	Medium(2)	2 rows	Expression	Minutes	Value Added	1	0.33 + 0.17 * BETA(3.27, 4.26)	☑
12	CD13	Standard	Seize Delay Release	Medium(2)	2 rows	Expression	Minutes	Value Added	1	0.34 + GAMM(0.0154, 5.53)	☑
13	CD1	Standard	Seize Delay Release	Medium(2)	1 rows	Expression	Minutes	Value Added	1	0.32 + WEIB(0.101, 3.55)	☑
14	REWORK	Standard	Seize Delay Release	Medium(2)	1 rows	Constant	Minutes	Value Added	0.64	NORM(0.468, 0.0379)	☑
15	CD14	Standard	Seize Delay Release	Medium(2)	1 rows	Expression	Minutes	Value Added	1	0.15 + LOGN(0.0334, 0.0125)	☑

Hình 4.11. Hàm phân phối các Module Process trong Arena

Batch (gop): Sử dụng chế độ Permanent để gộp bán thành phẩm từ công đoạn 3 và công đoạn 8 thành một thực thể mới trước khi chuyển sang công đoạn 9

Batch - Basic Process

	Name	Type	Batch Size	Save Criterion	Rule	Representative Entity Type
1	gop	Permanent	2	Product	Any Entity	Entity 1

Hình 4.12. Cấu hình gộp công đoạn 3 và công đoạn 8

Trong mô hình Arena, mỗi công đoạn được gán các Resource bao gồm công nhân và máy móc. Mỗi Resource được thiết lập Capacity nhằm biểu diễn số lượng đơn vị có thể hoạt động đồng thời.

- Capacity = 1 thể hiện tại công đoạn chỉ có 1 công nhân hoặc 1 máy phục vụ tại một thời điểm.
- Capacity = 2 thể hiện công đoạn có 2 công nhân hoặc 2 máy có thể xử lý song song.

Resource - Basic Process

	Name	Type	Capacity	Busy / Hour	Idle / Hour	Per Use	StateSet Name	Failures	Report Statistics
1	CN.CD13	Fixed Capacity	1	0.0	0.0	0.0		0 rows	☑
2	MAY.BO1KIM.CD13	Fixed Capacity	1	0.0	0.0	0.0		0 rows	☑
3	CN.CD12	Fixed Capacity	2	0.0	0.0	0.0		0 rows	☑
4	MAY.BO1KIM.CD12	Fixed Capacity	2	0.0	0.0	0.0		0 rows	☑
5	CN.CD10	Fixed Capacity	2	0.0	0.0	0.0		0 rows	☑
6	MAY.BO1KIM.CD10	Fixed Capacity	2	0.0	0.0	0.0		0 rows	☑
7	CN.CD9	Fixed Capacity	1	0.0	0.0	0.0		0 rows	☑
8	MAY.DB3K4C.CD9	Fixed Capacity	1	0.0	0.0	0.0		0 rows	☑
9	CN.CD8	Fixed Capacity	2	0.0	0.0	0.0		0 rows	☑
10	MAY.DB4K6C.CD8	Fixed Capacity	2	0.0	0.0	0.0		0 rows	☑
11	CN.CD7	Fixed Capacity	2	0.0	0.0	0.0		0 rows	☑
12	MAY.DB4K6C.CD7	Fixed Capacity	2	0.0	0.0	0.0		0 rows	☑
13	CN.CD5	Fixed Capacity	2	0.0	0.0	0.0		0 rows	☑
14	MAY.VS2K4C.CD5	Fixed Capacity	2	0.0	0.0	0.0		0 rows	☑
15	CN.CD4	Fixed Capacity	1	0.0	0.0	0.0		0 rows	☑
16	MAY.VS2K4C.CD4	Fixed Capacity	1	0.0	0.0	0.0		0 rows	☑
17	CN.CD3	Fixed Capacity	2	0.0	0.0	0.0		0 rows	☑
18	MAY.BO3MUI.CD3	Fixed Capacity	2	0.0	0.0	0.0		0 rows	☑
19	CN.CD2	Fixed Capacity	1	0.0	0.0	0.0		0 rows	☑
20	MAY.BO1KIM.CD2	Fixed Capacity	1	0.0	0.0	0.0		0 rows	☑
21	CN.CD1	Fixed Capacity	1	0.0	0.0	0.0		0 rows	☑
22	CN.CDREWORD	Fixed Capacity	1	0.0	0.0	0.0		0 rows	☑
23	CN.CD6	Fixed Capacity	2	0.0	0.0	0.0		0 rows	☑
24	MAY.BO1KIM.CD6	Fixed Capacity	2	0.0	0.0	0.0		0 rows	☑
25	CN.CD11	Fixed Capacity	2	0.0	0.0	0.0		0 rows	☑
26	MAY.DB2K3C.CD11	Fixed Capacity	2	0.0	0.0	0.0		0 rows	☑
27	CN.CD14	Fixed Capacity	1	0.0	0.0	0.0		0 rows	☑

Hình 4.13. Cấu hình nguồn lực tại các công đoạn sản xuất

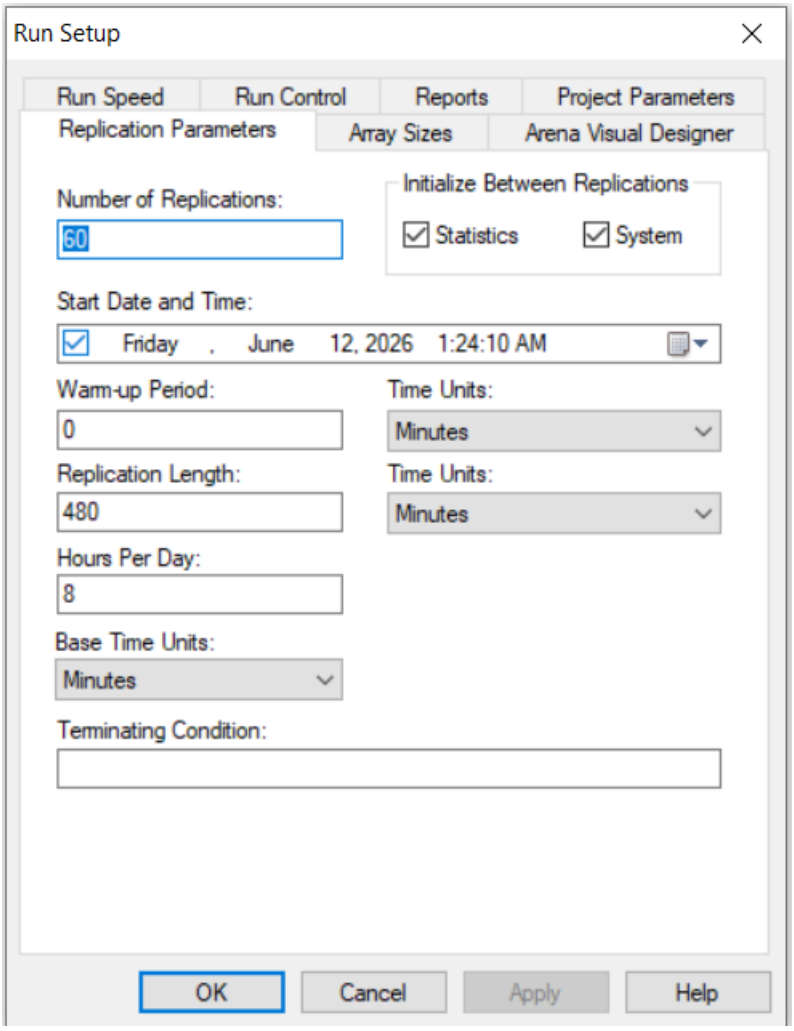
Trong mô hình sau cải tiến logic rẽ nhánh tại module Decide được cập nhật theo xác suất phát sinh lỗi thực tế của từng công đoạn, nhằm đảm bảo mô hình mô phỏng phản ánh chính xác điều kiện vận hành hiện tại. Cấu hình chi tiết được thể hiện trong hình dưới đây:

Decide - Basic Process

	Name	Type	Percent True
1	KS loi	2-way by Chance	91
2	REWORK SUADC	2-way by Chance	90

Hình 4.14. Cấu hình phân phối xác suất lỗi tại Decide

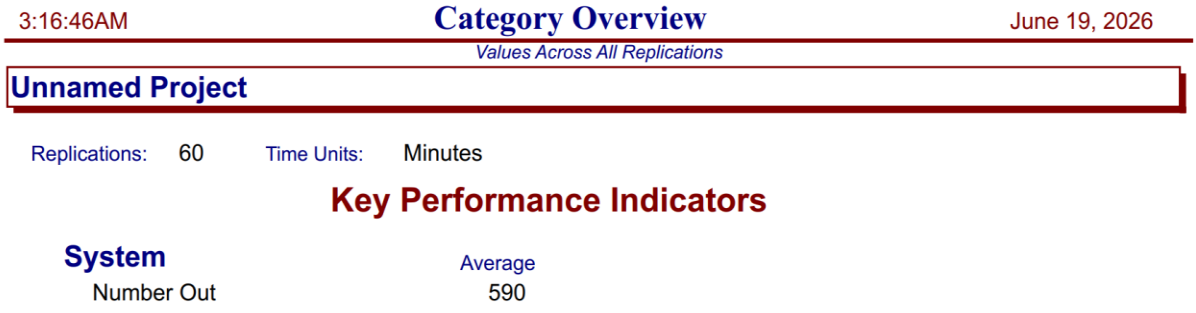
Thời gian mô phỏng được thiết lập chạy 60 lần với tổng thời gian là 480 phút tương đương với 1 ngày làm việc của chuyền tại công ty.



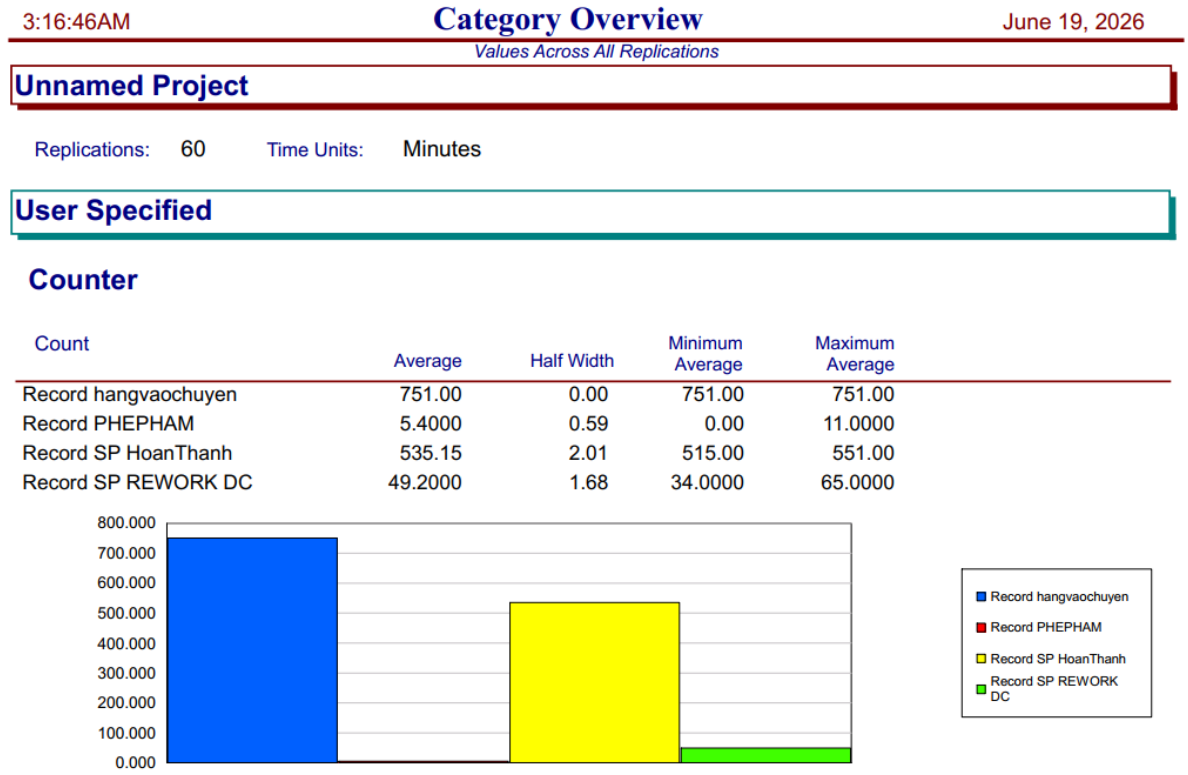
Hình 4.15. Run Setup thời gian mô phỏng

4.3.5.3. Kết quả mô phỏng trước cải tiến

Dây chuyền sản xuất 3A thực tế chuyền có năng suất 583 sản phẩm/ngày. Sau khi mô phỏng dây chuyền ta được kết quả năng suất là 590 sản phẩm/ngày.



Hình 4.16. Tổng sản phẩm hệ thống



Hình 4.17. Thống kê số lượng đầu vào, sản phẩm đạt, làm lại và phế phẩm trước cải tiến

Trong đó:

Bảng 4.16. Kết quả mô phỏng trước cải tiến

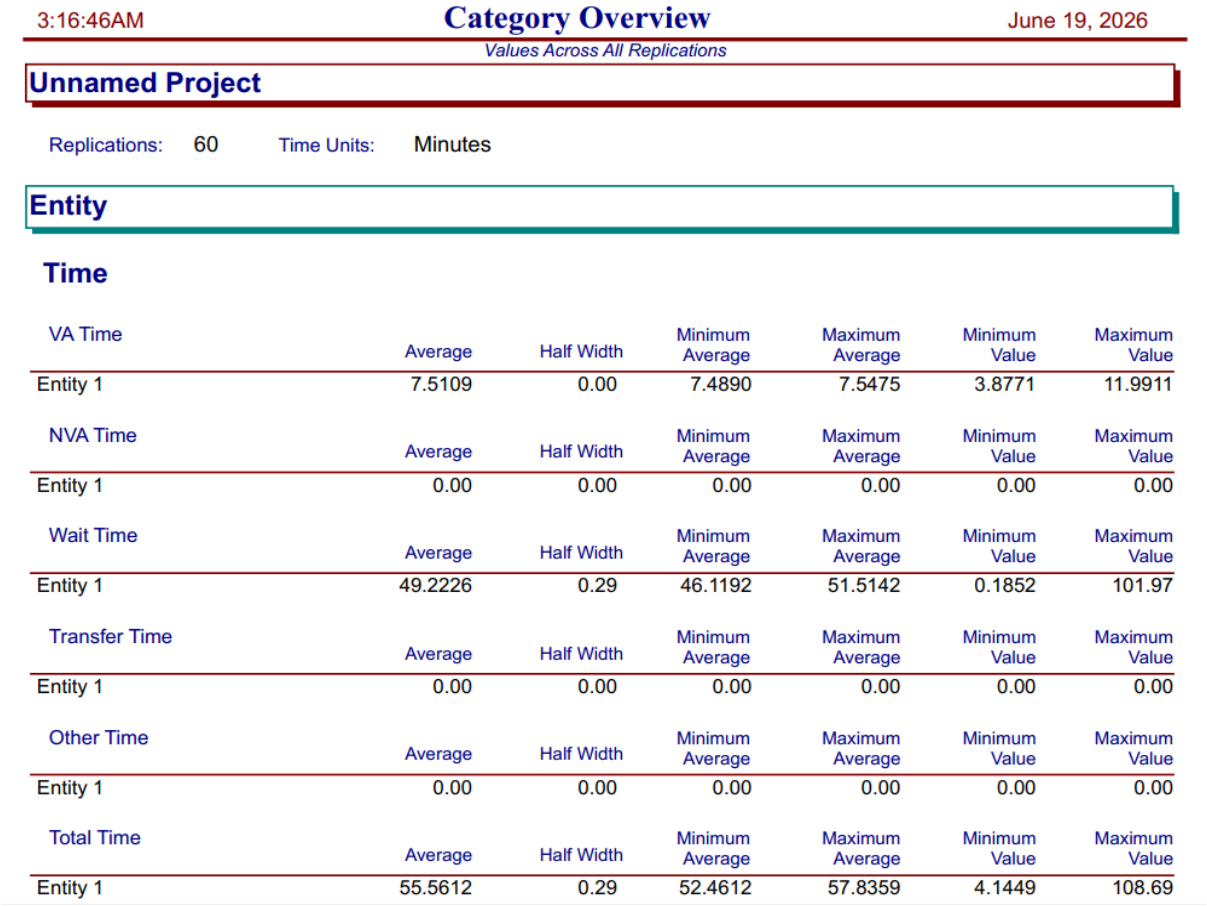
Counter	Giá trị TB	Vai trò trong cân bằng
Record hangvaochuyen	751	Tổng nguyên vật liệu vào chuyền
Record SP HoanThanh	535	Output đạt chuẩn = 90% Number Out
Record SP REWORK DC	49	Đã làm lại xong = 8% Number Out
Record PHEPHAM	5	Phế phẩm = 0,92% Number Out
TỔNG	584	Số sản phẩm hoàn thành

- Số sản phẩm đạt yêu cầu: 584 sản phẩm trong đó có 535 sản phẩm là được sản xuất trong chuyền hoàn thành
- Số sản phẩm lỗi: 54 sản phẩm trong đó 49 sản phẩm được sửa lại và 5 phế phẩm

Chuyền đang sản xuất ra 589 sản phẩm tổng bao gồm cả hàng sửa lỗi được và phế phẩm Chậm hơn với năng suất yêu cầu 750 sản phẩm.

$$Sai\ lệch = \frac{|Giá\ trị\ mô\ phỏng - Giá\ trị\ yêu\ cầu|}{Giá\ trị\ yêu\ cầu} \times 100 = \frac{|584-583|}{583} \times 100 \approx 0.17\ \%$$

Sai lệch 0.17% < 5%, do đó mô hình được xem là phù hợp và có thể sử dụng để đánh giá các phương án cải tiến dây chuyền.



3:16:46AM **Category Overview** June 19, 2026

Values Across All Replications

Unnamed Project

Replications: 60 Time Units: Minutes

Entity

Time

VA Time	Average	Half Width	Minimum Average	Maximum Average	Minimum Value	Maximum Value
Entity 1	7.5109	0.00	7.4890	7.5475	3.8771	11.9911

NVA Time	Average	Half Width	Minimum Average	Maximum Average	Minimum Value	Maximum Value
Entity 1	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

Wait Time	Average	Half Width	Minimum Average	Maximum Average	Minimum Value	Maximum Value
Entity 1	49.2226	0.29	46.1192	51.5142	0.1852	101.97

Transfer Time	Average	Half Width	Minimum Average	Maximum Average	Minimum Value	Maximum Value
Entity 1	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

Other Time	Average	Half Width	Minimum Average	Maximum Average	Minimum Value	Maximum Value
Entity 1	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

Total Time	Average	Half Width	Minimum Average	Maximum Average	Minimum Value	Maximum Value
Entity 1	55.5612	0.29	52.4612	57.8359	4.1449	108.69

Hình 4.18. Thời gian hoàn thành sản phẩm và thời gian chờ trong chuyền trước cải tiến

Bảng 4.17. Thời gian và WIP trong chuyền trước cải tiến

Thành phần Total Time	**Giá trị (phút)**	**Diễn giải**
VA Time (gia công thực)	7.5109	Tổng thời gian thực sự tạo giá trị 14 công đoạn
Wait Time (chờ trong queue)	49.2226	Chiếm gần như toàn bộ Lead Time đây là lãng phí lớn nhất

Kết quả mô phỏng cho thấy Wait Time cao, phản ánh lãng phí chờ đợi là nguyên nhân chính kéo dài thời gian hoàn thành sản phẩm. Đây là hệ quả trực tiếp của nghẽn tại CĐ9 (Utilization 99.5%) và CĐ11 (Utilization 97.6%) làm gián đoạn dòng chảy sản xuất. Ngược lại, VA Time chỉ đạt 7,5109 phút, cho thấy phần lớn thời gian lưu trú của sản phẩm trong hệ thống không tạo ra giá trị gia tăng.

WIP = Throughput × Lead Time. Với Throughput ≈ 584/480 ≈ 1.216 sản phẩm/phút, WIP = 1.216 × 55.56 ≈ 67 sản phẩm. Sự khác biệt này cho thấy WIP phân bố không

đồng nhất theo thời gian, có giai đoạn queue tích tụ rất lớn. Xác nhận hiện tượng nghẽn cổ chai có tính dao động mạnh tại CĐ9 và CĐ11.

3:16:46AM **Category Overview** June 19, 2026

Values Across All Replications

Unnamed Project

Replications: 60 Time Units: Minutes

Resource

Usage

Instantaneous Utilization	Average	Half Width	Minimum Average	Maximum Average	Minimum Value	Maximum Value
CN.CD1	0.6423	0.00	0.6378	0.6450	0.00	1.0000
CN.CD10	0.3626	0.00	0.3576	0.3672	0.00	1.0000
CN.CD11	0.9767	0.00	0.9631	0.9926	0.00	1.0000
CN.CD12	0.2485	0.00	0.2446	0.2529	0.00	1.0000
CN.CD13	0.5230	0.00	0.5172	0.5306	0.00	1.0000
CN.CD14	0.2253	0.00	0.2216	0.2284	0.00	1.0000
CN.CD2	0.7824	0.00	0.7771	0.7877	0.00	1.0000
CN.CD3	0.4905	0.00	0.4869	0.4929	0.00	1.0000
CN.CD4	0.7192	0.00	0.7153	0.7223	0.00	1.0000
CN.CD5	0.4505	0.00	0.4477	0.4539	0.00	1.0000
CN.CD6	0.4460	0.00	0.4427	0.4486	0.00	1.0000
CN.CD7	0.4657	0.00	0.4623	0.4680	0.00	1.0000
CN.CD8	0.4000	0.00	0.3967	0.4028	0.00	1.0000
CN.CD9	0.9957	0.00	0.9948	0.9966	0.00	1.0000
CN.CDREWORD	0.07288078	0.00	0.05466667	0.0947	0.00	1.0000
MAY.BO1KIM.CD10	0.3626	0.00	0.3576	0.3672	0.00	1.0000
MAY.BO1KIM.CD12	0.2485	0.00	0.2446	0.2529	0.00	1.0000
MAY.BO1KIM.CD13	0.5230	0.00	0.5172	0.5306	0.00	1.0000
MAY.BO1KIM.CD2	0.7824	0.00	0.7771	0.7877	0.00	1.0000
MAY.BO1KIM.CD6	0.4460	0.00	0.4427	0.4486	0.00	1.0000
MAY.BO3MUI.CD3	0.4905	0.00	0.4869	0.4929	0.00	1.0000
MAY.DB2K3C.CD11	0.9767	0.00	0.9631	0.9926	0.00	1.0000
MAY.DB3K4C.CD9	0.9957	0.00	0.9948	0.9966	0.00	1.0000
MAY.DB4K6C.CD7	0.4657	0.00	0.4623	0.4680	0.00	1.0000
MAY.DB4K6C.CD8	0.4000	0.00	0.3967	0.4028	0.00	1.0000
MAY.VS2K4C.CD4	0.7192	0.00	0.7153	0.7223	0.00	1.0000
MAY.VS2K4C.CD5	0.4505	0.00	0.4477	0.4539	0.00	1.0000

Hình 4.19. Hiệu suất công đoạn và máy trong chuyền trước cải tiến

Công đoạn 9 hiệu suất 99.5% số công nhân 1, công đoạn này hiện đang quá tải nghiêm trọng, nút thắt chính của chuyền. Bên cạnh đó công đoạn 11 hiệu suất 97.6% quá tải dù công đoạn này có 2 công nhân, nút thắt phụ của chuyền. Công đoạn 12 hiệu suất 24.8% và công đoạn 14 hiệu suất 22.5% đang có Utilization thấp nhất trong toàn chuyền dù đã bố trí 2 CN và 1 CN đây chính là 2 nguồn nhân lực tiềm năng để điều chuyển sang công đoạn 9 và công đoạn 11.

4.3.5.4. Kiểm chứng kết quả thực tế và mô phỏng kiểm chứng

Bảng 4.18. So sánh kết quả mô phỏng và cân bằng chuyền

Chỉ tiêu	Thực tế	Mô phỏng
Sản lượng	583 sản phẩm/ngày	584 sản phẩm/ngày

Chỉ tiêu	Thực tế	Mô phỏng
Công đoạn nghẽn	CĐ9, CĐ11	CĐ9, CĐ11
Hiệu suất chuyền	63.8%	63.8%

Kết quả kiểm chứng cho thấy mô hình mô phỏng có mức độ tương đồng cao với hệ thống sản xuất thực tế của dây chuyền 3A. Cụ thể, sản lượng mô phỏng đạt 583 sản phẩm/ngày, gần đúng với thực tế tỉ lệ sai lệch 0.17%. Đồng thời, mô hình cũng xác định đúng hai công đoạn nghẽn là CĐ9 và CĐ11, phù hợp với hiện trạng vận hành của chuyền. Hiệu suất chuyền mô phỏng đạt 63.4% bằng với hiệu suất thực tế 63,8%. Kết quả này khẳng định mô hình Arena đã phản ánh tương đối chính xác đặc điểm hoạt động của hệ thống sản xuất, đảm bảo tính tin cậy và có thể được sử dụng để đánh giá hiệu quả của các phương án cải tiến trong giai đoạn tiếp theo.

4.4. IMPROVE

Giai đoạn Improve đưa ra giải pháp trực tiếp giải quyết các nguyên nhân đã tìm được. Nhóm thực hiện tái cân bằng chuyền bằng cách gộp, tách công đoạn và bố trí lại nhân lực, thiết kế thiết bị cữ gấp lai tại CĐ11 thay thế thao tác gấp lai bằng tay, áp dụng Poka-Yoke tại CĐ9 gồm khóa RULO và vạch màu chuẩn, chuẩn hóa thao tác qua bảng thao tác tay và SOP, chạy mô phỏng Arena để kiểm tra hiệu quả trước khi áp dụng thực tế.

4.4.1. Tái cân bằng chuyền

❖ Gộp công đoạn 14 vào công đoạn 12 và công đoạn 13

Để nâng cao hiệu quả sử dụng lao động và cải thiện mức độ cân bằng chuyền, đề tài tích hợp công đoạn CĐ14 cắt chỉ vào CĐ12 và CĐ13. Hiện tại, CĐ14 được bố trí là một trạm làm việc độc lập với thời gian thực hiện 0,18 phút và 01 công nhân đảm nhận. Tuy nhiên, đây là thao tác thủ công đơn giản không sử dụng thiết bị chuyên dụng và có thể thực hiện ngay sau khi hoàn thành đường may. Bên cạnh đó, CĐ12 và CĐ13 đều sử dụng máy BO-1 KIM và xử lý cùng loại bán thành phẩm, do đó việc tích hợp không làm thay đổi quy trình công nghệ hiện có. Thay vì chuyển hàng sang trạm cắt chỉ riêng biệt, công nhân tại CĐ12 và CĐ13 có thể tự thực hiện cắt chỉ ngay tại vị trí làm việc sau khi hoàn thành thao tác may, giúp loại bỏ hoàn toàn thao tác di chuyển và thời gian chờ không cần thiết.

Khi tích hợp thao tác cắt chỉ vào CĐ12 và CĐ13, thời gian cắt chỉ được tối ưu xuống còn 0,18 phút và được cộng vào hai công đoạn, mỗi công đoạn nhận thêm 0,18 phút. Cụ thể, thời gian của CĐ12 điều chỉnh từ 0,40 phút lên 0,58 phút, và CĐ13 từ 0,43 phút lên 0,61 phút. Cả hai giá trị này đều nằm dưới Takt Time = 0,64 phút, đảm bảo chuyền vận hành ổn định và không phát sinh nút thắt mới. Kết quả trực tiếp của biện pháp này

là giải phóng được 01 công nhân từ CĐ14, tạo nguồn lực lao động cho việc tái phân bổ ở các công đoạn khác.

- TG cắt chỉ sau tối ưu: 0,18 phút, mỗi công đoạn nhận thêm 0,18 phút.
- CĐ11 mới: 0,40 + 0,18 = 0,58 phút < Takt Time 0,64 phút
- CĐ12 mới: 0,43 + 0,18 = 0,61 phút < Takt Time 0,64 phút
- Giải phóng được 01 công nhân từ CĐ14, tạo nguồn lực tái phân bổ cho các công đoạn còn lại.

❖ Điều phối công nhân từ công đoạn 14 sang công đoạn 9 giải quyết nút thắt

Nhằm tận dụng nguồn lao động được giải phóng từ giải pháp tích hợp CĐ14, đề tài đề xuất điều chuyển công nhân này sang CĐ9 May thun lưng quần, máy DB3K4C công đoạn hiện đang đóng vai trò nút thắt của chuyền. Qua phân tích hiện trạng, CĐ9 được bố trí 01 công nhân và 01 máy DB3K4C với Cycle Time đạt 0,84 phút, vượt Takt Time của chuyền là 0,64 phút. Điều này cho thấy công đoạn CĐ9 không đáp ứng được nhịp sản xuất yêu cầu và có nguy cơ gây ùn tắc bán thành phẩm, ảnh hưởng đến hiệu suất chung của toàn chuyền.

Để khắc phục tình trạng trên, đề xuất bổ sung 01 công nhân cùng 01 máy DB3K4C, tổ chức sản xuất theo hình thức hai vị trí làm việc song song. Khi đó, khối lượng công việc tại CĐ9 được phân chia cho hai công nhân, giúp giảm đáng kể thời gian chu kỳ hiệu dụng của công đoạn:

- CĐ9: từ 01 công nhân, 01 máy → 02 công nhân, 02 máy làm việc song song.
- Cycle time CĐ9 = 0,84 / 2 = 0,42 phút < Takt Time 0,64 phút
- Nút thắt tại CĐ9 được loại bỏ hoàn toàn.

Sau khi cải tiến, thời gian chu kỳ của CĐ9 giảm xuống thấp hơn Takt Time, đảm bảo khả năng đáp ứng sản lượng yêu cầu và cải thiện tính cân bằng của chuyền. Đồng thời, việc sử dụng nguồn lao động được điều chuyển từ CĐ14 giúp giải quyết nút thắt mà không làm tăng tổng số lao động trực tiếp của chuyền, qua đó nâng cao hiệu quả sử dụng nguồn nhân lực hiện có.

Lưu ý: Trước khi triển khai chính thức, công nhân được điều chuyển cần được đào tạo và hướng dẫn vận hành máy DB3K4C nhằm đảm bảo thao tác thành thạo, duy trì chất lượng sản phẩm và ổn định năng suất sản xuất.

❖ Điều phối công nhân từ công đoạn 12 sang công đoạn 11

Sau khi thực hiện biện pháp gộp thao tác tại CĐ12 vì thao tác này công nhân làm việc song song nên cycle time= 0.58/2= 0.29 phút. Hiệu suất 1 công nhân ở công đoạn này là 40% khá thấp vì vậy cần giải phóng 1 công nhân để điều phối sang CĐ11, để tăng hiệu suất công nhân ở công đoạn 12 lên. Trước khi điều phối, CĐ11 có 2 công nhân

thực hiện toàn bộ 9 thao tác theo dạng song song, ghi nhận chu kỳ thời gian CT = 0.79 phút vượt nhịp sản xuất TT = 0.64 phút.

Phân tích nội dung 9 thao tác cho thấy sự phân hóa rõ ràng giữa nhóm thao tác thủ công (TT1–TT4) và nhóm thao tác dùng máy (TT5–TT9). Do đó, công đoạn CĐ11 được tách thành CĐ11a và CĐ11b với bố trí nhân lực như sau:

- CĐ11a (TT1–TT4): CN1 thực hiện độc lập các thao tác chuẩn bị thủ công. CT= 0.46 phút.
- CĐ11b (TT5–TT9): CN2 và CN3 thực hiện song song trên 2 vị trí máy DB2K3C độc lập. CT= 0.56 phút.

Bảng 4.19. Phân bố công nhân trong công đoạn 11

STT	Thao tác	TG (phút)	Phân công
CĐ11a – Chuẩn bị thủ công (CN1 thực hiện độc lập)			
1	Lấy bán thành phẩm từ rổ, trải phẳng ống quần	0.03	CN1
2	Đo và đánh dấu vị trí gấp lai theo thông số kỹ thuật	0.06	CN1
3	Gấp mép lai lần 1 (gấp vào trong theo đường đầu)	0.07	CN1
4	Gấp mép lai lần 2 (gấp đôi tạo lai hoàn chỉnh)	0.07	CN1
Tổng CĐ11a:		**0.23**	**CT = 0.23×2=0.46 phút**
CĐ11b – Dùng máy và Hoàn thiện (CN2 và CN3 thực hiện song song)			
5	Đặt ống quần vào máy, căn chỉnh mép lai đều	0.07	CN2 & CN3
6	May lai tròn vòng quanh ống quần trên máy DB2K3C	0.18	CN2 & CN3
7	Kiểm tra đường may lai (đều chỉ, không nhăn)	0.08	CN2 & CN3
8	Kiểm tra chỉ đều, không nhăn, đúng thông số kỹ thuật	0.08	CN2 & CN3

STT	Thao tác	TG (phút)	Phân công
9	Lấy sản phẩm ra, gấp gọn, đặt vào rổ thành phẩm	0.10	CN2 & CN3
Tổng CĐ11b:		**0.51**	**CT = 0.51 phút**

- CĐ11a công nhân này làm độc lập phải tạo ra 2 bán thành phẩm để đáp ứng cho 2 công nhân CĐ11b nên CT= 0.23×2 = 0.46 phút < 0.64 phút
- CĐ11b CT hiệu dụng = 0.51 phút. < 0.64 phút

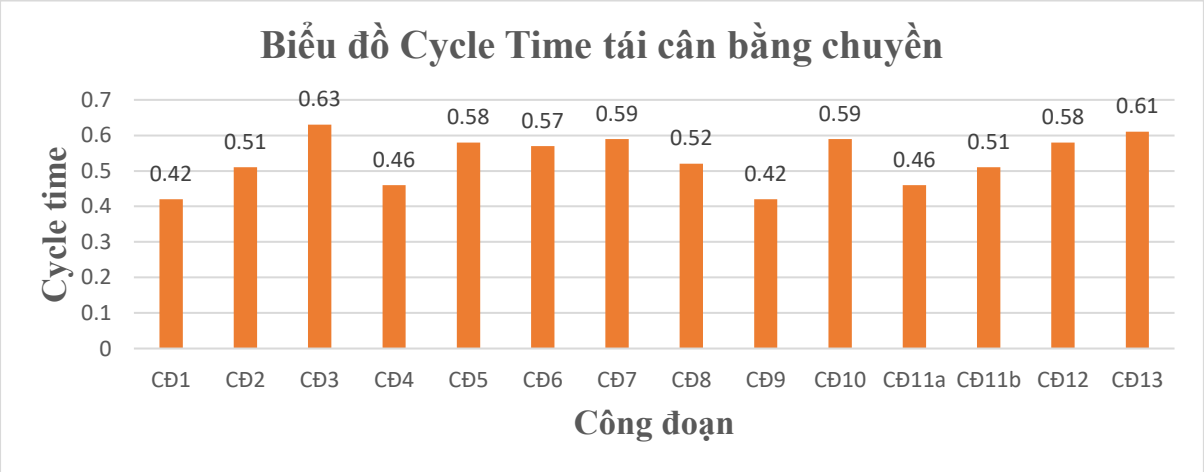
So với nhịp sản xuất mục tiêu TT = 0.64 phút, CT 2 CĐ11a và CĐ11b không vượt qua 0.64 phút nút thắt được giải quyết triệt để.

Hiệu suất sử dụng nhân lực tại CĐ11 được cải thiện đáng kể: 3 công nhân xử lý thay vì 2 công nhân bị quá tải như ban đầu. Việc điều phối 1 công nhân từ CĐ12 giảm từ 2 xuống 1 CN sau khi gộp thao tác cắt chỉ sang CĐ11b là hợp lý và không phát sinh thêm nhân lực ngoài kế hoạch.

Bảng 4.20. Phân bố công nhân sau khi cân bằng

STT	Công đoạn	Tên công đoạn	Loai may	Cycle Time	Số công nhân	Biện pháp áp dụng
1	**CĐ1**	Phối hàng	TAY	0.42	1	Giữ nguyên
2	**CĐ2**	May logo	BO-1 KIM	0.51	1	Giữ nguyên
3	**CĐ3**	Nối thun lưng	BO-3 MUI	0.63	2	Giữ nguyên
4	**CĐ4**	May pince thân trước chính + lót	VS2K4C	0.46	1	Giữ nguyên
5	**CĐ5**	Nối volume vào thân trước	VS2K4C	0.58	2	Giữ nguyên
6	**CĐ6**	Lộn và định hình volume	BO-1 KIM	0.57	2	Giữ nguyên
7	**CĐ7**	Nối gá mảnh đáy vào thân trước và thân sau	DB4K6C	0.59	2	Giữ nguyên
8	**CĐ8**	Ráp sườn ống quần	DB4K6C	0.52	2	Giữ nguyên
9	**CĐ9**	May thun lưng quần (tròn, canh chữ + RULO)	DB3K4C	0.42	**2**	Tăng công nhân lên 2 lấy từ CĐ 14

STT	Công đoạn	Tên công đoạn	Loai may	Cycle Time	Số công nhân	Biện pháp áp dụng
10	**CĐ10**	Ép mí/diễu lưng quần	BO-1 KIM	0.59	2	Giữ nguyên
11	**CĐ11a**	Gấp, may lai quần (tròn)	DB2K3C	0.46	1	Tăng công nhân lên 3 lấy từ CĐ 12
12	**CĐ11b**	Gấp, may lai quần (tròn)	DB2K3C	0.51	**2**	Tăng công nhân lên 3 lấy từ CĐ 12
13	**CĐ12**	Đóng bọ khóa chỉ đánh bông lưng x1	BO-1 KIM	0.58	**1**	Gộp công đoạn 14, giảm 1 công nhân sang CĐ11
14	**CĐ13**	Đóng bọ khóa chỉ đánh bông đùi x2	BO-1 KIM	0.61	**1**	Gộp CĐ 14



Hình 4.20. Biểu đồ Cycle time sau tái cân bằng

Sau khi thực hiện cân bằng chuyền, toàn bộ các công đoạn trên chuyền sản xuất 3A đều có CT dao động trong khoảng 0.42 tới 0.63 phút, tất cả đều nằm dưới TT 0.64 phút. Điều này cho thấy không còn bất kỳ công đoạn nào vượt Takt time, hai điểm nghẽn trước đây tại công đoạn 9 và công đoạn 11 đã được giải tỏa hoàn toàn. Công đoạn có CT cao nhất là Nối thun lưng 0.63 phút, xấp xỉ TT nhưng vẫn nằm trong giới hạn cho phép. Các công đoạn còn lại phân bổ khá đồng đều, không có sự chênh lệch quá lớn giữa các trạm, phản ánh chuyền đã được cân bằng tốt.

Công đoạn có CT thấp nhất là Phối hàng và Ráp sườn ống quần cùng 0.42 phút, tuy nhiên mức chênh lệch so với TT không quá lớn, không gây lãng phí đáng kể về năng lực nhân công tại các trạm này. Nhìn chung, sau tái cân bằng chuyền, các công đoạn được phân bổ hợp lý, dòng chảy sản xuất thông suốt và chuyền vận hành ổn định trong giới hạn Takt time cho phép.

Bảng 4.21. Bảng so sánh kết quả trước và sau cân bằng chuyền

Thông số	Trước cân bằng	Sau cân bằng
Cycle Time (CT)	0.84 phút	0.63 phút
Sản lượng ca	583 sp/ca	762 sp/ca
Hiệu suất chuyền	63.8%	84%
Số công nhân	22 CN	22 CN
SI	1.28	0.45
BL	36.2%	16%

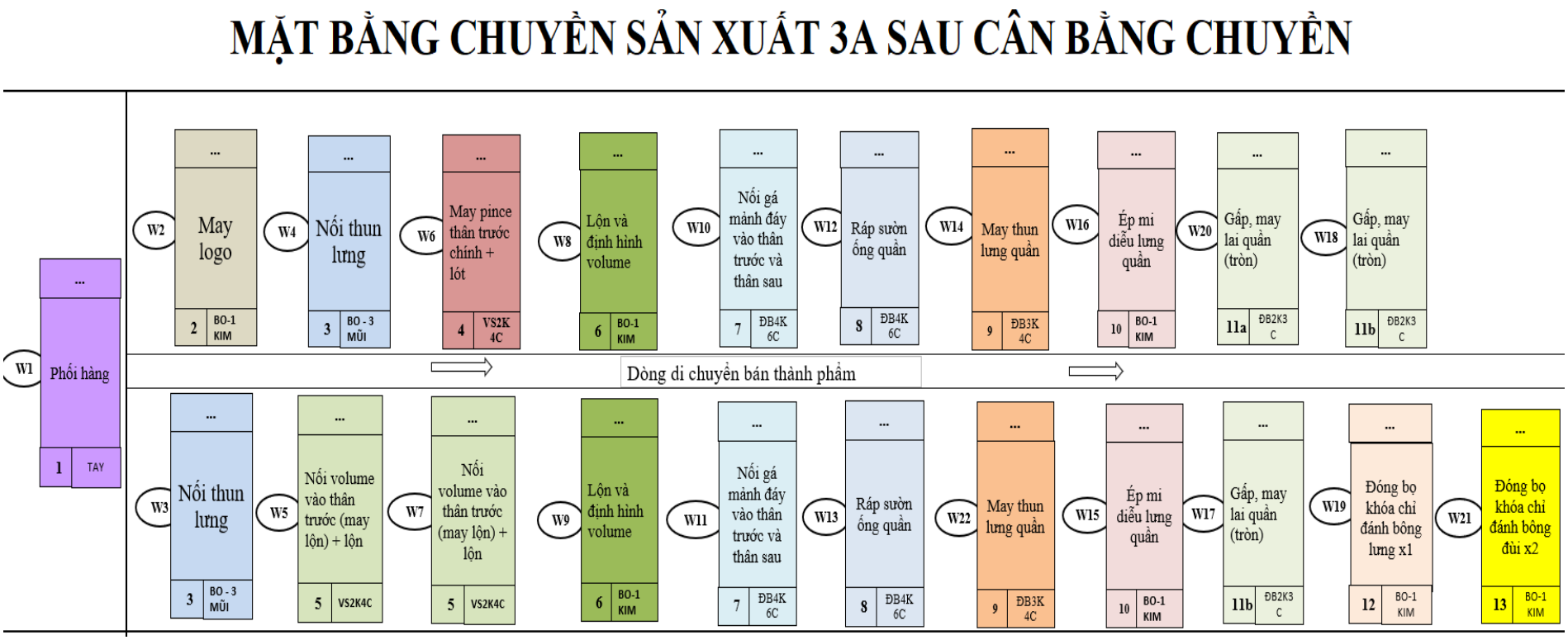
Sau khi thực hiện cân bằng chuyền, các chỉ tiêu đánh giá hiệu quả sản xuất của chuyền 3A đều có sự cải thiện rõ rệt trong khi tổng số công nhân vẫn giữ nguyên 22 người.

Cycle Time của công đoạn nghẽn giảm từ 0.84 phút xuống còn 0.63 phút, tức giảm 0.21 phút, đưa toàn bộ các công đoạn về dưới Takt time 0.64 phút. Nhờ đó, sản lượng ca tăng đáng kể từ 583 sản phẩm lên 762 sản phẩm, tương đương tăng thêm 179 sản phẩm/ca, phản ánh trực tiếp hiệu quả của việc giải tỏa các điểm nghẽn trên chuyền.

Hiệu suất chuyền tăng từ 63.8% lên 84%, tức cải thiện thêm 19%, cho thấy năng lực sản xuất của chuyền được khai thác tốt hơn nhiều so với trước. Chỉ số mất cân bằng BL giảm từ 36.2% xuống còn 16% và chỉ số SI giảm mạnh từ 1.28 xuống 0.45, khẳng định chuyền sau cân bằng có sự phân bổ tải công việc đồng đều hơn giữa các trạm, không còn tình trạng chênh lệch lớn về Cycle Time như trước. Toàn bộ kết quả cải thiện trên đạt được mà không phát sinh thêm bất kỳ nhân công nào, cho thấy hiệu quả của việc tái phân bổ và bố trí lại công đoạn dựa trên kết quả cân bằng chuyền.

4.4.2. Tái bố trí mặt bằng

Dựa trên kết quả cân bằng chuyền, mặt bằng chuyền may 3A được bố trí lại theo thứ tự công đoạn và phương án phân bổ lao động mới. Công đoạn 14 được gộp vào CĐ12 và CĐ13, đồng thời CĐ11 được tách thành 11a và 11b để giảm tải. Số lượng công nhân cũng được điều chỉnh tương ứng, giúp giảm ùn tắc, cải thiện dòng chảy bán thành phẩm và nâng cao hiệu quả vận hành của chuyền.



Hình 4.21. Mặt bằng chuyền may 3A sau tái cân bằng chuyền

4.4.3. Kiểm chứng kết quả cân bằng chuyền bằng mô phỏng Arena

4.4.3.1. Thiết lập thông số sau cải tiến

Do các công đoạn sau tái cân bằng chưa được triển khai thực tế, không thể thu thập 40 mẫu đo lường mới. Hàm phân phối được ước lượng từ dữ liệu trước cải tiến thông qua các tính chất thống kê của biến ngẫu nhiên. Mean và SD gốc lấy từ kết quả Input Analyzer của Arena trong Bảng 4.9.

- Công đoạn 9

Sau khi điều chuyển 01 công nhân từ CĐ14 sang CĐ9, số công nhân tại CĐ9 tăng từ 1 lên 2 người. Công việc được phân chia đều giữa các công nhân, thời gian thực hiện trung bình và độ lệch chuẩn được xác định theo tỷ lệ số công nhân:

$$Mean_{mới} = Mean_{cũ} \times \frac{n_1}{n_2} = 0.843 \times \frac{1}{2} = 0.4215\ phút$$

$$SD_{mới} = SD_{cũ} \times \frac{n_1}{n_2} = 0.112 \times \frac{1}{2} \approx 0.056\ phút$$

Hàm phân phối Arena: NORM(0.4215, 0.056).

- Công đoạn 11a

Từ công đoạn 11 cũ, tách ra một công nhân thực hiện các thao tác chuẩn bị lấy hàng, đo và gấp lai lần 1–2 với thời gian trung bình 0.46 phút. Độ lệch chuẩn được hiệu chỉnh theo tỷ lệ thời gian so với công đoạn gốc:

$$SD_{11a} = SD_{11\ cũ} \times \left(\frac{Mean_{11a}}{Mean_{11\ cũ}}\right) = 0.113 \times \left(\frac{0.46}{0.7922}\right) \approx 0.0656\ phút$$

Hàm phân phối Arena: NORM(0.4600, 0.0656).

- Công đoạn 11b

Từ công đoạn 11 cũ, tách ra 2 công nhân thực hiện song song các thao tác may máy với thời gian mục tiêu 0.51 phút. Độ lệch chuẩn được hiệu chỉnh theo tỷ lệ thời gian so với công đoạn gốc:

$$SD_{11b} = SD_{11\ cũ} \times (\frac{Mean_{11b}}{Mean_{11\ cũ}}) = 0.113 \times (\frac{0.51}{0.7922}) \approx 0.0727\ phút$$

Hàm phân phối Arena: NORM(0.5100, 0.0729).

- Công đoạn 12

Sau khi gộp công đoạn 14 vào công đoạn 12. Thời gian thực hiện trung bình của công đoạn mới được tính bằng tổng thời gian trung bình của hai công đoạn:

$$Mean_{mới} = Mean_{12} + Mean_{14} = 0.4253 + 0.1832 = 0.6085\ phút$$

Độ lệch chuẩn được tính theo quy tắc cộng phương sai:

$$SD_{mới} = \sqrt{SD_{12}^2 + SD_{14}^2} = (0.0302)^2 + (0.0114)^2 \approx 0.0323\ phút$$

Hàm phân phối Arena: NORM(0.6085, 0.0323).

- Công đoạn 13

Sau khi gộp công đoạn 14 vào công đoạn 13. Thời gian thực hiện trung bình của công đoạn mới được tính bằng tổng thời gian trung bình của hai công đoạn:

$$Mean_{mới} = Mean_{13} + Mean_{14} = 0.4231 + 0.1832 = 0.6063\ phút$$

- $SD_{mới} = \sqrt{SD_{13}^2 + SD_{14}^2} = (0.0332)^2 + (0.0114)^2 \approx 0.0351\ phút$

Hàm phân phối Arena: NORM(0.6063, 0.0351).

Dựa trên các công đoạn CĐ1–CĐ8 và CĐ10 không có thay đổi so với ban đầu nên giữ nguyên dữ liệu gốc. Riêng các công đoạn CĐ9, CĐ11a, CĐ11b, CĐ12 và CĐ13 có sự thay đổi sau cải tiến, do đó sử dụng dữ liệu được tính toán lại và kết hợp với các giá trị ban đầu tại Bảng 4.*9* để làm cơ sở xây dựng mô hình mô phỏng.

Bảng 4.22. Hàm phân phối tại các công đoạn sau cải tiến

Công đoạn	Hàm phân phối	Mean
CĐ1	0.32 + WEIB(0.101, 3.55)	0.4109
CĐ2	NORM(0.501, 0.0384)	0.5011
CĐ3	0.47 + 0.26 * BETA(3.86, 2.5)	0.6285
CĐ4	0.37 + 0.2 * BETA(5.4, 6.47)	0.4604
CĐ5	0.48 + 0.22 * BETA(2.14, 2.64)	0.5785
CĐ6	0.48 + WEIB(0.105, 2.42)	0.5730
CĐ7	NORM(0.599, 0.0529)	0.5988
CĐ8	NORM(0.515, 0.0447)	0.5155
CĐ9	NORM(0.4215, 0.056)	0.4215
CĐ10	0.5 + WEIB(0.0973, 2.49)	0.5862
CĐ11a	NORM(0.4600, 0.0656)	0.4600
CĐ11b	NORM(0.5100, 0.0729)	0.5100
CD12	NORM(0.6085, 0.0323)	0.6085
CĐ13	NORM(0.6063, 0.0351)	0.6063

Thiết lập cấu hình Module Decide sau cải tiến lỗi

Decide - Basic Process

	Name	Type	Percent True
1	KS loi	2-way by Chance	95.5
2	REWORK SUADC	2-way by Chance	95

Hình 4.22. Cấu hình Module Decide sau cải tiến

Thiết lập lại Module Process theo hàm phân phối tại Bảng 4.23 thay đổi thông số ở các CĐ9, CĐ11a, CĐ11b, CĐ12-13 các CĐ còn lại giữ nguyên.

8	CD9	Standard	Seize Delay Release	Medium(2)	2 rows	Expression	Minutes	Value Added	1	NORM(0.4215, 0.056)	☑
9	CD10	Standard	Seize Delay Release	Medium(2)	2 rows	Expression	Minutes	Value Added	1	0.5 + WEIB(0.0973, 2.49)	☑
10	CD11A	Standard	Seize Delay Release	Medium(2)	1 rows	Expression	Minutes	Value Added	1	NORM(0.4600, 0.0656)	☑
11	CD11B	Standard	Seize Delay Release	Medium(2)	2 rows	Expression	Minutes	Value Added	1	NORM(0.5100, 0.0729)	☑
12	CD12	Standard	Seize Delay Release	Medium(2)	2 rows	Expression	Minutes	Value Added	1	NORM(0.6085, 0.0323)	☑
13	CD13	Standard	Seize Delay Release	Medium(2)	2 rows	Expression	Minutes	Value Added	1	NORM(0.6063, 0.0351)	☑
14	CD1	Standard	Seize Delay Release	Medium(2)	1 rows	Expression	Minutes	Value Added	1	0.32 + WEIB(0.101, 3.55)	☑
15	REWORK	Standard	Seize Delay Release	Medium(2)	1 rows	Constant	Minutes	Value Added	0.64	NORM(0.468, 0.0379)	☑

Hình 4.23. Module Process sau cải tiến

Thiết lập lại Resource: Các nguồn lực được khai báo theo chế độ Fixed Capacity dựa trên số lượng công nhân và máy sau cải tiến của chuyền. Các công đoạn CĐ3, CĐ5-CĐ10 và CĐ11b có Capacity = 2; các công đoạn còn lại có Capacity = 1.

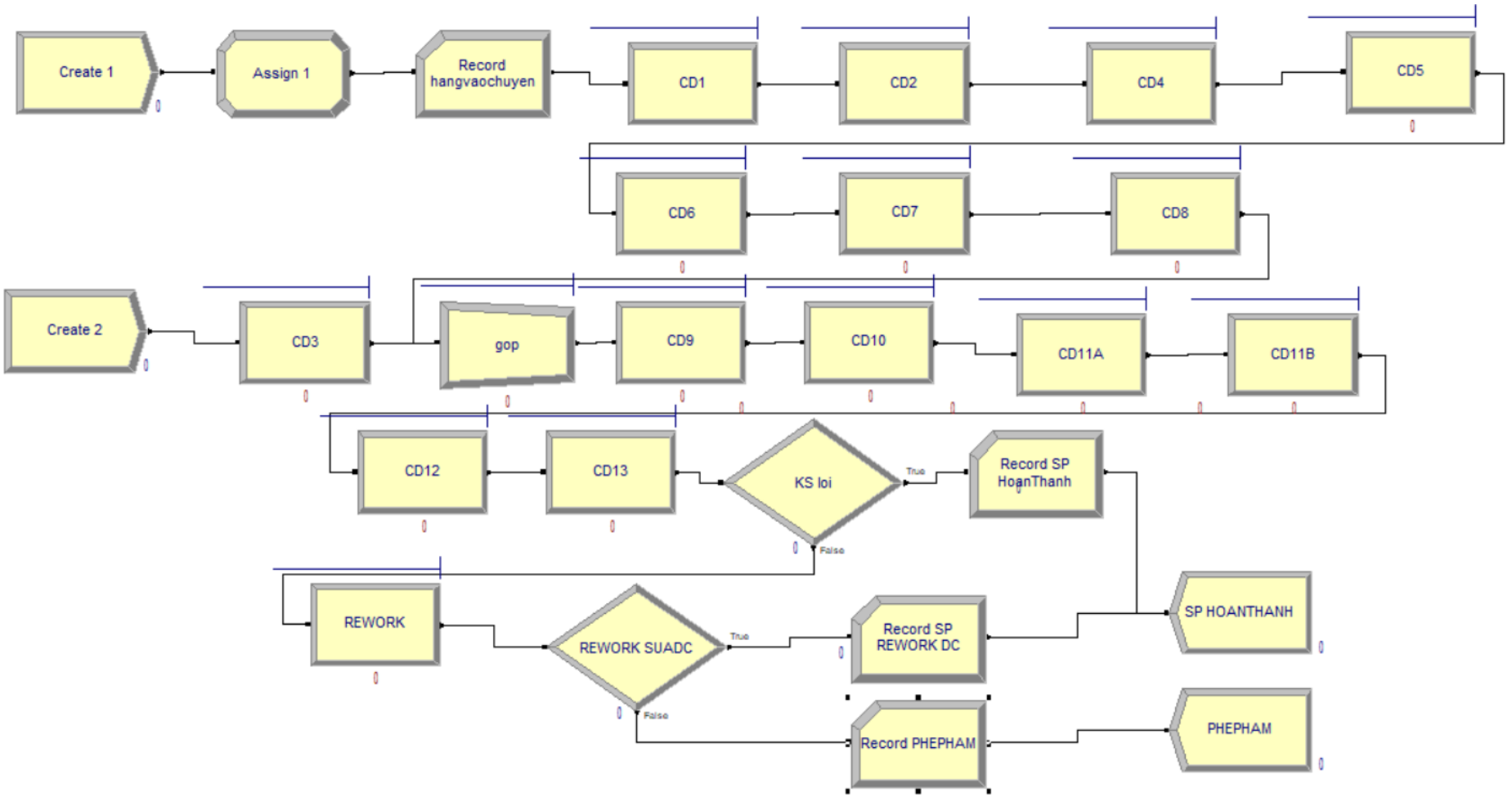
Resource - Basic Process

	Name	Type	Capacity	Busy / Hour	Idle / Hour	Per Use	StateSet Name	Failures	Report Statistics
1	CN.CD13	Fixed Capacity	1	0.0	0.0	0.0		0 rows	☑
2	MAY.BO1KIM.CD13	Fixed Capacity	1	0.0	0.0	0.0		0 rows	☑
3	CN.CD12	Fixed Capacity	1	0.0	0.0	0.0		0 rows	☑
4	MAY.BO1KIM.CD12	Fixed Capacity	1	0.0	0.0	0.0		0 rows	☑
5	CN.CD11B	Fixed Capacity	2	0.0	0.0	0.0		0 rows	☑
6 ▶	MAY.DB2K3C.CD11B	Fixed Capacity	2	0.0	0.0	0.0		0 rows	☑
7	CN.CD11A	Fixed Capacity	1	0.0	0.0	0.0		0 rows	☑
8	CN.CD10	Fixed Capacity	2	0.0	0.0	0.0		0 rows	☑
9	MAY.BO1KIM.CD10	Fixed Capacity	2	0.0	0.0	0.0		0 rows	☑
10	CN.CD9	Fixed Capacity	2	0.0	0.0	0.0		0 rows	☑
11	MAY.DB3K4C.CD9	Fixed Capacity	2	0.0	0.0	0.0		0 rows	☑
12	CN.CD8	Fixed Capacity	2	0.0	0.0	0.0		0 rows	☑
13	MAY.DB4K6C.CD8	Fixed Capacity	2	0.0	0.0	0.0		0 rows	☑
14	CN.CD7	Fixed Capacity	2	0.0	0.0	0.0		0 rows	☑
15	MAY.DB4K6C.CD7	Fixed Capacity	2	0.0	0.0	0.0		0 rows	☑
16	CN.CD5	Fixed Capacity	2	0.0	0.0	0.0		0 rows	☑
17	MAY.VS2K4C.CD5	Fixed Capacity	2	0.0	0.0	0.0		0 rows	☑
18	CN.CD4	Fixed Capacity	1	0.0	0.0	0.0		0 rows	☑
19	MAY.VS2K4C.CD4	Fixed Capacity	1	0.0	0.0	0.0		0 rows	☑
20	CN.CD3	Fixed Capacity	2	0.0	0.0	0.0		0 rows	☑
21	MAY.BO3MUI.CD3	Fixed Capacity	2	0.0	0.0	0.0		0 rows	☑
22	CN.CD2	Fixed Capacity	1	0.0	0.0	0.0		0 rows	☑
23	MAY.BO1KIM.CD2	Fixed Capacity	1	0.0	0.0	0.0		0 rows	☑
24	CN.CD1	Fixed Capacity	1	0.0	0.0	0.0		0 rows	☑
25	CN.CDREWORD	Fixed Capacity	1	0.0	0.0	0.0		0 rows	☑
26	CN.CD6	Fixed Capacity	2	0.0	0.0	0.0		0 rows	☑
27	MAY.BO1KIM.CD6	Fixed Capacity	2	0.0	0.0	0.0		0 rows	☑

Hình 4.24. Thiết lập lại Resource sau cải tiến

4.4.3.2. Sơ đồ mô hình Arena sau cải tiến

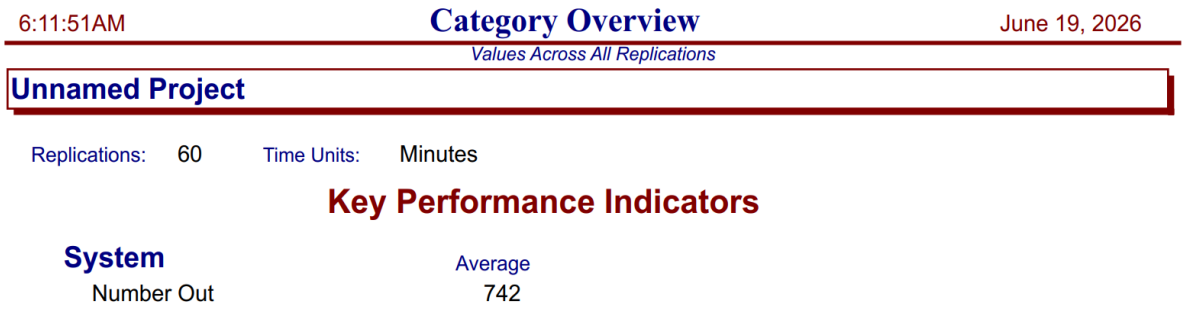
Dựa trên kết quả phân tích điểm nghẽn, sơ đồ mô phỏng sau cải tiến được điều chỉnh bằng cách gộp công việc của CĐ14 vào CĐ12 và CĐ13, điều phối công nhân của CĐ12 sang CĐ11 và công nhân từ CĐ14 sang CĐ9.



Hình 4.25. Sơ đồ mô phỏng dây chuyền 3A sau cải tiến

4.4.3.3. Kết quả mô phỏng sau cải tiến

Số sản phẩm ra trong hệ thống là 742 sản phẩm trên 60 lần lặp thời gian mô phỏng tính theo phút.


6:11:51AM **Category Overview** June 19, 2026

Values Across All Replications

Unnamed Project

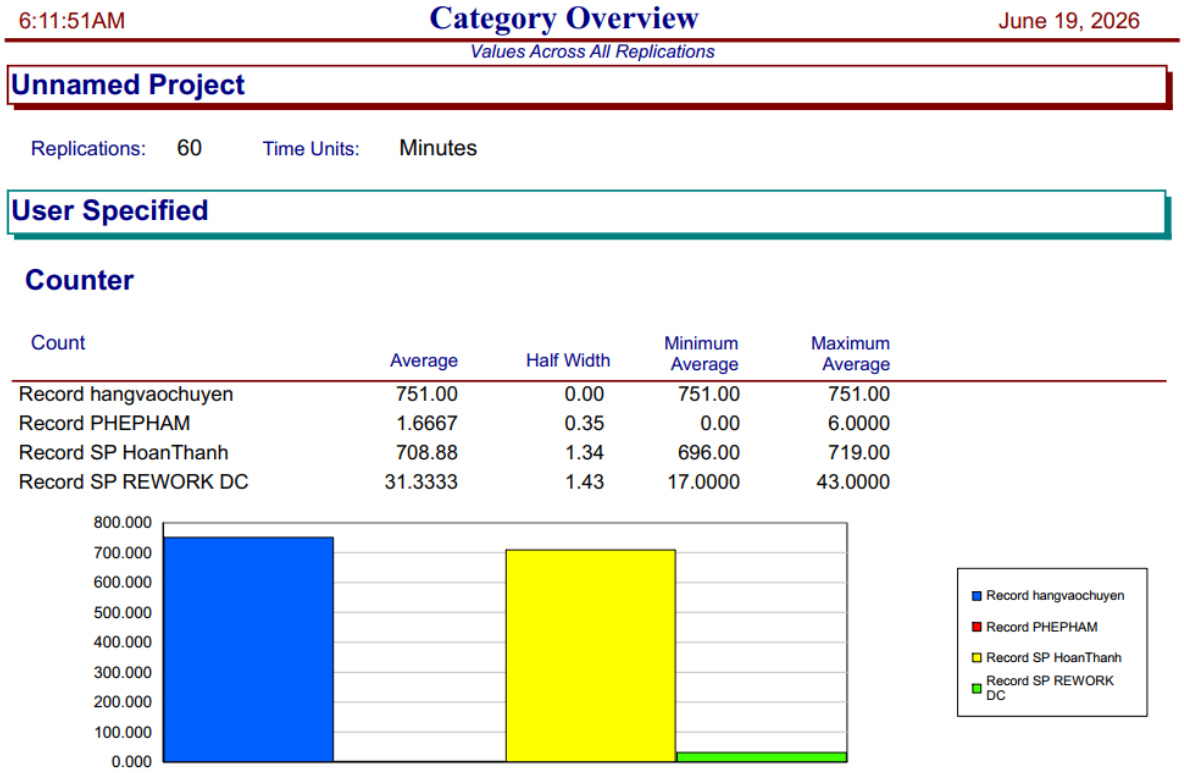
Replications: 60 Time Units: Minutes

Key Performance Indicators

System

	Average
Number Out	742

Hình 4.26. Tổng số sản phẩm ra trong hệ thống


6:11:51AM **Category Overview** June 19, 2026

Values Across All Replications

Unnamed Project

Replications: 60 Time Units: Minutes

User Specified

Counter

Count	Average	Half Width	Minimum Average	Maximum Average
Record hangvaochuyen	751.00	0.00	751.00	751.00
Record PHEPHAM	1.6667	0.35	0.00	6.0000
Record SP HoanThanh	708.88	1.34	696.00	719.00
Record SP REWORK DC	31.3333	1.43	17.0000	43.0000

Hình 4.27. Thống kê số lượng đầu vào, sản phẩm đạt, làm lại và phế phẩm sau cải tiến

Trong đó:

Bảng 4.23. Kết quả mô phỏng sau cải tiến

Counter	Giá trị TB	Vai trò trong cân bằng
Record hangvaochuyen	751	Tổng nguyên vật liệu vào chuyền
Record SP HoanThanh	709	Output đạt chuẩn = 95.34% Number Out
Record SP REWORK DC	31	Đã làm lại xong = 4.18% Number Out

Counter	Giá trị TB	Vai trò trong cân bằng
Record PHEPHAM	2	Phế phẩm không sửa được = 0,48% Number Out
TỔNG	740	Số sản phẩm hoàn thành

- Số sản phẩm đạt yêu cầu: 740 sản phẩm trong đó có 709 sản phẩm là được sản xuất trong chuyền hoàn thành
- Số sản phẩm lỗi: 33 sản phẩm trong đó 31 sản phẩm được sửa lại và 2 phế phẩm

Chuyền đang sản xuất ra 742 sản phẩm tổng bao gồm cả hàng sửa lỗi được và phế phẩm Chậm hơn với năng suất yêu cầu 750 sản phẩm.

$$Sai\ lệch = \frac{|Giá\ trị\ mô\ phỏng - Giá\ trị\ yêu\ cầu|}{Giá\ trị\ yêu\ cầu} \times 100 = \frac{|740-750|}{750} \times 100 \approx 1.33\ \%$$

Sai lệch 1.33% < 5%. Điều này cho thấy mô hình sau cải tiến có độ tin cậy và tính khả thi cao khi áp dụng vào thực tế.

6:11:51AM **Category Overview** June 19, 2026

Values Across All Replications

Unnamed Project

Replications: 60 Time Units: Minutes

Entity

Time

VA Time	Average	Half Width	Minimum Average	Maximum Average	Minimum Value	Maximum Value
Entity 1	7.4805	0.00	7.4666	7.4973	3.9400	11.7345

NVA Time	Average	Half Width	Minimum Average	Maximum Average	Minimum Value	Maximum Value
Entity 1	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

Wait Time	Average	Half Width	Minimum Average	Maximum Average	Minimum Value	Maximum Value
Entity 1	0.4645	0.00	0.4560	0.4741	0.04343138	1.1004

Transfer Time	Average	Half Width	Minimum Average	Maximum Average	Minimum Value	Maximum Value
Entity 1	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

Other Time	Average	Half Width	Minimum Average	Maximum Average	Minimum Value	Maximum Value
Entity 1	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

Total Time	Average	Half Width	Minimum Average	Maximum Average	Minimum Value	Maximum Value
Entity 1	6.7704	0.00	6.7463	6.8152	3.9768	8.5092

Hình 4.28. Thời gian và WIP trong chuyền sau cải tiến

Thời gian gia công thực VA Time tổng thời gian sản phẩm trong hệ thống 7.48 phút. Thời gian chờ Wait Time chỉ chiếm 0.46 phút rất nhỏ cho thấy sản phẩm di chuyển qua

chuyền gần như liên tục, không bị tắc nghẽn. Total Time trong Arena được ghi nhận theo các phương pháp thống kê khác nhau nên không sử dụng để so sánh trực tiếp. Do đó, việc đánh giá hiệu quả cân bằng chuyền được tập trung vào các chỉ tiêu Wait Time và WIP. WIP lượng bán thành phẩm trên chuyền trung bình WIP= $\frac{740}{480} \times 6.77 \approx 10$ sản phẩm dao động hẹp trong khoảng 0-30, ổn định và ở mức thấp phù hợp với một chuyền được cân bằng tốt, không tích tụ tồn đọng nào lớn.

6:11:51AM **Category Overview** June 19, 2026

Values Across All Replications

Unnamed Project

Replications: 60 Time Units: Minutes

Resource

Usage

Instantaneous Utilization	Average	Half Width	Minimum Average	Maximum Average	Minimum Value	Maximum Value
CN.CD1	0.6419	0.00	0.6378	0.6457	0.00	1.0000
CN.CD10	0.4555	0.00	0.4528	0.4579	0.00	1.0000
CN.CD11A	0.7141	0.00	0.7073	0.7244	0.00	1.0000
CN.CD11B	0.3955	0.00	0.3904	0.3991	0.00	1.0000
CN.CD12	0.4713	0.00	0.4697	0.4741	0.00	1.0000
CN.CD13	0.4688	0.00	0.4669	0.4705	0.00	1.0000
CN.CD2	0.7821	0.00	0.7762	0.7862	0.00	1.0000
CN.CD3	0.4904	0.00	0.4881	0.4932	0.00	1.0000
CN.CD4	0.7191	0.00	0.7147	0.7222	0.00	1.0000
CN.CD5	0.4506	0.00	0.4486	0.4536	0.00	1.0000
CN.CD6	0.4464	0.00	0.4439	0.4492	0.00	1.0000
CN.CD7	0.4660	0.00	0.4629	0.4691	0.00	1.0000
CN.CD8	0.3998	0.00	0.3963	0.4039	0.00	1.0000
CN.CD9	0.3277	0.00	0.3239	0.3320	0.00	1.0000
CN.CDREWORD	0.04401884	0.00	0.03066667	0.06133333	0.00	1.0000
MAY.BO1KIM.CD10	0.4555	0.00	0.4528	0.4579	0.00	1.0000
MAY.BO1KIM.CD12	0.4713	0.00	0.4697	0.4741	0.00	1.0000
MAY.BO1KIM.CD13	0.4688	0.00	0.4669	0.4705	0.00	1.0000
MAY.BO1KIM.CD2	0.7821	0.00	0.7762	0.7862	0.00	1.0000
MAY.BO1KIM.CD6	0.4464	0.00	0.4439	0.4492	0.00	1.0000
MAY.BO3MUI.CD3	0.4904	0.00	0.4881	0.4932	0.00	1.0000
MAY.DB2K3C.CD11B	0.3955	0.00	0.3904	0.3991	0.00	1.0000
MAY.DB3K4C.CD9	0.3277	0.00	0.3239	0.3320	0.00	1.0000
MAY.DB4K6C.CD7	0.4660	0.00	0.4629	0.4691	0.00	1.0000
MAY.DB4K6C.CD8	0.3998	0.00	0.3963	0.4039	0.00	1.0000
MAY.VS2K4C.CD4	0.7191	0.00	0.7147	0.7222	0.00	1.0000
MAY.VS2K4C.CD5	0.4506	0.00	0.4486	0.4536	0.00	1.0000

Hình 4.29. Hiệu suất công đoạn và máy trong chuyền sau cải tiến

Tỷ lệ sử dụng các nguồn lực máy/công nhân dao động trong khoảng 32%-78%, không có trạm nào bão hòa gần 100%. CĐ2 hiệu suất 78.8%, CĐ11a hiệu suất 71.4% và CĐ4 hiệu suất 71.9% là các trạm có tải cao nhất nhưng vẫn còn dư năng lực sản xuất. các công đoạn còn lại chỉ sử dụng ở mức tương đương 50% hiệu suất cho thấy năng lực dự phòng dồi dào. CDREWORD gần như không hoạt động hiệu suất 0.044%, phản ánh tỷ lệ sản phẩm cần làm lại rất thấp.

Bảng 4.24. So sánh kết quả mô phỏng cân bằng chuyền trước và sau cải tiến

Tiêu chí	Trước CBC	Sau CBC
Number Out (sản phẩm)	584	740
Wait Time TB (phút)	49.2226	0.46
WIP TB (sản phẩm)	67	10
Hiệu suất CBC	63.3%	84.8%
Hàng đợi lớn nhất	CĐ9, CĐ11	Thời gian chờ CĐ thấp.
Utilization CD9, CD11	CĐ9: 99.5% CĐ11: 97.6%	CĐ9: 32.7% CĐ11a: 71.4% CĐ11b: 39.5%
SP Hoàn thành	535	709
SP Rework TB	49	31
Phế phẩm TB	5	2

Sau khi áp dụng cân bằng chuyền, số sản phẩm đạt yêu cầu tăng từ 584 lên 740, thời gian chờ trung bình giảm mạnh từ 49.2226 phút xuống 0.46 phút. WIP trung bình giảm từ 67 xuống 10 sản phẩm, hiệu suất CĐ9 và CĐ11 giảm mạnh cho thấy tắc nghẽn được giải quyết đáng kể. Nút thắt cổ chai chính trước CBC là CĐ9 Và CĐ11 đã được giải tỏa. Số sản phẩm hoàn thành tăng từ 535 lên 709, đồng thời số sản phẩm rework và phế phẩm trung bình đều giảm.

Kết luận: Việc cải tiến cân bằng chuyền đã loại bỏ nút thắt cổ chai chính tại CĐ9 và CĐ11, đồng thời cân bằng lại tải giữa các công đoạn, giúp tăng đáng kể năng suất đầu ra, giảm thời gian chờ và lượng tồn trong hệ thống, cũng như cải thiện tỷ lệ sản phẩm đạt chất lượng. Đây là một thay đổi mang lại hiệu quả tích cực, rõ ràng và toàn diện cho hệ thống sản xuất.

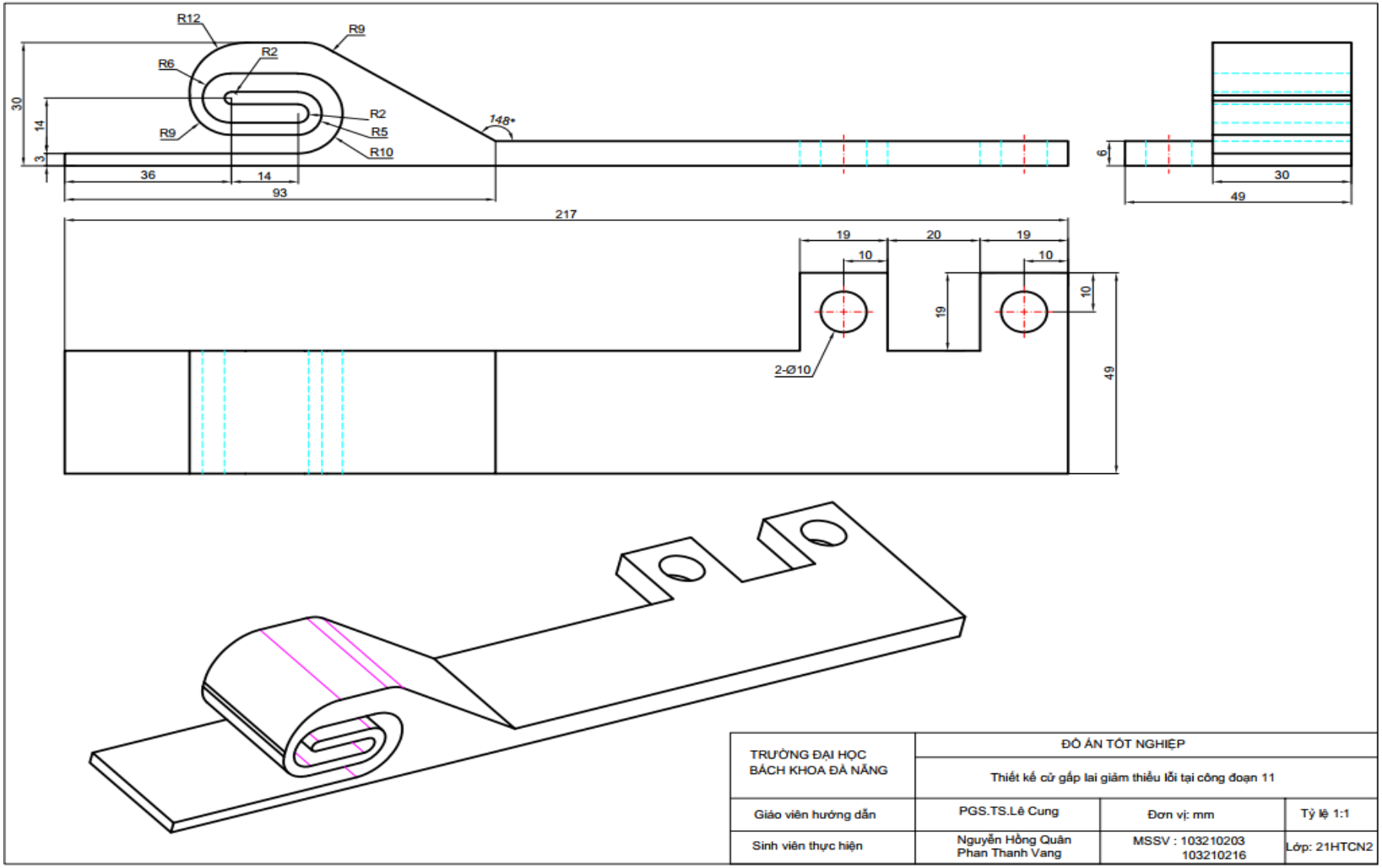
Bên cạnh đó, hệ thống được thiết kế theo nhu cầu khách hàng với nhịp sản xuất là 0,64 phút/sản phẩm. Một phần sản lượng chưa đạt đủ so với kế hoạch chủ yếu do thời gian mô phỏng kết thúc khi vẫn còn một lượng sản phẩm đang trong quá trình hoàn thiện, dẫn đến thiếu hụt nhẹ so với nhu cầu thực tế. Tuy nhiên, sai lệch này là không đáng kể và nằm trong giới hạn chấp nhận được. Kết quả mô phỏng có độ tin cậy cao để áp dụng vào thực tế sản xuất.

4.4.4. Thiết kế công cụ kỹ thuật cữ gấp lai tại công đoạn 11

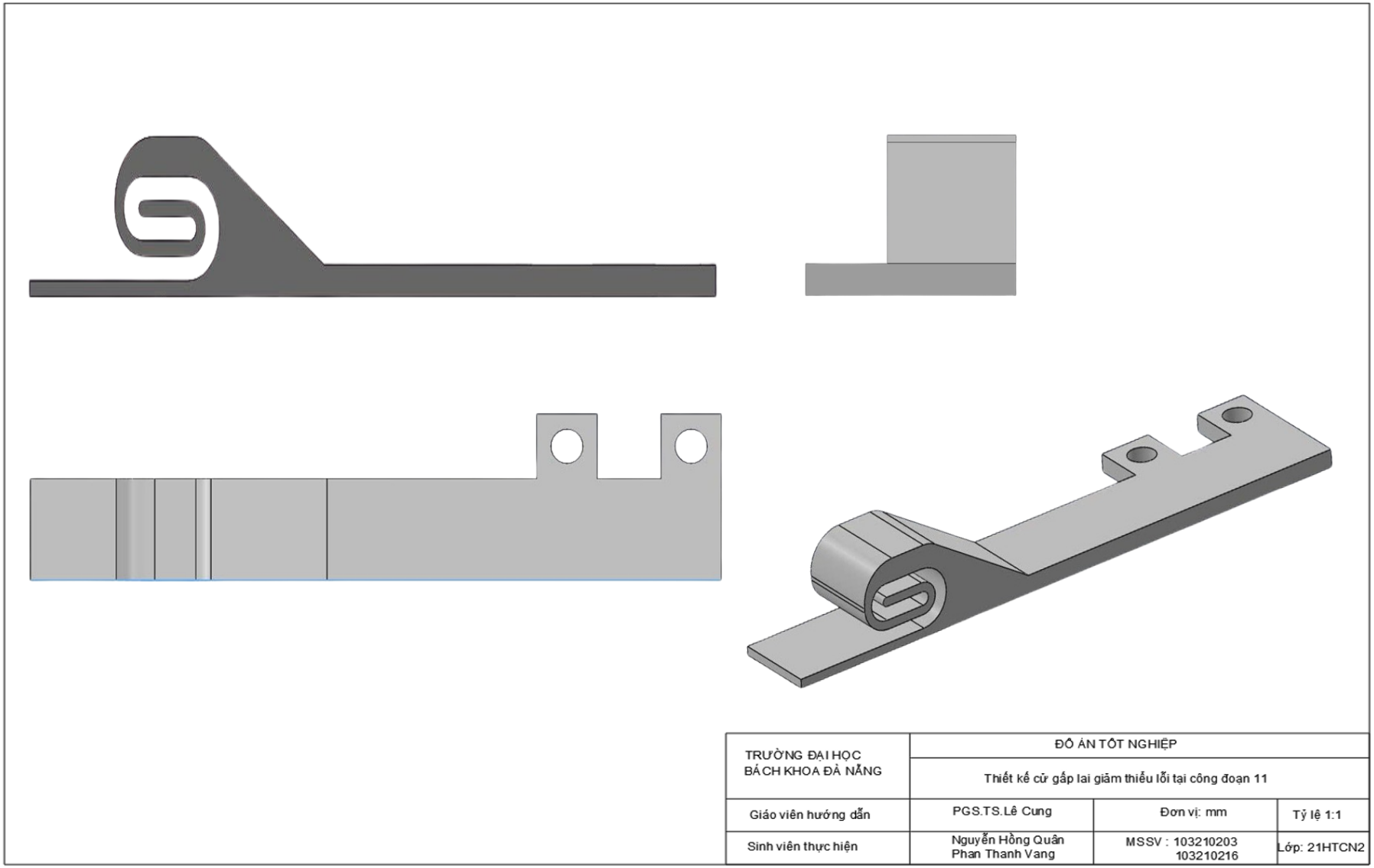
Dựa trên kết quả phân tích nguyên nhân gốc rễ, nhóm đề xuất sử dụng công cụ kỹ thuật cữ gấp laitại công đoạn 11 để hỗ trợ định hình và dẫn hướng mép vải trước khi vào kim may. Công cụ này giúp thao tác gấp lai được đồng đều và ổn định hơn, giảm sự phụ thuộc vào kỹ năng của công nhân, hạn chế các lỗi phát sinh trong quá trình may, đồng thời góp phần nâng cao năng suất và chất lượng sản phẩm tại công đoạn.

4.4.4.1. Cấu tạo và nguyên lý hoạt động

Cấu tạo: Cữ gấp lai là phụ kiện được lắp phía trước chân vịt của máy may DB2K3C. Công cụ được thiết kế bằng vật liệu nhựa in 3D nhằm thuận tiện cho việc chế tạo, hiệu chỉnh và thay thế khi cần thiết. Cấu tạo gồm bộ phận dẫn hướng đầu vào, rãnh định hình mép vải và phần thoát vải ra vị trí kim may. Kích thước và hình dạng của rãnh được thiết kế theo thông số lai quần, giúp cố định chiều rộng và góc gấp trong quá trình may.
Nguyên lý hoạt động: Khi đầu vải được đưa vào cử gấp, mép vải sẽ được dẫn hướng và gấp theo hình dạng đã được định sẵn trước khi đi đến kim may. Nhờ cơ cấu định hình này vải luôn được đưa vào kim may với cùng vị trí và kích thước, hạn chế sự khác biệt do thao tác thủ công. Sau khi lắp cử gấp, công nhân chỉ cần đưa vải vào đúng vị trí và thực hiện thao tác may, không còn phải đo, gấp và căn chỉnh bằng tay như trước.
Dựa trên yêu cầu kỹ thuật của công đoạn may lai quần, cữ gấp lai được thiết kế và mô hình hoá 3D. Bản vẽ 2D thể hiện kích thước, kết cấu và các thông số kỹ thuật của công cụ, trong khi mô hình 3D giúp trực quan hóa hình dạng tổng thể. Kết quả thiết kế được trình bày tại Hình 4.30. Bản vẽ 2D thông số kích thước công cụ kỹ thuật cữ gấp lai công đoạn 11 và Hình 4.31. Hình vẽ 3D công cụ kỹ thuật cữ gấp lai công đoạn 11.



Hình 4.30. Bản vẽ 2D thông số kích thước công cụ kỹ thuật cữ gấp lai công đoạn 11



Hình 4.31. Hình vẽ 3D công cụ kỹ thuật cữ gấp lai công đoạn 11

4.4.4.2. Phân tích thao tác sau khi áp dụng cữ gấp lai theo ECRS

Phân tích thao tác tay trước và sau cải tiến theo nguyên tắc ECRS để định lượng mức độ cải thiện:

Bảng 4.25. Thao tác tay công đoạn 11 sau khi áp dụng Cữ gấp lai

Thao tác hiện tại	Phân loại	Thao tác sau cải tiến	Phân loại	ECRS
Lấy bán thành phẩm từ rổ, trải phẳng ống quần	VA	Lấy bán thành phẩm từ rổ, trải phẳng ống quần	VA	Giữ nguyên
Đo và đánh dấu vị trí gấp lai theo thông số kỹ thuật	NNVA	Cử gấp định hình, không cần đo đánh dấu		Loại bỏ
Gấp mép lai lần 1 (gấp vào trong theo đường đầu)	NVA	Luồn đầu vải vào rãnh cữ gấp laitheo chiều chuẩn	VA	Thay thế
Gấp mép lai lần 2 (gấp đôi tạo lai hoàn chỉnh)	NVA	Cử gấp tự định hình gấp mép lai 2 lớp liên tục		Loại bỏ
Đặt ống quần vào máy, căn chỉnh mép lai đều	NNVA	Rãnh cử gấp định vị mép lai không cần căn chỉnh tay		Loại bỏ
May lai tròn vòng quanh ống quần trên máy DB2K3C	VA	May lai tròn vải qua cử gấp tự gấp mép, không cần giữ tay	VA	Đơn giản hóa thao tác
Kiểm tra đường may lai (đều chỉ, không nhăn)	NNVA	Kiểm soát cơ học từ đầu lỗi không thể phát sinh		Loại bỏ
Kiểm tra chỉ đều, không nhăn, đúng thông số kỹ thuật	NNVA	Gộp vào bước 6 cử gấp đảm bảo thông số ngay khi may		Kết hợp
Lấy sản phẩm ra, gấp gọn, đặt vào rổ thành phẩm	VA	Lấy sản phẩm ra, gấp gọn, đặt vào rổ thành phẩm	VA	Kết hợp
Trước: 9 bước trong đó 3 VA, 4 NNVA, 2 NVA 6 bước không tạo giá trị		Sau: 4 bước VA loại bỏ 5 bước lãng phí		

Kết quả: Việc áp dụng cữ gấp laigiúp giảm số thao tác từ 9 bước xuống còn 4 bước, loại bỏ hoàn toàn 5 thao tác không tạo giá trị và đơn giản hóa các thao tác còn lại. Nhờ đó, quá trình may lai trở nên ổn định hơn, giảm phụ thuộc vào kỹ năng công nhân, hạn chế phát sinh lỗi và góp phần nâng cao năng suất tại công đoạn 11.

4.4.4.3. Chuẩn hóa quy trình SOP sau khi áp dụng cữ gấp lai

Bảng 4.26. Chuẩn hoá quy trình SOP trước và sau cải tiến

SOP TRƯỚC CẢI TIẾN	SOP SAU CẢI TIẾN
Bước 1: Lấy bán thành phẩm từ rổ, trải phẳng ống quần Bước 2: Đo và đánh dấu vị trí gấp lai theo thông số kỹ thuật Bước 3: Gấp mép lai lần 1 (gấp vào trong theo đường đầu) Bước 4: Gấp mép lai lần 2 (gấp đôi tạo lai hoàn chỉnh) Bước 5: Đặt ống quần vào máy, căn chỉnh mép lai đều Bước 6: May lai tròn vòng quanh ống quần trên máy DB2K3C Bước 7: Kiểm tra đường may lai (đều chỉ, không nhăn) Bước 8: Kiểm tra chỉ đều, không nhăn, đúng thông số kỹ thuật Bước 9: Lấy sản phẩm ra, gấp gọn, đặt vào rổ thành phẩm	Bước 1: Lấy bán thành phẩm từ rổ, trải phẳng ống quần Bước 2: Luồn đầu vải vào rãnh công cụ theo chiều chuẩn. Cử gấp tự định hình góc gấp và mép lai 2 lớp liên tục. Bước 3: May lai tròn vòng quanh ống quần Folder dẫn hướng liên tục, kiểm soát cơ học toàn bộ Bước 4: Lấy sản phẩm ra, gấp gọn, đặt vào rổ thành phẩm Ghi chú: Bước 2–6 của SOP cũ nguồn gốc chính gây Vặn lai được thay thế hoàn toàn bằng cơ cấu cơ học folder

Việc chuẩn hóa quy trình bằng cữ gấp lai giúp rút ngắn số bước thực hiện từ 9 xuống còn 4 bước. Các thao tác không tạo giá trị được loại bỏ hoặc tích hợp vào cơ cấu kỹ thuật, qua đó đơn giản hóa công việc, nâng cao tính ổn định của công đoạn và giảm nguy cơ phát sinh lỗi.

4.4.4.4. Dự kiến hiệu quả cải tiến công đoạn 11

Tỷ lệ lỗi vặn lai quần tại CĐ11 trước cải tiến là 3.29%, phát sinh chủ yếu do các bước gấp lai bằng tay phụ thuộc vào kinh nghiệm và cảm giác của từng công nhân, dẫn đến sự không đồng nhất về góc gấp và độ căng vải giữa các sản phẩm. Với việc đưa vào sử dụng cữ gấp lai, 5 bước thao tác gấp tay không tạo giá trị NVA được loại bỏ hoàn toàn, vải được định hình tự động theo đúng kích thước và góc gấp cố định ngay khi đi qua cữ. Do đó, kết quả thao tác gấp lai không còn phụ thuộc vào kỹ năng hay sự ổn định tay

nghề của người vận hành, giúp giảm đáng kể sự biến động giữa các sản phẩm và giữa các ca làm việc. Trên cơ sở đó, nhóm ước tính tỷ lệ lỗi tại CĐ11 giảm khoảng 60-70% sau cải tiến trung bình là 65% lỗi

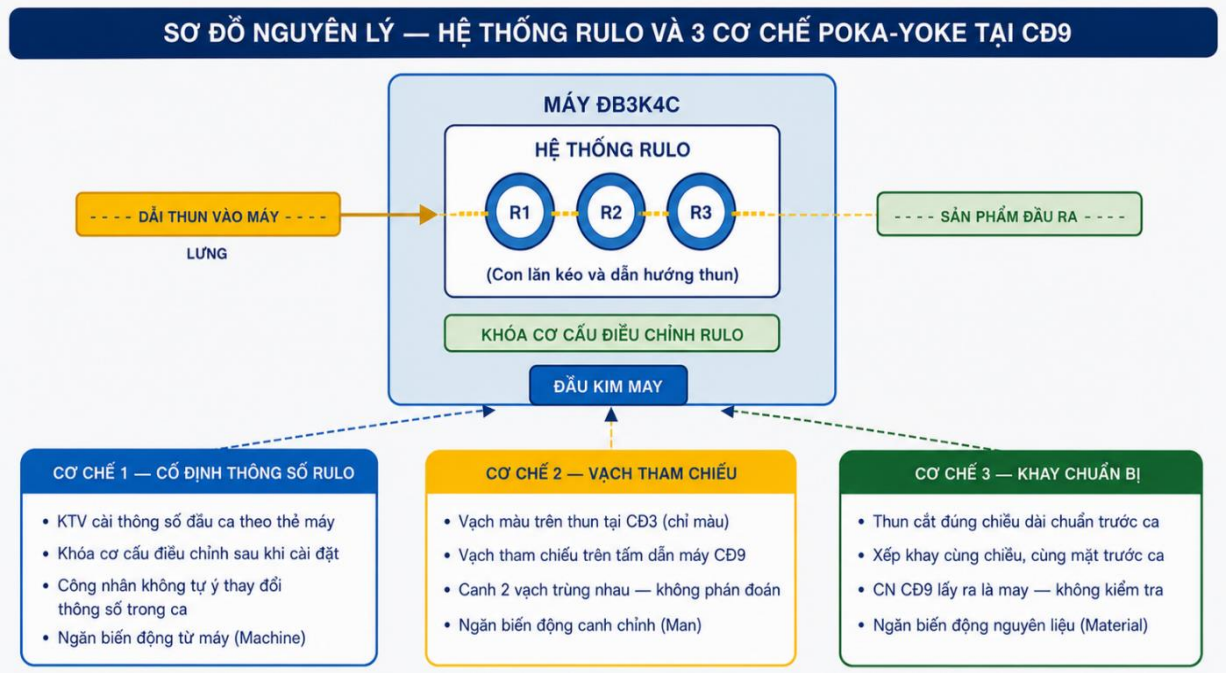
Tỷ lệ lỗi dự kiến sau cải tiến = 3.29% × (1 - 65%) = 1.15%, mặc dù chưa đạt được mục tiêu giảm xuống thấp dưới CTQ đề ra < 1% nhưng vẫn thể hiện mức cải thiện đáng kể

4.4.5. Thiết kế giải pháp Poka-Yoke tại công đoạn 9 bằng thiết bị sẵn có

Công đoạn 9 có bản chất khác lỗi lỏng thun xuất phát từ biến động lực căng. Máy ĐB3K4C đã có hệ thống RULO một cơ chế kiểm soát lực căng chính xác. Vấn đề không phải thiếu thiết bị mà là thiết bị chưa được vận hành đúng cách.

4.4.5.1. Nguyên lý hoạt động của hệ thống RULO và cơ chế Poka-Yoke

Hình dưới đây mô tả nguyên lý hoạt động của cơ chế RULO trên máy ĐB3K4C và ba cơ chế Poka-Yoke được áp dụng.



Hình 4.32. Sơ đồ nguyên lý hệ thống RULO và ba cơ chế Poka-Yoke tại CĐ9

Trên cơ sở sơ đồ nguyên lý ở Hình 4.32, ba cơ chế Poka-Yoke được phân tích chi tiết theo cách thức hoạt động và khả năng phòng ngừa lỗi như trình bày trong Bảng 4.27.

Bảng 4.27. Cơ chế hoạt động và ngăn chặn của Poka-Yoke tại CĐ9

Cơ chế Poka-Yoke	Cách thức hoạt động	Lỗi được ngăn chặn
Chuẩn hóa và khóa thông số RULO	Kỹ thuật viên cài đặt tỷ lệ căng thun RULO theo thông số kỹ thuật mã hàng đầu ca. Sau khi cài, khóa cơ học được vặn chặt. Thông số ghi vào thẻ máy dán cố định tại vị trí. Công nhân không tự điều chỉnh trong ca mọi thay đổi phải qua thợ máy và ghi nhận lý do.	Ngăn tình trạng độ căng của thun thay đổi trong quá trình sản xuất. Nhờ thông số RULO được cố định, thun luôn được may với cùng một mức căng tiêu chuẩn cho toàn bộ sản phẩm, không phụ thuộc thao tác tay.
Vạch tham chiếu màu sắc canh chữ thun	Vạch màu tương phản được đánh dấu tại điểm canh chữ thun thực hiện tại CĐ3 bằng chỉ màu tương phản. Trên tấm dẫn máy CĐ9, vạch tham chiếu tương ứng. Công nhân chỉ canh hai vạch trùng nhau thao tác nhìn kiểm tra, không phán đoán.	Loại bỏ lỗi lệch điểm canh chữ thun. Đồng thời giảm thao tác điều chỉnh lặp lại, rút ngắn thời gian chu kỳ mà không cần dụng cụ phức tạp.
Khay chuẩn bị thun định hướng trước ca	Thun được cắt đúng chiều dài chuẩn và xếp vào khay định hướng thống nhất cùng chiều, cùng mặt bởi nhân viên chuẩn bị trước ca. Công nhân CĐ9 lấy thun ra là may ngay không cần kiểm tra chiều hay độ dài.	Loại bỏ thao tác kiểm tra và điều chỉnh chiều thun trong ca. Đây là Poka-Yoke phòng ngừa lỗi bị ngăn trước khi vào công đoạn.

Kết luận: Khi cả ba cơ chế được áp dụng đồng thời, thông số RULO được giữ ổn định theo tiêu chuẩn, vạch tham chiếu giúp công nhân canh đúng vị trí, còn khay chuẩn bị đảm bảo thun được cấp đúng chiều và đúng kích thước. Nhờ đó, các nguyên nhân chính gây ra lỗi lỏng thun lưng được kiểm soát ngay từ đầu, giúp công đoạn may thun lưng vận hành ổn định và giảm tỷ lệ lỗi phát sinh

4.4.5.2. Phân tích thao tác công đoạn 9 sau khi áp dụng giải pháp theo ECRS

Phân tích thao tác tay trước và sau cải tiến theo nguyên tắc ECRS để định lượng mức độ cải thiện:

Bảng 4.28. Thao tác tay công đoạn 9 theo ECRS

Thao tác hiện tại	Phân loại	Thao tác sau cải tiến	Phân loại	ECRS
Lấy thun từ bundle, kiểm tra chiều và độ dài bằng tay	NNVA	Lấy thun đã cắt đúng chiều dài, xếp sẵn từ khay định hướng	VA	Kết hợp
Căng thun bằng tay, ước lượng lực căng bằng cảm giác trước khi đặt vào máy	NVA	Đặt thun vào rãnh hướng dẫn lực căng do RULO kiểm soát	VA	Loại bỏ
Điều chỉnh lại vị trí thun nếu chưa đúng (lặp 1–2 lần)	NVA	Canh vạch dấu thun trùng điểm tham chiếu 1 lần dứt khoát	VA	Đơn giản hóa thao tác
May vòng tròn 360°	VA	Giữ nguyên	VA	Giữ nguyên
Kiểm tra lại độ căng thun bằng tay sau khi may	NVA	Cắt chỉ, đặt đầu ra RULO đã kiểm soát từ đầu	VA	Loại bỏ
5 bước trong 3 bước NVA		4 bước toàn bộ VA		

Kết quả: B2 và B5 bị loại bỏ. Sau cải tiến, không còn bước phán đoán chủ quan.

4.4.5.3. Chuẩn hóa SOP sau khi áp dụng Poka-Yoke tại công đoạn 9

Bảng 4.29. Chuẩn hoá quy trình SOP trước và sau cải tiến

SOP TRƯỚC CẢI TIẾN	SOP SAU CẢI TIẾN
Bước 1: Lấy thun từ một bó chi tiết sản xuất, kiểm tra chiều và độ dài bằng tay Bước 2: Căng thun ước lượng lực bằng cảm giác Bước 3: Điều chỉnh lại vị trí nếu chưa đúng lặp 1–2 lần Bước 4: May vòng tròn 360° Bước 5: Kiểm tra lại độ căng thun bằng tay sau may Bước 6: Cắt chỉ, đặt output	Bước 1: Lấy thun đã chuẩn bị sẵn từ khay định hướng trước ca Bước 2: Canh vạch dấu thun trùng điểm tham chiếu trên máy Bước 3: May vòng tròn 360° RULO kiểm soát lực căng tự động Bước 4: Cắt chỉ, đặt output

Bước 2 căng thun bằng tay và bước 3 điều chỉnh lặp lại trong SOP cũ là các thao tác làm phát sinh sự khác biệt về lực căng giữa các công nhân, khiến hiệu quả kiểm soát lực căng của hệ thống RULO không được phát huy đầy đủ. Sau cải tiến, hai bước này được loại bỏ hoàn toàn, lực căng thun được duy trì ổn định bởi hệ thống RULO trong suốt quá trình may.

4.4.5.4. Dự kiến hiệu quả cải tiến công đoạn 9

Tỷ lệ lỗi Lỏng thun lưng tại CĐ9 trước cải tiến là 2.12%, phát sinh chủ yếu do lực căng thun không đồng đều giữa các công nhân ước lượng bằng cảm giác tay và các thao tác điều chỉnh, kiểm tra lại lặp 1-2 lần gây sai lệch tích lũy trong quá trình may. Với việc áp dụng đồng thời 3 cơ chế Poka-Yoke cố định thông số RULO hạn chế sai lệch từ máy, vạch tham chiếu trên thun và tấm dẫn hạn chế sai lệch do thao tác canh chỉnh của người, khay chuẩn bị thun đúng chiều trước ca hạn chế sai lệch từ vật liệu kết hợp loại bỏ 2 bước thao tác tay không tạo giá trị NVA trong SOP mới, lực căng thun được kiểm soát ổn định và đồng nhất bởi hệ thống RULO trong suốt quá trình may, không còn phụ thuộc vào cảm giác hay kỹ năng của từng công nhân. Trên cơ sở đó, nhóm ước tính tỷ lệ lỗi tại CĐ9 giảm khoảng 50-60% sau cải tiến trung bình là 55%.

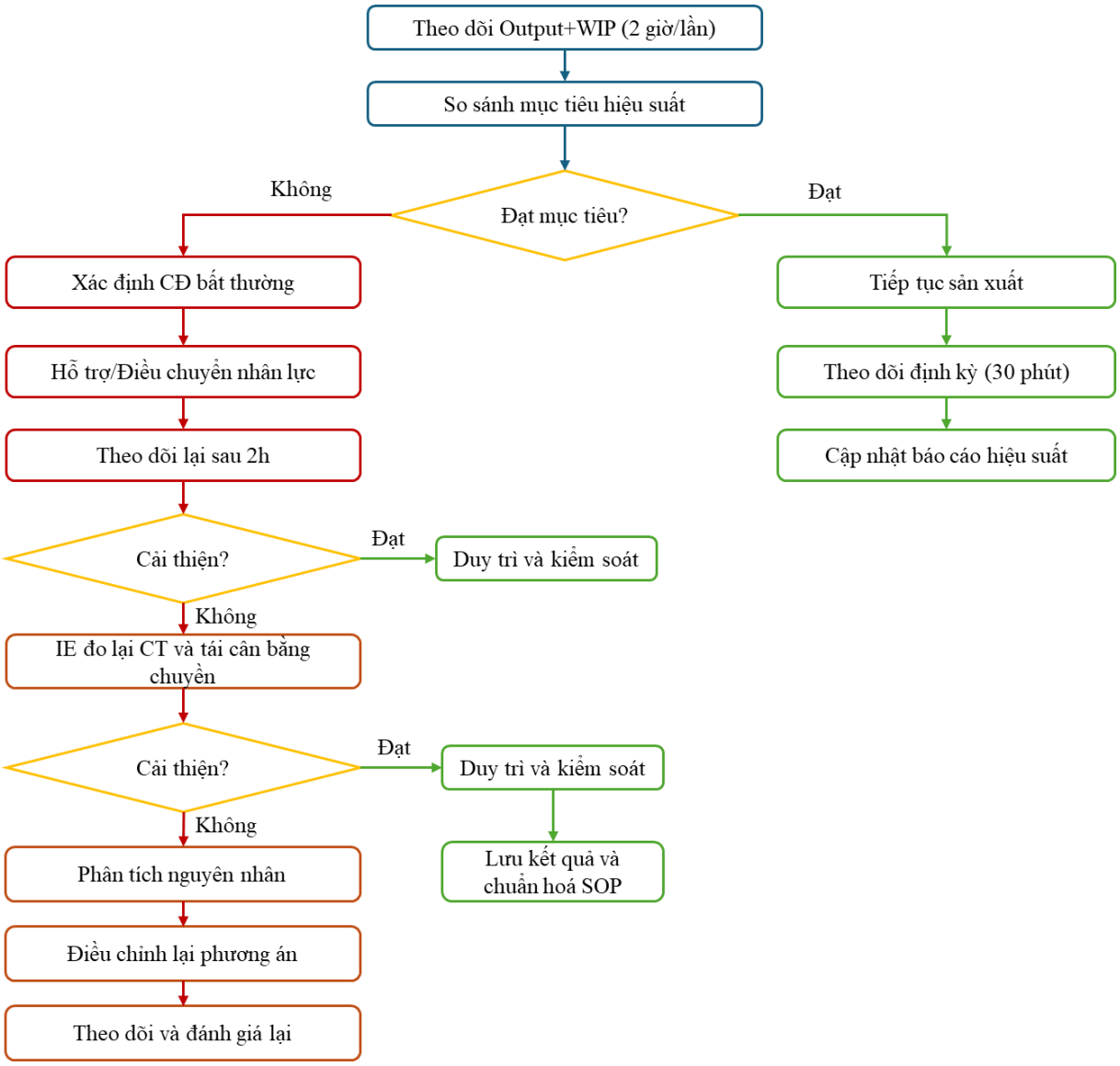
Tỷ lệ lỗi dự kiến sau cải tiến = 2.12% × (1-55%) = 0.954% đạt mục tiêu CTQ đề ra <1%.

4.5. CONTROL

Giai đoạn kiểm soát sẽ được tiến hành một cách kỹ lưỡng nhằm đảm bảo tính bền vững của các thành quả đạt được. Cụ thể, các chỉ số hiệu suất quan trọng như hiệu suất chuyền, mức sigma, và tỉ lệ lỗi sẽ được duy trì ổn định lâu dài. Giai đoạn này thiết lập các kế hoạch kiểm soát và xây dựng các kế hoạch phản ứng kịp thời để chủ động ngăn ngừa bất kỳ sai lệch nào có thể phát sinh, từ đó duy trì hiệu quả hoạt động tối ưu của dây chuyền

4.5.1. Xây dựng quy trình kiểm soát hiệu suất chuyền

Quy trình được xây dựng nhằm theo dõi liên tục hiệu suất của chuyền may và đưa ra biện pháp xử lý khi phát sinh mất cân bằng. Dựa trên các chỉ số sản phẩm, WIP, Cycle Time. Tình trạng vận hành của chuyền được đánh giá để xác định khả năng đáp ứng mục tiêu sản xuất. Khi hiệu suất không đạt yêu cầu, quy trình ưu tiên các biện pháp xử lý nhanh như xác định công đoạn bất thường và điều chỉnh nhân lực. Trường hợp các biện pháp này không mang lại hiệu quả, bộ phận quản lý sản xuất sẽ đo lại Cycle Time và thực hiện tái cân bằng chuyền nhằm phân bổ công việc hợp lý hơn.



Hình 4.33. Quy trình kiểm soát hiệu suất chuyền

4.5.2. Kế hoạch kiểm soát lỗi tại công đoạn 9 và công đoạn 11

Lỗi Lỏng thun là lỗi ẩn không nhìn thấy trong quá trình may. Kế hoạch kiểm soát phải có điểm kiểm soát phòng ngừa trước khi lỗi xảy ra RULO đầu ca, không chỉ phát hiện sau khi sản phẩm đã hoàn thành.

Bảng 4.30. Bảng kiểm soát công đoạn 9

Điểm kiểm soát	Phương pháp kiểm tra	Tần suất	Người chịu trách nhiệm	Hành động khi phát hiện lệch
Thông số RULO đầu ca	Kỹ thuật viên đo thử độ căng vòng đầu ca; xác nhận khớp thẻ thông số; ký xác nhận thẻ bàn giao ca	Mỗi đầu ca	Thợ máy + Tổ trưởng	Dừng CĐ9. Cài lại RULO theo thẻ thông số. Không chạy bất kỳ sản phẩm nào trước khi xác nhận lại.

Điểm kiểm soát	Phương pháp kiểm tra	Tần suất	Người chịu trách nhiệm	Hành động khi phát hiện lệch
Tình trạng vạch tham chiếu	Kiểm tra trực quan: vạch còn rõ màu, không bị mờ hoặc xước; vạch trên thun còn tương phản rõ	Mỗi đầu ca	Công nhân CĐ9 tự kiểm tra	Báo CĐ3 nếu dấu thun mờ để bổ sung tại công đoạn chuẩn bị.
Kiểm tra độ căng thun mẫu định kỳ	QC kéo căng thun lưng mẫu, so sánh với mẫu tại chuyền	Mỗi 2 giờ trong ca	QC	Phát hiện lỏng hơn chuẩn: dừng, kiểm tra RULO ngay. Tách lô sản phẩm từ lần kiểm tra trước để xem xét toàn bộ.
Tỷ lệ lỗi theo ca	Ghi nhận số lỗi lỏng thun phát hiện tại QC cuối chuyền theo từng ca ghi vào phiếu theo dõi	Cuối ca	Chuyền trưởng	Tỷ lệ tăng liên tiếp ≥ 2 ca: họp nhanh xem xét lại RULO và thao tác công nhân trước ca hôm sau.

Cữ gấp lai kiểm soát chất lượng từ gốc, nhưng bản thân cử gấp cũng cần được kiểm soát: mòn, lệch vị trí, hoặc lắp không đúng đều làm giảm hiệu quả. Control Plan cho CĐ11 tập trung vào hai nhóm: kiểm soát tình trạng cử gấp và kiểm soát chất lượng sản phẩm đầu ra.

Bảng 4.31. Bảng kiểm soát công đoạn 11

Điểm kiểm soát	Phương pháp kiểm tra	Tần suất	Người chịu trách nhiệm	Hành động khi phát hiện lệch
Tình trạng folder đầu ca	Kiểm tra rãnh dẫn hướng không bị mòn, biến dạng hoặc nứt. Căn chỉnh vị trí cử gấp theo đường chuẩn.	Mỗi đầu ca	Tổ trưởng	Dừng sản xuất. Thay cử gấp hoặc căn chỉnh lại bảo dưỡng trước khi chạy bất kỳ sản phẩm nào.
Mẫu sản phẩm đầu ca	May thử 3 sản phẩm đầu ca, đo chiều rộng lai bằng thước, kiểm tra độ phẳng và đường lai bằng mắt. So sánh với mẫu chuẩn.	3 sp đầu mỗi ca	Tổ trưởng	Không đạt: căn chỉnh lại cử gấp ngay. Không cho sản xuất tiếp khi chưa xác nhận mẫu đầu ca đạt.

Điểm kiểm soát	Phương pháp kiểm tra	Tần suất	Người chịu trách nhiệm	Hành động khi phát hiện lệch
Lấy mẫu định kỳ trong ca	Công nhân tự kiểm tra mỗi 50 sản phẩm: đặt sản phẩm lên mặt phẳng, quan sát lai có phẳng và không bị vặn	Mỗi 50 sp	Công nhân CĐ11	Phát hiện lỗi liên tiếp ≥ 3 sp: dừng, báo tổ trưởng kiểm tra cử gấp ngay.
Kiểm tra QC thành phẩm	QC đo bản lai, kiểm tra hướng ống quần, ghi nhận số lỗi theo từng ca vào phiếu theo dõi chất lượng	100% hoặc lấy mẫu kiểm tra chất lượng tùy lô	QC chuyền	Tách lô nghi lỗi. Kiểm tra toàn bộ. Báo cáo chuyền trưởng. Tăng tần suất lấy mẫu CĐ11 trong ca tiếp theo.

4.5.3. Đánh giá lỗi sau cải tiến và tính lại mức Sigma

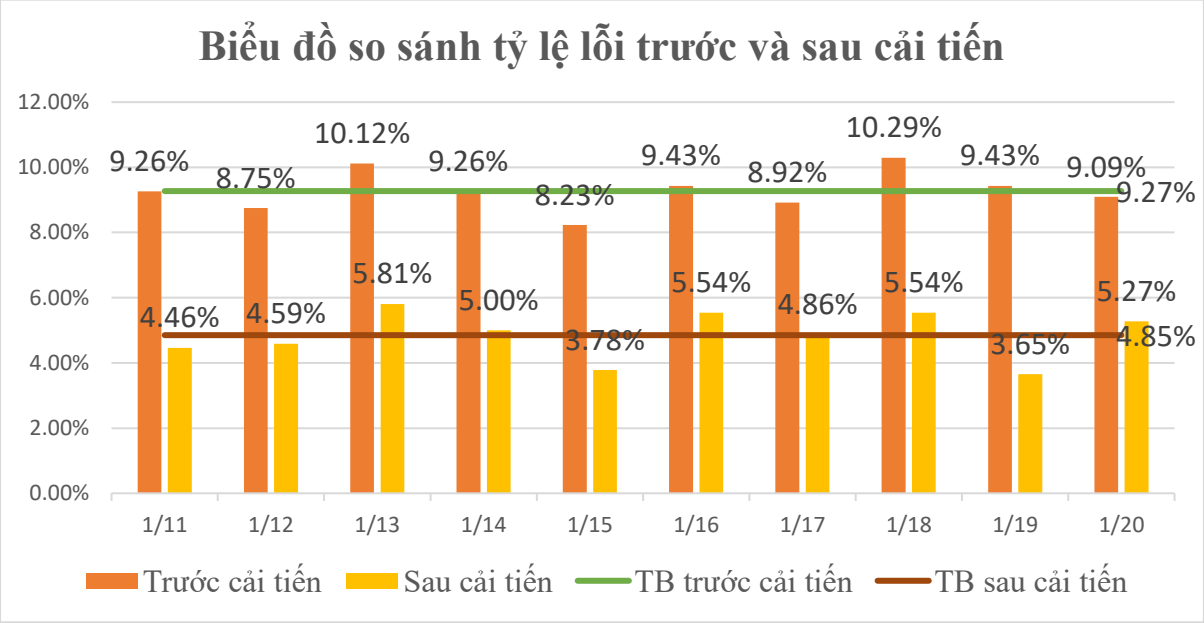
Do giới hạn về thời gian và phạm vi thực hiện đồ án, các giải pháp đề xuất chưa được triển khai thực nghiệm trên chuyền sản xuất trong thời gian đủ dài để thu thập dữ liệu chất lượng sau cải tiến. Nhóm tiến hành đánh giá hiệu quả dự kiến của giải pháp thông qua phương pháp dự báo, dựa trên kết quả phân tích lỗi từ biểu đồ xương cá và bảng phân tích 4M, mức độ tác động của các giải pháp kỹ thuật đề xuất, quy trình thao tác chuẩn. Các chỉ số chất lượng sau cải tiến được sử dụng nhằm đánh giá tiềm năng cải thiện của quy trình, phương pháp dự báo dựa trên hiệu quả kỳ vọng không đại diện cho kết quả đo lường thực tế tại nhà máy.

Bảng 4.32. Bảng dự báo lỗi sau cải tiến

Bảng kiểm soát lỗi												
STT	**Tên lỗi**	1/11	1/12	1/13	1/14	1/15	1/16	1/17	1/18	1/19	1/20	Tổng
		Số lượng lỗi										
1	Lệch mí/diễu lưng	5	8	7	7	3	7	5	9	4	6	61
2	Lệch volume	5	8	7	7	3	7	5	9	4	6	61
3	Vặn lai quần	7	6	8	6	5	6	6	7	5	6	62

Bảng kiểm soát lỗi												
STT	**Tên lỗi**	1/11	1/12	1/13	1/14	1/15	1/16	1/17	1/18	1/19	1/20	Tổng
		Số lượng lỗi										
4	Lỏng thun lưng	6	4	6	5	3	5	7	6	4	6	52
5	Đứt chỉ diễu sườn	4	3	9	6	4	8	7	9	6	7	63
6	Sót chỉ	6	5	9	6	3	8	6	5	4	8	60
Tổng		**33**	**34**	**46**	**37**	**21**	**41**	**36**	**45**	**27**	**39**	**359**

Bảng kiểm soát lỗi dự báo sau cải tiến được xây dựng dựa trên số liệu thực tế 10 ngày đầu, trong đó hai loại lỗi vặn lai quần của CĐ11 và lỏng thun lưng của CĐ9 được tính lại theo mức giảm dự kiến đã phân tích ở giai đoạn Improve giảm 65% từ 178 xuống 62 lỗi và 60% từ 115 xuống 52 lỗi. Bốn loại lỗi còn lại (Lệch mí/diễu lưng, Lệch volume, Đứt chỉ diễu sườn, Sót chỉ) được giữ nguyên số liệu ban đầu, do phạm vi giải pháp kỹ thuật của đề tài chỉ tập trung tại CĐ9 và CĐ11, chưa có cơ sở để dự báo thay đổi tại các công đoạn khác.



Hình 4.34. Dự báo lại tỉ lệ lỗi sau khi cải tiến

Nhận xét: : Biểu đồ cho thấy tỷ lệ lỗi của chuyền 3A giảm đáng kể sau khi áp dụng các giải pháp cải tiến tại CĐ9 và CĐ11. Trước cải tiến, tỷ lệ lỗi dao động trong khoảng từ 8.23% đến 10.29%, với giá trị trung bình đạt 9.27%. Sau khi tính toán lại số lượng lỗi

dựa trên mức giảm dự kiến của hai lỗi trọng yếu là Lỏng thun lưng và Vặn lai quần, tỷ lệ lỗi trung bình giảm xuống còn 4.85%.

Kết quả cho thấy tỷ lệ lỗi trung bình 4.85% giảm 4.42% tương ứng mức giảm khoảng 47.7% so với trước cải tiến. Sự cải thiện này chủ yếu đến từ việc kiểm soát các nguyên nhân gốc rễ tại CĐ9 và CĐ11 thông qua các giải pháp Poka-Yoke quy trình, cữ gấp lai và chuẩn hóa thao tác bằng SOP. Đồng thời, tỷ lệ lỗi sau cải tiến duy trì ổn định trong khoảng 3.65% đến 5.81%, thấp hơn đáng kể so với giai đoạn trước cải tiến, cho thấy tiềm năng nâng cao chất lượng sản phẩm và giảm số lượng sản phẩm lỗi phát sinh trên chuyền.

- **Tính mức sigma của chuyền 3A sau cải tiến**

Tổng sản phẩm kiểm tra : 7400 sản phẩm (Sau khi chạy mô phỏng)

Tổng số lỗi phát sinh : 359 lỗi

Số cơ hội lỗi trên 1 sản phẩm : Được xác định là 6, tương ứng với 6 loại lỗi được theo dõi trong nghiên cứu gồm: lệch mí, lệch volume, vặn lai, lỏng thun, đứt chỉ và sót chỉ.

$$DPMO = \frac{Số\ lỗi}{Số\ sản\ phẩm\ \times\ Số\ cơ\ hội\ lỗi\ trên\ 1\ sản\ phẩm} \times 1000000$$

$$DPMO = \frac{359}{7400\ \times 6} \times 1000000 = 8085.58$$

Kết luận: Theo kết quả dự báo sau cải tiến, tỷ lệ lỗi trung bình dự kiến đạt khoảng 4.85%, giảm 4.42% so với mức 9.27% trước cải tiến, cho thấy các nguyên nhân gây lỗi tại CĐ9 và CĐ11 đã được kiểm soát hiệu quả thông qua các giải pháp đề xuất. Tương ứng, chỉ số Sigma dự kiến đạt 3.9 tăng 0.23 so với mức 3.67 trước cải tiến, phản ánh mức độ ổn định và năng lực quá trình được kỳ vọng cải thiện đáng kể nếu các giải pháp được triển khai thực tế. Kết quả này cần được kiểm chứng và đo lường lại khi áp dụng sản xuất thực tế trong giai đoạn tiếp theo.

4.5.4. Biểu đồ kiểm soát thống kê SPC (u-Chart)

Biểu đồ u-Chart (kiểm soát tỷ lệ lỗi) được sử dụng để theo dõi tỷ lệ lỗi tổng thể của chuyền 3A sau khi triển khai cải tiến. Biểu đồ xác định quá trình có ổn định và nằm trong giới hạn kiểm soát thống kê hay không.

- Tính số lỗi trung bình trên một đơn vị sản phẩm

Tổng sản phẩm kiểm tra: $N = 7400$

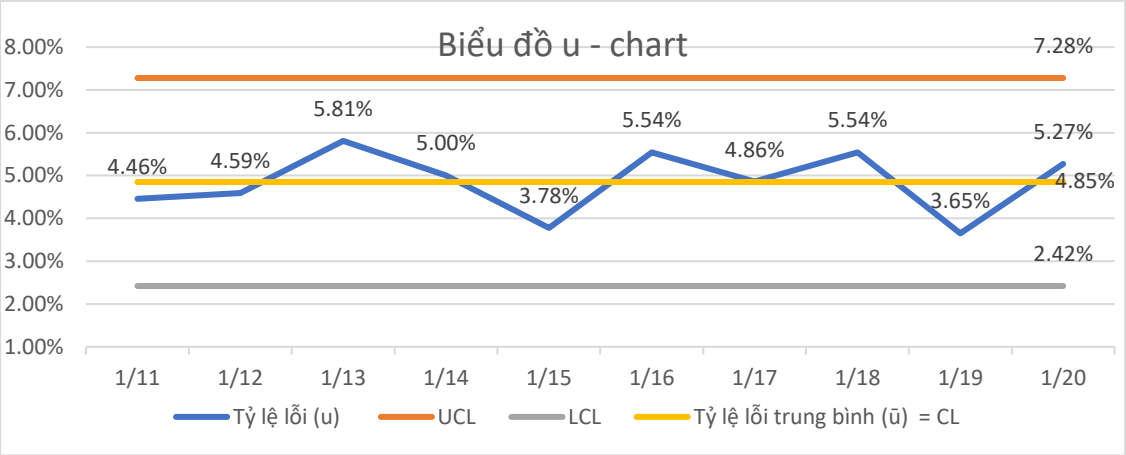
Tổng số lỗi: $D = 359$

Số ngày theo dõi: $m = 10$

Cỡ mẫu trung bình mỗi ngày: $n = \frac{7400}{10} = 740\ SP$

Bảng 4.33.Tính toán giới hạn kiểm soát biểu đồ (u-Chart) cho tỷ lệ lỗi

Thông số	Ký hiệu	Công thức	Giá trị
Tổng sản phẩm kiểm tra	N	—	7400 SP
Tổng số lỗi phát sinh	D	—	359 lỗi
Tỷ lệ lỗi trung bình	ū=CL	ū = D / N	4.85%
Cỡ mẫu mỗi ngày	n	$n = \frac{N}{m}$	740 SP/ngày
Độ lệch chuẩn mẫu	σ_u	$\sigma_u = \sqrt{\bar{u}/n}$	0.00810
Giới hạn kiểm soát trên	UCL	$\bar{u} + 3\sigma_u$	7.28%
Giới hạn kiểm soát dưới	LCL	$\bar{u} - 3\sigma_u$	2.42%



Hình 4.35. Biểu đồ u-Chart kiểm soát tỷ lệ lỗi chuyền 3A sau cải tiến

Biểu đồ u-Chart được sử dụng để đánh giá khả năng kiểm soát tỷ lệ lỗi của chuyền 3A sau cải tiến. Kết quả cho thấy toàn bộ 10 điểm dữ liệu đều nằm trong giới hạn kiểm soát thống kê với UCL = 7.28%, LCL = 2.42% và đường trung tâm CL = 4.85%.

Không xuất hiện điểm nào vượt khỏi giới hạn kiểm soát, đồng thời không ghi nhận các dấu hiệu bất thường như xu hướng tăng liên tục hoặc các chuỗi điểm tập trung kéo dài về một phía của đường trung tâm. Điều này cho thấy tỷ lệ lỗi sau cải tiến duy trì tương đối ổn định và quá trình được dự báo đang vận hành trong trạng thái kiểm soát thống kê.

Kết quả: u-Chart cũng cho thấy các giải pháp cải tiến được đề xuất không chỉ giúp giảm tỷ lệ lỗi trung bình mà còn góp phần duy trì sự ổn định của quá trình, hạn chế các nguyên nhân gây sai lệch bất thường trong sản xuất. Nếu được triển khai và duy trì hiệu quả trong thực tế, quá trình sản xuất có khả năng đạt được mức chất lượng ổn định hơn so với giai đoạn trước cải tiến.

KẾT LUẬN VÀ TRIỂN VỌNG

Kết luận

Đề tài đã hoàn thành mục tiêu phân tích và cải tiến hiệu quả vận hành chuyền may 3A tại Công ty Scavi Đà Nẵng thông qua việc tích hợp Lean Six Sigma, Lý thuyết ràng buộc và mô phỏng Arena. Kết quả đạt được và mức độ hoàn thành so với mục tiêu đề ra được tổng hợp trong bảng sau:

Bảng 4.34. Tổng hợp kết quả thực hiện đề tài

Tiêu chí đánh giá	Mục tiêu đề ra	Thực tế	Sau cải tiến
Năng suất ca	≥ 750 sản phẩm	583 sản phẩm	740 sản phẩm
Hiệu suất chuyền	≥ 80%	63.8%	84.8%
Tỷ lệ lỗi sản phẩm	≤ 5%	9.27%	4.85%
Mức Sigma	≥ 3,8 σ	3.67 σ	3.9 σ
WIP	≤ 50 sản phẩm	167 sản phẩm	10-30 sản phẩm
Thời gian công đoạn	CT< TT=0,64 phút	CĐ9 và CĐ11 vượt Takt time	Toàn bộ CĐ đạt
Số công nhân	Không tăng thêm	22 người	22 người

Kết quả cho thấy các mục tiêu về năng suất, hiệu suất chuyền và cân bằng sản xuất đều đạt yêu cầu đề ra. Việc xử lý điểm nghẽn CĐ9 và CĐ11 giúp toàn bộ công đoạn đạt yêu cầu Takt time, qua đó đáp ứng kế hoạch sản xuất mà không cần tăng thêm nhân công.

Bên cạnh đó, các giải pháp cải thiện chất lượng được xây dựng dựa trên phân tích nguyên nhân gốc rễ của lỗi. Mặc dù các chỉ tiêu chất lượng sau cải tiến hiện mới được đánh giá bằng phương pháp dự báo, kết quả cho thấy tiềm năng giảm tỷ lệ lỗi và nâng cao mức Sigma của quá trình, góp phần hạn chế lãng phí và nâng cao khả năng kiểm soát chất lượng sản phẩm.

Ngoài ra, mô hình mô phỏng Arena đã hỗ trợ kiểm chứng tính khả thi của phương án cải tiến trước khi triển khai thực tế. Kết quả nghiên cứu cho thấy việc kết hợp Lean Six Sigma, Lý thuyết ràng buộc và mô phỏng Arena là một hướng tiếp cận hiệu quả trong việc nâng cao hiệu quả vận hành và chất lượng sản xuất tại chuyền may 3A.

Hạn chế của đề tài

Bên cạnh những kết quả đạt được, đề tài vẫn còn tồn tại một số hạn chế như:

- Đề tài chỉ được thực hiện trên chuyền may 3A với mã hàng LCMDOAQ15, do đó kết quả nghiên cứu chưa áp dụng trên các chuyền sản xuất và mã hàng khác.

- Dữ liệu nghiên cứu được thu thập trong giai đoạn triển khai mã hàng mới, nên kết quả phân tích có thể chịu ảnh hưởng bởi sự biến động về năng suất và tốc độ làm việc của công nhân trong giai đoạn đầu sản xuất
- Các giải pháp cải thiện chất lượng chưa được triển khai trong điều kiện sản xuất thực tế, do đó các chỉ tiêu tỷ lệ lỗi và mức Sigma sau cải tiến hiện mới được đánh giá bằng phương pháp dự báo.

Kiến nghị đối với doanh nghiệp

- Doanh nghiệp nên duy trì theo dõi thời gian thực hiện các công đoạn, đặc biệt tại CĐ9 và CĐ11, nhằm phát hiện sớm nguy cơ mất cân bằng chuyền và kịp thời điều chỉnh khi cần thiết.
- Doanh nghiệp nên tiếp tục giám sát các chỉ tiêu chất lượng như tỷ lệ lỗi, DPMO và mức Sigma để hỗ trợ kiểm soát quá trình và phát hiện sớm các bất thường trong sản xuất.
- Các giải pháp cải thiện chất lượng cần được triển khai và theo dõi trong thực tế nhằm kiểm chứng mức độ hiệu quả so với kết quả dự báo của đề tài.
- Kết quả nghiên cứu có thể được tham khảo khi thực hiện các hoạt động cải tiến tại những chuyền may có điều kiện sản xuất tương tự.

Triển vọng phát triển

Từ những kết quả đã đạt được và những giới hạn còn tồn tại, nhóm nhận thấy một số hướng có thể tiếp tục phát triển để nâng cao hơn nữa giá trị ứng dụng thực tiễn của đề tài:

- Triển khai thực tế các giải pháp cải thiện chất lượng và tiếp tục thu thập dữ liệu trong thời gian dài hơn để kiểm chứng kết quả dự báo của đề tài.
- Mở rộng nghiên cứu trên các chuyền may và mã hàng khác nhằm đánh giá khả năng áp dụng của phương pháp nghiên cứu trong những điều kiện sản xuất khác nhau.
- Nghiên cứu xây dựng cơ chế kiểm soát và duy trì kết quả cải tiến trong dài hạn nhằm đánh giá tính ổn định của quá trình sau khi áp dụng các giải pháp
- Kết hợp phân tích hiệu quả kinh tế để đánh giá toàn diện hơn lợi ích của các giải pháp cải tiến đối với doanh nghiệp.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

[1] Ajmera, R., Umarani, P., Valase, KG *Triển khai Lean Six Sigma trong ngành công nghiệp dệt may.* Academia.edu.

[2] Bongomin, O. et al. (2020). *Cân bằng dây chuyền lắp ráp hàng may mặc phức tạp bằng cách sử dụng tối ưu hóa dựa trên mô phỏng.* Báo cáo kỹ thuật, Thư viện trực tuyến Wiley. https://onlinelibrary.wiley.com/doi/full/10.1002/eng2.12258.

[3] (2020). *A Complex Garment Assembly Line Balancing Using Simulation-based Optimization.* ResearchGate — Arena/OptQuest.

[4] (2016). *Lý thuyết ràng buộc (TOC) Sản xuất và Hiệu suất sản xuất.* ResearchGate.

[5] (2019). *Phân tích và mô phỏng bố trí nhà máy bằng ARENA.* ResearchGate.

[6] ISSSP. *Lean and Six Sigma in the Textile Industry — 6 Case Studies.*

[7] Ngô Anh Phương, Lê Thanh Trung, Đặng Thanh Tuấn, Trần Thụy Mai, Trần Thiên Quế Nhung, TS. Đỗ Ngọc Hiền. *Ứng dụng cân bằng chuyền sản xuất cải tiến sản xuất cho công ty ABC Việt Nam*. Bộ môn Kỹ thuật Hệ thống Công nghiệp, Khoa Cơ Khí, Đại học Bách khoa-ĐHQG HCM.

[8] Mridha, J. H., Hasan, S. M. M., Shahjalal, M., & Ahmed, F. (2019). *Implementation of Six Sigma to minimize defects in sewing section of apparel industry in Bangladesh.* Global Journal of Research in Engineering: Industrial Engineering.

[9] (2009). *Mô phỏng cân bằng dây chuyền sản xuất trong ngành may mặc.* ResearchGate.

[10] Võ Trần Bích Châu. *Cân bằng chuyền sản xuất sản phẩm may mặc thông qua mô phỏng*. Trường Đại học Cần thơ.

PHỤ LỤC A

Bảng A.1. 40 mẫu dữ liệu đo thời gian hoàn thành công đoạn trên chuyền may 3A

Lần đo	CĐ1	CĐ2	CĐ3	CĐ4	CĐ5	CĐ6	CĐ7	CĐ8	CĐ9	CĐ10	CĐ11	CĐ12	CĐ13	CĐ14
1	0.45	0.57	0.67	0.48	0.58	0.51	0.63	0.45	0.77	0.66	0.74	0.46	0.42	0.17
2	0.43	0.54	0.63	0.43	0.66	0.52	0.68	0.52	0.76	0.57	0.96	0.37	0.48	0.17
3	0.41	0.50	0.66	0.47	0.60	0.63	0.58	0.49	0.83	0.53	0.85	0.41	0.43	0.17
4	0.46	0.50	0.61	0.49	0.59	0.56	0.60	0.51	0.69	0.62	0.79	0.40	0.45	0.17
5	0.41	0.54	0.63	0.43	0.55	0.53	0.57	0.56	0.87	0.55	0.75	0.41	0.48	0.16
6	0.38	0.55	0.62	0.48	0.53	0.58	0.63	0.53	0.80	0.63	0.61	0.39	0.41	0.19
7	0.42	0.42	0.67	0.49	0.54	0.47	0.64	0.51	0.85	0.58	0.98	0.42	0.40	0.20
8	0.40	0.46	0.63	0.46	0.65	0.68	0.47	0.51	0.82	0.64	0.73	0.42	0.38	0.19
9	0.41	0.53	0.57	0.44	0.60	0.64	0.61	0.52	0.84	0.58	0.75	0.36	0.39	0.18
10	0.50	0.51	0.58	0.48	0.57	0.57	0.55	0.47	0.70	0.56	0.96	0.38	0.46	0.16
11	0.42	0.55	0.61	0.45	0.63	0.56	0.64	0.51	0.92	0.60	0.86	0.37	0.44	0.17
12	0.37	0.57	0.64	0.54	0.50	0.59	0.54	0.56	0.87	0.58	0.84	0.41	0.48	0.18
13	0.43	0.46	0.71	0.43	0.54	0.59	0.60	0.49	0.73	0.54	0.64	0.41	0.41	0.18
14	0.39	0.50	0.65	0.47	0.57	0.58	0.58	0.52	0.75	0.58	0.82	0.43	0.38	0.18
15	0.48	0.55	0.61	0.51	0.47	0.57	0.56	0.56	0.60	0.54	0.72	0.43	0.40	0.17
16	0.37	0.54	0.67	0.45	0.65	0.60	0.53	0.59	0.81	0.52	1.00	0.42	0.46	0.18
17	0.43	0.50	0.68	0.42	0.64	0.58	0.53	0.44	0.81	0.60	0.80	0.41	0.41	0.19
18	0.44	0.50	0.63	0.42	0.56	0.55	0.57	0.51	0.88	0.59	0.87	0.41	0.41	0.17
19	0.44	0.54	0.67	0.43	0.58	0.55	0.56	0.48	0.55	0.65	0.80	0.44	0.40	0.21
20	0.42	0.48	0.58	0.44	0.57	0.61	0.67	0.49	0.55	0.55	0.92	0.36	0.44	0.19
21	0.37	0.52	0.71	0.46	0.63	0.57	0.58	0.57	0.93	0.59	0.81	0.38	0.45	0.19
22	0.43	0.56	0.60	0.46	0.62	0.57	0.62	0.52	0.93	0.55	0.67	0.36	0.43	0.19
23	0.42	0.46	0.64	0.48	0.58	0.54	0.55	0.52	0.85	0.63	0.57	0.48	0.39	0.17
24	0.47	0.46	0.56	0.48	0.68	0.55	0.55	0.49	0.68	0.62	0.80	0.41	0.40	0.19
25	0.46	0.55	0.65	0.41	0.54	0.56	0.56	0.57	0.82	0.60	0.71	0.38	0.47	0.18
26	0.43	0.48	0.66	0.50	0.56	0.56	0.60	0.50	1.03	0.67	0.98	0.35	0.44	0.18
27	0.45	0.50	0.52	0.44	0.60	0.58	0.57	0.51	0.86	0.65	0.89	0.37	0.42	0.19
28	0.37	0.46	0.63	0.41	0.60	0.58	0.55	0.53	0.80	0.57	0.81	0.39	0.39	0.18
29	0.41	0.50	0.61	0.47	0.61	0.57	0.60	0.51	0.78	0.62	0.90	0.44	0.44	0.20
30	0.46	0.53	0.65	0.46	0.58	0.56	0.56	0.53	0.67	0.58	0.73	0.44	0.48	0.20
31	0.46	0.53	0.56	0.44	0.62	0.56	0.56	0.51	0.86	0.59	0.53	0.44	0.41	0.20
32	0.45	0.54	0.71	0.44	0.62	0.61	0.53	0.51	1.08	0.55	0.73	0.40	0.42	0.18
33	0.40	0.46	0.62	0.49	0.62	0.57	0.57	0.47	0.77	0.59	0.82	0.37	0.43	0.20
34	0.42	0.49	0.62	0.46	0.59	0.64	0.56	0.51	0.81	0.66	0.61	0.45	0.39	0.18
35	0.40	0.49	0.59	0.45	0.63	0.61	0.55	0.61	0.90	0.56	0.78	0.42	0.47	0.19
36	0.36	0.51	0.67	0.47	0.56	0.53	0.60	0.50	0.69	0.52	0.86	0.40	0.46	0.18
37	0.43	0.55	0.70	0.42	0.65	0.53	0.57	0.50	0.90	0.57	0.68	0.39	0.36	0.20
38	0.43	0.52	0.57	0.46	0.60	0.66	0.60	0.53	0.84	0.59	0.80	0.43	0.44	0.19
39	0.43	0.51	0.61	0.45	0.61	0.53	0.64	0.52	0.71	0.59	0.86	0.38	0.36	0.17
40	0.41	0.52	0.67	0.49	0.52	0.48	0.63	0.48	0.84	0.56	0.77	0.38	0.44	0.20