



IMPROVING AND STANDARDIZING THE BUS ASSEMBLY PROCESS

Le Viet Trung*

Dong A University, No 33 Xo Viet – Nghe Tinh, Danang, Vietnam

ARTICLE INFO

TYPE: Research Article

Received: 28/06/2024

Revised: 17/09/2024

Accepted: 10/10/2024

Published online: 15/10/2024

<https://doi.org/10.47869/tcsj.75.8.4>

* *Corresponding author*

Email: trunglv@donga.edu.vn; Tel: +84-934894040

Abstract. Currently, many scientists are focusing on research related to the assembly processes and quality inspection procedures in the production stages of bus manufacturing at factories. Among these, many studies focus on the bus assembly process. This research delves into the proposed improvements and standardization methods in City bus assembly, employing Visual Components software. The study hinges on simulation technology deployment to optimize assembly, from workflow design to final production. The author suggests this method as a robust and future-oriented strategy to enhance performance and product quality in bus manufacturing. The integration of Visual Components software ensures precision, reducing time and costs while facilitating a synchronized workflow that can be swiftly adjusted when necessary, during production, when product improvements or modifications occur, or when customer requests for modifications. This marks a pivotal moment in the digital transformation of manufacturing and assembly, presenting opportunities to enhance productivity and global competitiveness in the bus manufacturing sector.

Keywords: Bus, Visual Components Software, Bus assembly process, Bus manufacturing process.

@2024 University of Transport and Communications



CẢI TIẾN VÀ TIÊU CHUẨN HOÁ QUY TRÌNH LẮP RÁP XE BUS

Lê Viết Trung*

Trường Đại học Đông Á, Số 33 Xô Viết Nghệ Tĩnh, Đà Nẵng, Việt Nam

THÔNG TIN BÀI BÁO

CHUYÊN MỤC: Công trình khoa học

Ngày nhận bài: 28/06/2024

Ngày nhận bài sửa: 17/09/2024

Ngày chấp nhận đăng: 10/10/2024

Ngày xuất bản Online: 15/10/2024

<https://doi.org/10.47869/tcsj.75.8.4>

* Tác giả liên hệ

Email: trunglv@donga.edu.vn; Tel: +84-934894040

Tóm tắt. Hiện nay, nhiều nhà khoa học đang tập trung nghiên cứu liên quan đến quy trình lắp ráp và quy trình kiểm tra chất lượng của các công đoạn sản xuất xe bus tại các nhà máy sản xuất. Trong đó, Có nhiều nghiên cứu tập trung vào lắp ráp xe bus. Nghiên cứu này tập trung vào việc đề xuất quy trình cải tiến và tiêu chuẩn hóa trong việc lắp ráp xe bus City thông qua việc áp dụng phần mềm Visual Components. Ứng dụng công nghệ mô phỏng để tối ưu hóa quy trình lắp ráp, bao gồm từ việc thiết kế quy trình cho đến sản xuất cuối cùng. Tác giả đề xuất một phương pháp hiệu quả và tiên tiến để tăng cường hiệu suất và chất lượng sản phẩm trong ngành công nghiệp sản xuất xe bus. Sử dụng phần mềm Visual Components không chỉ đảm bảo sự chính xác trong quy trình lắp ráp mà còn giảm thiểu thời gian và chi phí, đồng thời tạo ra một quy trình làm việc đồng bộ và dễ quản lý, có thể thay đổi nhanh nếu trong quá trình sản xuất phát sinh cải tiến làm mới sản phẩm, hoặc yêu cầu thay đổi từ khách hàng. Đây là một bước tiến quan trọng trong quá trình chuyển đổi số của các doanh nghiệp sản xuất và lắp ráp, mở ra cơ hội để nâng cao năng suất và cạnh tranh toàn cầu trong lĩnh vực sản xuất xe bus.

Từ khóa: Xe bus, Phần mềm Visual Components, Quy trình lắp ráp xe bus, Quy trình sản xuất xe bus.

@2024 Trường Đại học Giao thông vận tải

1. ĐẶT VẤN ĐỀ

Trong bối cảnh cạnh tranh gay gắt và tiến triển nhanh chóng của ngành công nghiệp ô tô, việc tối ưu hóa và tiêu chuẩn hóa quy trình sản xuất đóng vai trò quan trọng trong việc đảm bảo hiệu quả và chất lượng sản xuất xe bus [1, 2]. Hiện nay, một số nghiên cứu cũng đã thảo luận về quy trình lắp ráp trong các nhà máy sản xuất các loại xe cơ giới. Các nghiên cứu này đã sử dụng các mô hình mô phỏng để tinh gọn quy trình lắp ráp các loại xe này [3-5]. Các nghiên cứu khác cũng đã sử dụng các thuật toán để sử dụng cho việc tính toán cho dây chuyền lắp ráp thân xe bus [6-9]. Nghiên cứu này giúp cho việc cải thiện năng suất của dây chuyền sản xuất khi áp dụng vào thực tế sản xuất. Tuy nhiên, Nghiên cứu này chưa đi sâu vào việc phân tích chi tiết các công đoạn của toàn bộ quá trình lắp ráp mà chỉ cải tiến và chuẩn hóa sản xuất xe bus. Do vậy, bài nghiên cứu này sẽ tập trung vào tại sao và làm thế nào việc cải tiến và tiêu chuẩn hóa quy trình lắp ráp nhằm mang lại những thay đổi đáng kể về năng suất.

Để tiến hành cải tiến và chuẩn hóa quy trình, nghiên cứu giới thiệu và áp dụng phần mềm Visual Components trong quy trình sản xuất xe bus. Mô phỏng hệ thống sản xuất trước khi triển khai được đề xuất là bước quan trọng trước khi thiết kế nhà máy hoặc phân xưởng, giúp kiểm tra và tối ưu hóa quá trình sản xuất mà không cần tác động đến phần cứng vật lý [10-13]. Từ đó, mô phỏng quy trình sản xuất đã đóng góp vào sự cạnh tranh và chiến lược phát triển của ngành ô tô trong thời đại công nghiệp 4.0, mở ra một hướng nghiên cứu mới và quan trọng để thúc đẩy cải tiến và tiêu chuẩn hóa trong ngành sản xuất ô tô trong tương lai.

2. CƠ SỞ LÝ THUYẾT VÀ PHƯƠNG PHÁP NGHIÊN CỨU

2.1. Cơ sở lý thuyết

Hiện nay, Công nghệ lắp ráp ô tô bus sử dụng các chi tiết rời từ nước ngoài bao gồm cả việc chuyển giao công nghệ bản quyền kỹ thuật từ nhà sản xuất gốc [14], trong đó tỷ lệ các chi tiết, linh kiện được nội địa hoá sản xuất trực tiếp trong nước đã dần tăng lên, hướng đến việc tăng nhanh tỷ lệ nội địa hoá xe bus để giảm phụ thuộc vào nguồn linh kiện ở nước ngoài, nhằm chủ động trong quá trình sản xuất. Điều này được thực hiện tại công ty Bus Thaco.

Trong thời gian gần đây, ngành công nghiệp sản xuất ô tô ở Việt Nam đã phát triển mạnh mẽ, đặc biệt là trong việc sản xuất ô tô khách và ô tô bus thay thế các xe nhập khẩu nguyên chiếc [15, 16]. Các nhà máy sản xuất ô tô khách và ô tô bus ở Việt Nam như Nhà máy Chu Lai - Trường Hải (THACO), Nhà máy ô tô 3-2, Tổng công ty cơ khí giao thông vận tải Sài Gòn (SAMCO) và TRACOMECO.

Tuy nhiên, quy trình sản xuất và lắp ráp xe bus tại Việt Nam hiện nay vẫn còn nhiều công đoạn thủ công và chưa được tiêu chuẩn hóa khiến năng suất lắp ráp thấp, giá thành cao và gây ra sự không ổn định về chất lượng. Do đó, nghiên cứu và phát triển quy trình sản xuất và lắp ráp xe bus tiêu chuẩn hóa là một vấn đề quan trọng, giúp nâng cao năng lực sản xuất, giảm giá thành và tăng cạnh tranh với các dòng xe nhập khẩu.

2.2. Phương pháp nghiên cứu

Hiện nay, Visual Components đã trở thành công ty dẫn đầu toàn cầu trong ngành mô phỏng sản xuất và là đối tác công nghệ đáng tin cậy của nhiều công ty sản xuất. Phần mềm này cung cấp giải pháp đơn giản, nhanh chóng và tiết kiệm chi phí cho việc thiết kế và mô phỏng dây chuyền sản xuất không những trong lĩnh vực ô tô mà kể cả cho các nhà chế tạo máy, nhà tích hợp hệ thống và nhà sản xuất. Visual Components giúp người dùng tạo ra các mô hình ảo để kiểm tra trước kế hoạch và tối ưu hóa các quy trình sản xuất. Bằng cách này, phần mềm giúp tăng cường an toàn, loại bỏ thời gian ngừng hoạt động của dây chuyền sản xuất đồng thời cung cấp giải pháp cho việc thử nghiệm và tối ưu hóa các quá trình sản xuất

trước khi triển khai vào sản xuất thực tế. Thông qua ứng dụng Visual Components trong quá trình chuẩn hoá quy trình lắp ráp xe bus với mục tiêu làm cho công nghệ mô phỏng và thiết kế sản xuất trở nên dễ sử dụng và dễ tiếp cận đối với tổ chức sản xuất.



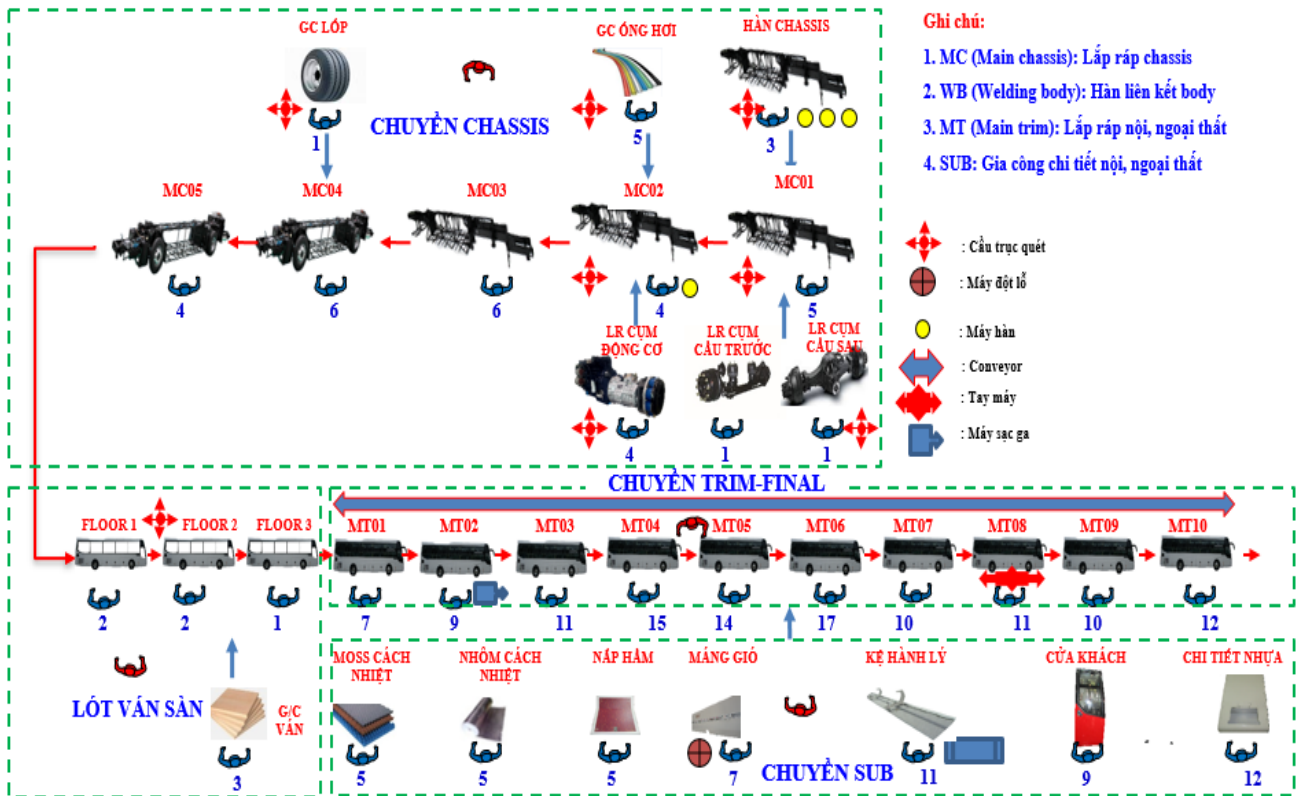
Hình 1. Ô tô bus được sản xuất lắp ráp tại Nhà máy Bus Thaco (nguồn: tác giả).

Sản xuất theo dây chuyền đã trở thành phương pháp phổ biến trong lĩnh vực ô tô nhiều ưu điểm như tốc độ nhanh, chi phí thấp, kiểm soát được thời gian và chất lượng quá trình sản xuất cao. Tuy nhiên, để đạt được hiệu quả, cân bằng chuyền trong quá trình lắp ráp ô tô là yếu tố quan trọng nhất để tối ưu hoá thời gian trong các công đoạn lắp ráp, hướng đến nâng cao năng suất, tăng chất lượng, giảm giá thành sản phẩm, tăng tính cạnh tranh của ô tô lắp ráp trong nước với ô tô nhập khẩu. Đối với một dây chuyền cân bằng, các điều kiện cần được đảm bảo bao gồm phân chia công việc đều, không có sự chờ đợi hay nút thắt, và không có sản phẩm tồn trên dây chuyền. Khi thiết kế dây chuyền, cân nhắc năng suất của các vị trí làm việc để tối ưu hóa hiệu suất sản xuất. Quá trình cân bằng dây chuyền đòi hỏi thực hiện các bước như đo lường nhịp sản xuất trung bình, xác định công việc tối thiểu, cân bằng năng suất và đánh giá kết quả, đó cũng là định hướng và mục đích của nghiên cứu này.

3. QUY TRÌNH MÔ PHỎNG DÂY CHUYỀN LẮP RÁP TRÊN PHẦN MỀM VISUAL COMPONENTS

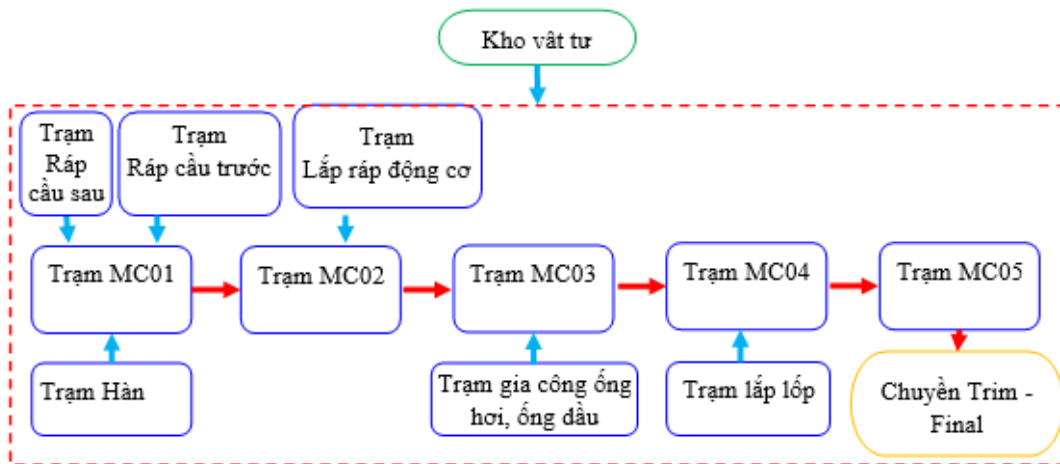
3.1. Thiết lập layout dây chuyền lắp ráp xe bus

Dây chuyền lắp ráp xe bus B60 được xây dựng gồm 3 chuyền chính: Chuyền Chassis (Chuyền khung xe), chuyền Trim-Final (chuyên cắt chỉnh sửa công đoạn cuối) và chuyền lắp ráp Sub được thể hiện ở hình 2. Chuyền Sub (chuyên hỗ trợ) để hỗ trợ lắp ráp cụm chi tiết, cung cấp vật tư cho chuyền Trim-Final. Tại mỗi chuyền, lại chia nhỏ thành các trạm khác nhau nhằm tăng tính chuyên môn hóa và đảm bảo kiểm soát tốt chất lượng trong quá trình lắp ráp.

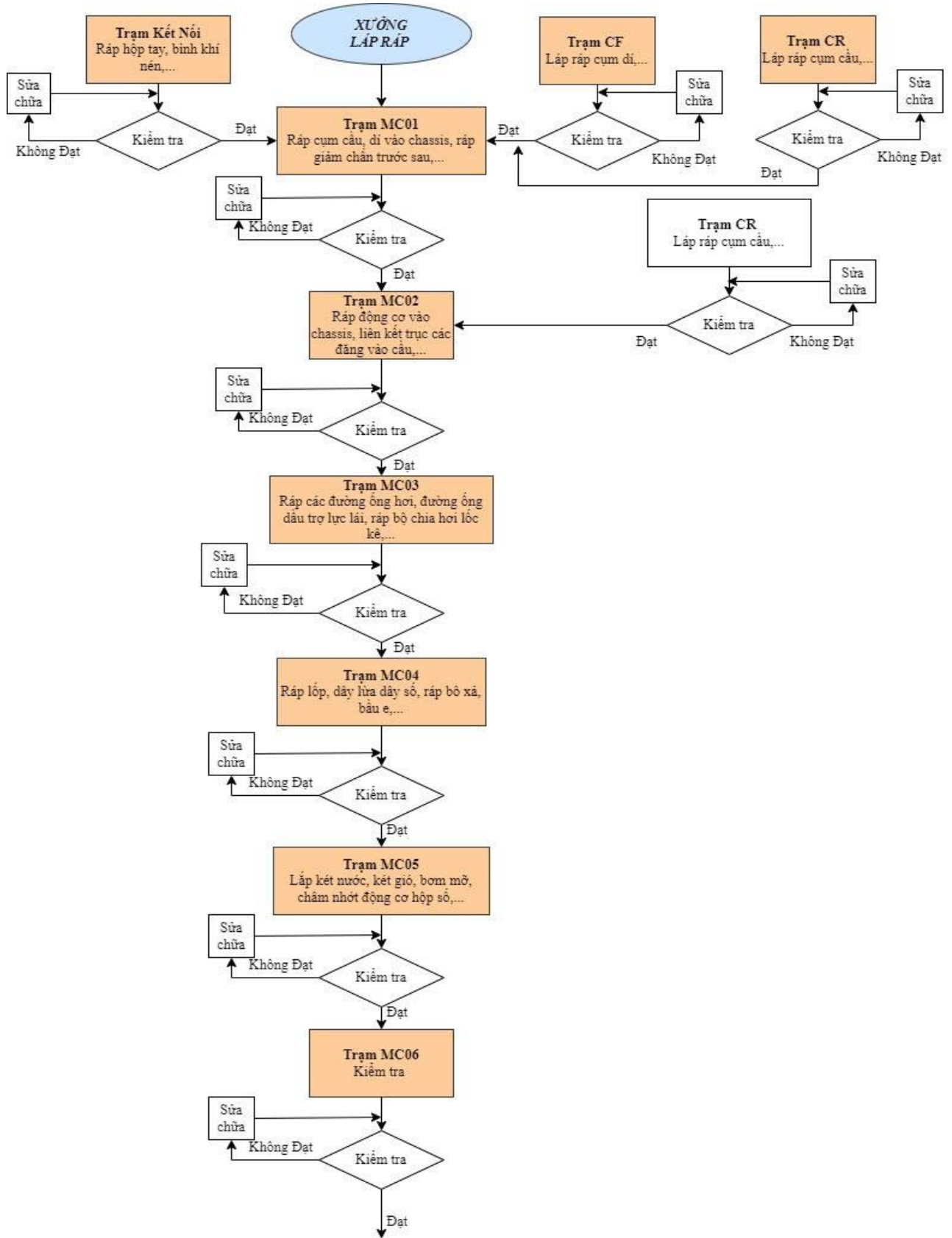


Hình 2. Dây chuyền sản xuất xe bus.

3.2. Quy trình lắp ráp xe bus tại chuyên Chassis: Chuyên Chassis gồm năm trạm chính MC01, MC02, MC03, MC04 và MC05 như hình 3 và hình 4.

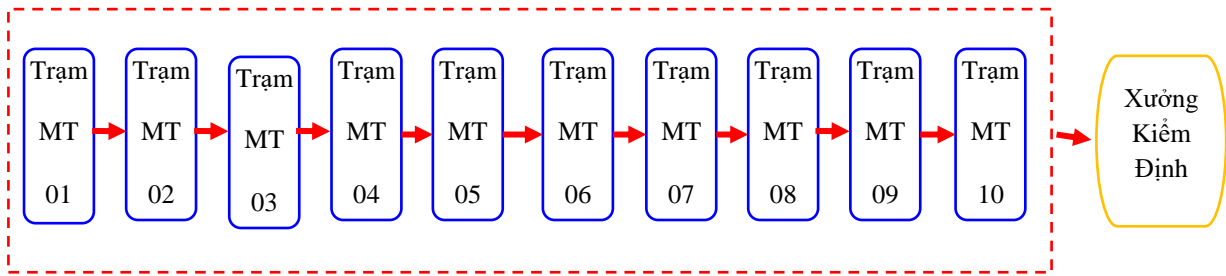


Hình 3. Lưu đồ lắp ráp xe bus tại chuyên Chassis.

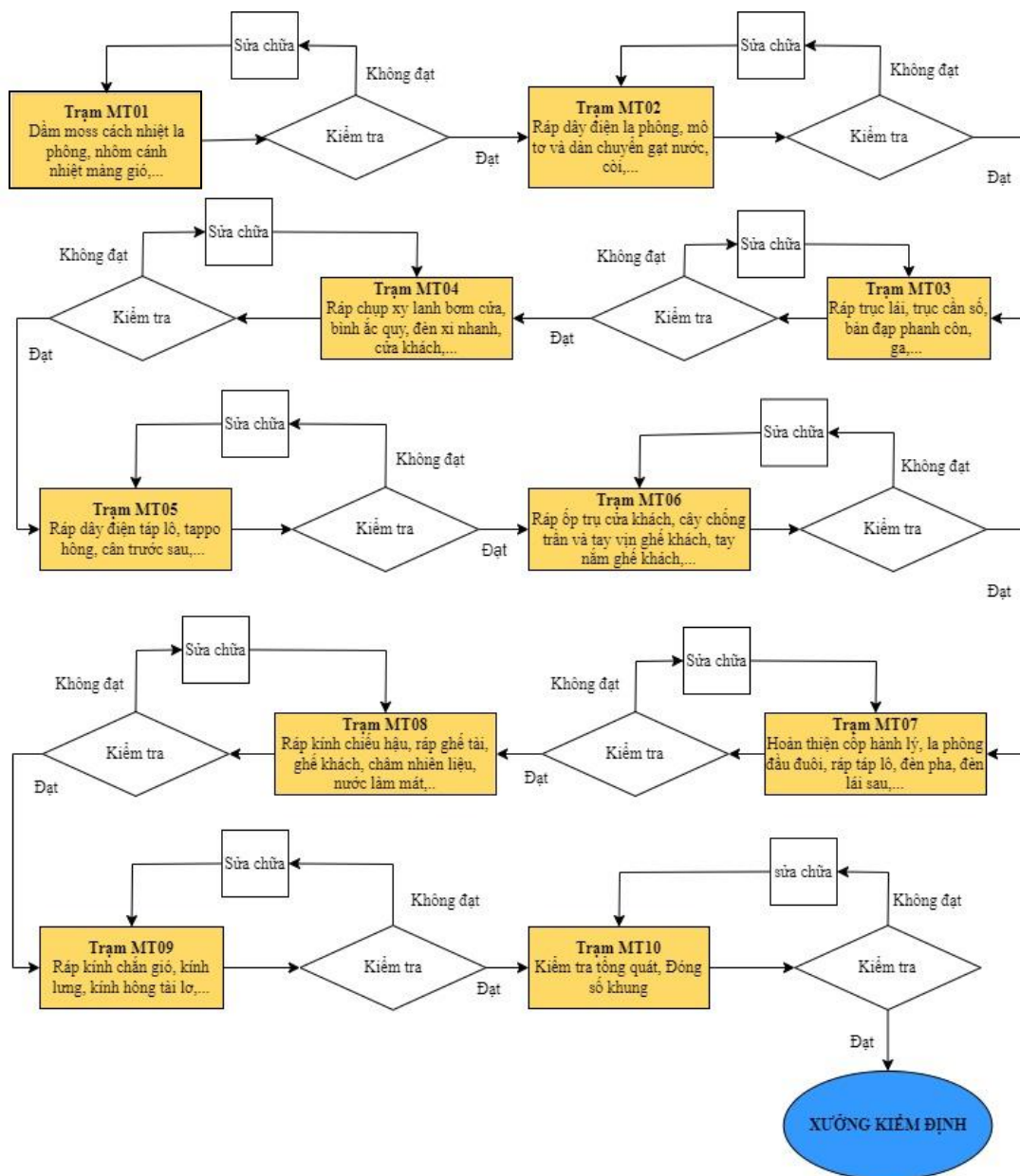


Hình 4. Quy trình lắp ráp xe bus tại chuyên Chassis.

3.3. Quy trình ráp xe bus tại chuyên trim-final: Chuyên Trim-Final gồm 10 trạm: MT01, MT02, MT03, MT04, MT05, MT06, MT07, MT08, MT09, MT10 như hình 5 và hình 6.



Hình 5. Lưu đồ lắp ráp xe bus tại chuyên Trim-Final.



Hình 6. Quy trình lắp ráp xe bus tại chuyên Trim-Final.

4. PHÂN TÍCH MÔ HÌNH HIỆN TẠI VÀ ĐỀ XUẤT CÁC BIỆN PHÁP CẢI TIẾN

Hiện nay, việc phân tích dây chuyền lắp ráp là một bước quan trọng trong quá trình quản lý sản xuất để đảm bảo hiệu suất và chất lượng sản phẩm. Đầu tiên, cần thực hiện một đánh giá toàn diện về hoạt động của dây chuyền, từ việc đo lường năng suất đến xác định các điểm yếu và vấn đề tiềm ẩn. Sau đó, dựa trên dữ liệu thu thập được, có thể đề xuất các biện pháp cải tiến như tối ưu hóa quy trình làm việc, cải thiện tự động hóa, hoặc nâng cấp công nghệ và thiết bị. Từ đó, sử dụng các công nghệ mô phỏng và phân tích dữ liệu có thể hỗ trợ trong việc đánh giá và dự đoán hiệu suất của dây chuyền. Điều này giúp cho việc đưa ra các quyết định cải tiến dựa trên dữ liệu và thông tin chính xác, tăng cường khả năng tiên đoán và kiểm soát trong quá trình sản xuất. Bảng 1 mô tả các bất cập trong dây chuyền sản xuất hiện tại và đề ra các biện pháp cải tiến nhằm nâng cao năng suất của chuyền.

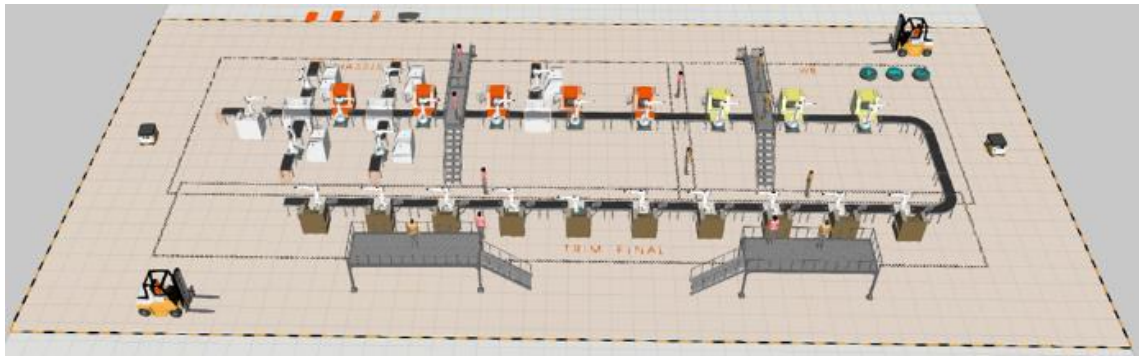
Bảng 1. Bất cập và giải pháp cải tiến.

STT	Vị trí	Bước công việc	Bất cập	Giải pháp	
1	Trạm cụm trước	Tháo dây thép buộc cầu trước	Phương pháp cắt dây thép buộc cầu trước còn thủ công	Dùng máy cắt hơi để cắt dây thép	
2		Chỉnh bulong giới hạn góc lái.	Tốn thời gian canh chỉnh bulong giới hạn góc lái	Yêu cầu nhà cung cấp canh chỉnh bulong giới hạn góc lái đúng tiêu chuẩn	
3	Trạm cụm cầu sau	Tháo dây thép buộc càng C	Phương pháp cắt dây thép buộc càng C còn thủ công	Dùng máy cắt hơi để cắt dây thép	
4		Lắp chữ C vào cầu	Độ chính xác giữa tâm lỗ bulong càng C và tâm lỗ bulong Cầu chưa cao gây tốn thời gian trong việc gá bulong	Yêu cầu nhà cung cấp gia công đúng tiêu chuẩn	
5	Trạm hàn	Nâng Chassis vào jig hàn	Tốn thời gian tháo bulong cùm hai Chassis bằng khóa	Sử dụng súng hơi mở bulong	
6		Xoay F	Lật chassis mất thời gian	Thiết kế cơ cấu lật Chassis	
7		Hàn khung chống biến dạng Chassis	Tốn thời gian trong việc hàn khung chống biến dạng. Chất lượng Chassis giảm khi hàn	Thiết kế khung chống biến dạng được liên kết bằng mối ghép bulong	
8	Trạm cụm cơ	LR động cơ	Ráp cụm động cơ	Nhiều nhân sự làm chung một động cơ	Thiết kế jig di động để phân chia ra từng công đoạn lắp ráp
9	Trạm công hơi	gia ống	Cắt ống nhựa	Phương pháp cắt ống hơi nhựa còn thủ công (bằng dao)	Thiết kế cơ cấu cắt ống hơi bằng xi lanh khí nén

5. KẾT QUẢ MÔ PHỎNG

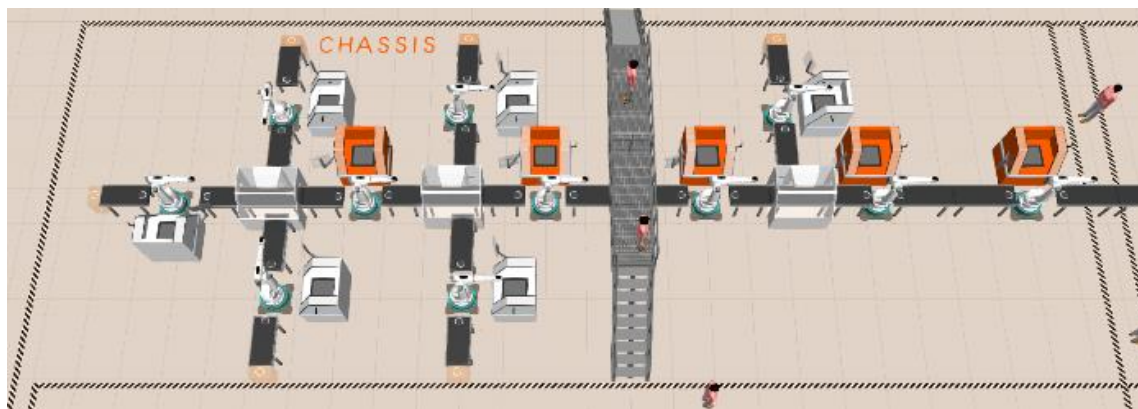
5.1. Xây dựng mô hình trên phần mềm

Với mục tiêu là số hoá toàn bộ quy trình lắp ráp xe bus bằng cách sử dụng các tính năng của phần mềm mô phỏng Visual Components. Từ dữ liệu thực tế tại nhà máy lắp ráp xe bus rồi đưa vào thành dữ liệu đầu vào cho phần mềm mô phỏng. Sau đó, mô hình mô phỏng được thiết lập và tiến hành mô phỏng sản xuất cho một ca làm việc (8 giờ) với yêu cầu đặt ra là phải đạt được lượng sản phẩm nhất định là 12 xe/ ca làm việc. Sử dụng các công cụ của phần mềm mô phỏng Visual Components, có thể xác định các điểm nút thắt trong toàn bộ quy trình, từ đó có thể thực hiện và thử nghiệm chạy mô phỏng bố trí các phương án thay đổi. Dây chuyền lắp ráp được xây dựng ở mô hình 3D trong phần mềm Visual Components được thể hiện ở hình 7.



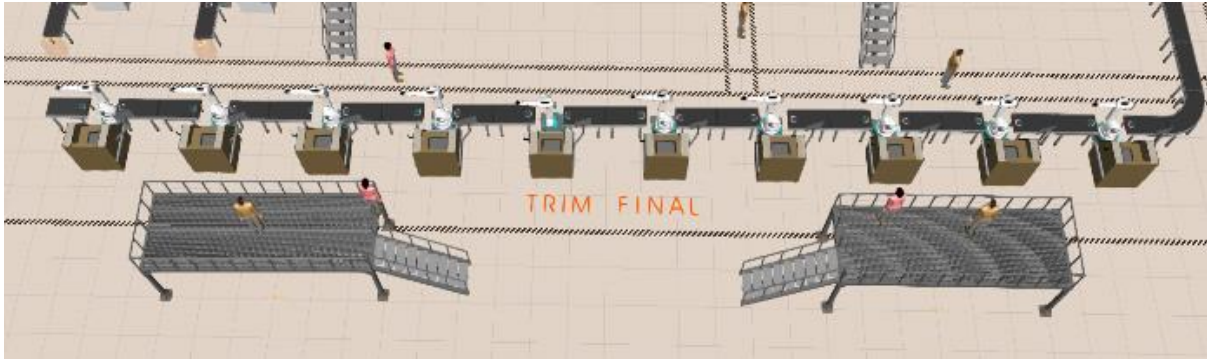
Hình 7. Dây chuyền lắp ráp.

Dây chuyền lắp ráp Chassis bao gồm năm công đoạn chính MC01, MC02, MC03, MC04, MC05 được xây dựng ở mô hình 3D trong phần mềm Visual Components được thể hiện ở hình 8.



Hình 8. Dây chuyền lắp ráp Chassis.

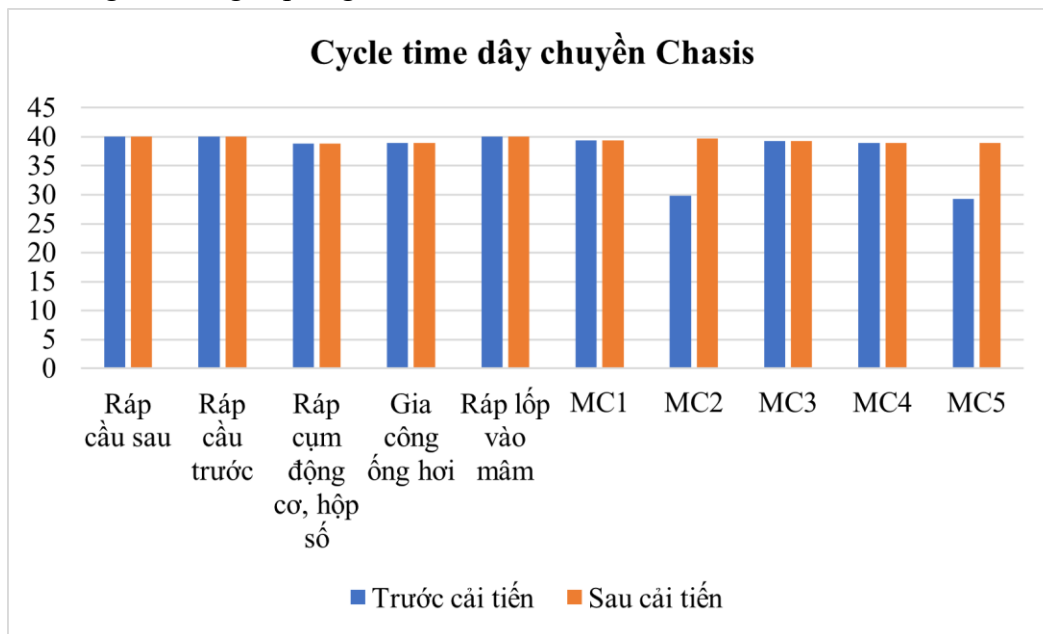
Dây chuyền lắp ráp Trim Final để lắp ráp, đầu vào là mười công đoạn MT01 đến MT10, đầu ra là sản phẩm xe bus B60 đã hoàn thành và được kiểm định, cuối cùng đưa sản phẩm đã hoàn thiện tới kho chính được xây dựng ở mô hình 3D trong phần mềm Visual Components được thể hiện ở hình 9.



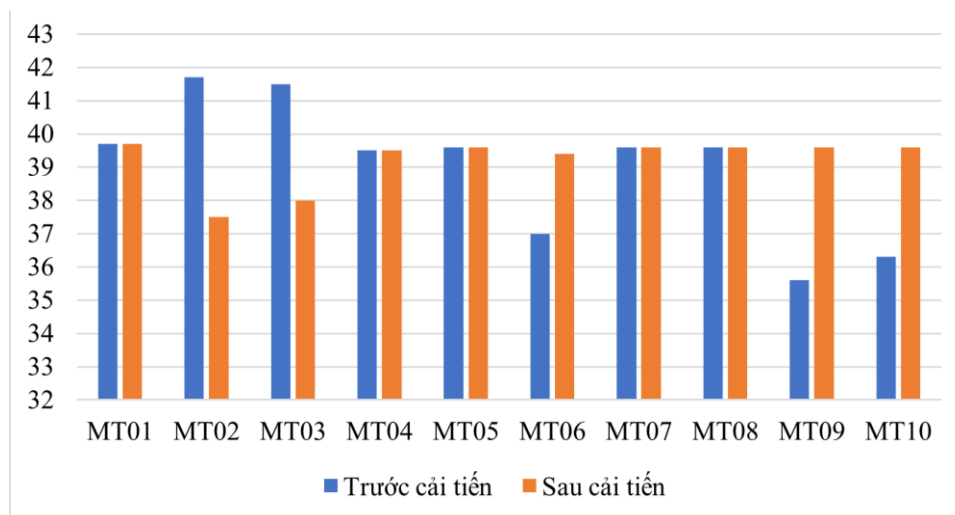
Hình 9. Dây chuyền lắp ráp Trim Final.

5.2. Kết quả mô phỏng

Hình 10 và hình 11 mô tả Cycle time từng trạm của dây chuyền Chassis và dây chuyền Trim – Final trước và sau cải tiến. Kết quả Cycle time từng trạm của dây chuyền trước và sau khi cải tiến cung cấp cái nhìn rõ ràng về hiệu quả sản xuất. Cycle time được xác định đo đếm trong quá trình lắp ráp mẫu của giai đoạn thử nghiệm, sau đó được điều chỉnh trong giai đoạn đầu của quá trình sản xuất hàng loạt và được công bố để xác định năng suất sản xuất (xe/ngày) của từng xưởng, từng trạm và toàn nhà máy. Trước khi cải tiến, cycle time thường cao do sự không cân bằng giữa các trạm làm việc, dẫn đến sự chờ đợi và thất thoát thời gian. Sau cải tiến, cycle time giảm đáng kể nhờ sự cân bằng năng suất tốt hơn, không có sự chờ đợi và các trạm làm việc hoạt động hiệu quả hơn. Điều này thúc đẩy năng suất tổng thể của dây chuyền và tăng khả năng đáp ứng nhu cầu sản xuất.



Hình 10. Chu kỳ sản xuất (Cycle time) từng trạm của dây chuyền Chassis trước khi cải tiến và sau cải tiến.

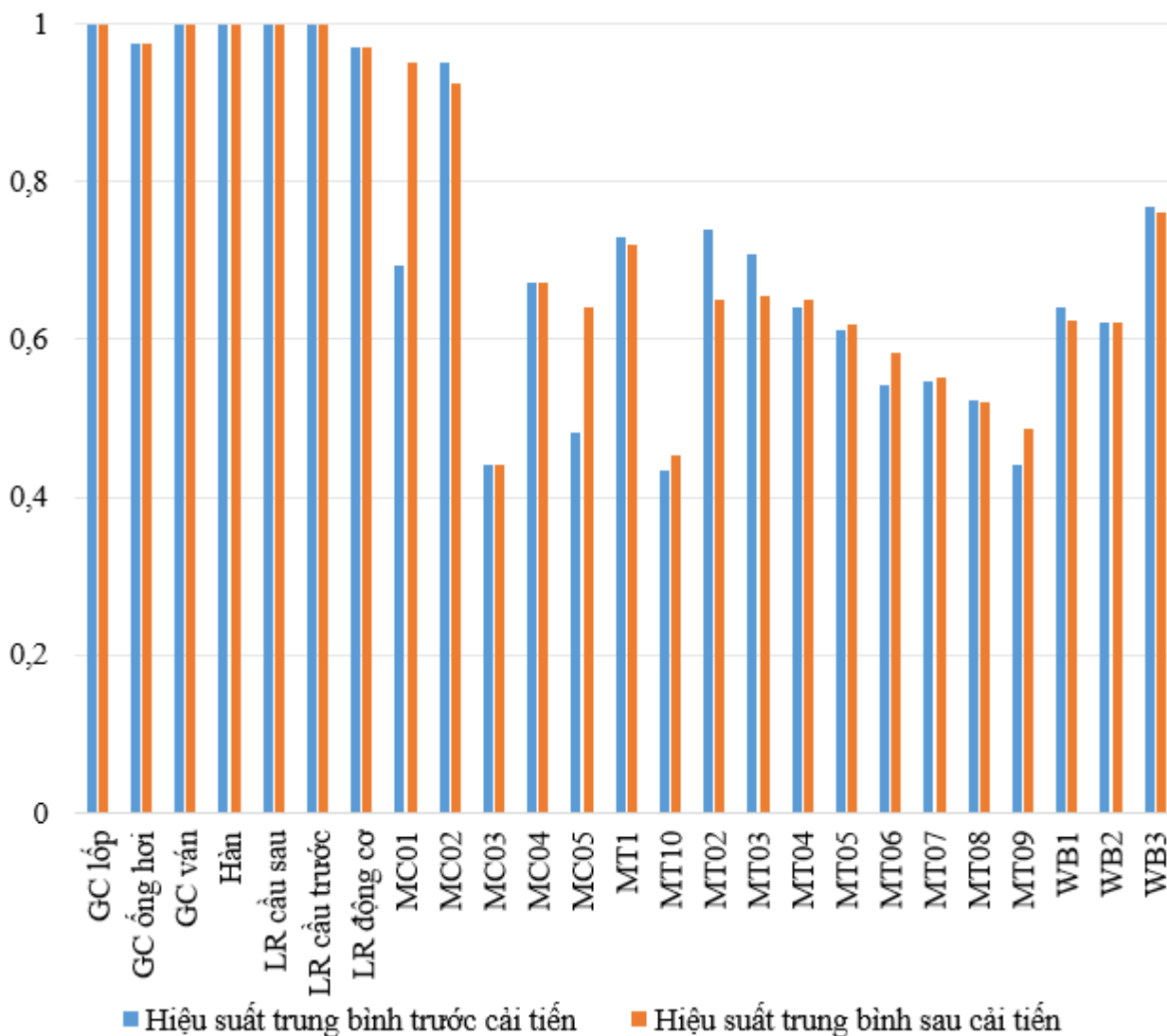


Hình 11. Chu kỳ sản xuất từng trạm của dây chuyền Trim – Final trước và sau khi cải tiến.

Bảng 2. Hiệu suất trung bình trước và sau khi cải tiến.

Công đoạn	Hiệu suất trung bình trước cải tiến	Hiệu suất trung bình sau cải tiến
GC lớp	1	1
GC ống hơi	0,975	0,975
GC ván	1	1
Hàn	1	1
LR cầu sau	1	1
LR cầu trước	1	1
LR động cơ	0,97	0,97
MC01	0,6947	0,951
MC02	0,951	0,9251
MC03	0,4404	0,4404
MC04	0,6724	0,6724
MC05	0,4808	0,6397
MT1	0,7288	0,7204
MT10	0,4327	0,4539
MT02	0,7397	0,6504
MT03	0,7086	0,6552
MT04	0,642	0,6511
MT05	0,6113	0,6191
MT06	0,5422	0,5823
MT07	0,5471	0,5516
MT08	0,5219	0,5196
MT09	0,4413	0,4858
WB1	0,6412	0,6243
WB2	0,6207	0,6207
WB3	0,7687	0,7603

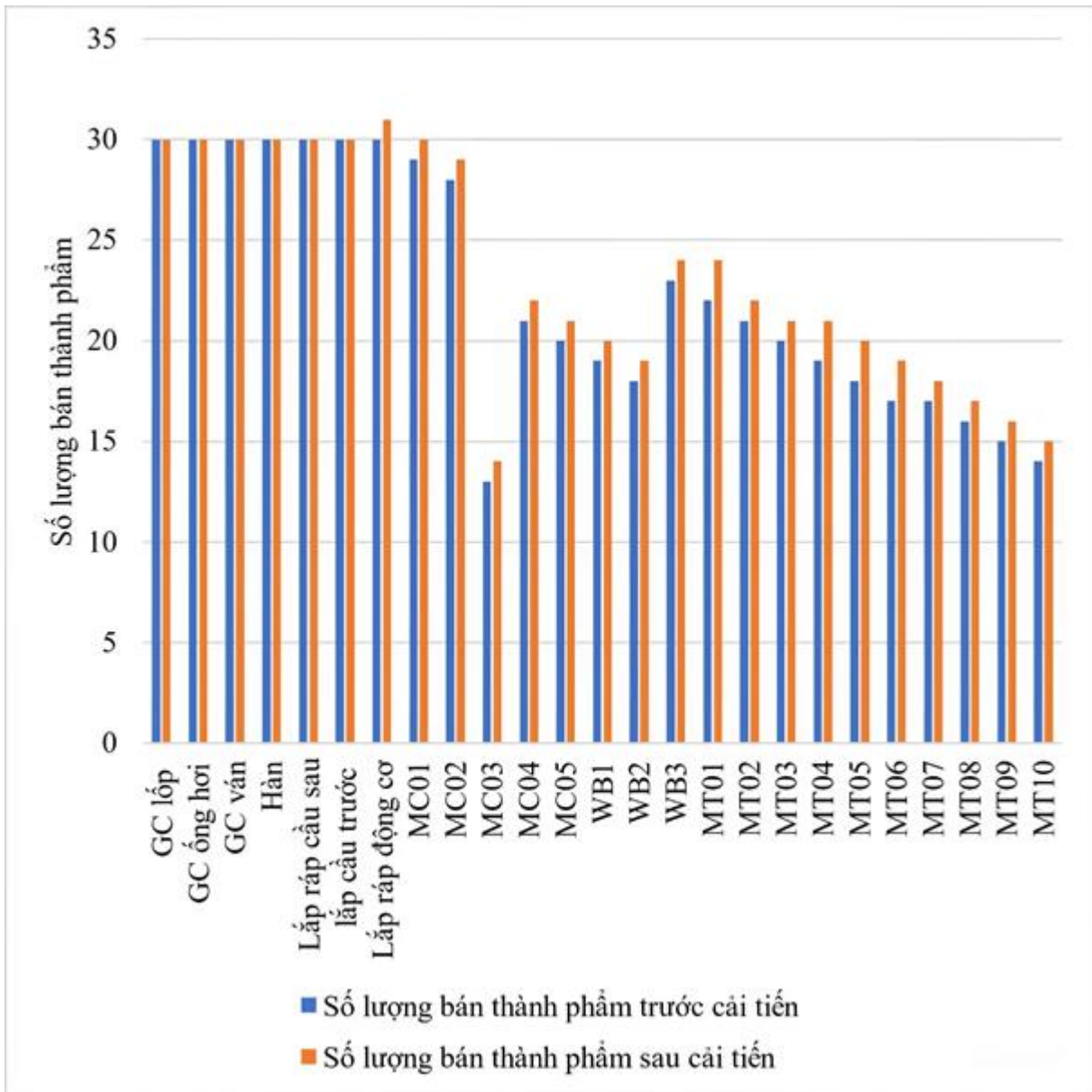
Phân tích kết quả từ bảng 2 và hình 12 cho thấy sự cải thiện đáng kể trong hiệu suất làm việc tại các công đoạn của dây chuyền sau khi áp dụng các biện pháp cải tiến. Chúng ta có thể thấy rằng tỷ lệ hiệu suất tại các trạm làm việc như MC01, MC05, MT06, MT09 và MT10 đã tăng lên một cách đáng kể. Ví dụ, tỷ lệ hiệu suất của MC01 đã tăng từ 69% lên 95%, còn tỷ lệ hiệu suất của MC05 tăng từ 48% lên 64%. Tuy nhiên, mặc dù đã có sự cải thiện, tỷ lệ hiệu suất tại một số trạm như MT06, MT09 và MT10 vẫn còn ở mức thấp và cần được tập trung cải thiện hơn trong tương lai để đảm bảo hiệu quả sản xuất toàn diện.



Hình 12. Biểu đồ so sánh hiệu suất trung bình trước và sau cải tiến.

Từ biểu đồ ở hình 13 cho thấy rằng sau khi cải tiến thì bán thành phẩm các công đoạn có sự thay đổi ở hầu hết các công đoạn từ 01 đến 02 bán thành phẩm. Sự thay đổi này có thể phản ánh sự cải thiện trong quy trình sản xuất, như làm giảm thời gian chờ đợi, tăng hiệu suất làm việc hoặc cải thiện trong quản lý vật liệu. Các biến động trong bán thành phẩm cũng có thể phản ánh sự thay đổi trong yếu tố ngoại cảnh như nhu cầu thị trường hoặc thay đổi trong quy trình sản xuất. Việc hiểu rõ nguyên nhân của sự thay đổi trong bán thành phẩm là rất quan trọng để có thể áp dụng những biện pháp cải tiến phù hợp. Do đó, cần tiến hành phân

tích chi tiết để xác định những yếu tố cụ thể nào đã góp phần vào sự thay đổi này và từ đó đề xuất những biện pháp cải thiện tiếp theo để tối ưu hóa hiệu suất sản xuất.



Hình 13. Biểu đồ so sánh số lượng bán sản phẩm trước và sau cải tiến.

Bằng các biện pháp đề xuất cải tiến và thiết lập mô phỏng thông qua phần mềm mô phỏng cho thấy quả chạy mô hình cải tiến cho ra số lượng 14,2 xe/ 1 ca làm việc tăng 9,2% sản lượng so với trước cải tiến (13 xe/ca).

6. KẾT LUẬN

Kết quả của quá trình cải tiến và mô phỏng sản xuất xe bus thông qua sử dụng phần mềm mô phỏng Visual Components đã mang lại những cải thiện đáng kể cho quy trình sản xuất. Từ việc thực hiện mô phỏng cho thấy khả năng tối ưu hóa dây chuyền lắp ráp, cân bằng năng suất và giảm thiểu thời gian chờ đợi. Phân tích kết quả từ các biểu đồ và bảng số liệu đã thể hiện rõ sự gia tăng đáng kể về hiệu suất làm việc tại các công đoạn, từ đó tăng năng suất sản xuất

tổng thể. Sự thay đổi trong bán thành phẩm từ biểu đồ chỉ ra sự cải thiện trong quy trình sản xuất và cần phải tiếp tục phân tích chi tiết để đề xuất các biện pháp cải tiến tiếp theo. Tóm lại, kết quả của quy trình cải tiến và mô phỏng đã chứng minh khả năng tăng cường hiệu suất và hiệu quả trong sản xuất xe bus, đồng thời cung cấp cơ sở cho việc tiếp tục phát triển và cải thiện trong tương lai.

Nghiên cứu cũng đã nêu rõ vai trò của ứng dụng phần mềm Visual Components trong việc tiêu chuẩn hóa quy trình lắp ráp. Sự đồng nhất trong quy trình sản xuất không chỉ giúp giảm sai sót mà còn làm tăng tính hiệu quả và dễ quản lý.

LỜI CẢM ƠN

Tác giả chân thành cảm ơn nhóm sinh viên ngành Kỹ thuật Hệ thống Công nghiệp, trường Đại học Bách khoa – Đại học Đà Nẵng đã hỗ trợ nhóm tác giả trong việc xây dựng mô hình mô phỏng hệ thống lắp ráp xe bus bằng phần mềm Visual Components.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1]. H. Santos, M. T. Pereira, F. J. G. Silva, L. P. Ferreira, A Novel Rework Costing Methodology Applied To a Bus Manufacturing Company, *Procedia Manufacturing*, 17 (2018) 631-639. <https://doi.org/10.1016/j.promfg.2018.10.109>
- [2]. B. Kapatsila, E. Grisé, M. Crumley, A. El-Geneidy, Empirical analysis of battery-electric bus transit operations in Portland, OR, USA, *Transportation Research Part D: Transport and Environment*, 12 (2024) 104120. <https://doi.org/10.1016/j.trd.2024.104120>
- [3]. A.B. Johnson, N. Patrick, An investigation of internal logistics of a lean bus assembly system via simulation: a case study, *International Journal of Industrial Engineering*, 19 (2012) 1-14. <https://doi.org/10.23055/ijietap.2012.19.1.564>
- [4]. P. Xu, et al., ViDX: Visual Diagnostics of Assembly Line Performance in Smart Factories, *IEEE Transactions on Visualization and Computer Graphics*, 23 (2017) 291-300. <https://doi.org/10.1109/TVCG.2016.2598664>
- [5]. U. Özcan and B. Toklu, Multiple-criteria decision-making in two-sided assembly line balancing: A goal programming and a fuzzy goal programming models, *Computers & Operations Research*, 36 (2009) 1955-1965. <https://doi.org/10.1016/j.cor.2008.06.009>
- [6]. R. Palencia, G.E. Mejía Delgado, A computer application for a bus body assembly line using Genetic Algorithms, *International Journal of Production Economics*, 140 (2012) 431-438. <https://doi.org/10.1016/j.ijpe.2012.06.026>
- [7]. S. Piedrahita, L. Augusto, T. Saule, Implementation of new manufacturing and body assembly Processes for BRT buses, *Industrial engineering*, 24 (2022) 1-15. <https://doi.org/10.25100/iyec.24i1.10889>
- [8]. U. Özcan, B. Toklu, A tabu search algorithm for two-sided assembly line balancing, *The International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, 43 (2009) 822-829. <https://doi.org/10.1007/s00170-008-1753-5>
- [9]. A. Baykasoglu, Multi-rule multi-objective simulated annealing algorithm for straight and u type assembly line balancing problems, *Journal of Intelligent Manufacturing*, 17 (2006) 217-232. <https://doi.org/10.1007/s10845-005-6638-y>
- [10]. T. Chen, M.-C. Chiu, Development of a cloud-based factory simulation system for enabling ubiquitous factory simulation, *Robotics and Computer-Integrated Manufacturing*, 45 (2017) 133-143. <https://doi.org/10.1016/j.rcim.2015.12.010>

- [11]. M. Klar, M. Glatt, B. Ravani, J. C. Aurich, A simulation-based factory layout planning approach using reinforcement learning, *Procedia CIRP*, 120 (2023) 123-128. <https://doi.org/10.1016/j.procir.2023.08.023>
- [12]. E. Yildiz, C. Møller, A. Bilberg, Virtual Factory: Digital Twin Based Integrated Factory Simulations, *Procedia CIRP*, 93 (2020) 216-221. <https://doi.org/10.1016/j.procir.2020.04.043>
- [13]. F. Yu, C. P. Nielsen, A data-driven approach for Decision-Making support of factory simulation solutions, *Procedia CIRP*, 93 (2020) 971-976. <https://doi.org/10.1016/j.procir.2020.04.129>
- [14]. R. Napper, Modular route bus design – A method of meeting transport operation and vehicle manufacturing requirements, *Transportation Research Part C: Emerging Technologies*, 38 (2014) 56-72. <https://doi.org/10.1016/j.trc.2013.11.002>
- [15]. K. Hirota, S. Kashima, How are automobile fuel quality standards guaranteed? Evidence from Indonesia, Malaysia and Vietnam, *Transportation Research Interdisciplinary Perspectives*, 4 (2020) 100089. <https://doi.org/10.1016/j.trip.2019.100089>
- [16]. P. X. Hoa, V. N. Xuan, N. T. Phuong Thu, Nexus of innovation, renewable consumption, FDI, growth and CO2 emissions: The case of Vietnam, *Journal of Open Innovation: Technology, Market, and Complexity*, 9 (2023) 100100. <https://doi.org/10.1016/j.joitmc.2023.100100>