

MÔ PHỎNG NHÀ MÁY SẢN XUẤT ĐỒ CHƠI XẾP GỖ SỬ DỤNG PHẦN MỀM TECNOMATIX VÀ SOLIDWORKS

Huang Thiên Hữu, Nguyễn Quốc Huy, Huỳnh Nguyễn Tấn Dũng, Huỳnh Tuấn Tú*
Trường Đại học Lạc Hồng, số 10 Huỳnh Văn Nghệ, Bửu Long, Biên Hòa, Đồng Nai
* Tác giả liên hệ: huynhtuantu@lhu.edu.vn

THÔNG TIN BÀI BÁO		TÓM TẮT
Ngày nhận:	12/03/2026	Bài báo trình bày nghiên cứu ứng dụng phương pháp Mô phỏng sự kiện rời rạc (Discrete Event Simulation - DES) thông qua phần mềm Tecnomatix Plant Simulation để phân tích và tối ưu hóa dây chuyền sản xuất đồ chơi xếp gỗ. Thay vì chỉ thiết kế mô hình 3D tĩnh bằng SolidWorks, nghiên cứu đã xây dựng một mô hình sản xuất động, bao gồm các công đoạn: cung cấp phôi, gia công CNC (cắt, phay, tiện, khoan), phun sơn và đóng gói tự động. Điểm mới của nghiên cứu nằm ở việc thiết lập các kịch bản mô phỏng đối chứng. Thông qua việc phân tích dữ liệu về thời gian chu kỳ (cycle time) và hiệu suất thiết bị tổng thể (OEE), nghiên cứu đã xác định các nút thắt (bottleneck) trong dây chuyền. Bằng cách tái phân bổ số lượng xe tự hành (AGV) và đồng bộ hóa tốc độ băng tải giữa khâu gia công và đóng gói, kịch bản tối ưu hóa đã cho thấy sự cải thiện rõ rệt: giảm 15-20% thời gian chờ đợi trung bình của bán thành phẩm và tiết kiệm năng lượng tiêu thụ tại các cụm máy gia công. Kết quả này cung cấp một bộ tham số vận hành đáng tin cậy cho các nhà quản lý công nghiệp trước khi ra quyết định đầu tư và triển khai thực tế.
Ngày hoàn thiện:	29/04/2026	
Ngày chấp nhận:	24/05/2026	
Ngày đăng:	25/06/2026	
TỪ KHÓA		
Mô phỏng nhà máy; Phần mềm Tecnomatix; Phần mềm SolidWorks; Nhà máy tự động; Sản xuất đồ chơi xếp gỗ.		

SIMULATION OF WOODEN BLOCK TOY MANUFACTURING PLANT USING SOLIDWORKS AND TECNOMATIX SOFTWARE

Huang Thien Huu, Nguyen Quoc Huy, Huynh Nguyen Tan Dung, Huynh Tuan Tu*
¹Lac Hong University, No. 10 Huynh Van Nghe, Buu Long, Bien Hoa, Dong Nai
* Corresponding Author: huynhtuantu@lhu.edu.vn

ARTICLE INFO		ABSTRACT
Received:	Mar 12 th , 2026	This paper presents a study on the application of the Discrete Event Simulation (DES) method using Tecnomatix Plant Simulation software to analyze and optimize a wooden toy production line. Rather than relying solely on static 3D models designed in SolidWorks, this research constructed a dynamic production model encompassing various stages: raw material supply, CNC machining (cutting, milling, turning, and drilling), spray painting, and automated packaging. The novelty of this study lies in the establishment of comparative simulation scenarios. By analyzing data on cycle time and Overall Equipment Effectiveness (OEE), the research identified bottlenecks within the production line. By reallocating the number of Automated Guided Vehicles (AGVs) and synchronizing the conveyor speeds between the machining and packaging stages, the optimized scenario demonstrated significant improvements: a 15-20% reduction in the average waiting time for semi-finished products alongside energy savings at the machining clusters. These results provide a reliable set of operational parameters for industrial managers prior to making investment decisions and real-world deployment.
Revised:	Apr 29 th , 2026	
Accepted:	May 24 th , 2026	
Published:	Jun 25 th , 2026	
KEYWORDS		
Plant simulation; Tecnomatix software; SolidWorks software; Automated factory; Wooden block toy manufacturing.		

Available online at: <https://lhj.vn>

Video mô phỏng quy trình sản xuất đồ chơi xếp gỗ sử dụng phần mềm SolidWorks và Tecnomatix được cung cấp theo đường link sau: <https://youtu.be/cDag7FWa7rk>

1. Giới thiệu

Trong bối cảnh Cách mạng Công nghiệp 4.0, chuyển đổi số đang định hình lại toàn diện ngành sản xuất, mở ra cơ hội tối ưu hóa quy trình và giảm thiểu tác động môi trường [1, 2]. Ngành sản xuất đồ chơi xếp gỗ hiện là lĩnh vực tiềm năng nhờ tính bền vững và giá trị giáo dục cao, đáp ứng xu hướng sử dụng vật liệu tái tạo và sơn không độc hại [3-5]. Tuy nhiên, để duy trì lợi thế cạnh tranh toàn cầu, các doanh nghiệp cần chuyển dịch từ các phương pháp quản lý truyền thống sang hệ thống sản xuất linh hoạt, tối ưu hóa được cả chi phí lẫn thời gian chu kỳ [6-8].

Mặc dù các công cụ thiết kế hỗ trợ máy tính (CAD) như SolidWorks đã giải quyết tốt bài toán về mô hình hóa hình học tĩnh, nhưng chúng chưa thể phản ánh được các đặc tính động phức tạp của hệ thống sản xuất như sự biến động của dòng vật chất, tương tác thiết bị và các điểm nghẽn (bottleneck) phát sinh theo thời gian. Do đó, việc ứng dụng Mô phỏng sự kiện rời rạc (Discrete Event Simulation - DES) thông qua các nền tảng như Tecnomatix Plant Simulation trở nên thiết yếu [9, 10]. Khác với mô phỏng tĩnh, mô phỏng động cho phép tạo ra một "bản sao số" (Digital Twin) để phân tích hiệu suất hệ thống trong môi trường ảo, từ đó dự báo chính xác các tắc nghẽn và tối ưu hóa mức tiêu thụ năng lượng trước khi triển khai thực tế [11, 12].

Nghiên cứu này kết hợp thế mạnh về thiết kế chi tiết của SolidWorks với khả năng phân tích động của Tecnomatix để xây dựng giải pháp tối ưu cho nhà máy sản xuất đồ chơi xếp gỗ. Thay vì chỉ thực hiện các nhiệm vụ thiết kế đơn thuần, nghiên cứu tập trung vào các mục tiêu khoa học cốt lõi sau:

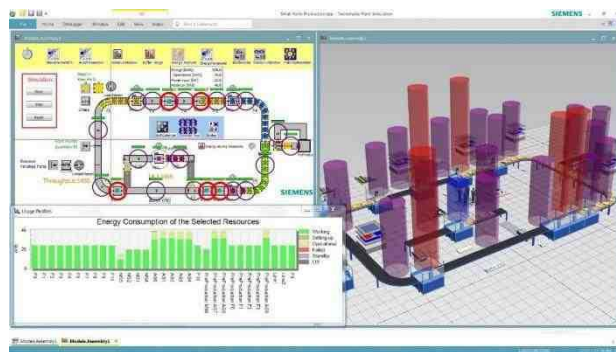
Xây dựng mô hình bản sao số (Digital Twin) tích hợp đầy đủ đặc tính hình học từ SolidWorks và đặc tính vận hành động trong Tecnomatix cho toàn bộ dây chuyền từ cung cấp phối đến đóng gói tự động.

Phân tích và nhận diện điểm nghẽn (Bottleneck Analysis) bằng phương pháp mô phỏng động nhằm tối ưu hóa dòng chảy vật chất và sự phối hợp giữa hệ thống xe tự hành (AGV) với các cánh tay robot.

Tối ưu hóa đa mục tiêu thông qua thiết lập các kịch bản đối chứng để xác định bộ tham số vận hành lý tưởng, giúp giảm thiểu thời gian chờ (idle time) và năng lượng tiêu thụ vô ích của các cụm máy gia công CNC.

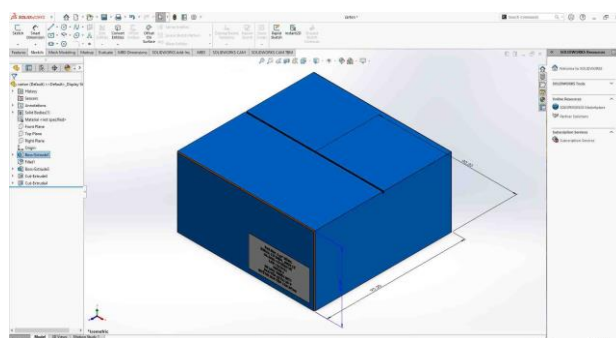
Đánh giá tính khả thi và hiệu suất hệ thống thông qua các chỉ số định lượng như hiệu suất thiết bị tổng thể (OEE), làm cơ sở dữ liệu tin cậy cho việc ra quyết định đầu tư và thúc đẩy mô hình sản xuất xanh [13, 14].

Phạm vi nghiên cứu không dừng lại ở việc mô phỏng quy trình sản xuất đơn thuần mà hướng tới việc thiết lập một khung phương pháp luận trong việc tối ưu hóa dây chuyền dựa trên dữ liệu số, đảm bảo tính chính xác và khả năng ứng dụng cao trong thực tế sản xuất công nghiệp.



Hình 1: Phần mềm Tecnomatix Plant Simulation

Ngoài ra trong dự án này phần mềm SOLIDWORKS được sử dụng phối hợp để thiết kế các chi tiết 3D như sản phẩm, các vật dụng trang trí, thùng chứa, như Hình 2.

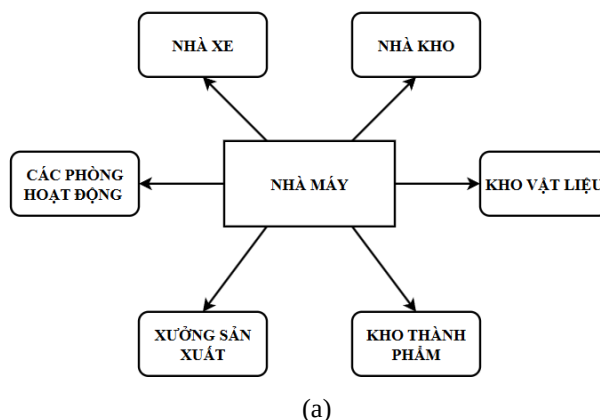


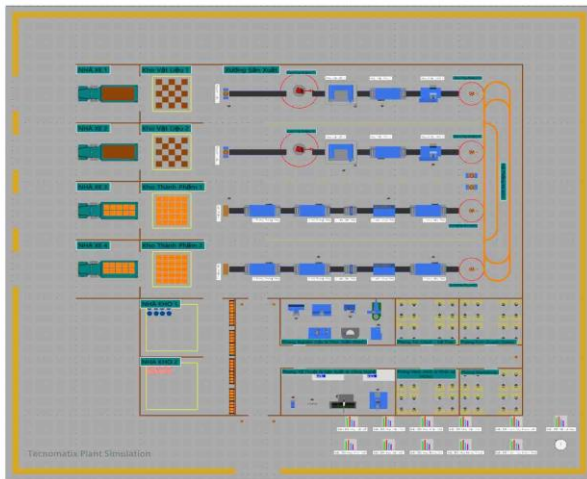
Hình 2: Các chi tiết 3D được thiết kế sử dụng phần mềm SOLIDWORKS

2. Nội dung

2.1 Các khu vực trong nhà máy sản xuất đồ chơi xếp gỗ và đóng gói tự động

Mô hình nhà máy được chia thành các khu vực chính, liên kết chặt chẽ để tạo ra một dây chuyền sản xuất thực tế và hiệu quả, như minh họa trong Hình 3.





(b)

Hình 3: Các khu vực trong nhà máy sản xuất đồ chơi xếp gỗ và đóng gói tự động, (a): sơ đồ khối và (b): thiết kế mô hình thực tế của nhà máy sử dụng phần mềm Tecnomatix

Nhà xe: là nơi vận chuyển các vật liệu vào để tạo ra sản phẩm và vận chuyển ra các sản phẩm đáp ứng nhu cầu của con người.

Nhà kho: là nơi chứa các nguyên liệu cần thiết để tạo ra sản phẩm.

Kho vật liệu: là nơi để các vật liệu được cung cấp từ nhà xe.

Kho thành phẩm: là nơi để các sản phẩm hoàn chỉnh được xuất đi ra bên ngoài.

Xưởng sản xuất: là một dây chuyền sản xuất để tạo ra một sản phẩm hoàn chỉnh.

Các phòng hoạt động: gồm có 6 phòng.

Phòng nghiên cứu và phát triển: là một bộ phận đặc biệt, có nhiệm vụ nghiên cứu và phát triển các sản phẩm, dịch vụ và công nghệ mới.

Phòng kỹ thuật, sản xuất và công nghệ: là bộ phận có nhiệm vụ thiết lập, vận hành và quản trị toàn hệ thống kỹ thuật.

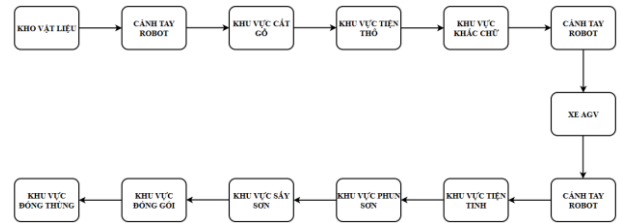
Phòng tài chính – kế toán: là bộ phận trong công ty chịu trách nhiệm về các vấn đề liên quan đến tài chính và kế toán. Họ thu thập, phân tích và báo cáo các thông tin tài chính, lập và quản lý ngân sách, thực hiện quản lý nợ và lãi vay, lập và quản lý kế hoạch tài chính, cũng như đảm bảo tuân thủ các quy định pháp luật về tài chính và kế toán.

Phòng hành chính và nhân sự: là một đơn vị quản lý trong các tổ chức, chịu trách nhiệm về các vấn đề liên quan đến nhân sự như tuyển dụng, đào tạo, kiểm tra và đánh giá hiệu suất công việc, quản lý tiền lương và lợi ích cho nhân viên.

Phòng kinh doanh: là một bộ phận tìm kiếm khách hàng tiềm năng, tư vấn và thuyết phục khách hàng mua sản phẩm/ dịch vụ của doanh nghiệp, đồng thời xây dựng và duy trì mối quan hệ với khách hàng.

Phòng Marketing: là bộ phận trong một tổ chức hoặc công ty chịu trách nhiệm về việc quảng cáo và quảng bá sản phẩm, dịch vụ của công ty.

2.2 Sơ đồ khối xưởng sản xuất



Hình 4: Các khu vực trong xưởng sản xuất

Kho vật liệu: là khu vực chứa các nguyên liệu chính là gỗ (phôi). Cơ cấu vận chuyển tự động sẽ đưa phôi vào băng tải và cánh tay robot sẽ đưa phôi vào sản xuất. Hệ thống kiểm soát đảm bảo số lượng phôi cần thiết được cung cấp liên tục cho nhà máy, giúp duy trì sự ổn định trong quá trình sản xuất các sản phẩm.

Khu vực cắt gỗ: ở khu vực này, máy CNC cắt sẽ tiếp nhận phôi từ băng tải và tiến hành gia công để cắt phôi theo kích thước.

Khu vực tiện thô: khi cắt gỗ xong thì phôi sẽ được băng tải di chuyển đến vị trí tiện thô để tiện thô phôi lại. Các phôi khi tiện sẽ được người giám sát kiểm tra theo khung giờ (đo kích thước).

Khu vực khắc chữ: khi tiện thô phôi xong thì phôi sẽ được băng tải di chuyển đến vị trí khắc chữ để khắc logo lên phôi. Các phôi khi khắc chữ lên sẽ được người giám sát kiểm tra theo khung giờ (xem logo có bị lỗi về hình dạng không).

Xe AGV: khi khắc chữ xong thì cánh tay robot sẽ chuyển phôi vào xe AGV để vận chuyển đến khu vực tiếp theo. Xe sẽ vận chuyển khi đủ số lượng phôi quy định trên xe và xe sẽ di chuyển theo đường line.

Khu vực tiện tinh: khi xe AGV vận chuyển phôi xong, cánh tay robot sẽ đưa phôi vào băng tải, phôi di chuyển đến vị trí tiện tinh để tiện tinh phôi lại cho đẹp. Các phôi khi tiện sẽ được người giám sát kiểm tra theo khung giờ (đo kích thước, kiểm tra logo, hình dạng phôi). Quy trình này phôi được kiểm tra rất kỹ lưỡng.

Khu vực phun sơn: khi tiện tinh phôi xong thì phôi sẽ được băng tải di chuyển đến vị trí phun sơn để sơn phôi.

Khu vực sấy sơn: khi phun sơn phôi xong thì phôi sẽ được băng tải di chuyển đến vị trí sấy sơn để sơn được khô lại và phôi đã được thành sản phẩm theo yêu cầu.

Khu vực đóng gói: ở khu vực này, máy tự động sẽ đóng hộp và 54 thanh gỗ sẽ được xếp vào sản phẩm (tiêu biểu.. một hộp). Máy tự động sắp xếp các thanh gỗ thành một hình chữ nhật rất nhanh chóng và chính xác, tối ưu hóa thời gian đóng gói và giảm thiểu nhân công.

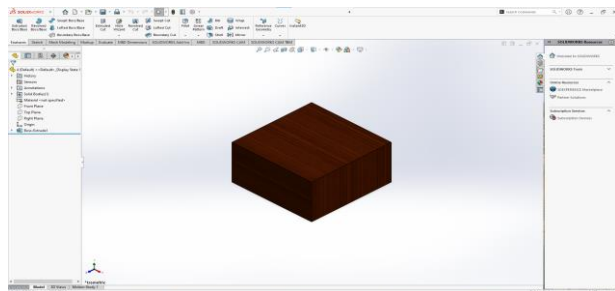
Khu vực đóng thùng: ở khu vực này, máy tự động sẽ đóng thùng và 6 hộp đã được đóng gói sẽ cho vào 1 thùng. Máy tự động sắp xếp các hộp nhỏ vào thùng một cách nhanh chóng và chính xác, tối ưu hóa thời gian đóng gói và giảm thiểu nhân công.

Ghi chú: Các quá trình được tự động hóa hoàn toàn và được điều khiển bởi phần mềm chuyên dụng, đảm bảo độ chính xác cao và hiệu quả tốt.

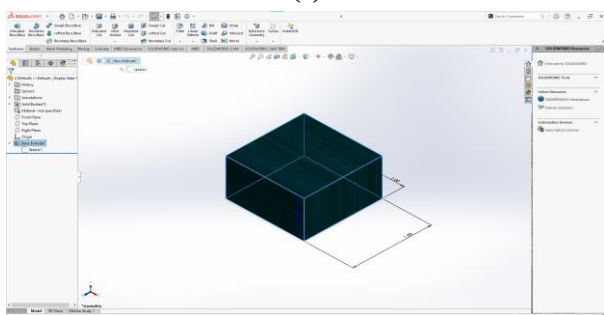
3. Thiết kế

3.1. Thiết kế 3D sản phẩm

Bằng cách tạo các bản vẽ 3D chi tiết và chính xác trong phần mềm, chúng tôi đã có thể phát triển một mô hình số hóa toàn diện, từ đó đảm bảo sự chính xác trong giai đoạn sản xuất và lắp ráp. Vẽ các chi tiết 3D sản phẩm từ giai đoạn đầu đến giai đoạn cuối, các thông số đã vẽ tỉ lệ 1:1 so với sản phẩm thực.

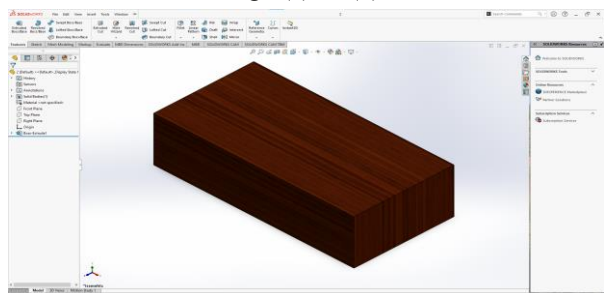


(a)

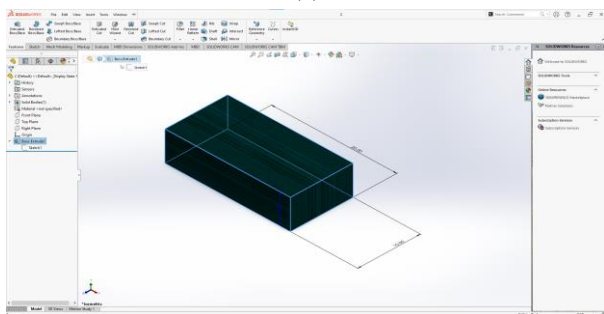


(b)

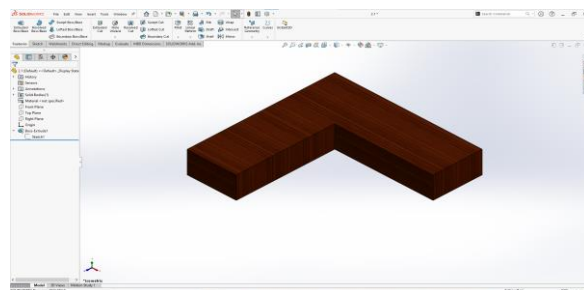
Hình 5: Tấm gỗ (a) và (b), đơn vị “m”



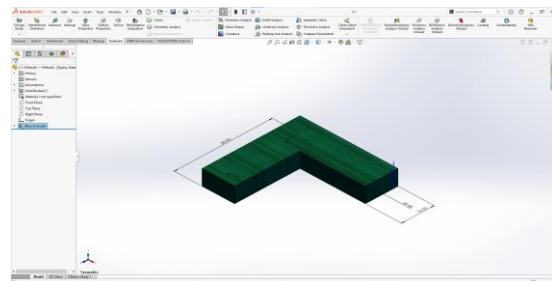
(a)



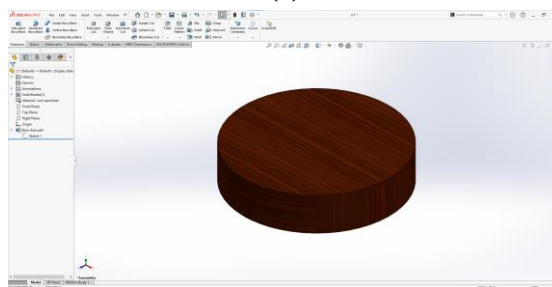
(b)



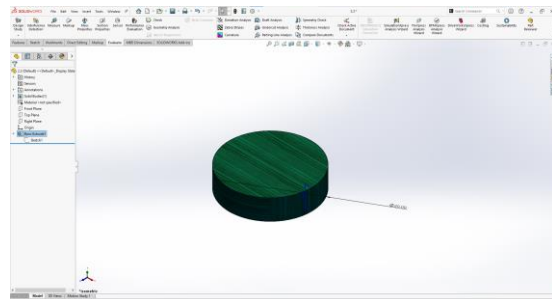
(c)



(d)

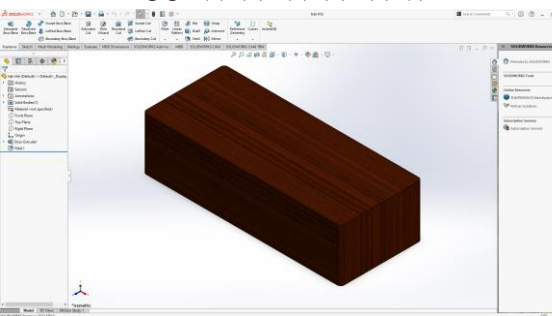


(e)

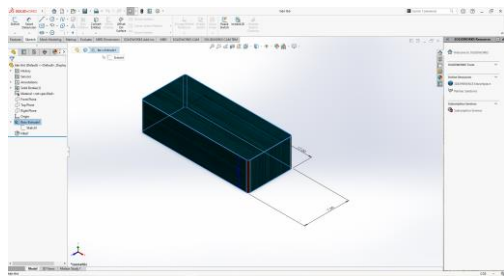


(f)

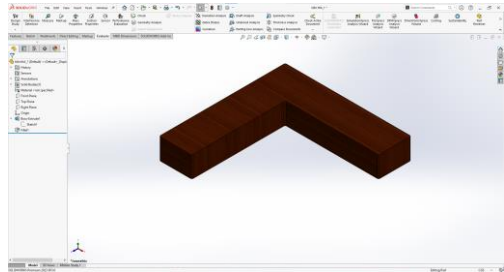
Hình 6: Miếng gỗ (a);(b); (c);(d); (e);(f), đơn vị “cm”



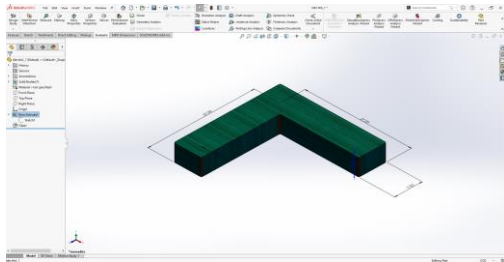
(a)



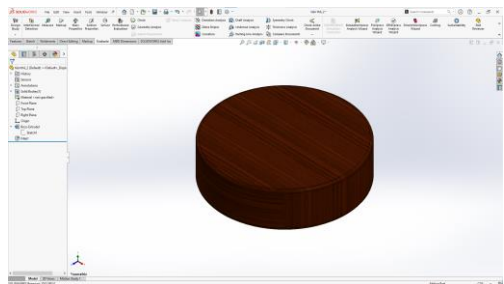
(b)



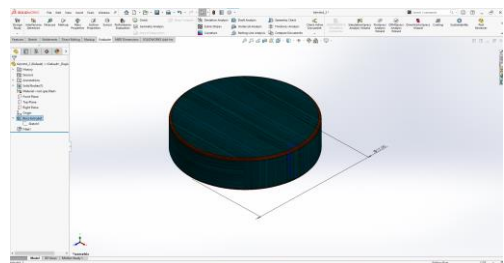
(c)



(d)

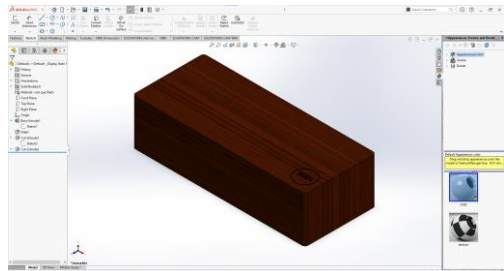


(e)

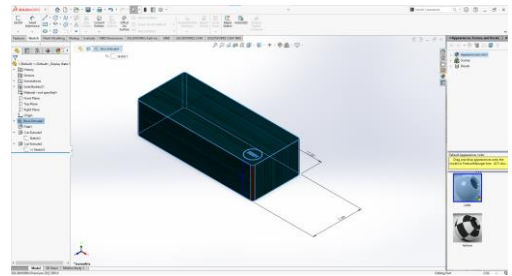


(f)

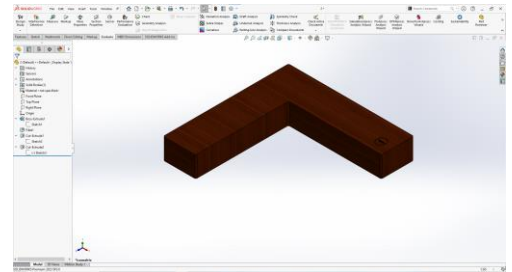
Hình 7: Tiện thô sản phẩm (a);(b); (c);(d); (e);(f).



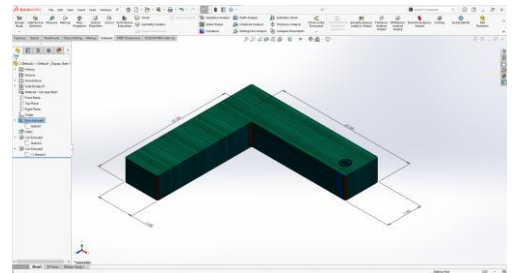
(a)



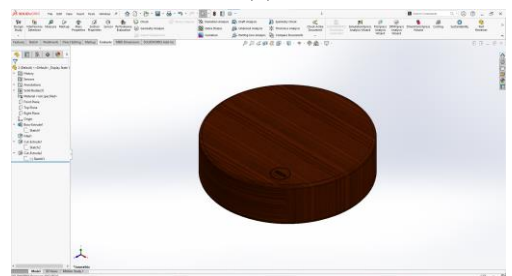
(b)



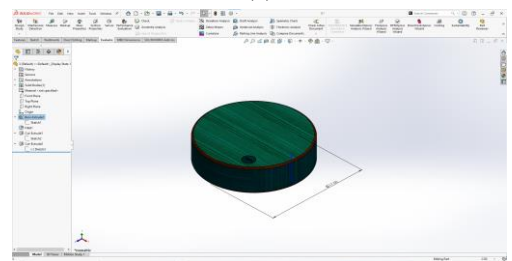
(c)



(d)

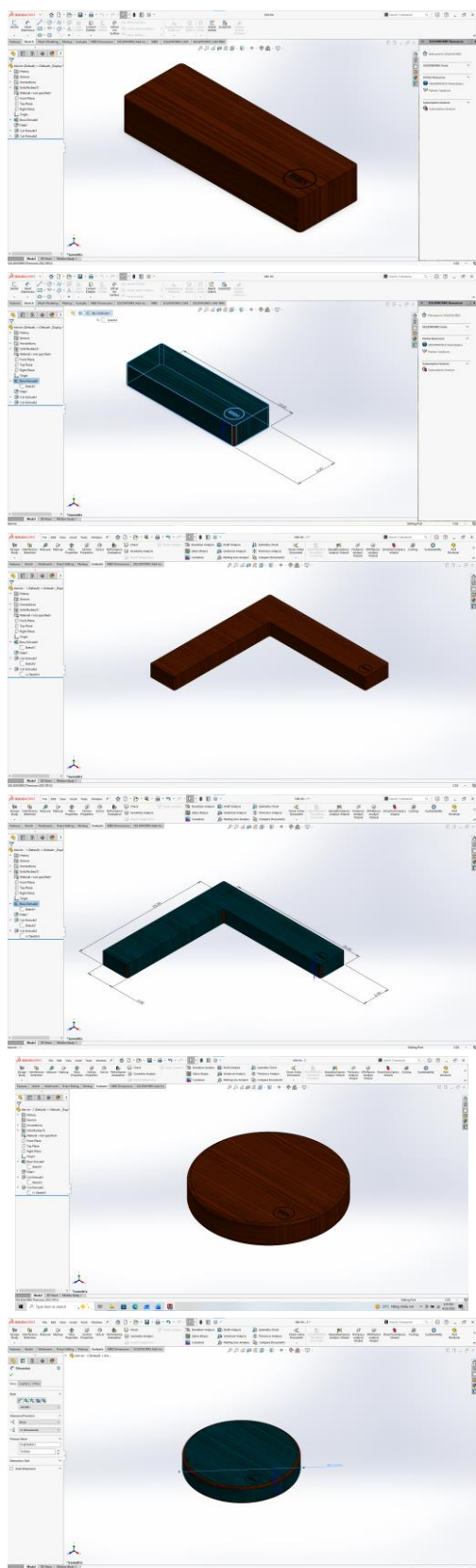


(e)

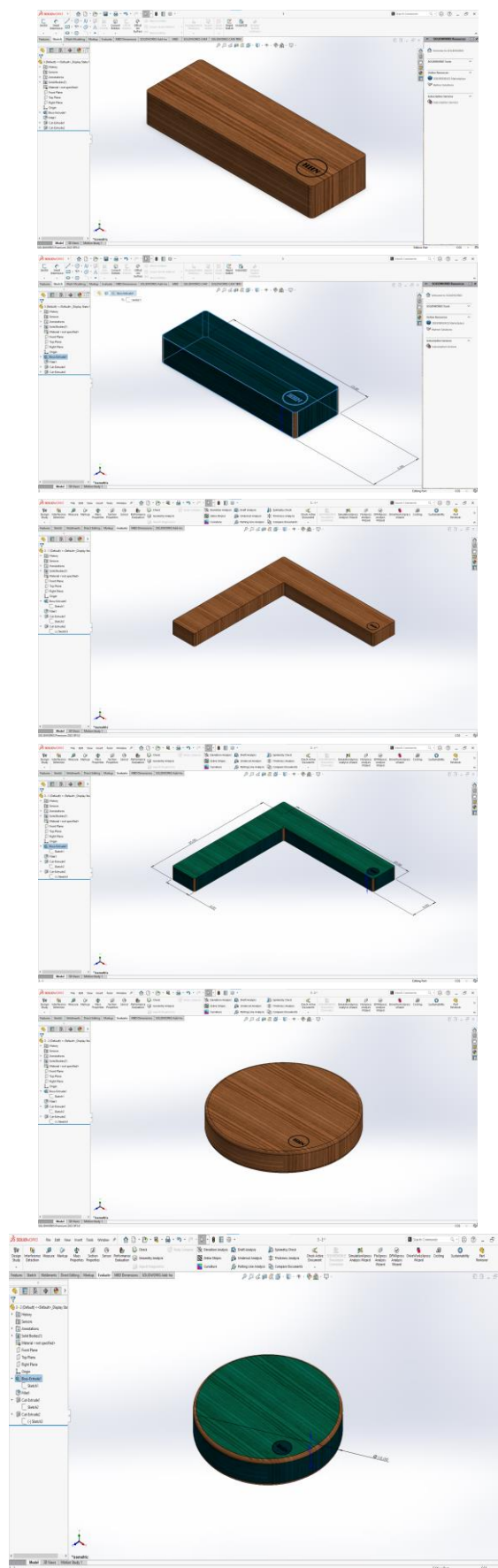


(f)

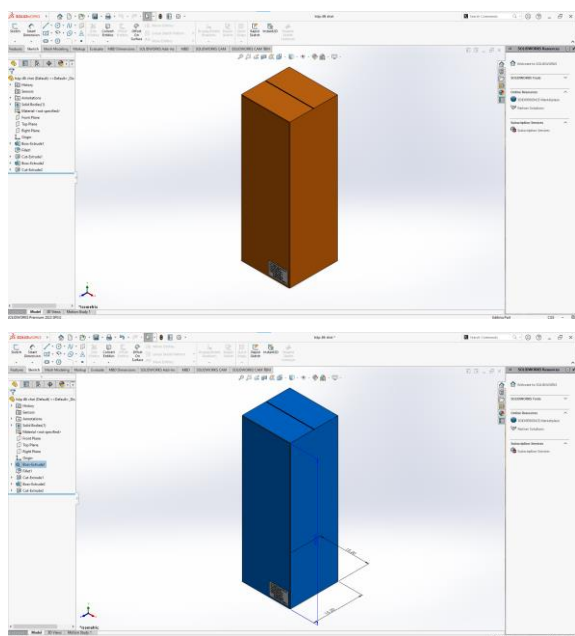
Hình 8: Khắc chữ: khắc logo của công ty



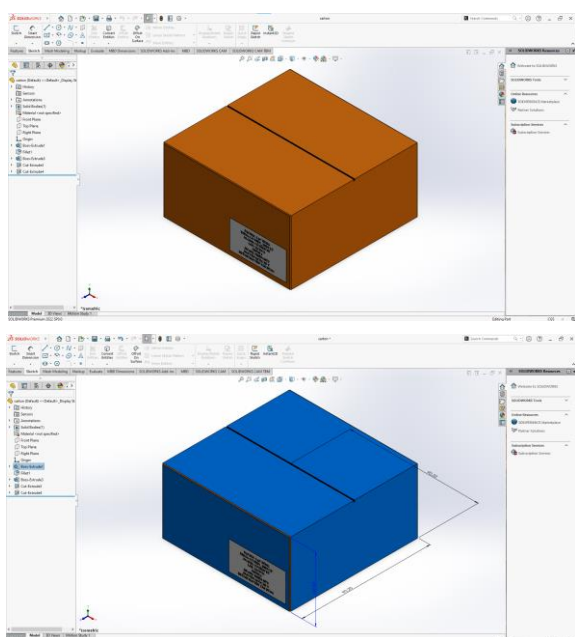
Hình 9: Tien tinh



Hình 10: Son bong



Hình 11: Hộp đồ chơi xếp gỗ: đơn vị “cm”



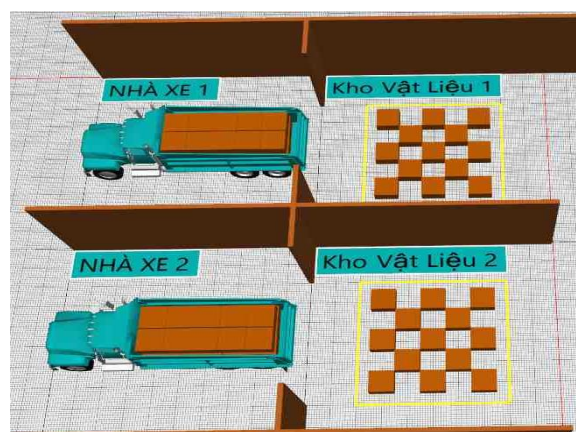
Hình 12: Hộp carton, đơn vị “cm”

Xuất file VRML (*.wrl): sau khi thiết kế các sản phẩm bằng mô hình 3D xong, ta sẽ xuất dưới dạng “file.wrl”, một định dạng tập tin được thiết kế để hỗ trợ chia sẻ và cộng tác trong môi trường nhiều phần mềm.

3.2 Mô phỏng quy trình sản xuất trong nhà máy

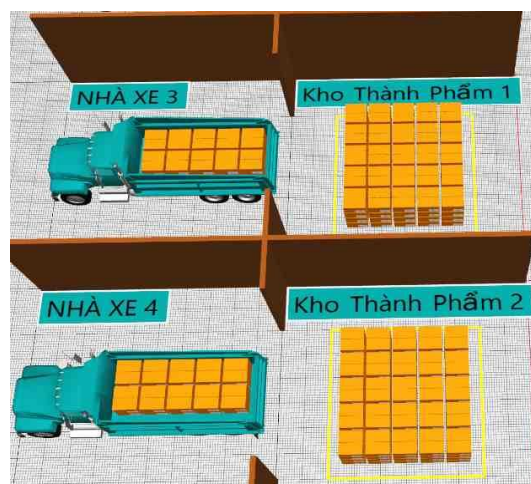
3.2.1 Khu vực kho xưởng

Nơi cung cấp vật liệu là nơi mà nhà máy mua nguyên liệu từ bên ngoài tiêu biểu là nơi khai thác gỗ. Nhà xe 1 và nhà xe 2 sẽ di chuyển đến nơi bán, để chờ nguyên liệu về. Từ nhà xe, nguyên liệu sẽ được công nhân vận chuyển vào kho nguyên liệu.



Hình 13: Nơi cung cấp vật liệu

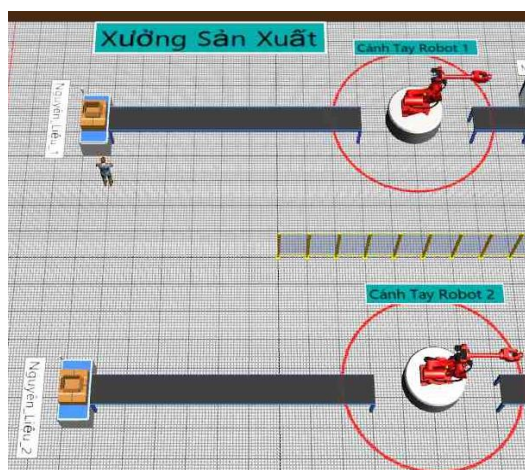
Nơi lưu trữ sản phẩm là nơi mà nhà máy chứa các sản phẩm đã đạt chuẩn, đã được đóng gói theo quy định. Khi đã được đóng gói hoàn chỉnh vào các thùng carton lớn thì các công nhân sẽ vận chuyển các thùng carton này lên nhà xe 3 và nhà xe 4, vận chuyển xong thì nhà xe sẽ di chuyển và chở các sản phẩm thành thùng đến các nhà phân phối sản phẩm (tiêu biểu là các cửa hàng bán đồ chơi, siêu thị, cửa hàng...).



Hình 14: Nơi lưu trữ sản phẩm

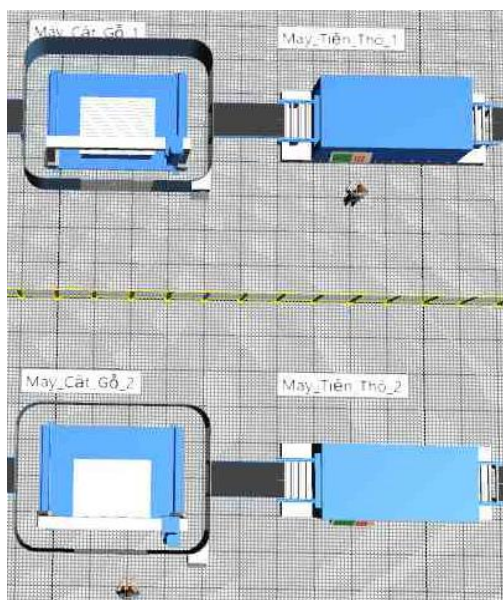
3.2.2 Khu vực sản xuất

Sau khi các vật liệu được chuyển xuống kho chứa vật liệu, từ kho chứa vật liệu thì các vật liệu sẽ được lên băng tải (những tấm gỗ từ nhà xe chở về đã được xử lý trước, mỗi tấm gỗ chở về có kích thước 1m2*80cm*5cm), cánh tay robot sẽ gấp các tấm gỗ trên băng tải và di chuyển chúng qua băng tải, tấm gỗ được di chuyển đến máy cắt gỗ.



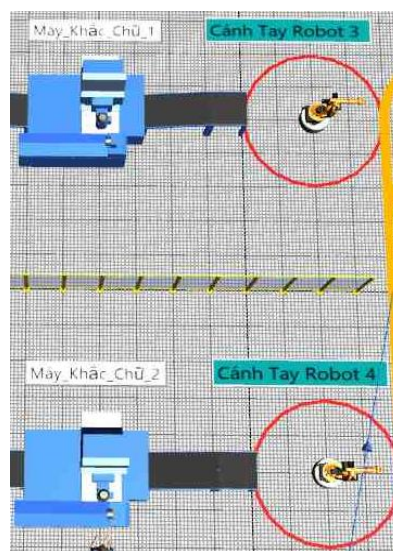
Hình 15: Nơi cung cấp vật liệu thô

Khi tấm gỗ được di chuyển đến máy cắt gỗ, máy cắt gỗ sẽ cắt chúng thành từng miếng gỗ nhỏ có kích thước theo yêu cầu là 40cm*20cm*10cm. Khi cắt xong thì tiếp đến khâu kiểm tra, các miếng gỗ sẽ được các công nhân xem và đo kích thước, xem chúng đã đạt chuẩn theo yêu cầu hay chưa và nếu chưa đạt được như vậy thì sẽ được chỉnh sửa lại (chỉnh và kiểm tra xem máy cắt gỗ đã được lập trình đúng hay chưa). Các miếng gỗ đã đúng kích thước thì sẽ ra băng tải, băng tải di chuyển chúng qua máy tiện thô để tiện miếng gỗ với kích thước 20cm*10cm*5cm.



Hình 16: Nơi cắt gỗ và tiện thô

Khi tiện thô miếng gỗ xong thì sẽ đưa ra băng tải, miếng gỗ sẽ đi đến khâu kiểm tra sản phẩm theo quy định và kiểm tra xong thì sẽ di chuyển miếng gỗ đến máy khắc logo (máy khắc chữ). Máy khắc logo khi khắc xong thì sẽ đưa ra băng tải, băng tải sẽ di chuyển miếng gỗ đến nơi kiểm tra, khi kiểm tra xong thì băng tải sẽ di chuyển miếng gỗ đến nơi chờ để cánh tay robot gấp. Cánh tay robot sẽ gấp các miếng gỗ lên xe AGV và chuyển đến giai đoạn tiếp theo.



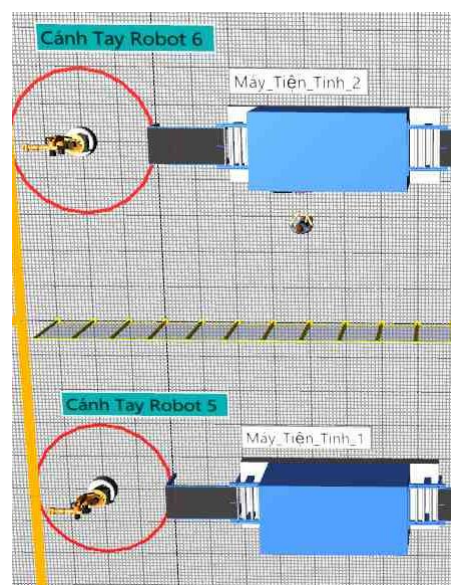
Hình 17: Nơi khắc chữ và vận chuyển qua giai đoạn 2

Khi cánh tay robot gấp các miếng gỗ lên các xe AGV di chuyển, các xe AGV sẽ chờ chúng khi đủ số lượng quy định ở trên. Các xe AGV sẽ di chuyển theo đường đi mà nhà máy đã làm sẵn theo hình dưới đây.



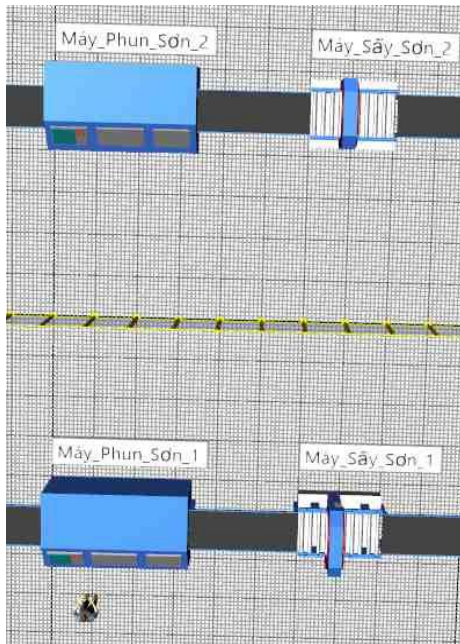
Hình 18: Nơi vận chuyển sản phẩm bằng xe AGV

Sau khi các xe AGV vận chuyển các miếng gỗ từ giai đoạn đầu đến giai đoạn tiếp theo thì cánh tay robot sẽ gấp và bỏ chúng lên băng tải, băng tải sẽ di chuyển các miếng gỗ đến máy tiện tinh. Máy tiện tinh sẽ tiếp nhận các miếng gỗ và tiện các sản phẩm theo kích thước quy định là 15cm*5 cm*2.5cm, sau khi tiện xong thì sẽ đưa ra băng tải, băng tải sẽ đưa các sản phẩm qua khâu kiểm tra sản phẩm rồi chúng sẽ di chuyển tiếp đến khu vực sơn lớp bảo vệ.



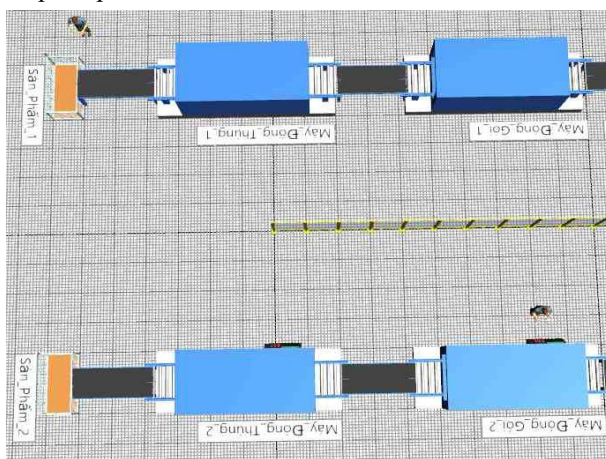
Hình 19: Nơi nhận sản phẩm và tiện tinh

Khi các sản phẩm được di chuyển trên băng tải đến khu vực sơn lớp bảo vệ, sau khi sơn xong thì các sản phẩm sẽ được kiểm tra rồi mới đưa chúng ra băng tải, băng tải sẽ di chuyển chúng đến khu vực máy sấy khô để sấy sản phẩm cho sơn khô lại. Khi các sản phẩm đã được sấy khô thì sẽ đưa ra băng tải, băng tải sẽ đưa các sản phẩm đến nơi kiểm tra. Khi kiểm tra đã đạt thì băng tải sẽ di chuyển chúng đến máy đóng gói.



Hình 20: Nơi sơn sản phẩm và sấy khô

Sau khi các sản phẩm được băng tải di chuyển đến máy đóng gói, các sản phẩm sẽ được đóng gói theo quy định. Mỗi một hộp sẽ chứa được 54 thanh nhỏ, chúng sẽ được sắp xếp gọn gàng bên trong. Hộp sẽ được xếp lại, dán keo, dán tem và địa chỉ. Khi các hộp đã xong thì sẽ đưa ra băng tải, băng tải sẽ di chuyển chúng đến máy đóng thùng. Máy đóng thùng sẽ xếp các hộp chứa sản phẩm vào, mỗi thùng sẽ chứa được 6 hộp bên trong. Khi xếp chúng gọn gàng bên trong thì sẽ được dán keo và dán địa chỉ. Khi khu vực đóng thùng xong thì sẽ đưa các thùng ra băng tải, băng tải sẽ di chuyển các thùng đến nơi quy định. Công nhân sẽ di chuyển chúng đến kho thành phẩm để chứa, từ kho thành phẩm sẽ được công nhân đưa lên các xe và các xe sẽ chở chúng đến nơi phân phối.



Hình 21: Nơi đóng gói và đóng thùng sản phẩm

3.3. Khu vực nhà kho

Khu vực nhà kho là nơi mà nhà máy chứa các nguyên liệu để hỗ trợ cho quá trình sản xuất ra các sản phẩm. Chứa các thứ như nước sơn, keo phun, thùng carton, hộp, v.v.



Hình 22: Khu vực nhà kho

5. Thực hiện và đánh giá

Mô phỏng nhà máy theo các kịch bản sau:

Kịch bản 1 (Chưa tối ưu): Dây chuyền hoạt động với tốc độ và phân bố AGV ngẫu nhiên, dẫn đến tắc nghẽn tại các máy làm việc.

Kịch bản 2 (Đã tối ưu): Đã đồng bộ hóa tốc độ băng tải, tối ưu hóa logic điều khiển của AGV và Robot đóng gói.

Trong nghiên cứu này, bộ điều khiển sự kiện (EventController) của phần mềm Tecnomatix được thiết lập thời gian chạy mô phỏng phân tích năng lượng (Energy Analyzer) là 1 giờ (3,600 giây). Việc quy đổi về khung thời gian 1 giờ giúp giá trị điện năng tiêu thụ (kWh) phản ánh trực tiếp công suất thực tế (kW) của các thiết bị CNC công nghiệp vừa và nhỏ trên thị trường.

Kết quả từ Bảng 1 cho thấy, do chưa đồng bộ nhịp độ băng tải và AGV, máy tiện tinh có tỷ lệ chờ lên tới 45%, dẫn đến lượng điện năng hao phí vô ích khi máy chạy không tải (idle power) chiếm tới 0.495 kWh trên tổng số 1.1 kWh tiêu thụ trong một giờ. Sau khi áp dụng Kịch bản 2 (tăng AGV, giảm tốc băng tải đầu vào), tỉ lệ chờ giảm 20%, giúp tiết giảm trực tiếp lượng điện năng hao phí này, đáp ứng mục tiêu sản xuất xanh.

Sử dụng công cụ Bottleneck Analyzer và Energy Analyzer trong Tecnomatix để xuất dữ liệu so sánh, chứng minh sự sụt giảm 15-20% thời gian chờ và tiêu thụ năng lượng giữa hai kịch bản này. Kết quả cho thấy sau khi áp dụng kịch bản 2 hệ thống đã loại bỏ hoàn toàn sự tắc nghẽn tại khâu tiện tinh. Bảng 1 trình bày chi tiết các chỉ số đánh giá hiệu quả năng lượng và chỉ số phần trăm về hiệu quả hoạt động của các máy trong nhà máy, mang đến cái nhìn rõ ràng để người dùng dễ dàng xác định các điểm cần cải thiện. Nhờ đó, họ có thể triển khai các giải pháp tối ưu như điều chỉnh lịch vận hành thiết bị nhằm giảm thiểu lãng phí năng lượng hoặc nâng cấp hệ thống để nâng cao hiệu suất sử dụng năng lượng.

Bảng 1: Bảng thống kê các thiết bị, năng lượng tiêu thụ và chỉ số phần trăm về hiệu quả hoạt động của các máy

STT	Tên thiết bị	Tổng điện năng tiêu thụ trong 1 giờ (kWh)	Điện năng Hữu ích (Lúc Working) (kWh)	Điện năng Vô ích (Lúc chờ/Bị tắc nghẽn) (kWh)	Đang làm việc (Chưa tối ưu) (%)	Đang làm việc (Đã tối ưu) (%)	Bị tắc nghẽn (Chưa tối ưu) (%)	Bị tắc nghẽn (Đã tối ưu) (%)	Đang chờ (Chưa tối ưu) (%)	Đang chờ (Đã tối ưu) (%)
1	Cánh Tay Robot 1	0.15	0.1	0.05	40	70	5	0	55	30
2	Cánh Tay Robot _2	0.15	0.1	0.05	40	70	5	0	55	30
3	Máy Cắt Gỗ 1	0.75	0.6	0.15	80	99	5	0	15	1
4	Máy Cắt Gỗ 2	0.75	0.6	0.15	80	99	5	0	15	1
5	Máy Tiện Thô 1	0.9	0.585	0.315	65	98	20	0	15	2
6	Máy Tiện Thô 2	0.9	0.585	0.315	65	98	20	0	15	2
7	Máy Khắc Chữ 1	0.5	0.4	0.1	75	96	5	0	20	4
8	Máy Khắc Chữ 2	0.5	0.4	0.1	75	96	5	0	20	4
9	Cánh Tay Robot 3	0.15	0.1	0.05	40	70	5	0	55	30
10	Cánh Tay Robot 4	0.15	0.1	0.05	40	70	5	0	55	30
11	Hệ Thống Xe AGV	0.14	0.12	0.02						
12	Tiện Tinh 1	1.1	0.605	0.495	45	75	10	0	45	25
13	Tiện Tinh 2	1.1	0.605	0.495	45	75	10	0	45	25
14	Máy Phun Sơn 1	0.55	0.5	0.05	70	72.5	10	0	20	27.5
15	Máy Phun Sơn 2	0.55	0.5	0.05	70	72.5	10	0	20	27.5
16	Máy Sấy Sơn 1	0.23	0.2	0.03	75	71.5	10	0	15	28.5
17	Máy Sấy Sơn 2	0.23	0.2	0.03	75	71.5	10	0	15	28.5
18	Máy Đóng Gói 1	0.17	0.15	0.02	75	71	10	0	15	29
19	Máy Đóng Gói 2	0.17	0.15	0.02	75	71	10	0	15	29
20	Máy Đóng Thùng 1	0.14	0.12	0.02	75	70.5	10	0	15	29.5
21	Máy Đóng Thùng 2	0.14	0.12	0.02	75	70.5	10	0	15	29.5

6. Kết luận

Nghiên cứu đã xây dựng thành công bản sao số (Digital Twin) cho dây chuyền sản xuất đồ chơi xếp gỗ thông qua sự kết hợp giữa thiết kế hình học 3D (SolidWorks) và phương pháp mô phỏng sự kiện rời rạc (Tecnomatix Plant Simulation). Kết quả thực nghiệm dựa trên các kịch bản đối chứng đã chứng minh tính hiệu quả của phương pháp tối ưu hóa nhịp độ dây chuyền: việc tái điều phối xe tự hành AGV và đồng bộ hóa vận tốc băng tải cấp phối đã giúp giảm từ 15% đến 20% tỷ lệ thời gian chờ (idle time) của thiết bị, đồng thời tiết giảm đáng kể điện năng tiêu thụ vô ích tại các máy sản xuất.

Thành công của mô hình không chỉ dừng lại ở việc nhận diện và xử lý triệt để các điểm nghẽn (bottleneck) tiềm ẩn mà còn cung cấp một khung phương pháp luận tin cậy để đánh giá toàn diện các yếu tố kỹ thuật, năng lượng và tổ chức sản xuất trước khi triển khai thực tế. Cách tiếp cận này đóng góp quan trọng vào tiến trình chuyển đổi số trong sản xuất công nghiệp, giúp doanh nghiệp giảm thiểu rủi ro đầu tư, tối ưu hóa chi phí vận hành và thúc đẩy mô hình sản xuất

xanh bền vững, đáp ứng những yêu cầu khắt khe về an toàn và môi trường của thị trường đồ chơi giáo dục quốc tế hiện nay.

7. Tài liệu tham khảo

[1] Quỳnh, C. N. (2025). 46. “Cuộc cách mạng chuyển đổi số và ứng dụng trí tuệ nhân tạo trong công tác quản lý khám, chữa bệnh”. *Tạp Chí Y học Cộng đồng*, 66(CĐ1-NCKH). DOI: 10.52163/yhc.v66iCĐ1.2020.

[2] Lanh, Vũ Ngọc. “Giáo Dục Đại Học Với Cách Mạng Công Nghiệp 4.0”. *Journal of Transportation Science and Technology* 33 (2019).

[3] Thanh, Bùi Thị, and Nguyễn Như Thao. “Nhà máy thông minh và hiệu quả sản xuất của doanh nghiệp trong cuộc cách mạng công nghiệp 4.0– Nghiên cứu tại Công ty Bosch Việt Nam”. *Kỷ yếu hội thảo*: 978-604.

[4] Linh, Phạm Như. "Tạo hình đồ chơi gỗ và định hướng giáo dục ở trẻ em". *Đại học Mỹ Thuật Tp. HCM*.

[5] Tien, Nguyen Thi Trieu. “Designing Multi-Functional Playthings for Preschool Children from Waste Materials”. *UED Journal of Social Sciences*,

- Humanities and Education* 8.1 (2018): 108-115.
DOI: 10.47393/jshe.v8i1.186.
- [6] Sang, Đinh Thanh, and Phạm Thị Vân. “Quản lý bền vững tài nguyên rừng: trường hợp nghiên cứu ở vườn quốc gia Bù Gia Mập”. *Tạp chí Khoa học Và Công nghệ Lâm nghiệp* (2023): 083-090.
- [7] Ha, Mai, and Nguyen Hoang Hai. “Development of technological capabilities: problems in developing countries and suggestions for Vietnam”. *Journal Science and Technology Policies and Management* (2016): 41-55.
- [8] Anh, Từ Thúy, and Nguyễn Thị Quỳnh Hoa. “Thương mại Việt Nam những năm qua và triển vọng 2022-2025: vượt khó, tái thiết và phục hồi”. *Tạp chí Quản lý Kinh tế Quốc tế (Journal of International Economics and Management)* 142 (2021): 1-20.
- [9] Huỳnh Tuấn Tú, et al. “Mô phỏng nhà máy gia công khay bia và đóng gói tự động sử dụng phần mềm NX và Tecnomatix”. *Tạp chí Khoa học Lạc Hồng* (2025): 1-9.
- [10] Hành, Nguyễn Công, et al. “Mô phỏng qui trình sản xuất pin lithium-ion bằng phần mềm Tecnomatix Plant Simulation”. *Tạp chí Khoa học và Công nghệ - Đại học Đà Nẵng* (2024): 36-41.
- [11] Nguyễn, Thu Hương. “Phát triển bền vững logistics Việt Nam trong bối cảnh cuộc cách mạng công nghiệp 4.0”. *Tạp chí điện tử Khoa học và Công nghệ Giao thông* (2022): 35-46.
- [12] Lương, Phạm Hoàn. “Hiệu quả năng lượng với an ninh năng lượng và phát triển bền vững”. *Tạp chí Khoa học & Công nghệ* (2021).
- [13] <https://plm.sw.siemens.com/en-US/tecnomatix/>
- [14] <http://www.solidworks.com>