

TỐI ƯU HÓA HIỆU SUẤT DÂY CHUYỀN SẢN XUẤT THIẾT BỊ ĐIỆN TỬ: NGHIÊN CỨU ĐIỂN HÌNH MỘT DOANH NGHIỆP SẢN XUẤT LINH KIỆN TẠI VIỆT NAM

● VŨ HỒNG TUẤN

Trường Kinh tế, Đại học Bách Khoa Hà Nội

Email: tuan.vuhong@hust.edu.vn

TÓM TẮT:

Nghiên cứu tập trung khắc phục tình trạng mất cân bằng chuyền và hiệu suất sản xuất thấp, phát sinh từ sự khác biệt giữa thiết kế ban đầu và điều kiện vận hành thực tế một doanh nghiệp sản xuất linh kiện tại Việt Nam. Kết quả khảo sát cho thấy, trạm lắp ráp PCBA bị quá tải, tạo nút thắt cổ chai, trong khi một số trạm kiểm tra và đóng gói còn dư năng lực, gây lãng phí nguồn lực. Trên cơ sở đó, nghiên cứu đề xuất 2 nhóm giải pháp gồm tự động hóa bằng robot và tái cấu trúc, cân bằng nguồn lực. Kết quả thực nghiệm cho thấy, các giải pháp giúp nâng cao hiệu suất chuyền từ 87% lên mức 94%, giảm lãng phí và tăng năng lực cạnh tranh của doanh nghiệp.

Từ khóa: hiệu suất dây chuyền, cân bằng chuyền, thiết bị điện tử, tự động hóa, robot công nghiệp.

1. Đặt vấn đề

Trong bối cảnh Cách mạng công nghiệp 4.0 và xu hướng dịch chuyển chuỗi cung ứng toàn cầu, Việt Nam đang từng bước khẳng định vị thế là trung tâm sản xuất điện tử quan trọng. Điều này đặt ra yêu cầu các doanh nghiệp phải liên tục nâng cao năng suất, chất lượng và hiệu quả vận hành. Tuy nhiên, nhiều doanh nghiệp điện tử vẫn gặp khó khăn do quy trình sản xuất chưa đồng bộ, hiệu suất dây chuyền chưa tối ưu. Đặc thù sản xuất linh kiện điện tử với yêu cầu kỹ thuật cao và sản phẩm thay đổi thường xuyên đòi hỏi sự phối hợp hiệu quả giữa

con người, thiết bị và quy trình. Tổ chức sản xuất hợp lý giúp giảm lãng phí, tiết kiệm chi phí và nâng cao năng lực cạnh tranh của doanh nghiệp. Tại Công ty Thiết bị điện tử Tinh Hoa, dây chuyền sản xuất Router Wifi X là một ví dụ điển hình cho việc chuyển giao công nghệ từ các trung tâm sản xuất lớn về vận hành tại Việt Nam. Mặc dù quy trình thiết kế đã được kiểm nghiệm, nhưng khi áp dụng thực tế tại Việt Nam, sự khác biệt về kỹ năng lao động, đặc tính vật liệu và điều kiện vận hành đã bộc lộ những hạn chế. Thiết kế chuyền ban đầu không đảm bảo tính cân đối, gây ra hiện tượng nút thắt cổ

chai và lãng phí nhân lực tại các trạm không đủ tải. Nghiên cứu đề xuất các giải pháp kết hợp giữa tự động hóa bằng robot và tái cấu trúc thao tác thủ công để nâng cao hiệu quả tổng thể của hệ thống sản xuất.

2. Cơ sở lý thuyết về cân bằng chuyền và hiệu suất sản xuất

2.1. Khái niệm về sản xuất và dây chuyền sản xuất

Sản xuất là quá trình kết hợp các yếu tố đầu vào để tạo ra sản phẩm và dịch vụ có giá trị gia tăng. Trong đó, sản xuất đại trà là hình thức sản xuất liên tục các sản phẩm cùng loại trong thời gian dài, thường ứng dụng dây chuyền tự động hóa để đạt sản lượng lớn với chi phí thấp (Nahmias & Olsen, 2015; Heizer et al., 2023). Dây chuyền sản xuất được định nghĩa là một chuỗi các hoạt động tuần tự tại nhà máy, nơi nguyên liệu đi qua các công đoạn tinh chế hoặc lắp ráp để tạo thành thành phẩm. Một dây chuyền sản xuất khoa học phải đảm bảo các nguyên tắc tính song song, tính cân đối, tính ổn định, tính liên tục và tính thẳng dòng (Evans & Lindsay, 2020).

2.2. Lý thuyết về cân bằng chuyền (Line Balancing)

Cân bằng chuyền là phương pháp phân chia các nhiệm vụ cho từng địa điểm làm việc sao cho thời gian thực hiện mỗi nguyên công là bội số hoặc xấp xỉ với nhịp sản xuất (Takt time). Mục tiêu của cân bằng chuyền là: (1) Tối ưu hóa hiệu suất lao động; (2) Loại bỏ các loại lãng phí; (3) Gỡ bỏ các nút thắt cổ chai và (4) Giảm thời gian chờ đợi và tồn kho bán thành phẩm trên chuyền (Slack & Lewis, 2022).

2.3. Các chỉ số và công thức tính toán hiệu suất

Các chỉ số và công thức tính toán hiệu suất dây chuyền theo các nghiên cứu của Evans và Lindsay (2020), Nahmias và Olsen (2015), cùng Slack và Lewis (2022), bao gồm:

Nhịp sản xuất trung bình của dây chuyền (Takt time):

$$Takt = Q/Thq$$

Trong đó: Thq: Thời gian làm việc có hiệu quả của dây chuyền.

Q: Số sản phẩm cần sản xuất trên dây chuyền trong thời gian Thq.

2.3.1. Số chỗ làm việc cần thiết (Ci)

$$Ci = Takt/Ti$$

Trong đó:

Ti : Là thời gian định mức để gia công 1 chi tiết tại nguyên công thứ i

Takt: Là nhịp sản xuất trung bình của dây chuyền

2.3.2. Hệ số phụ tải (Hpt):

- Hệ số phụ tải (hay còn gọi là hiệu suất) là chỉ số đo lường hiệu quả sử dụng tài nguyên và thời gian làm việc trong quy trình sản xuất

Hệ số phụ tải tại nguyên công thứ i (Hpt-i):

$$Hpt-i = Ti/(Takt \times Ci)$$

Trong đó:

Ti : Thời gian định mức của nguyên công thứ i

Takt: Nhịp sản xuất của dây chuyền

Ci : Số chỗ làm việc tại nguyên công i

Hệ số phụ tải của toàn dây chuyền (Hpt-dc):

$$H_{pt-dc} = \frac{\sum_{i=1}^n \frac{T_i}{Takt}}{\sum_{i=1}^n C_i}$$

Trong đó: n là tổng số nguyên công trên dây chuyền

2.3.3. Hệ số trống tải (IR)

Hệ số trống tải dùng để đánh giá hiệu suất thời gian chưa được sử dụng hoặc thời gian nhàn rỗi trên dây chuyền sản xuất

Hệ số trống tải tại nguyên công thứ i (IRi):

$$IRi = 1 - Hpt-i$$

Hệ số trống tải của cả dây chuyền (IR):

$$IR = 1 - Hpt-dc$$

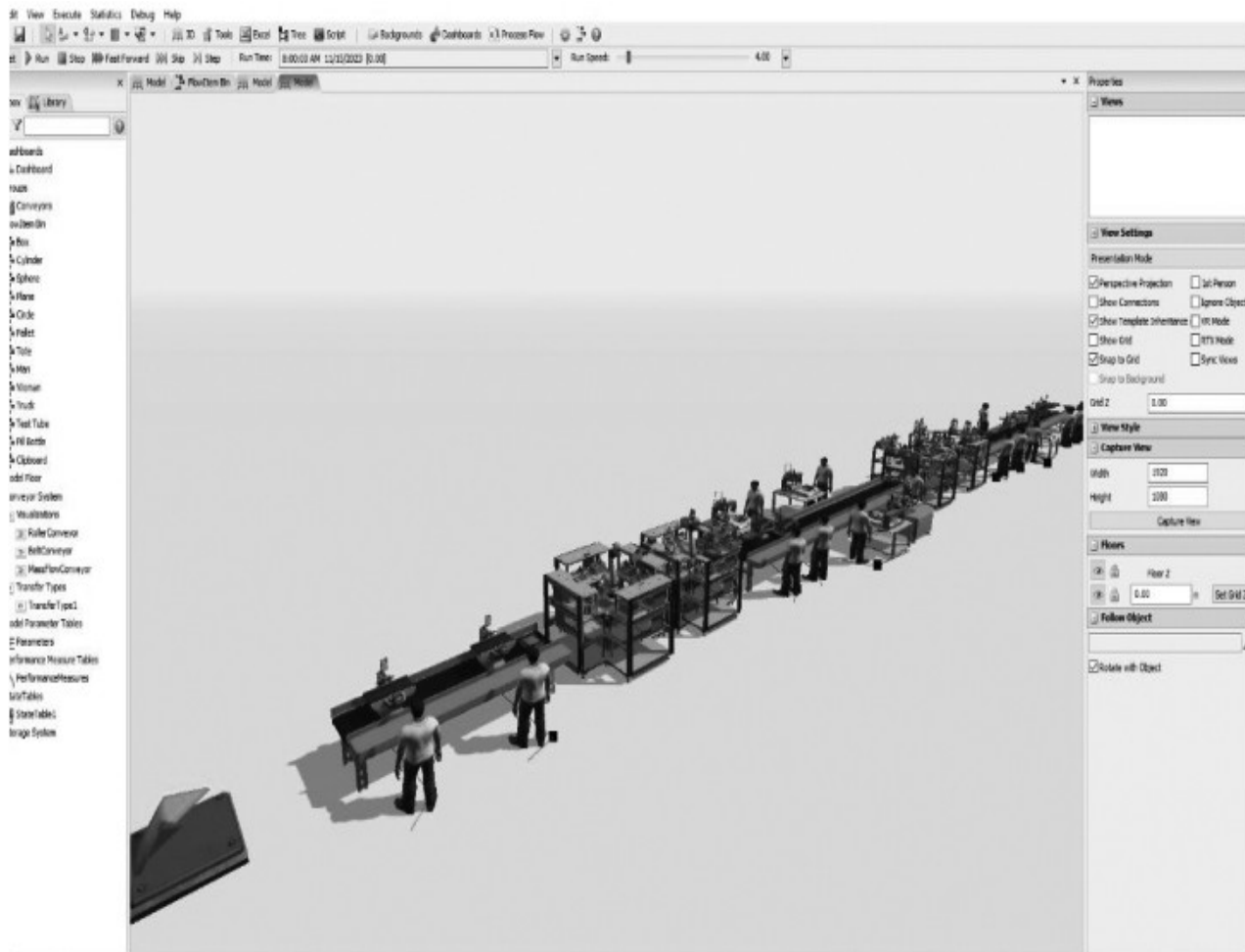
Hệ số phụ tải cao cho thấy tài nguyên đang được tận dụng tốt. Tuy nhiên, nếu vượt quá 100%, trạm đó sẽ trở thành "nút thắt cổ chai". Hệ số trống tải cao là dấu hiệu của việc phân bổ công việc không đều, lãng phí nhân lực hoặc máy móc đang nhàn rỗi.

3. Kết quả nghiên cứu tại dây chuyền sản xuất Router Wifi X tại Công ty Thiết bị điện tử Tỉnh Hoa

3.1. Quy trình sản xuất

Chuyến sản xuất Router Wifi X được thiết kế với 20 nguyên công chính:

Hình 1: Mô phỏng dây chuyền sản xuất bằng phần mềm mô phỏng Flexsim



- *Giai đoạn đầu:* Lắp ráp PCBA (Trạm 1) và kiểm tra chức năng PCBA (Trạm 2-4).

- *Giai đoạn thân:* Lắp ráp vỏ trên, vỏ dưới, gia công đĩa ăng ten (Trạm 5-9).

- *Giai đoạn kiểm tra hoàn thiện:* Bao gồm 6 trạm kiểm tra máy như Function Test, Radio Test, TX-power, TPM, MFG... (Trạm 11-18).

- *Giai đoạn cuối:* Đóng gói sản phẩm (Trạm 19-20).

3.2. Phân tích số liệu và đánh giá hiệu suất thực tế

Theo kế hoạch, chuyền làm việc 2 ca/ngày, với tổng thời gian 20,57 giờ/ngày, mục tiêu sản lượng 35.000 sản phẩm/tháng. Nhịp sản xuất thiết kế là 55,01 giây/sản phẩm.

Tác giả đã tiến hành thu thập số liệu từ ngày

01/4/2026 đến ngày 12/4/2026; số lượng sản phẩm thử nghiệm: 200 sản phẩm; công cụ khảo sát là đồng hồ bấm giờ. Thu thập trong điều kiện tối ưu nhất với máy móc chạy ổn định, công nhân đã được đào tạo và thuộc nhuần nhuyễn các thao tác.

Dựa trên kết quả thu thập thực tế về thời gian thực hiện trung bình tại các trạm, tác giả đã tính toán thời gian công nghệ và hệ số phụ tải thực tế tại mỗi trạm trong Bảng 1.

- Hệ số phụ tải thực tế trên dây chuyền là:

$$H_{pt-dc} = \frac{\sum_{i=1}^n \frac{T_i}{Takt}}{\sum_{i=1}^n C_i}$$

$$H_{pt-dc} = 22.63/26 = 87\%$$

- Lãng phí hiệu suất thực tế của chuyền = 100% - 87% = 13%

Bảng 1. Thời gian công nghệ và hệ số phụ tải thực tế tại mỗi trạm

STT	Trạm	Thời gian trung bình (giờ)	Thời gian công nghệ Ti (giờ)	Ci (số chỗ)	Số lượng máy	Số chỗ thực tế [Ci] (người)	Hpt-i (%)	Tỷ lệ trống tải (%)
1	Lắp ráp PCBA	113.64	113.64	2.07		2	103	0
2	Function 1	483.92	53.77	0.98	9	1	98	2
3	Radio	340.8	48.69	0.89	7	1	70	30
4	BLE	252.04	50.41	0.92	5	1	92	8
5	Gia công đĩa ăng ten - 1	158.08	158.08	2.87		4	72	28
6	Gia công đĩa ăng ten - 2							
7.1	Khoá ăng ten							
7.2	Check Mylar	102.96	102.96	1.87	-	2	94	6
8	Lắp ráp vỏ dưới							
9	Lắp ráp vỏ trên và lắp ráp sản phẩm hoàn chỉnh	53.04	53.04	0.96	-	1	96	4
10	Dán tem sản phẩm							
11	Function-2	307.26	51.21	0.93	6	1	93	7
12	TX-power	387.88	48.49	0.88	8	1	88	12
13	Apboot	293.72	48.95	0.89	6	1	89	11
14	TPM	236.4	47.28	0.86	5	1	86	14
15	MFG	187.76	46.94	0.85	4	1	77	23
16	Ngoại quan & lắp giá treo	152.57	152.57	2.77	-	3	92	8
17	Kiểm tra ốc	27.76	97.76	1.78	4	2	89	11
18	Final Test							
19	Gấp Box & On Line Box	44.2	44.2	0.8	1		80	20
20	Đóng gói	126.88	126.88	2.3	3		77	23
Tổng		1230.36		22.63		26		

Nguồn: Do tác giả tổng hợp

Với mức hiệu suất 87% khá ổn định để chuyển vận hành, tuy nhiên sẽ không đáp ứng đủ sản lượng do:

- Hệ số phụ tải tại các trạm có chênh lệch lớn, không đồng đều, không ổn định;
- Xuất hiện nút cổ chai tại trạm “Lắp ráp PCBA” vì vượt quá nhịp dây chuyền quy định (lớn hơn 55.01 giây/sản phẩm).

4. Đề xuất các giải pháp nâng cao hiệu suất

Giải pháp 1: Áp dụng tự động hóa bằng Robot

Dựa trên thực trạng hệ số trống tải cao tại cụm các trạm kiểm tra máy, nghiên cứu đề xuất sử dụng Robot để thay thế lao động thủ công.

- Đối tượng áp dụng: 8 trạm kiểm tra (Function 1 & 2, Radio, BLE, TX-power, Apboot, TPM, MFG).
- Sử dụng robot với tầm với 2m. Qua tính toán khả năng phục vụ của máy, mỗi robot có thể quản lý cụm từ 5-9 máy kiểm tra tùy loại.
- Kết quả dự kiến: Sử dụng 4 robot để thay thế cho 8 nhân công tại 2 cụm trạm kiểm tra. Tiết kiệm 8.000 USD/tháng chi phí nhân công. Thời gian hoàn vốn đầu tư robot ước tính là 1,79 năm, mang lại lợi nhuận 96.000 USD/năm sau khi hoàn vốn. Hệ số phụ tải tại các trạm này đều tăng lên mức trên 90%. Giải pháp tự động hóa bằng robot có thể triển khai cho các dây chuyền có đặc điểm tương tự. Tuy nhiên, hiệu quả đầu tư phụ thuộc vào chi phí ban đầu, độ ổn định của robot và năng lực bảo trì của doanh nghiệp.

Giải pháp 2: Tái cấu trúc thao tác và cân bằng lại nguồn lực thủ công

Giải pháp này tập trung vào việc loại bỏ lãng phí

tại các trạm lắp ráp và gia công bằng tay để gỡ nút thắt cổ chai và tối ưu hóa nhân lực.

Cải tiến trạm Lắp ráp PCBA (Gỡ nút cổ chai): Phân tích VA (Value-Added Activities)/NVA (Non-Value-Added Activities)/BNVA (Business Non-Value-Added Activities) là những phân tích dựa trên các hoạt động tạo ra giá trị/không tạo ra giá trị/không tạo ra giá trị nhưng cần thiết, cho thấy việc sử dụng đồ gá trung gian gây ra thao tác thừa. Bằng cách sử dụng trực tiếp đồ gá của máy ép nắp, trạm đã loại bỏ các bước NVA, giảm tổng thời gian trạm từ 113,6 giây xuống 103,2 giây. Hệ số phụ tải trạm từ mức quá tải 103% về mức an toàn 94%.

Cân đối trạm Gia công đĩa ăng ten: giảm từ 4 nhân công xuống còn 3 nhân công. Hệ số phụ tải của trạm tăng mạnh từ 72% lên 96%.

Gộp trạm Đóng gói và Gấp hộp: Hai trạm này nằm liền kề và đều có hệ số phụ tải thấp (80% và 77%). Việc gộp thao tác cho phép giảm thêm 1 nhân công mà vẫn đảm bảo thời gian hoàn thành dưới nhịp Takt. Hệ số phụ tải sau khi gộp đạt 95%.

Kết luận: Nghiên cứu đã chứng minh, việc kết hợp giữa công nghệ tự động hóa hiện đại và các kỹ thuật quản trị sản xuất truyền thống (phân tích VA/NVA, cân bằng chuyền) là giải pháp tối ưu để nâng cao hiệu suất. Đối với các doanh nghiệp điện tử tại Việt Nam, việc không ngừng đánh giá lại thực trạng so với thiết kế lý thuyết là chìa khóa để duy trì sự linh hoạt và khả năng cạnh tranh trong bối cảnh thị trường biến động không ngừng ■

TÀI LIỆU THAM KHẢO:

- Evans, J. R., & Lindsay, W. M. (2020). Managing for quality and performance excellence (11th ed.). Cengage Learning.
- Heizer, J., Render, B., & Munson, C. (2023). Operations management: Sustainability and supply chain management (15th ed.). Pearson.
- Nahmias, S., & Olsen, T. L. (2015). Production and operations analysis (7th ed.). Waveland Press.
- Slack, N., & Lewis, M. (2022). Operations strategy (6th ed.). Pearson Education.

Ngày nhận bài: 15/5/2026

Ngày phản biện đánh giá và sửa chữa: 28/5/2026

Ngày chấp nhận đăng bài: 10/6/2026

**OPTIMIZING PRODUCTION LINE PERFORMANCE
IN ELECTRONICS MANUFACTURING:
A CASE STUDY OF A COMPONENT MANUFACTURING
ENTERPRISE IN VIETNAM**

● **VU HONG TUAN**

School of Economics,
Hanoi University of Science and Technology
Email: tuan.vuhong@hust.edu.vn

ABSTRACT:

This study focuses on addressing line imbalance and low production efficiency arising from discrepancies between initial design and actual operating conditions in a Vietnamese electronics component manufacturing enterprise. The findings reveal that the PCBA assembly station is overloaded, creating a bottleneck, while several inspection and packaging stations have excess capacity, leading to resource inefficiencies. Based on this, the study proposes two main solution groups: automation using industrial robots and restructuring to rebalance resources. Experimental results demonstrate that these solutions improve line efficiency from 87% to 94%, reduce waste, and enhance the enterprise's competitiveness.

Keywords: production line performance, line balancing, electronics manufacturing, automation, industrial robots.