JTE HCM-UTE
ISSN: 1859-1272

TẠP CHÍ KHOA HỌC GIÁO DỤC KỸ THUẬT
Trường Đại học Công nghệ Kỹ thuật Thành phố Hồ Chí Minh
Website: https://jte.edu.vn
Email: jte@hcmute.edu.vn

Applying Six Sigma Method to Improve Product Quality of Automatic Water Valves

Khanh Linh Phan, Thi Anh Van Nguyen*
Ho Chi Minh City University of Technology and Engineering, Vietnam

*Corresponding author. Email: anhvan@hcmute.edu.vn

ARTICLE INFO

Received: 18/03/2026
Revised: 08/04/2026
Accepted: 13/05/2026
Online First: 30/06/2026
Published: 28/08/2026

KEYWORDS

Six Sigma;
DMAIC;
Automatic water valve;
Product quality;
Process improvement.

ABSTRACT

This study aims to improve the quality of automatic water valve products by applying the Six Sigma methodology based on the DMAIC (Define – Measure – Analyze – Improve – Control) cycle. The study was conducted at company X, an electronics manufacturing services (EMS) provider specializing in the manufacturing, assembly, and processing of electronic devices and components. The current production status indicates a relatively high defect rate, mainly including functional defects and material-related defects, which directly affect product quality and performance. Prior to improvement, 179 defects were recorded out of 3,560 products, corresponding to a process capability level of 3.89 sigma. The DMAIC approach was applied to identify root causes and implement process improvement solutions, focusing on reducing major defects. The results show that the defect rate decreased from approximately 5.02% to below 4.00%. In addition, the defects per million opportunities (DPMO) were reduced to around 6,210, and the sigma level improved to 4.0.

Áp dụng phương pháp Six Sigma cải tiến chất lượng sản phẩm bộ van nước tự động

Phan Khánh Linh, Nguyễn Thị Anh Vân*
Trường Đại học Công nghệ Kỹ thuật Thành phố Hồ Chí Minh, Việt Nam

*Tác giả liên hệ. Email: anhvan@hcmute.edu.vn

THÔNG TIN BÀI BÁO

Ngày nhận bài: 18/03/2026
Ngày hoàn thiện: 08/04/2026
Ngày chấp nhận đăng: 13/05/2026
Ngày đăng trực tuyến: 30/06/2026
Ngày xuất bản: 28/08/2026

TỪ KHÓA

Six Sigma;
DMAIC;
Bộ van nước tự động;
Chất lượng sản phẩm;
Cải tiến quy trình.

TÓM TẮT

Nghiên cứu này nhằm cải tiến chất lượng sản phẩm bộ van nước tự động thông qua việc áp dụng phương pháp Six Sigma theo chu trình DMAIC (Define – Measure – Analyze – Improve – Control). Nghiên cứu được thực hiện tại công ty X, một doanh nghiệp cung cấp dịch vụ sản xuất điện tử (Electronics Manufacturing Services - EMS), chuyên sản xuất, lắp ráp và gia công thiết bị, linh kiện điện tử. Thực trạng sản xuất cho thấy tỷ lệ sản phẩm lỗi còn ở mức cao, chủ yếu bao gồm lỗi chức năng và lỗi liên quan đến vật tư, ảnh hưởng trực tiếp đến chất lượng và khả năng hoạt động của sản phẩm. Trước cải tiến, ghi nhận 179 lỗi trên tổng số 3.560 sản phẩm, tương ứng mức năng lực quá trình đạt 3,89 sigma. Nghiên cứu áp dụng phương pháp DMAIC để xác định nguyên nhân gốc rễ và triển khai các giải pháp cải tiến quy trình, tập trung vào việc giảm thiểu các lỗi chính. Kết quả cho thấy tỷ lệ sản phẩm lỗi giảm từ khoảng 5,02% xuống dưới 4,00%. Đồng thời, chỉ số lỗi trên một triệu cơ hội (DPMO) giảm còn khoảng 6.210 và mức sigma của quy trình được nâng lên đạt 4,0.

DOI: https://doi.org/10.54644/jte.2026.2125

Copyright © JTE. This is an open access article distributed under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution-NonCommercial 4.0 International License which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium for non-commercial purpose, provided the original work is properly cited.

1. Giới thiệu

Trong bối cảnh cạnh tranh ngày càng cao trong ngành sản xuất thiết bị điện tử, chất lượng sản phẩm trở thành yếu tố quyết định đến uy tín và năng lực cạnh tranh của doanh nghiệp. Đối với bộ van nước tự động tích hợp cảm biến hồng ngoại, yêu cầu về độ chính xác, độ kín cơ khí và tính ổn định vận hành là đặc biệt quan trọng, bởi sản phẩm liên quan trực tiếp đến trải nghiệm người dùng và mức độ an toàn khi sử dụng. Tuy nhiên, thực tế sản xuất vẫn tồn tại các lỗi như sai lệch chức năng cảm biến, rò rỉ nước tại các điểm kết nối và biến động chất lượng giữa các lô, dẫn đến tỷ lệ sản phẩm lỗi còn tương đối cao. Những vấn đề này không chỉ làm gia tăng chi phí làm lại và bảo hành mà còn ảnh hưởng đến hình ảnh thương hiệu. Điều này cho thấy sự cần thiết phải áp dụng một phương pháp cải tiến có tính hệ thống nhằm kiểm soát biến động và nâng cao năng lực quá trình [1].

Six Sigma được thừa nhận rộng rãi là phương pháp quản lý chất lượng dựa trên dữ liệu, giúp giảm thiểu sai lỗi và cải thiện hiệu suất thông qua chu trình DMAIC (Define – Measure – Analyze – Improve – Control). Six Sigma hỗ trợ doanh nghiệp chuyển từ quản lý dựa trên kinh nghiệm sang ra quyết định dựa trên phân tích thống kê và đo lường định lượng [2]. Nhiều nghiên cứu đã khẳng định phương pháp này có khả năng nâng cao độ ổn định của quy trình, giảm lãng phí và cải thiện hiệu quả vận hành trong môi trường sản xuất [2]–[4]. Tại Việt Nam, một số nghiên cứu cũng bước đầu ghi nhận hiệu quả của cách tiếp cận DMAIC trong các ngành sản xuất công nghệ có yêu cầu độ chính xác cao. Chẳng hạn, nghiên cứu về việc áp dụng Six Sigma trong sản xuất cáp quang đã khẳng định áp dụng DMAIC có thể hỗ trợ cải thiện công đoạn kiểm tra chất lượng và giảm chi phí lãng phí trong quá trình sản xuất [5].

Mặc dù đã được ứng dụng rộng rãi trong ngành ô tô và cơ khí, việc triển khai Six Sigma trong sản xuất thiết bị điện tử tích hợp cơ – điện tử vẫn còn hạn chế, đặc biệt đối với các sản phẩm thông minh có sự kết hợp giữa cảm biến, mạch điều khiển và cụm cơ khí. Các nghiên cứu trước đây chủ yếu tập trung vào các quy trình hoặc công đoạn riêng lẻ, chẳng hạn như cải tiến chất lượng bảng mạch in (PCB) hoặc nâng cao năng lực quá trình in kem hàn trong lắp ráp điện tử [6], [7], trong khi cách tiếp cận toàn diện theo chu trình DMAIC đối với một sản phẩm hoàn chỉnh chưa được khai thác đầy đủ. Đặc biệt, đối với sản phẩm bộ van nước tự động trong môi trường sản xuất EMS, các nghiên cứu ứng dụng DMAIC một cách đầy đủ để xử lý đồng thời lỗi chức năng và lỗi liên quan đến vật tư vẫn còn hạn chế. Khoảng trống này đặt ra yêu cầu cần có các nghiên cứu thực nghiệm nhằm đánh giá khả năng áp dụng và hiệu quả cải tiến trong môi trường sản xuất cụ thể.

Xuất phát từ cơ sở lý luận và thực tiễn nêu trên, nghiên cứu này áp dụng phương pháp Six Sigma theo chu trình DMAIC nhằm cải tiến chất lượng sản phẩm bộ van nước tự động trong điều kiện sản xuất thực tế tại công ty X – hoạt động trong ngành công nghiệp điện tử với trọng tâm là sản xuất, lắp ráp và gia công thiết bị, linh kiện điện tử. Trọng tâm của nghiên cứu là xác định các nguyên nhân gốc rễ gây lỗi thông qua phân tích dữ liệu, đánh giá năng lực quá trình bằng các chỉ số như DPMO và mức Sigma, đồng thời đề xuất và triển khai các giải pháp cải tiến phù hợp. Mục tiêu đặt ra là giảm tỷ lệ sản phẩm lỗi từ khoảng 5,02% xuống dưới 4,00%, giảm DPMO xuống khoảng 6.210 và nâng mức năng lực quá trình lên xấp xỉ 4,0 Sigma. Thông qua đó, nghiên cứu kỳ vọng không chỉ cải thiện hiệu quả vận hành mà còn cung cấp bằng chứng thực nghiệm về tính khả thi và hiệu quả của Six Sigma trong lĩnh vực sản xuất thiết bị điện tử tích hợp cơ – điện tử. Thông qua đó, nghiên cứu không chỉ hướng đến cải thiện hiệu quả vận hành mà còn bổ sung bằng chứng thực nghiệm về tính khả thi của Six Sigma trong bối cảnh sản xuất thiết bị điện tử tích hợp cơ – điện tử tại Việt Nam.

Phần còn lại của bài báo được cấu trúc như sau: Phần 2 trình bày phương pháp nghiên cứu và quy trình triển khai DMAIC; Phần 3 trình bày kết quả phân tích và đánh giá hiệu quả cải tiến; Phần 4 kết luận.

2. Phương pháp nghiên cứu

Nghiên cứu được thực hiện theo cách tiếp cận có hệ thống, kết hợp giữa phương pháp quan sát thực tế và phân tích thống kê trong khuôn khổ chu trình cải tiến DMAIC của Six Sigma nhằm xác định nguyên nhân gốc rễ và đề xuất giải pháp nâng cao chất lượng sản phẩm. Nghiên cứu được thực hiện tại công ty X – một doanh nghiệp sản xuất điện tử tại TP.HCM. Nghiên cứu được tiến hành trong từ ngày 02/06/2025 đến tháng 02/09/2025.

Phương pháp quan sát được tiến hành thông qua việc theo dõi trực tiếp thao tác của công nhân tại các công đoạn trên dây chuyền sản xuất. Nội dung quan sát bao gồm trình tự thao tác, mức độ tuân thủ hướng dẫn công việc, điều kiện vận hành thiết bị và cách xử lý các tình huống phát sinh. Hoạt động quan sát được thực hiện ở nhiều ca sản xuất khác nhau để đảm bảo tính khách quan và phản ánh đúng thực trạng vận hành của quá trình.

Hoạt động cải tiến được triển khai theo mô hình DMAIC gồm năm giai đoạn:

Giai đoạn xác định – Define: Xác định vấn đề chất lượng tồn tại trong quy trình sản xuất bộ van nước tự động, làm rõ mục tiêu cải tiến và phạm vi thực hiện. Các công cụ như Project Charter, SIPOC (Suppliers – Inputs – Process – Outputs – Customers), QFD (Quality Function Deployment) và biểu đồ Pareto được sử dụng nhằm xác định yêu cầu khách hàng, đặc tính chất lượng quan trọng và các nhóm lỗi trọng yếu cần ưu tiên xử lý [8].

Giai đoạn đo lường – Measure: Dữ liệu thực tế từ dây chuyền sản xuất được thu thập và tổng hợp thông qua các biểu mẫu thống kê. Từ các dữ liệu này, các chỉ số chất lượng được tính toán nhằm đánh giá hiệu suất hoạt động và năng lực của quá trình sản xuất. Cụ thể, số khuyết tật trên mỗi đơn vị sản phẩm (Defects Per Unit – DPU), số khuyết tật trên mỗi cơ hội xảy ra lỗi (Defects Per Opportunity – DPO) và số khuyết tật trên một triệu cơ hội (Defects Per Million Opportunities – DPMO) [8]. Các chỉ số này được sử dụng để phản ánh hiệu suất hoạt động và khả năng kiểm soát của quá trình sản xuất. Trên cơ sở đó, giá trị DPMO được quy đổi sang mức Sigma nhằm đánh giá năng lực quá trình và so sánh hiệu quả hoạt động trước và sau cải tiến. Trong nghiên cứu này, mức Sigma được xác định bằng hàm NORMSINV trong Microsoft Excel. Đây là hàm nghịch đảo của phân phối chuẩn, cho phép xác định giá trị Z tương ứng với một xác suất tích lũy cho trước, từ đó hỗ trợ quy đổi xác suất lỗi của quá trình sang mức Sigma phục vụ cho việc đánh giá năng lực sản xuất.

$$DPU = \frac{Số\ khuyết\ tật}{Số\ sản\ phẩm} \tag{1}$$

$$DPO = \frac{Số\ khuyết\ tật}{Số\ đơn\ vị\ sản\ phẩm * \ số\ cơ\ hội\ xảy\ ra\ khuyết\ tật} \tag{2}$$

$$DPMO = \ DPO * 1.000.000\ (10^6) \tag{3}$$

Giai đoạn phân tích – Analyze: Các công cụ như biểu đồ xương cá (Ishikawa), phương pháp 5 Whys và FMEA (Failure Mode and Effects Analysis) được sử dụng để xác định và phân tích nguyên nhân gốc rễ của các lỗi trọng yếu. Nguyên nhân được phân loại theo các nhóm yếu tố con người, máy móc, phương pháp và vật tư nhằm đảm bảo phân tích toàn diện và có hệ thống [8].

Giai đoạn cải tiến – Improve: Dựa trên kết quả phân tích, các giải pháp khắc phục được đề xuất nhằm loại bỏ hoặc giảm thiểu nguyên nhân gốc rễ đã xác định. Các giải pháp được đánh giá và lựa chọn thông qua phương pháp chuyên gia và ma trận lựa chọn giải pháp để đảm bảo tính khả thi, hiệu quả và phù hợp với điều kiện thực tế của doanh nghiệp [8].

Giai đoạn Kiểm soát – Control: Sau khi triển khai giải pháp, quy trình được chuẩn hóa thông qua việc cập nhật hướng dẫn công việc, đào tạo nhân viên và thiết lập các công cụ kiểm soát như biểu đồ theo dõi tỷ lệ lỗi định kỳ. Dữ liệu sau cải tiến tiếp tục được thu thập và phân tích để đánh giá hiệu quả cải tiến, duy trì kết quả đạt được và ngăn ngừa tái diễn sai lỗi [8].

3. Kết quả nghiên cứu

3.1. Giai đoạn xác định – Define

Giai đoạn xác định được thực hiện nhằm làm rõ vấn đề chất lượng và định hướng hoạt động cải tiến trong quy trình sản xuất bộ van nước tự động.

Trước tiên, phương pháp triển khai chức năng chất lượng được sử dụng để thu thập và chuyển đổi yêu cầu của khách hàng thành các đặc tính kỹ thuật cần kiểm soát trong quá trình sản xuất. Trên cơ sở đó, ma trận ngôi nhà chất lượng (House of Quality - HOQ) được xây dựng nhằm xác định mức độ liên

hệ giữa nhu cầu khách hàng và các thông số kỹ thuật của sản phẩm. Kết quả chuyển đổi yêu cầu khách hàng thành các đặc tính kỹ thuật được trình bày trong Bảng 1; qua đó, các thông số có mức độ quan trọng cao được nhận diện làm cơ sở xác định những đặc tính chất lượng cần ưu tiên kiểm soát.

Bảng 1. *Ma trận QFD - HOQ chuyển đổi yêu cầu khách hàng thành đặc tính kỹ thuật.*

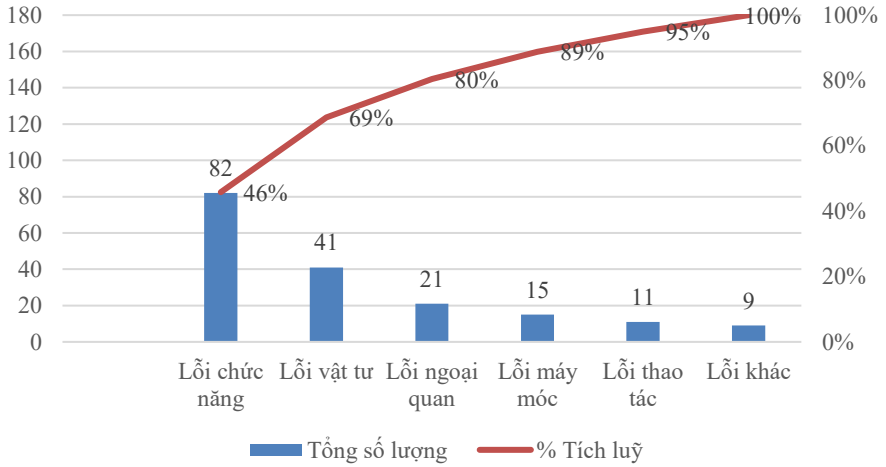
Ngôi nhà chất lượng (House of Quality)		**Đặc tính kỹ thuật**	Độ ồn ≤ 70dB	Dòng tiêu thụ (6VDC)	Vật liệu (Hợp kim đồng và kẽm mạ chorome)	Chịu được môi trường khắc nghiệt (0–50 °C), độ ẩm < 95%RH	Kiểu lắp (Side-mount)	Bảo trì không cần dụng cụ đặc biệt	Cảm biến hồng ngoại	Thời gian lắp đặt ngắn	Giải pháp retrofit	Tuổi thọ pin (3 năm)	***Đánh giá so sánh***				
Yêu cầu khách hàng / Độ quan trọng			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	***Inax***	***Casar***	***Grohe***	***TOTO***	***Kohler***
1	Dễ lắp đặt	8	1	1	3	9	9	1	1	9	9	1	4	4	3	4	4
2	Dễ sử dụng	9	1	3	3	1	1	3	1	1	9	3	4	4	4	5	5
3	Tiết kiệm chi phí sửa chữa	9	1	1	3	3	3	9	1	1	9	9	4	4	3	3	3
4	Tiết kiệm nước	10	1	9	1	1	1	1	3	1	3	1	4	3	5	5	5
5	Độ bền cao	9	3	3	9	9	3	3	3	1	1	9	3	3	5	5	5
6	Thương hiệu	7	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	3	3	5	5	5
7	Tính thẩm mỹ	9	3	1	3	1	3	1	1	3	1	1	3	3	5	5	5
8	Đa năng chức năng	7	1	3	3	3	9	1	9	1	3	3	3	3	5	5	5
9	Chất liệu	9	1	1	9	1	1	1	1	1	1	1	3	3	5	5	5
10	Hỗ trợ phụ kiện	7	1	1	3	1	3	3	1	9	9	1	4	3	4	4	4
Xếp hạng thứ tự quan trọng																	
Độ quan trọng			120	214	326	252	272	206	178	222	382	260	2432				
Trọng số quan trọng (%)			4,93	8,8	13,4	10,36	11,18	8,47	7,32	9,13	15,71	10,69					

Tiếp theo, sơ đồ SIPOC được thiết lập để mô tả tổng quan quy trình sản xuất từ đầu vào đến đầu ra, qua đó xác định các yếu tố ảnh hưởng đến chất lượng sản phẩm. Cụ thể, Hình 1 khái quát năm thành phần gồm nhà cung cấp, đầu vào, các công đoạn chính, đầu ra và khách hàng, qua đó làm rõ phạm vi quy trình và các tác nhân có thể ảnh hưởng đến chất lượng sản phẩm.

Nhà cung cấp (Supplier)	Đầu vào (Input)	Quy trình (Process)	Đầu ra (Output)	Khách hàng (Customer)
NCC linh kiện điện tử và thiết bị sản xuất	Con người Máy móc Nguyên vật liệu	Kiểm tra NVL đầu vào ↓ SMT ↓ Hàn DIP ↓ Lắp ráp cơ khí ↓ Kiểm tra hiệu chuẩn ↓ Đóng gói sản phẩm	Bộ van nước điện tử Báo cáo chất lượng QCP và QAI	Bộ phận OQC của công ty và QA của công ty đối tác

Hình 1. *Sơ đồ SIPOC của quy trình sản xuất bộ van nước điện tử.*

Sau đó, dữ liệu lỗi phát sinh trong quá trình sản xuất được tổng hợp và phân tích bằng biểu đồ Pareto nhằm xác định các nhóm lỗi cần ưu tiên cải tiến. Kết quả cho thấy lỗi chức năng và lỗi liên quan đến vật tư chiếm tỷ trọng cao, ảnh hưởng trực tiếp đến khả năng vận hành của sản phẩm. Hình 2 cho thấy hai nhóm lỗi chức năng và lỗi vật tư chiếm tỷ trọng tích lũy khoảng 69% tổng số lỗi, qua đó xác định đây là các lỗi cần được ưu tiên phân tích và cải tiến.



Hình 2. *Biểu đồ Pareto các lỗi của sản phẩm.*

Cuối cùng, Project Charter được xây dựng nhằm xác định mục tiêu cải tiến, phạm vi thực hiện và các chỉ số chất lượng quan trọng của dự án, làm cơ sở định hướng cho các giai đoạn tiếp theo của chu trình DMAIC. Nghiên cứu này áp dụng phương pháp Six Sigma theo chu trình DMAIC nhằm cải tiến chất lượng sản phẩm bộ van nước tự động. Mục tiêu chính là giảm tỷ lệ sản phẩm lỗi, đặc biệt là nhóm lỗi chức năng ảnh hưởng trực tiếp đến khả năng sử dụng của sản phẩm, qua đó nâng cao hiệu quả sản xuất và sự hài lòng của khách hàng. Cụ thể, nghiên cứu hướng đến việc giảm tỷ lệ lỗi từ khoảng 5,02% xuống dưới 4,00%, giảm chỉ số DPMO của quá trình sản xuất xuống khoảng 6.210 và nâng mức Sigma của quy trình sản xuất lên khoảng 4,0. Phạm vi nghiên cứu tập trung vào quy trình sản xuất bộ van nước tự động, đặc biệt tại các công đoạn lắp ráp và kiểm tra thành phẩm, cũng như các lỗi ảnh hưởng trực tiếp đến chức năng và chất lượng sản phẩm. Nghiên cứu không bao gồm các hoạt động phát triển sản phẩm mới, thay đổi chiến lược kinh doanh hoặc các công đoạn không liên quan trực tiếp đến chất lượng sản phẩm. Dự án được thực hiện bởi nhóm tác giả và sự hỗ trợ từ bộ phận sản xuất, chất lượng và R&D của doanh nghiệp trong thời gian 4 tháng từ 02/06/2025 – 02/09/2025, theo trình tự các giai đoạn của chu trình DMAIC gồm: Define, Measure, Analyze, Improve và Control.

3.2. Giai đoạn đo lường – Measure

Tính toán mức độ sai lỗi và giá trị Sigma của quy trình hiện tại:

Để đánh giá hiệu quả chất lượng của quy trình sản xuất hiện tại, tác giả tiến hành tính toán mức độ sai lỗi (Defect Rate) và giá trị Sigma tương ứng. Trên cơ sở dữ liệu thu thập được trong giai đoạn theo dõi thực tế tại hiện trường, số lượng sản phẩm lỗi trong tổng số sản phẩm được sản xuất được ghi nhận và quy đổi ra tỷ lệ phần trăm sai lỗi (Defect per Unit - DPU).

Tổng số sản phẩm sản xuất: 3.560 sản phẩm.

Số lỗi cần cải thiện: 179 sản phẩm.

Số cơ hội gây lỗi: 6 cơ hội.

$$\text{DPO} = \frac{\textit{Tổng số lỗi}}{\textit{Tổng sản phẩm} * \textit{Số cơ hội gây lỗi}} = \frac{179}{3.560*6} = 0{,}00838015$$

DPMO = DPO x 1.000.000 = 0,00838015 x 1.000.000 = 8.380,14981

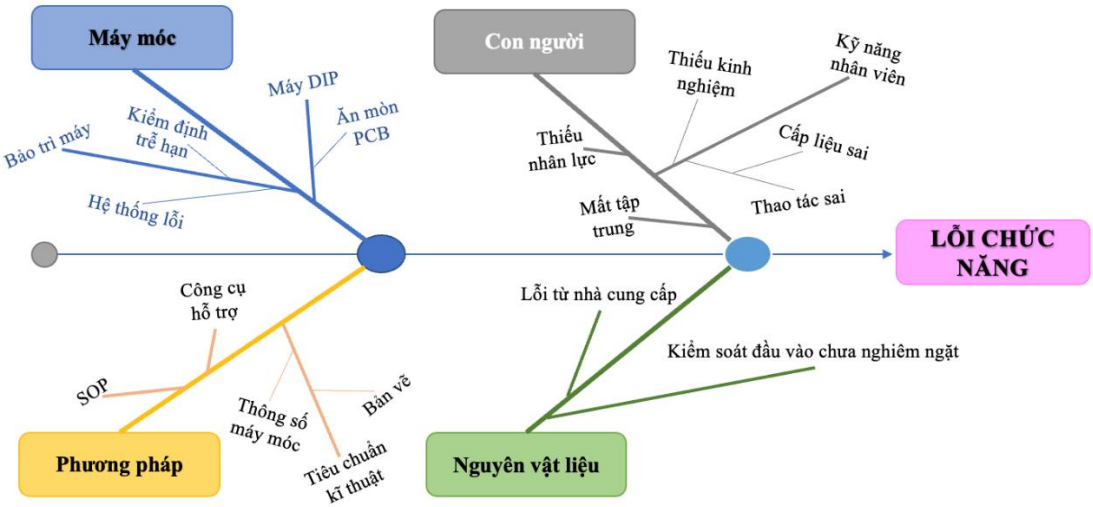
$$\text{Sigma} = \text{NORMSINV}\left(\frac{1-DPMO}{1.000.000}\right) + 1{,}5$$

$$= \text{NORMSINV}\left(\frac{1-8.380{,}14981}{1.000.000}\right) + 1{,}5 = 3{,}89192428$$

$$\text{DPPM} = \frac{179}{3.560} * 1.000.000 = 50.280,8989$$

Kết quả đo lường cho thấy quy trình sản xuất bộ van nước tự động hiện đang vận hành ở mức 3,89 sigma, tương ứng với 8.380 DPMO và 50.281 DPPM. Các chỉ số này phản ánh năng lực quy trình chưa đạt mức mục tiêu và vẫn tồn tại biến động đáng kể về chất lượng. Giá trị Sigma hiện tại được xác định như một chỉ số năng lực nền của quy trình, làm cơ sở định lượng cho việc phân tích nguyên nhân và đánh giá hiệu quả cải tiến ở các bước tiếp theo.

3.3. Giai đoạn phân tích – Analysis



Hình 3. *Biểu đồ xương cá thể hiện nguyên nhân gây "Lỗi chức năng".*

Dựa trên sơ đồ xương cá (Hình 3), nguyên nhân gốc rễ của lỗi chức năng được xác định thuộc bốn nhóm chính: máy móc, con người, phương pháp và nguyên vật liệu. Về máy móc, việc thiếu bảo trì và kiểm định định kỳ, đặc biệt tại công đoạn DIP (Dual In – line Package), dẫn đến hiện tượng ăn mòn PCB (Printed Circuit Board). Ở yếu tố con người, các lỗi chủ yếu xuất phát từ thao tác sai, thiếu kinh nghiệm, thiếu tập trung hoặc cấp liệu sai trong quá trình làm việc, từ đó dẫn đến thao tác sai hoặc lắp ráp không đúng vị trí linh kiện. Nhóm phương pháp phản ánh sự thiếu sót trong việc xây dựng và áp dụng quy trình thao tác chuẩn (SOP), bản vẽ kỹ thuật không cập nhật hoặc thiếu ký hiệu trực quan (màu sắc, biểu tượng), gây khó khăn trong việc nhận diện và thao tác chính xác. Ngoài ra, việc chưa trang bị đầy đủ các công cụ hỗ trợ thao tác như đồ gá cũng làm giảm độ chính xác trong quá trình lắp ráp. Đối với nguyên vật liệu, việc kiểm soát đầu vào chưa chặt chẽ làm phát sinh nhầm lẫn linh kiện.

Để khắc phục toàn diện, cần đồng bộ cải tiến cả bốn nhóm yếu tố: thiết lập kế hoạch bảo trì – kiểm định định kỳ cho máy móc; tăng cường đào tạo thực hành gắn với tình huống thực tế; cập nhật bản vẽ và SOP kèm ký hiệu trực quan; trang bị đầy đủ dụng cụ hỗ trợ thao tác như đồ gá, kẹp cố định, tool chuyên dụng; đồng thời siết chặt kiểm tra đầu vào và xác nhận tương thích vật tư – quy trình để đảm bảo tính ổn định và chính xác trong sản xuất. Trên cơ sở các nguyên nhân đã nhận diện, Bảng 2 tiếp tục lượng hóa mức độ rủi ro theo ba tiêu chí SEV, OCC và DET để xác định thứ tự ưu tiên cải tiến.

Việc đánh giá bảng FMEA được thực hiện bởi nhóm chuyên gia gồm giám đốc chất lượng, bộ phận QA, kỹ sư sản xuất và tổ trưởng chuyền có kinh nghiệm trực tiếp trong quá trình vận hành dây chuyền sản xuất. Bảng FMEA được sử dụng để đánh giá mức độ rủi ro của các nguyên nhân gây lỗi trong quá trình sản xuất dựa trên ba tiêu chí: Mức độ nghiêm trọng (S), Khả năng xảy ra (O) và Khả năng phát hiện (D). Kết quả tính toán chỉ số RPN cho thấy có 03 lỗi thuộc mức rủi ro cao (RPN > 128) gồm: thiếu đồ gá phù hợp (150), không có quy trình bảo vệ bề mặt sản phẩm trong quá trình lắp ráp, kiểm tra và đóng gói (147), và lỗi thao tác (140). Đây là các lỗi cần được ưu tiên cải tiến ngay.

Ngoài ra, 02 lỗi có mức rủi ro trung bình - cao (RPN từ 72–128) gồm lỗi server (84) và kiểm tra nguyên vật liệu đầu vào (72), cần được xây dựng kế hoạch cải tiến phù hợp. Các lỗi còn lại có RPN ≤ 72, nằm trong mức chấp nhận được nhưng vẫn cần duy trì các biện pháp kiểm soát như đào tạo thao tác, kiểm tra định kỳ và tuân thủ quy trình.

Bảng 2. *Đánh giá nguyên nhân gây ra lỗi FMEA.*

Nguyên nhân gây lỗi	Khả năng xảy ra lỗi	SEV	OCC	DET	RPN
Con người	Lắp sai chiều linh kiện	4	2	3	24
	Lỗi thao tác	7	4	5	140
	Mệt mỏi, không tập trung	5	2	4	40
	Không tuân thủ hướng dẫn công việc	5	2	4	40
Máy móc	Máy dừng đột ngột giữa chừng	6	2	3	36
	Kiểm định máy trễ hạn	5	2	4	40
	Lỗi server	7	2	6	84
	Ăn mòn PCB sau quá trình hàn DIP	4	2	4	32
Phương pháp	Bước kiểm tra sau SMT	5	3	4	60
	Thiếu đồ gá phù hợp	6	5	5	150
	Không có quy trình bảo vệ bề mặt sản phẩm trong thao tác lắp ráp, kiểm tra, đóng gói	7	3	7	147
Nguyên vật liệu	Kiểm tra nguyên vật liệu đầu vào	6	3	4	72
	Linh kiện không đạt tiêu chuẩn do NCC	6	3	3	54

3.4. Giai đoạn cải tiến – Improve

Để lựa chọn giải pháp cải tiến một cách khách quan và phù hợp với mục tiêu dự án, tác giả áp dụng phương pháp đánh giá có trọng số (Weighted Scoring Method) trong giai đoạn Improve của chu trình DMAIC. Phương pháp này giúp so sánh các giải pháp dựa trên nhiều tiêu chí với mức độ quan trọng khác nhau. Các tiêu chí và trọng số sử dụng trong quá trình đánh giá được trình bày tại Bảng 3, trong đó mức độ tác động đến CTQ và khả năng giảm lỗi được ưu tiên cao hơn.

Bảng 3. *Trọng số các tiêu chí đánh giá trong Solution Matrix.*

Tiêu chí đánh giá	Trọng số
Mức độ tác động đến CTQ	0,35
Khả năng giảm lỗi	0,30
Tính khả thi khi triển khai	0,20
Chi phí đầu tư	0,15
Tổng	**1,00**

Các tiêu chí được xem xét gồm: mức độ tác động đến CTQ (Critical to Quality), khả năng giảm lỗi, tính khả thi khi triển khai và chi phí đầu tư. Trọng số của từng tiêu chí được xác định dựa trên mục tiêu cải tiến và có tham khảo ý kiến từ các quản lý sản xuất và chất lượng tại Công ty Giải pháp điện tử T.C Việt Nam nhằm đảm bảo phù hợp với điều kiện thực tế. Dựa trên các trọng số này, các giải pháp được chấm điểm và xếp hạng để lựa chọn phương án tối ưu cho giai đoạn triển khai cải tiến. Kết quả chấm điểm và xếp hạng các phương án theo hệ trọng số này được tổng hợp trong Bảng 4.

***Bảng 4**. Ma trận đánh giá và lựa chọn giải pháp cải tiến.*

Giải pháp	Tác động đến CTQ	Khả năng giảm lỗi	Tính khả thi	Chi phí đầu tư	Tổng điểm
Bổ sung dụng cụ cố định bánh răng	5	5	4	4	**4,65**
Thiết kế bộ đồ gá cho thanh trục	5	4	3	3	**4,00**
Trải tấm ESD chống trầy xước	3	3	5	5	**3,70**

Cách tính tổng điểm: Tổng điểm = (Điểm CTQ × 0,35) + (Điểm giảm lỗi × 0,30) + (Điểm khả thi × 0,20) + (Điểm chi phí × 0,15).

Biện pháp khắc phục 1: Bổ sung thêm dụng cụ hỗ trợ, lắp đặt và cố định vị trí bánh răng khi thao tác

Trước cải tiến: Quá trình kiểm tra và lắp ráp Final Gear được thực hiện thủ công bằng đồng hồ đo cao, bánh răng và 3 trục pin. Bánh răng được đặt trên mặt phẳng, lắp 3 pin và tiến hành đo tại 3 vị trí, yêu cầu kết quả nằm trong khoảng -0,4 đến -0,2 mm trước khi lắp các chi tiết tiếp theo. Tuy nhiên, do thao tác lắp đặt phụ thuộc vào cảm giác cá nhân và thiếu công cụ hỗ trợ cố định, quá trình này dễ phát sinh sai lệch kích thước, khó kiểm soát bằng mắt thường, làm giảm độ ổn định của sản phẩm.

Sau cải tiến: Giải pháp đề xuất là thiết kế và sử dụng đồ gá chuyên dụng cho công đoạn lắp Final Gear nhằm cố định vị trí và kiểm soát độ phẳng khi lắp đặt. Việc áp dụng đồ gá giúp giảm sai số, nâng cao độ chính xác, ổn định chất lượng sản phẩm, đồng thời góp phần chuẩn hóa thao tác và giảm phụ thuộc vào kỹ năng cá nhân. Thiết kế đồ gá hỗ trợ lắp ráp Final Gear được minh họa trong Hình 4, cho thấy cơ cấu định vị và cố định chi tiết nhằm hạn chế sai lệch do thao tác thủ công.



***Hình 4.** Thiết kế bộ đồ gá hỗ trợ lắp ráp final gear.*

Biện pháp khắc phục 2: Thiết kế bổ sung bộ đồ gá cho hỗ trợ sai lệch kích thước thanh trục sau khi gia công

Trước cải tiến: Công nhân sử dụng kẹp tay hoặc ê - tô để cố định thanh trục và chốt nhựa, sau đó căn chỉnh vị trí bằng mắt thường trước khi tiến hành ép. Quá trình ép phụ thuộc nhiều vào kỹ năng thao tác nhằm đảm bảo độ vuông góc giữa chốt và trục. Sau khi ép, chi tiết được kiểm tra thủ công bằng cách lắc thử để đánh giá độ chắc chắn, tiềm ẩn sai lệch do thao tác không đồng đều.



***Hình 5.** Bộ đồ gá Must Fit / Must Not Fit.*

Sau cải tiến: Sau khi bổ sung đồ gá chuyên dụng, thanh trục và chốt nhựa được định vị chính xác và cố định chắc chắn trước khi ép. Nhờ có cơ cấu dẫn hướng, quá trình ép không cần căn chỉnh thủ công, giúp đảm bảo độ đồng tâm và vuông góc. Sau khi ép, chi tiết được kiểm tra nhanh bằng tay và khuôn kiểm (Must Fit / Must Not Fit). Việc sử dụng đồ gá giúp giảm sai số, hạn chế hư hỏng, tăng tính nhất quán và nâng cao chất lượng sản phẩm. Cấu tạo bộ đồ gá kiểm tra Must Fit/Must Not Fit được thể hiện trong Hình 5, hỗ trợ kiểm tra nhanh khả năng lắp ghép và phát hiện sai lệch kích thước của thanh trục sau gia công.

Biện pháp khắc phục 3: Trải tấm ESD để tránh trầy xước sản phẩm

Trước cải tiến: Mặt bàn làm việc không được phủ tấm ESD, khiến sản phẩm dễ bị trầy xước do tiếp xúc trực tiếp với bề mặt cứng, đồng thời bụi bẩn hoặc mạt kim loại có thể ảnh hưởng đến bề mặt sản phẩm. Ngoài ra, nguy cơ tích tụ tĩnh điện cũng tiềm ẩn khả năng gây hư hỏng linh kiện điện tử, làm tăng tỷ lệ sản phẩm NG.

Sau cải tiến: Khu vực thao tác được phủ tấm ESD chuyên dụng, giúp bảo vệ sản phẩm khỏi trầy xước và hạn chế tích tụ tĩnh điện. Nhờ đó, bề mặt sản phẩm được đảm bảo an toàn trong quá trình lắp ráp và kiểm tra, góp phần giảm lỗi ngoại quan và nâng cao chất lượng đầu ra. Sự khác biệt giữa mặt bàn trước và sau khi trải tấm ESD được đối chiếu lần lượt trong Hình 6, cho thấy bề mặt thao tác sau cải tiến được che phủ đồng đều và phù hợp hơn với yêu cầu bảo vệ sản phẩm.



Hình 6. *Mặt bàn trước và sau khi trải tấm ESD.*

Hiệu quả tổng hợp của các giải pháp được lượng hóa trong Bảng 5 thông qua việc so sánh số sản phẩm lỗi, DPPM, DPMO và mức Sigma trước và sau cải tiến. Kết quả cho thấy mức Sigma của quy trình tăng từ 3,89 lên 4,0, phản ánh năng lực quá trình và khả năng kiểm soát sai lỗi đã được cải thiện sau khi triển khai các giải pháp.

Bảng 5. *So sánh các chỉ tiêu trước và sau khi cải tiến, cho thấy mức Sigma đã cải thiện từ 3,89 lên 4,0.*

Đại lượng	Trước cải tiến	Sau cải tiến
Số sản phẩm lỗi	179	133
DPPM	50281	37360
DPMO	8380	6210
Mức sigma	3,89	4,0

3.5. Giai đoạn kiểm soát – Control

Giai đoạn Control được triển khai nhằm chuẩn hóa và duy trì tính ổn định của các cải tiến đã thực hiện, đồng thời phòng ngừa sự tái xuất hiện của các nguyên nhân gây sai lỗi trong quy trình. Các giải pháp như thiết kế đồ gá, bổ sung tấm ESD và điều chỉnh phương pháp thao tác đã được tích hợp vào hệ thống tài liệu vận hành thông qua việc cập nhật SOP và hướng dẫn công việc liên quan. Song song đó, hoạt động đào tạo và tái đào tạo được thực hiện nhằm đảm bảo sự tuân thủ nhất quán của người vận hành.

Ngoài ra, các chỉ tiêu kiểm soát then chốt liên quan đến độ chính xác lắp ráp, tình trạng bề mặt sản phẩm và tính ổn định thao tác được theo dõi định kỳ thông qua kiểm tra tại chuyền. Cơ chế kiểm soát này góp phần duy trì hiệu quả cải tiến theo thời gian, đảm bảo quy trình vận hành trong trạng thái kiểm soát và tạo nền tảng cho việc cải tiến liên tục trong tương lai. Các nội dung kiểm soát, rủi ro, hình thức phòng ngừa và trách nhiệm thực hiện được tổng hợp trong Bảng 6, làm cơ sở chuẩn hóa thao tác và ngăn ngừa lỗi tái diễn.

Bảng 6. *Bảng kế hoạch kiểm soát (Control plan).*

Giải pháp cải tiến	Rủi ro	Dạng phòng chống	Hoạt động kiểm soát	Người phụ trách
Bổ sung thêm dụng cụ hỗ trợ, lắp đặt và cố định vị trí bánh răng khi thao tác	Rơi/va đập gây hư hỏng, nguy cơ kẹt tay	Phòng ngừa, Poka-Yoke	Thiết kế jig cố định, ban hành SOP thao tác, đào tạo công nhân, FAI, giám sát định kỳ	QA, QC, IE
Thiết kế bổ sung bộ đồ gá cho hỗ trợ sai lệch kích thước thanh trục sau khi gia công	Hư hỏng đồ gá do thao tác mạnh tay, bám bụi, hao mòn theo thời gian	Phòng ngừa, Kiểm soát quá trình	Sử dụng đồ gá định vị, kiểm soát dung sai trong giới hạn cho phép, kiểm tra trước & sau lắp, bảo trì định kỳ	QA, QC, IE
Trải tấm ESD để tránh trầy xước sản phẩm	Không trải ESD → trầy xước hoặc hư hỏng do tĩnh điện, giảm chất lượng ngoại quan	Phòng ngừa, Bảo vệ sản phẩm	Sử dụng tấm ESD đạt chuẩn, đào tạo thao tác, kiểm tra định kỳ	QA, QC, IE, CPO

4. Kết luận

Nghiên cứu này khẳng định tính hiệu quả của việc triển khai phương pháp Six Sigma theo chu trình DMAIC trong việc nâng cao chất lượng sản phẩm tại môi trường sản xuất linh kiện điện tử. Thông qua cách tiếp cận dựa trên dữ liệu và sử dụng các công cụ phân tích thống kê phù hợp, nghiên cứu đã xác định được các nguyên nhân gốc rễ ảnh hưởng đến tỷ lệ sai lỗi và đề xuất các giải pháp cải tiến mang tính hệ thống. Kết quả cho thấy quy trình sản xuất sau cải tiến đạt mức độ ổn định cao hơn, giảm sự biến động không cần thiết và tăng cường khả năng kiểm soát các yếu tố đầu vào và thao tác thực hiện. Điều này cho thấy Six Sigma không chỉ là công cụ kiểm soát chất lượng mà còn là phương pháp quản trị quá trình hiệu quả.

Từ góc độ quản trị, nghiên cứu nhấn mạnh vai trò của việc ra quyết định dựa trên dữ liệu trong hoạt động điều hành sản xuất. Việc áp dụng DMAIC giúp doanh nghiệp chuyển từ phương thức xử lý sự cố sang quản lý phòng ngừa, qua đó tối ưu hóa nguồn lực và giảm chi phí liên quan đến sai lỗi. Đồng thời, quá trình chuẩn hóa quy trình và tăng cường đào tạo nhân sự góp phần hình thành nền tảng cho cải tiến liên tục và nâng cao năng lực cạnh tranh dài hạn.

Tuy nhiên, phạm vi nghiên cứu còn giới hạn trong một dây chuyền sản xuất và trong khoảng thời gian xác định, do đó mức độ khái quát hóa còn hạn chế. Trong tương lai, việc tích hợp Six Sigma với các hệ thống giám sát số hóa hoặc công nghệ sản xuất thông minh có thể mở ra hướng tiếp cận toàn diện hơn, nâng cao khả năng kiểm soát theo thời gian thực và tối ưu hóa chất lượng ở cấp độ toàn hệ thống.

Lời cảm ơn

Tác giả xin trân trọng cảm ơn sự hỗ trợ của Trường Đại học Công nghệ Kỹ thuật Thành phố Hồ Chí Minh, Việt Nam.

Xung đột lợi ích

Các tác giả tuyên bố không có xung đột lợi ích trong bài báo này.

Tuyên bố về khả năng truy cập dữ liệu

Dữ liệu hỗ trợ cho các kết quả của nghiên cứu này có thể được cung cấp bởi tác giả liên hệ khi có yêu cầu hợp lý.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

[1] J. M. Juran and A. B. Godfrey, *Juran's Quality Handbook*, 5th ed. New York, NY, USA: McGraw-Hill, 1999.
[2] J. Antony, E. V. Gijo, and S. J. Childe, "Case study in Six Sigma methodology: Manufacturing quality improvement and guidance for managers," *Production Planning & Control*, vol. 23, no. 8, pp. 624–640, 2012, doi: 10.1080/09537287.2011.576404.
[3] D. N. Hien, M. L. Duc, and T. D. Tuan, "Integrating Six Sigma into an Industry 4.0 system for enhanced productivity: A case study in CNC processes," *Management and Production Engineering Review*, vol. 15, no. 1, pp. 44–62, 2024, doi: 10.24425/mper.2024.149989.
[4] N. K. Hieu, N. T. A. Van, D. Khuu, and T. M. H. Nguyen, "Applying Lean Six Sigma methodology to improve productivity: Case study at a mooncake production enterprise," *Management and Production Engineering Review*, vol. 16, no. 2, pp. 1–10, 2025, doi: 10.24425/mper.2025.154933.
[5] L. T. T. Thao, N. T. A. Van, and N. K. Hieu, "Áp dụng Six Sigma để cải thiện tỷ lệ lỗi tại công ty sản xuất cáp quang," *Tạp chí Phát triển và Hội nhập*, no. 84, pp. 93–103, 2025, doi: 10.61602/jdi.2025.84.12.
[6] J. P. C. Tong, F. Tsung, and B. P. C. Yen, "A DMAIC approach to printed circuit board quality improvement," *International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, vol. 23, nos. 7–8, pp. 523–531, 2004, doi: 10.1007/s00170-003-1721-z.
[7] M. H. C. Li, A. Al-Refaie, and C. Y. Yang, "DMAIC approach to improve the capability of SMT solder printing process," *IEEE Transactions on Electronics Packaging Manufacturing*, vol. 31, no. 2, pp. 126–133, Apr. 2008, doi: 10.1109/TEPM.2008.919342.
[8] N. T. L. Hoa, *6 Sigma: Nội dung cơ bản và hướng dẫn áp dụng*. Hà Nội, Việt Nam: NXB Hồng Đức, 2015.

Phan Khánh Linh hiện là sinh viên đại học ngành Quản lý công nghiệp tại Trường Đại học Công nghệ Kỹ thuật Thành phố Hồ Chí Minh (HCM-UTE), Việt Nam. Tác giả đặc biệt quan tâm và định hướng phát triển nghề nghiệp trong lĩnh vực quản lý chất lượng.
Email: 22124075@student.hcmute.edu.vn. ORCID: https://orcid.org/0009-0008-5376-5118

Nguyễn Thị Anh Vân hiện là giảng viên tại Khoa Kinh tế, Trường Đại học Công nghệ Kỹ thuật Thành phố Hồ Chí Minh (HCM-UTE), Việt Nam. Tác giả đã hoàn thành chương trình Tiến sĩ chuyên ngành Kinh tế và Quản lý tại Đại học Tomas Bata ở Zlín, Cộng hòa Séc. Tác giả đã công tác và giảng dạy trong các lĩnh vực quản lý công nghiệp và quản lý vận hành. Các hướng nghiên cứu của cô bao gồm Quản lý chất lượng toàn diện (Total Quality Management), sự xuất sắc bền vững (Sustainable Excellence), Công nghiệp 4.0 và Phát triển bền vững. Tác giả đã công bố các công trình nghiên cứu trên các tạp chí như *Operations and Supply Chain Management*, *Total Quality Management & Business Excellence*, v.v. Tác giả cũng là phản biện cho các tạp chí *Total Quality Management & Business Excellence* và *TQM Journal*. Tác giả đã tham gia nhiều dự án tại Việt Nam, cũng như một số dự án quốc tế liên quan đến kinh tế Đông Nam Á và Công nghiệp 4.0 tại Cộng hòa Séc..
Email: anhvan@hcmute.edu.vn. ORCID: https://orcid.org/0000-0001-6950-6868