

# XÂY DỰNG CHƯƠNG TRÌNH HỆ CHUYÊN GIA HỖ TRỢ LỰA CHỌN VÀ XÁC ĐỊNH KỸ THUẬT HIỆN CÓ TỐT NHẤT CHO NHÀ MÁY CHẾ BIẾN GỖ TẠI TỈNH BÌNH DƯƠNG

**ĐỖ THỊ THU HUYỀN, TRẦN VĂN THANH**  
 Viện Môi trường và Tài nguyên,  
 Đại học Quốc gia Thành phố Hồ Chí Minh

**Developing expert program for best available techniques for wood processing industry in Binh Duong**

**Tóm tắt:**

Nghiên cứu này đã phát triển một hệ chuyên gia hỗ trợ ra quyết định trong việc lựa chọn các giải pháp tối ưu hóa việc sử dụng năng lượng, giảm phát thải trong các quá trình nhiệt của ngành chế biến gỗ tại Việt Nam. Hệ chuyên gia này bao gồm một bộ cơ sở dữ liệu về kỹ thuật sẵn có tốt nhất (BAT) và định mức tiêu thụ nguyên vật liệu, năng lượng và phát thải liên quan được xây dựng từ nhiều nguồn dữ liệu khác nhau phù hợp với thực tế sản xuất tại địa phương. Thuật toán hỗ trợ ra quyết định được phát triển trên cơ sở kết hợp phương pháp lập trình mục tiêu tuyến tính (LGP) và phương pháp phân tích tiến trình thứ bậc (AHP). Chương trình hệ chuyên gia được lập trình trên nền phần mềm Lingo kết hợp với Microsoft Excel, gồm module cơ sở dữ liệu và module hỗ trợ giải thuật toán AHP-LGP và áp dụng thử nghiệm thành công vào một trường hợp cụ thể của một nhà máy chế biến gỗ tại tỉnh Bình Dương. Dựa trên dữ liệu đầu vào gồm thông tin hiện trạng hoạt động, tiêu thụ nguyên vật liệu, năng lượng và các giải pháp giảm thiểu tiêu thụ năng lượng, giảm phát thải hiện đang áp dụng tại nhà máy, chương trình đã đề xuất một số giải pháp tối ưu hoá hệ thống và lựa chọn giải pháp tăng cường bảo ôn hệ thống dẫn hơi, nước ngưng, bề mặt có nhiệt độ cao là giải pháp ưu tiên nhất. Kết quả đánh giá hoàn toàn phù hợp với thực tế của cơ sở và có ý nghĩa tốt trong việc cung cấp thông tin, định hướng cải tiến cho cơ sở theo hướng tiết kiệm năng lượng, tài nguyên và kinh tế tuần hoàn.

**Từ khóa:** Hệ chuyên gia, kỹ thuật hiện có tốt nhất, chế biến gỗ.

Nhận bài: 30/12/2022; Sửa chữa: 14/2/2023;  
 Duyệt đăng: 1/3/2023.

**Abstract:**

This study developed an expert system to aid decision-making in selecting optimal solutions and techniques for improving energy efficiency and reducing emissions in the wood processing industry in Vietnam. The expert system incorporates a database of Best Available Techniques (BAT) and associated consumption and emission levels, sourced from various references to align with local production conditions. The decision support algorithm combines Linear Goal Programming (LGP) and Analytic Hierarchy Process (AHP) methods. The expert system software is implemented in Lingo language, integrated with Microsoft Excel, comprising a database module and an AHP-LGP algorithm support module. The system was applied to a wood processing plant in Binh Duong province, Vietnam. Based on input data regarding the plant's current operations, material and energy consumption, and implemented emission reduction solutions, the expert system proposed optimal solutions and recommended prioritizing the enhancement of insulation for steam, condensate, and high-temperature surfaces. The evaluation results align with the actual situation and provide valuable insights and guidance for energy and resource conservation, as well as promoting a circular economy.

**Keywords:** Expert system, Best Available Techniques, wood processing.

**JEL Classifications:** O13, Q55, O44, Q59.

**1. Giới thiệu**

Kỹ thuật hiện có tốt nhất là giải pháp kỹ thuật tốt nhất được lựa chọn bảo đảm phù hợp với thực tế, hiệu quả trong phòng ngừa, kiểm soát ô nhiễm, giảm thiểu tác động xấu đến môi trường (1). Luật BVMT yêu cầu các chủ dự án đầu tư, cơ sở thuộc loại hình sản

xuất, kinh doanh, dịch vụ có nguy cơ gây ô nhiễm môi trường có trách nhiệm nghiên cứu, áp dụng kỹ thuật hiện có tốt nhất theo lộ trình do Chính phủ quy định; cung cấp thông tin theo yêu cầu để phục vụ xây dựng hướng dẫn kỹ thuật áp dụng kỹ thuật hiện có tốt nhất (BAT). Lộ trình áp dụng BAT được quy định tại Nghị

định số 08/2022/NĐ-CP, bắt đầu từ ngày 1/1/2027 đối với các chủ dự án đầu tư thuộc loại hình sản xuất, kinh doanh, dịch vụ có nguy cơ gây ô nhiễm môi trường và từ ngày 1/1/2028 đối với chủ cơ sở. Các quy định này được kỳ vọng sẽ thúc đẩy các chủ dự án, cơ sở sản xuất cải tiến kỹ thuật, tối ưu hóa công nghệ, giảm thiểu phát thải... để đưa công nghệ sản xuất của Việt Nam tiệm cận với thế giới, hướng đến mục tiêu phát thải ròng bằng 0 Việt Nam đã cam kết tại COP 26. Tuy vậy, việc nghiên cứu và áp dụng BAT tại Việt Nam vẫn còn rất mới mẻ. Việt Nam đang trong giai đoạn thí điểm áp dụng BAT của các nước phát triển, nhận thức và hiểu biết về BAT chưa nhiều. Hiện vẫn còn thiếu trong các quy định hướng dẫn như: (i) Trình tự thủ tục thu thập thông tin, đánh giá kỹ thuật, lựa chọn BAT và xây dựng Hồ sơ tham chiếu BAT; (ii) thời gian định kỳ cập nhật danh mục BAT và BAT-AEL; (iii) chính sách hỗ trợ doanh nghiệp thực hiện BAT, phân biệt với các doanh nghiệp không thực hiện và các hỗ trợ khác... (2). Do vậy các nghiên cứu về BAT trong điều kiện Việt Nam hiện nay là rất cần thiết.

Hệ chuyên gia (Expert System) là một chương trình máy tính mô phỏng khả năng ra quyết định của một chuyên gia, nhằm giải quyết các vấn đề phức tạp bằng cách suy luận tri thức (3). Đây là một trong những lĩnh vực ứng dụng phổ biến nhất của trí tuệ nhân tạo, và được sử dụng trong nhiều lĩnh vực như khoa học, kỹ thuật, kinh doanh, y tế, dự báo thời tiết (4). Trong công nghiệp, hệ chuyên gia được ứng dụng rộng rãi để giải quyết các vấn đề kỹ thuật phức tạp và cải thiện hiệu quả sản xuất từ sản xuất đến quản lý chất lượng, bảo trì, sửa chữa, tối ưu hóa quy trình và giám sát an toàn lao động. Hệ chuyên gia cũng được sử dụng để hỗ trợ trong quản lý chất lượng và kiểm soát chất lượng sản phẩm. Tuy nhiên, chưa có nghiên cứu nào ứng dụng hệ chuyên gia trong lựa chọn các giải pháp BAT đã được thực hiện trước đây.

Trong bài viết này, bên cạnh việc xem xét vận dụng BAT phù hợp với điều kiện thực tiễn của Việt Nam trong ngành chế biến gỗ, nghiên cứu còn xây dựng một chương trình hệ chuyên gia hỗ trợ ra quyết định lựa chọn giải pháp BAT phù hợp với một đối tượng cụ thể.

## 2. Phương pháp nghiên cứu

### 2.1. Phương pháp xây dựng cơ sở dữ liệu

Cơ sở dữ liệu của hệ chuyên gia được xây dựng gồm thông tin về BAT và các mức phát thải liên quan được thu thập từ nhiều nguồn thông tin khác nhau, trong đó chủ yếu là Tài liệu tham khảo kỹ thuật tốt nhất hiện có (BREF) (5-7) và các nghiên cứu khác (8). Do các hướng dẫn trong các tài liệu BREF mang tính tổng quát và phần lớn dựa vào thực tiễn sản xuất tại châu Âu, nhóm nghiên cứu cũng đã thu thập thông tin từ các cơ quan chức năng và khảo sát sơ bộ tại các cơ sở sản

xuất để xây dựng nên cơ sở dữ liệu phù hợp với thực trạng sản xuất của địa phương. Qua đó các quá trình sản xuất chủ yếu, các tác động môi trường và mức tiêu thụ nguyên nhiên vật liệu, phát thải của ngành chế biến gỗ được xác lập phù hợp với thực tiễn và đối chiếu với các công nghệ, quá trình sản xuất theo hướng dẫn của IPCC để xây dựng cơ sở dữ liệu hoàn chỉnh.

### 2.2. Phương pháp xây dựng các quy luật cho hệ chuyên gia

Hệ chuyên gia được xây dựng trên cơ sở kết hợp hai phương pháp: Lập trình mục tiêu tuyến tính (LGP) và phân tích tiến trình thứ bậc (AHP) để đánh giá và xếp hạng các giải pháp thay thế và hỗ trợ cho quá trình ra quyết định. Quy luật cụ thể của hệ chuyên gia đã được trình bày chi tiết một số công bố trước đây của nhóm tác giả (9,10).

### 2.3. Phương pháp xây dựng chương trình cho hệ chuyên gia

Để xây dựng chương trình cho hệ chuyên gia, các nhiệm vụ thực hiện gồm có: i) Thiết kế khung công cụ gồm giao diện và nội dung của từng bảng tính: Các bảng tính được xây dựng theo từng bước của quy trình đánh giá; ii) Xây dựng nội dung cụ thể của từng bảng tính: Nội dung cụ thể của từng bảng tính phải thể hiện được đầy đủ các số liệu đầu vào, hoặc số liệu cần thể hiện đầu ra; iii) xây dựng thuật toán: Dựa vào các quy luật của hệ chuyên gia thể hiện bằng các phương trình toán học hoặc các quy tắc, nhóm thực hiện sử dụng ngôn ngữ Lingo để lập trình xử lý các số liệu và liên kết giữa các module xử lý số liệu với các bảng tính của chương trình. Các nhiệm vụ này được thực hiện trên nền của phần mềm Lingo kết hợp với Microsoft Excel, đồng thời dựa vào các quy luật của hệ chuyên gia để thiết kế các module, xây dựng các phép tính cũng như khai báo các biến, truy xuất kết quả...

## 3. Quy trình áp dụng hệ chuyên gia cho cơ sở chế biến gỗ tại tỉnh Bình Dương

Chương trình hệ chuyên gia sau khi được xây dựng được áp dụng cho một đối tượng cụ thể theo trình tự như sau: i) Bước 1: Khảo sát thu thập thông tin: Dựa vào yêu cầu thông tin đầu vào của chương trình, nhóm nghiên cứu thiết kế thành các bảng hỏi, như thông tin chung của Doanh nghiệp, hiện trạng sử dụng nguyên vật liệu, năng lượng và hiện trạng áp dụng các giải pháp; ii) Bước 2: Nhập, xử lý số liệu: Số liệu sau khi thu thập sẽ được xử lý, đưa vào chương trình ở Bảng tính – Nhập dữ liệu; iii) Bước 3: Chuyển sang bảng tính đánh giá hiện trạng các phát thải chất thải và năng lượng thông qua thao tác trên module xử lý bằng Lingo tương ứng; iv) Bước 4: Nhập dữ liệu đánh giá trọng số các tiêu chí, phương án... và chọn lựa các giải pháp thông qua các module xử lý số liệu tương ứng trong hệ chuyên gia.

#### 4. Kết quả nghiên cứu

Hệ thống chuyên gia đề xuất gồm có hai module: Module cơ sở dữ liệu và module hỗ trợ giải mô hình AHP-LGP. Trong đó module cơ sở dữ liệu gồm có 10 bảng tính chính chia làm 4 nhóm nội dung: i) Giới thiệu sơ bộ về hệ chuyên gia và hướng dẫn sử dụng (bảng tính 1-2); ii) các bảng tính nhập dữ liệu gồm bảng tính nhập dữ liệu mang tính tổng quát và bảng tính cho ngành công nghiệp chế biến gỗ (bảng tính 3-6); iii) bảng tính đánh giá tiềm năng và gợi ý các giải pháp cải tiến (các bảng tính 7-8); iv) các bảng tính phân tích và lựa chọn các giải pháp/phương án công nghệ phục vụ cải tiến (bảng tính 9, 10).

Module hỗ trợ giải mô hình AHP-LGP để lựa chọn các phương án cải tiến được xây dựng trên nền Microsoft Excel – Lingo giúp giải quyết bài toán xác định vectơ trọng số mờ cục bộ, vectơ trọng số mờ toàn cục.

File lingo chứa thuật toán để giải xác định các vec tơ trọng số mờ cục bộ cũng như toàn cục minh họa như Hình 5, Hình 6 và được link vào file Excel tương ứng

với từng bước. Thuật toán xây dựng được kiểm chứng bằng cách sử dụng số liệu của nghiên cứu của các tác giả Wang và Chin (11). Kết quả kiểm chứng cho thấy thuật toán được xây dựng là phù hợp, và được nhóm tác giả dùng để tính toán thông số trong mô hình AHP-LGP. Phần mềm này đã được đăng ký quyền tác giả và đã được chấp thuận bởi Cục Sở hữu trí tuệ theo Quyết định số 9052/2022/QTG ngày 9/11/2022 (12).

Chương trình hệ chuyên gia trên được áp dụng để đánh giá sơ bộ và tìm kiếm giải pháp BAT cho một nhà máy chế biến gỗ ván ép công suất 1.000 m<sup>3</sup>/năm tại tỉnh Bình Dương. Thông tin được thu thập từ các tài liệu do nhà máy cung cấp và từ quá trình khảo sát thực tế cho thấy quy trình sản xuất của nhà máy tương đối đơn giản, công nghệ sản xuất khá cũ, tiêu thụ năng lượng và nguy cơ ô nhiễm tương đối cao. Nguyên liệu chính là ván lạng (từ gỗ cao su, lượng tiêu thụ khoảng 1.200 m<sup>3</sup>/năm) và nhiên liệu chính là củi cho lò hơi (250 tấn/năm), phát thải chủ yếu là khí thải từ các công đoạn cưa, cắt, chà nhám, ép ván, đốt củi cho lò hơi. Các dữ liệu thu thập được được đưa vào chương trình để giúp



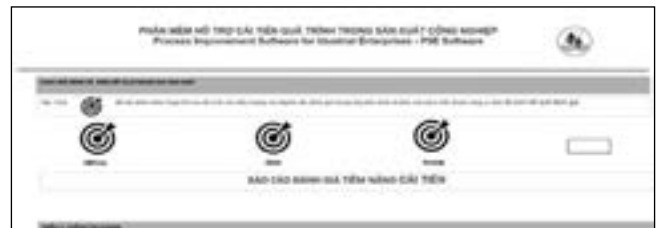
▲ Hình 1. Giao diện màn hình bảng tính giới thiệu sơ bộ và hướng dẫn sử dụng hệ chuyên gia



▲ Hình 2. Giao diện màn hình bảng tính nhập dữ liệu của hệ chuyên gia



▲ Hình 3. Giao diện màn hình các bảng tính nhập dữ liệu của hệ chuyên gia



▲ Hình 4. Giao diện màn hình bảng tính đánh giá tiềm năng và gợi ý cải tiến



▲ Hình 5. File Lingo chứa thuật toán giải mô hình LGP của hệ chuyên gia



▲ Hình 6. Kết quả giải bằng thuật toán bằng Lingo

**Bảng 1. Kết quả đánh giá sơ bộ của chương trình về tổn thất và phát thải của nhà máy**

Thông số	Đơn vị	Giá trị
KNK	KgCO <sup>2</sup> /năm	417.929
Năng lượng điện (giả sử chuyển hóa 100% thành nhiệt)	kWh/năm	1.014.826
Chất thải rắn	kg/năm	160.000
Nước thải	m <sup>3</sup> /năm	1.440
Chất thải nguy hại	kg/năm	53
Tổn thất nhiệt do bề mặt nhiệt độ cao	KJ/năm	369.458.496
Tổn thất rò rỉ bẫy hơi, đường ống	KJ/năm	-
Tổn thất do không tái sử dụng nước ngưng	KJ/năm	-
Tổn thất do bức xạ nhiệt từ bề mặt có nhiệt độ cao	KJ/năm	196.810.908
Tổn thất do hơi ngưng	KJ/năm	515.669

xác định được hiện trạng phát thải, tác động và tiêu thụ tài nguyên, tổn thất năng lượng tại Nhà máy. Kết quả đánh giá cho thấy dựa trên dữ liệu hiện trạng, nhà máy hầu như không có tổn thất do rò rỉ, chỉ có tổn thất do hơi ngưng và bề mặt có nhiệt độ cao, và phát thải khí nhà kính (KNK) theo tính toán là 415 tấn CO<sub>2eq</sub>/năm. Các kết quả cân bằng vật chất, đánh giá hiện trạng và phát thải của nhà máy được trình bày trong Bảng 1.

Các thông tin này được khai báo tại bảng nhập dữ liệu đầu vào của chương trình cùng với hiện trạng áp dụng các giải pháp ngăn ngừa, giảm thiểu ô nhiễm tại Nhà máy. Các nội dung này sau đó được chương trình phân tích, xử lý báo cáo kết quả đánh giá. Ví dụ về vấn đề động cơ điện, nhà máy đang sử dụng động cơ tiêu chuẩn mà chưa áp dụng giải pháp BAT. Tuy nhiên về vận hành thì mức độ tải của Nhà máy khá tốt, từ 50%



**▲ Hình 7. Kết quả đánh giá hiện trạng áp dụng giải pháp ngăn ngừa, giảm thiểu ô nhiễm tại Nhà máy**

tải trở lên. Đối với hệ thống lò hơi, nhà máy chỉ áp dụng giải pháp thu hồi nhiệt, nhưng bảo ôn chưa tốt. Các giải pháp khác chuyên cho lĩnh vực gỗ cũng được phân tích và xác định từ cơ sở dữ liệu BAT của ngành gỗ.

Từ các kết quả phân tích này, chương trình hệ chuyên gia đã phân tích và đề xuất một loạt các giải pháp BAT mà nhà máy có thể xem xét thực hiện như trình bày tại Hình 8. Trong đó, 4 giải pháp có tiềm năng cao nhất được lựa chọn để phân tích cụ thể gồm:

**Bảng 2. Các giải pháp cần thực hiện để cải tiến**

Ký hiệu	Tên giải pháp	Lợi ích
GP1	Bảo ôn hệ thống dẫn hơi, nước ngưng, bề mặt có nhiệt độ cao	Tiết kiệm nhiệt, giảm phát thải KNK
GP2	Hệ thống kiểm soát oxy dư lò hơi	Tiết kiệm năng lượng thải qua khí thải
GP3	Xử lý mùn cưa theo công nghệ Lên men sản xuất ethanol, thu hồi CH <sub>4</sub>	Sản xuất được bio ethanol, thu hồi CH <sub>4</sub> cho lò hơi, giảm phát thải KNK
GP4	Xử lý gỗ vụn theo công nghệ nhiệt phân chậm thu hồi dầu sinh học, than sinh học	Sản xuất được dầu sinh học cho lò hơi, than sinh học cho nông nghiệp

Để hỗ trợ lựa chọn các giải pháp ưu tiên, chương trình phân tích dựa trên quy luật của phương pháp AHP như đã trình bày trong các nghiên cứu trước đó (9,10). Dựa trên các trọng số của các tiêu chí đánh giá, thứ tự ưu tiên của các giải pháp nêu trên được xác định bởi chương trình hệ chuyên gia như sau:



**▲ Hình 8. Kết quả đánh giá sơ bộ tiềm năng cải tiến của Nhà máy**



**▲ Hình 9. Các kết quả đánh giá các giải pháp cải tiến**

Kết quả phân tích tiềm năng áp dụng BATs đối với nhà máy nghiên cứu điển hình cho thấy giải pháp 1 (GP1) là các giải pháp ưu tiên nhất, tiếp đến là giải pháp 2 (GP2). Nguyên nhân là do giải pháp 1 và 2 nếu bảo ôn và kiểm soát tốt sẽ tiết kiệm được nhiệt năng đồng thời chi phí đầu tư thấp hơn giải pháp 3 và 4. Kết quả đánh giá này hoàn toàn phù hợp với thực tế của cơ sở và có ý nghĩa tốt trong việc cung cấp thông tin, định hướng cải tiến cho cơ sở theo hướng tiết kiệm năng lượng, tài nguyên và kinh tế tuần hoàn.

### 5. Kết luận, kiến nghị

Nghiên cứu đã xây dựng được một hệ chuyên gia hỗ trợ lựa chọn các kỹ thuật hiện có tốt nhất cho ngành gia công kim loại/chế biến gỗ phù hợp với điều kiện Việt Nam. Bên cạnh việc xây dựng cơ sở dữ liệu về các kỹ thuật hiện có tốt nhất trên cơ sở hướng dẫn của IPPC kết hợp với thực tế khảo sát các cơ sở sản xuất tại Việt Nam, phương pháp suy luận của hệ chuyên gia dựa trên sự kết hợp giữa phương pháp lập trình mục tiêu

tuyến tính kết hợp với phương pháp phân tích thứ bậc mờ và các tiêu chí lựa chọn kết hợp cả ba yếu tố kinh tế - xã hội và môi trường giúp đảm bảo việc hỗ trợ lựa chọn các giải pháp có cơ sở khoa học và độ chính xác cao. Hệ chuyên gia được lập trình trên nền Microsoft Excel kết hợp với Lingo và được thử nghiệm cho một cơ sở gia công sản phẩm kim loại/chế biến gỗ điển hình tại tỉnh Bình Dương cho thấy tính hiệu quả, khả thi và phù hợp với thực tiễn. Nghiên cứu này được kỳ vọng sẽ góp phần nâng cao nhận thức về BAT, thúc đẩy việc thực hiện các quy định của Luật BVMT năm 2020 về nghiên cứu và áp dụng BAT tại các dự án đầu tư, cơ sở thuộc loại hình sản xuất, kinh doanh, dịch vụ có nguy cơ gây ô nhiễm môi trường và hướng đến cam kết phát thải ròng bằng 0 của Việt Nam tại COP 26.

**Lời cảm ơn:** Nghiên cứu được tài trợ bởi Đại học Quốc gia Thành phố Hồ Chí Minh (ĐHQG-HCM) trong khuôn khổ nhiệm vụ thường xuyên theo chức năng mã số TX2023-24-01 ■

### TÀI LIỆU THAM KHẢO

- Bộ TN&MT. Thông tư số 02/2022/TT-BTNMT ngày 10/1/2022 của Bộ TN&MT quy định chi tiết thi hành một số điều của Luật BVMT. 2022.
- Lê Minh Đức. Kinh nghiệm áp dụng BAT tại các nước, để xuất triển khai tại Việt Nam. Tạp chí Môi trường. 2021 Nov 15;(số 7/2021).
- Tan H. A brief history and technical review of the expert system research. IOP Conf Ser Mater Sci Eng. 2017 Sep;242:012111.
- Kaur N, Rekhi NS, Nayyar A. Review of Expert Systems based on Fuzzy logic. In 2013.
- Eurorean Parliament, The Council of the European Union. Directive 2010/75/EU of the Eurorean Parliament and of the Council, 24 November 2010 on industrial emissions (integrated pollution prevention and control). 2010.
- European Commission. Referene document on Best Available Techniques for Energy efficiency. 2009.
- European Commission. Best Available Techniques Reference Document for the Production of Wood-based Panels. 2016.
- Haavengen B, Sena JA. The development of a purchase manager's decision support system for budgeting and contracting in a wood-processing company. Eur J Purch Supply Manag. 1996 Mar;2(1):71-86.
- Huyen DTT, Tram LTB, Truong HN, Van Thanh T. Application of fuzzy analytic hierarchy process and linear goal programing for selection of best available techniques of the cold rolled coil manufacturing processes: A case study in Binh Duong, Vietnam. Environ Qual Manag. 2021 Nov 10;tqem.21818.
- Do TTH, Ly TBT, Hoang NT, Tran VT. A new integrated circular economy index and a combined method for optimization of wood production chain considering carbon neutrality. Chemosphere. 2023 Jan;311:137029.
- Wang YM, Chin KS. A linear goal programming priority method for fuzzy analytic hierarchy process and its applications in new product screening. Int J Approx Reason. 2008 Oct;49(2):451-65.
- Đỗ Thị Thu Huyền, Trần Văn Thanh, Lý Thị Bích Trâm, Hoàng Nhật Trường, Huỳnh Ngọc Loan. Giấy chứng nhận bản quyền tác giả "Phần mềm hỗ trợ cải tiến quá trình trong sản xuất công nghiệp - PHE Software". Cục Bản quyền tác giả; 2022.