

# Nghiên cứu xây dựng hệ thống trợ giúp thiết kế quy trình công nghệ gia công chi tiết máy

Phùng Xuân Lan, Trần Văn Địch, Hoàng Vĩnh Sinh

**Tóm tắt** — Lập quy trình công nghệ (QTCN) là cầu nối quan trọng giữa thiết kế và gia công. Tuy nhiên, công việc này ở Việt Nam đa phần đều được tiến hành thủ công. Khi đó, việc thiết kế QTCN tốn khá nhiều công sức và thời gian của người kỹ sư. Trong nền sản xuất hiện đại, mặc dù công nghệ CAD/CAM/CNC đã phát triển rất mạnh. Tuy nhiên, những hỗ trợ trong thiết kế quy trình công nghệ bằng máy tính (CAPP) còn hạn chế và chưa bắt kịp sự phát triển mạnh mẽ của công nghệ CAD/CAM. Bài báo này trình bày phương pháp phát triển và xây dựng hệ thống thiết lập QTCN có sự trợ giúp của máy tính để gia công chi tiết dạng không tròn xoay. Qua đó, toàn bộ việc nhận dạng đối tượng gia công và một số mô-đun cơ bản của thiết kế QTCN như lựa chọn trang bị công nghệ cũng như thiết lập thứ tự nguyên công đều được tiến hành tự động với cơ sở dữ liệu (CSDL) đa dạng, phù hợp với thực tế sản xuất. Hệ thống cho phép tự động hình thành phiếu công nghệ chỉ dẫn gia công trực tiếp từ mô hình vật thể rắn 3D trong môi trường SolidWorks. Thử nghiệm của hệ thống cho thấy thời gian chuẩn bị sản xuất giảm tới 10 lần so với phương pháp thiết lập quy trình công nghệ thủ công trong khi vẫn đảm bảo yêu cầu kỹ thuật đề ra.

**Từ khóa** - CAPP, quy trình công nghệ, nhận dạng và lựa chọn, cơ sở dữ liệu.

*Bài báo này được gửi vào ngày 25 tháng 06 năm 2017 và được chấp nhận đăng vào ngày 26 tháng 09 năm 2017.*

Phùng Xuân Lan, Viện Cơ khí, Trường Đại học Bách Khoa Hà Nội (email: lan.phungxuan@hust.edu.vn)

Trần Văn Địch, Viện Cơ khí, Trường Đại học Bách Khoa Hà Nội

Hoàng Vĩnh Sinh, Viện Cơ khí, Trường Đại học Bách Khoa Hà Nội

## 1 GIỚI THIỆU

Lập quy trình công nghệ (QTCN) là bài toán kỹ thuật, kinh tế và tổ chức có nhiệm vụ biến tài liệu thiết kế thành các tài liệu hướng dẫn (quy trình) thực thi quá trình gia công. Trong lập QTCN, có những việc đơn giản, tẻ nhạt nhưng cũng có những việc đòi hỏi trí tuệ cao, tính toán phức tạp, lựa chọn và ra quyết định chính xác. Người ta thấy rằng chỉ có khoảng 15% thời gian của người lập QTCN dành cho việc ra các quyết định kỹ thuật, 40% thời gian dành cho việc tra cứu, tìm kiếm dữ liệu và tính toán, toàn bộ thời gian còn lại dành cho việc chuẩn bị các tài liệu thiết kế [1]. Máy tính ra đời đã trợ giúp rất nhiều khâu trong quá trình sản xuất và thiết kế QTCN cũng không nằm ngoài xu hướng đó. Bản chất của lập quy trình công nghệ bằng máy tính (CAPP) là một phần mềm với dữ liệu đầu vào là các thông tin hình học và yêu cầu kỹ thuật của chi tiết cùng các thông tin cơ bản về vật liệu, phôi, dạng sản xuất v.v. để có dữ liệu đầu ra là quy trình công nghệ. Tài liệu công nghệ này không chỉ được sử dụng trong dòng tích hợp CAD/CAM/CNC mà còn hiệu quả trong lập kế hoạch tiến độ, nguồn lực sản xuất, điều độ sản xuất và hạch toán kinh tế. Để thực hiện được toàn bộ quy trình này, CAPP phải là một hệ thống bao gồm các cơ sở dữ liệu (CSDL) công nghệ, các quy tắc và ràng buộc công nghệ, các mô hình toán kết hợp với phương pháp lựa chọn và tính toán tối ưu. Kết quả là cho phép thiết lập được QTCN một cách tự động, nhanh chóng và hiệu quả.

Hiện nay có một số phương pháp CAPP cơ bản sau: phương pháp CAPP khả biến sử dụng các thủ tục phục hồi để truy cập các sơ đồ tiến trình công nghệ chuẩn cho các họ hay nhóm chi tiết. Do đó QTCN thường cứng và đơn giản. Trong phương pháp CAPP khả sinh, các sơ đồ tiến trình công nghệ được tạo lập tự động cho các chi tiết mới cần

ché tạo mà không cần tham khảo các sơ đồ tiến trình công nghệ có sẵn trên cơ sở mô hình hình học và công nghệ của đối tượng cần gia công tạo lập trên máy tính. Phương pháp CAPP khả sinh có nhiều ưu điểm là sự linh hoạt và chi tiết của QTCN nhưng do việc thiết lập khó khăn và phức tạp [2]. Chính vì vậy, phương pháp CAPP phối hợp ra đời trên cơ sở kết hợp giữa phương pháp khả sinh và khả năng tương tác của con người được xây dựng. Hệ thống BKCAPP mà nhóm tác giả đề xuất dựa trên phương pháp phối hợp này. Để xây dựng hệ thống CAPP thì cần có nền tảng là các phương pháp nhận dạng đối tượng gia công, các phương pháp lựa chọn máy gia công, dụng cụ cắt cũng như thiết lập thứ tự nguyên công. Tổng hợp tình hình nghiên cứu trong và ngoài nước cho thấy: các phương pháp nhận dạng đối tượng gia công mới chỉ dừng lại ở những thông tin hình học cơ bản chứ chưa bao gồm đầy đủ các yêu cầu kỹ thuật và các mối quan hệ giao nhau là cơ sở quan trọng của việc thiết lập QTCN. Hơn thế nữa, các phương pháp nhận dạng đối tượng chỉ chủ yếu tập trung ở các đối tượng dạng cắt 2.5D với khả năng mở rộng sang các dạng đối tượng khác bị hạn chế [3, 4]. Các phương pháp lựa chọn dụng cụ cắt chưa được đánh giá toàn diện nhiều tiêu chí và chưa phù hợp với một hệ CSDL lớn bao gồm nhiều chủng loại và kích thước dụng cụ cắt [5]. Các phương pháp thiết lập thứ tự nguyên công còn hạn chế về tính phức tạp của phương pháp và thời gian xử lý [6].

Bài báo trình bày hệ thống BKCAPP với một số mô-đun cơ bản được xây dựng trên cơ sở phát triển các phương pháp nhận dạng và lựa chọn cũng như thiết lập thứ tự gia công. Một thử nghiệm được tiến hành để đánh giá khả năng hoạt động và tính hiệu quả của hệ thống.

## 2 SƠ ĐỒ NGUYÊN LÝ HỆ THỐNG

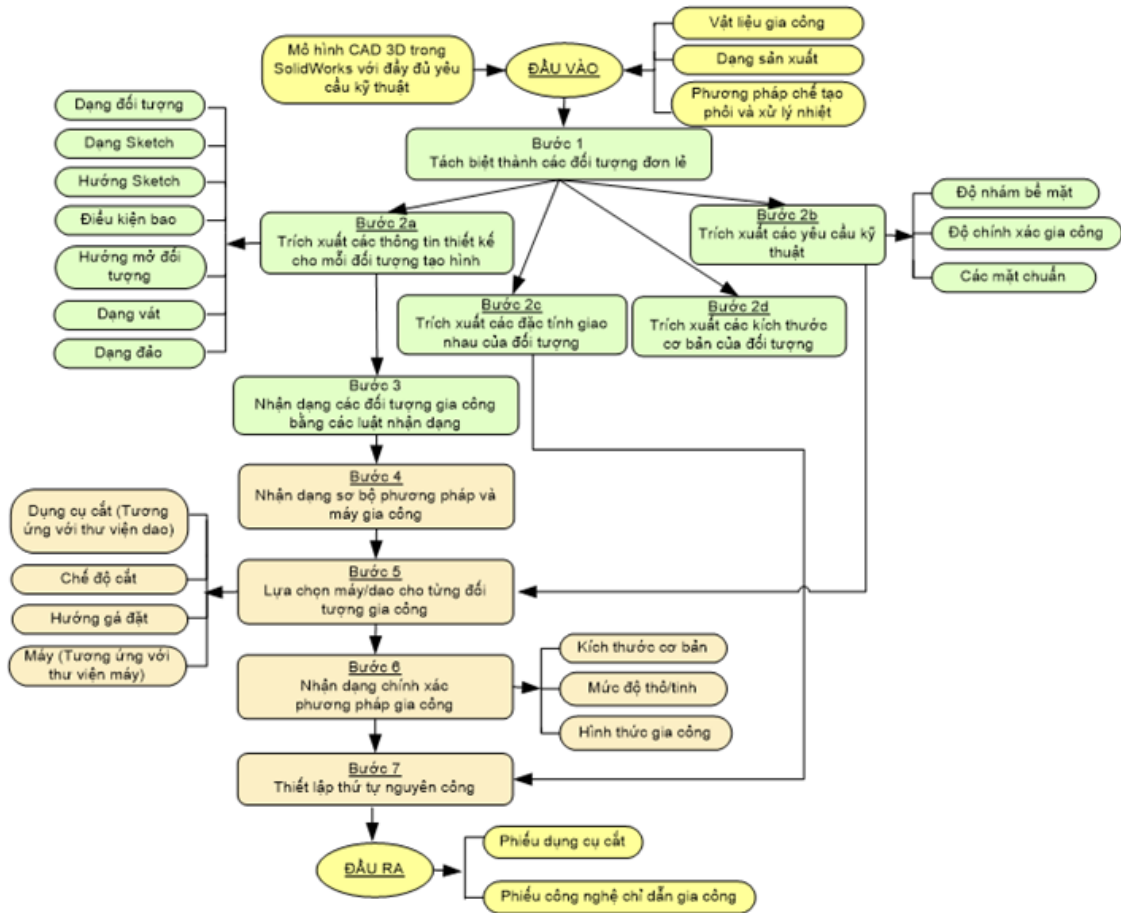
Sơ đồ tổng thể của hệ thống được mô tả như Hình 1. Xuất phát từ dữ liệu đầu vào gồm bốn yếu tố: mô hình vật thể rắn 3D cùng các yêu cầu kỹ thuật cơ bản, thông tin về vật liệu gia công, dạng sản xuất, phương pháp chế tạo phôi và xử lý nhiệt và xác định kích thước phôi, thông qua hệ thống trợ giúp thiết lập QTCN sẽ hình thành nên kết quả đầu ra gồm hai phiếu cơ bản là phiếu dụng cụ cắt và phiếu công nghệ chỉ dẫn gia công. Mô hình CAD chứa đầy đủ các thông tin hình học về chi tiết gia

công, tuy nhiên đó không phải là các thông tin gia công được dùng trực tiếp trong các lĩnh vực sản xuất như lập QTCN. Vì thế, cần thiết phải xây dựng mô-đun nhận dạng các đối tượng gia công từ mô hình vật thể 3D. Bước đầu tiên trong mô-đun này là phải tách biệt đối tượng thành các đối tượng riêng lẻ với cơ sở là một hình vẽ phác (sketch) đơn. Bước thứ hai sẽ là trích xuất bốn nhóm thông tin cơ bản của từng đối tượng tạo hình (bước 2a tới bước 2d). Quá trình nhận dạng đối tượng gia công sẽ được thiết lập trên cơ sở các dữ liệu trích xuất đó. Một quá trình nhận dạng phương pháp gia công trên cơ sở các luật được xây dựng dựa vào đối tượng gia công đã nhận dạng và các yêu cầu kỹ thuật liên quan đến quá trình gia công ở các bước tiếp sau. Các mô-đun trong CAPP sẽ sử dụng dữ liệu đầu vào này để tiến hành các bước xử lý tiếp theo như lựa chọn máy, dụng cụ cắt hay thứ tự gia công để tổng hợp thành kết quả đầu ra dưới dạng phiếu công nghệ chỉ dẫn cho quá trình gia công bao gồm thứ tự các bước gia công với đầy đủ thông tin về máy, dụng cụ cắt, hướng gá đặt và chế độ cắt. Toàn bộ quá trình này được tiến hành hoàn toàn tự động và tất cả các kết quả xử lý trung gian và kết quả nhận dạng được lưu vào trong Microsoft SQL Server, một phần mềm quản lý dữ liệu chuyên nghiệp

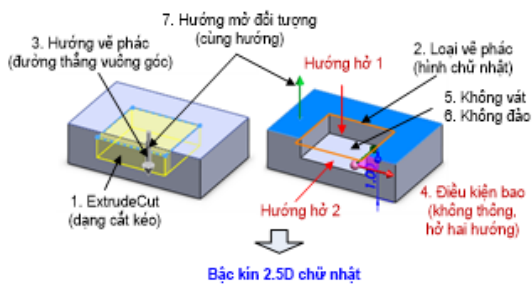
## 3 XÂY DỰNG PHƯƠNG PHÁP NHẬN DẠNG VÀ LỰA CHỌN

### 3.1 Quá trình trích xuất và nhận dạng đối tượng gia công

Nhiệm vụ đầu tiên của quá trình này là trích xuất ra (a) các yêu cầu kỹ thuật liên quan đến chất lượng bề mặt và độ chính xác gia công tương ứng, (b) các thông tin thiết kế của mỗi đối tượng, (c) kích thước cơ bản của đối tượng cùng (d) các đặc tính giao nhau của nó. Quá trình trích xuất này cũng khác nhau tùy thuộc vào đối tượng tạo hình. Với đối tượng tạo hình dạng vẽ phác (sketch) cần thiết phải trích xuất ra bảy yếu tố trong đó điều kiện bao là yếu tố mấu chốt quan trọng được xác định trên cơ sở xác định các đặc tính mở của đối tượng. Từ kết quả trên thông qua các luật nhận dạng mỗi đối tượng tạo hình có thể được nhận dạng thành một hoặc nhiều đối tượng gia công. Hình 2 mô tả cấu trúc của một luật nhận dạng đối tượng gia công là bậc 2.5D chữ nhật từ bảy yếu tố trích xuất.



Hình 1. Quá trình trích xuất và nhận dạng đối tượng vẽ phác (sketch)



Hình 2. Đối tượng gia công bạc kim 2.5D chữ nhật

### 3.2 Xác định phương pháp và máy gia công

Với mỗi đối tượng gia công được nhận dạng từ mô-đun nhận dạng, phương pháp gia công là khoan/khoét/doa, phay và mài v.v. cần được lựa chọn sơ bộ. Một số yếu tố cần quan tâm khi chọn máy gia công là chủng loại máy, độ chính xác gia công có thể đạt được, hành trình của bàn máy, kích thước và tải trọng của bàn máy. Từ những tính toán

sơ bộ này, danh sách các máy có thể gia công để chuẩn bị cho bước lựa chọn chính xác được xác định.

### 3.3 Lựa chọn dụng cụ cắt

Công việc đầu tiên trong lựa chọn dụng cụ cắt là xác định loại dụng cụ cắt sao cho phù hợp với đặc điểm hình học và yêu cầu kỹ thuật của đối tượng gia công nhưng vẫn đảm bảo tính kinh tế. Khi việc lựa chọn phụ thuộc vào nhiều yếu tố thì việc ra quyết định lựa chọn loại dụng cụ cắt nào không hề đơn giản ngay cả với một kỹ sư có kinh nghiệm. Để trợ giúp cho việc ra quyết định khi lựa chọn dụng cụ đa tiêu chí, phương pháp phân tích thứ bậc (AHP) với hai tiêu chí lựa chọn được đề xuất.

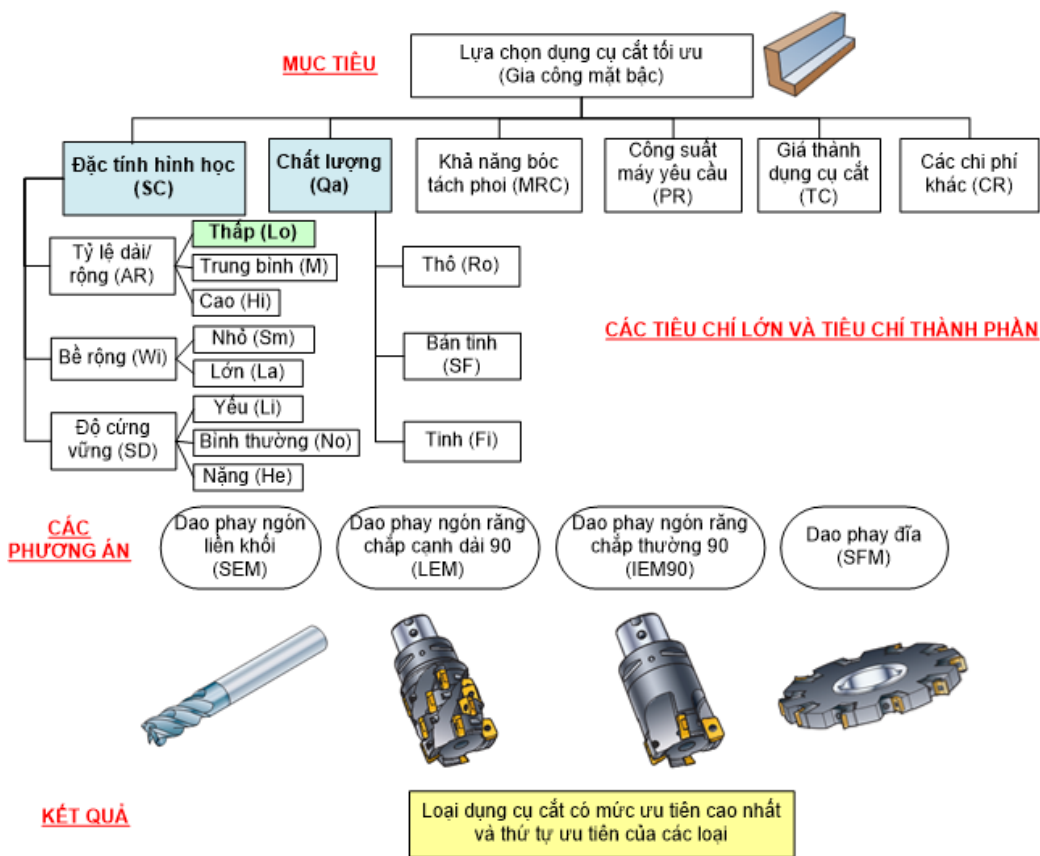
Trước hết, mỗi phương án lựa chọn loại dụng cụ cắt sẽ được đánh giá theo từng tiêu chí đơn lẻ. Từ đó, AHP sẽ tổng hợp các đánh giá này thành đánh giá tổng hợp đa tiêu chí. Mô hình cấu trúc thứ bậc AHP áp dụng cho gia công mặt bậc được mô tả như

Hình 4 với hai tiêu chí lựa chọn là đặc tính hình học và chất lượng gia công

3.4 Thiết lập QTCN

Thuật toán ghép nhóm chọn lọc được dùng để thiết lập thứ tự nguyên công. Nền tảng của thuật toán ghép nhóm chọn lọc là lựa chọn bước/nguyên công thỏa mãn ràng buộc thứ tự nhưng có hệ số tương quan lớn nhất hay chi phí gia công nhỏ nhất vào nhóm. Việc ghép nhóm như vậy được thực hiện cho đến khi tất cả các bước/nguyên công được

ghép. Sự sàng lọc trước khi ghép nhóm có thể làm giảm thời gian xử lý. Một số ràng buộc cơ bản là các ràng buộc gia công, ràng buộc chuẩn gốc, ràng buộc công nghệ, ràng buộc giá đặt, ràng buộc giao nhau [6]. Những ràng buộc này được thiết lập dựa trên cơ sở đánh giá về khả năng gia công, độ chính xác gia công cũng như là chi phí gia công. Cơ sở để lựa chọn phương án thiết lập thứ tự nguyên công nào tốt hơn là chi phí gia công.



Hình 3. Mô hình cấu trúc thứ bậc (Gia công mặt bậc thẳng)

4 XÂY DỰNG HỆ THỐNG BKCAPP

4.1 Xây dựng cơ sở dữ liệu (CSDL) phục vụ hệ thống

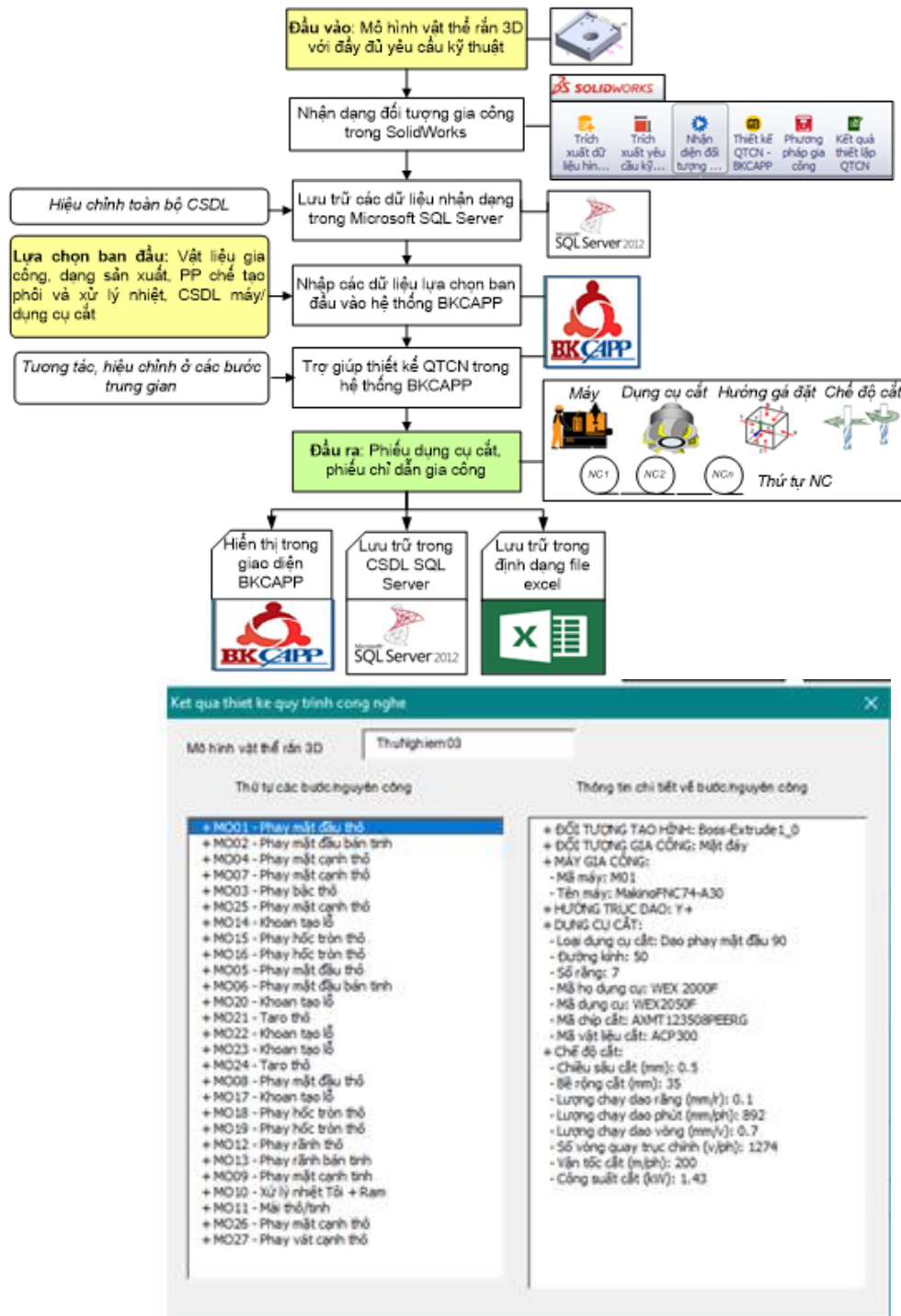
CSDL phục vụ cho quá trình thiết kế QTCN được xây dựng thành 4 phần cơ bản bao gồm: CSDL lựa chọn ban đầu (CSDL máy, dụng cụ cắt, vật liệu gia công, dạng sản xuất); CSDL chi tiết gia công; CSDL mã hoá hay định nghĩa; CSDL các luật

nhận dạng và lựa chọn trong đó. Trong đó, CSDL chi tiết gia công là trung tâm. Nó là CSDL liên kết chặt chẽ với các CSDL khác và là CSDL “động”. Số lượng các bảng và dữ liệu trong bảng sẽ thay đổi qua mỗi giai đoạn của quá trình thiết kế. Với mỗi CSDL này đều có khả năng hiệu chỉnh, thêm bớt, do đó làm tăng khả năng tương tác với người sử dụng của hệ thống.

4.2 Mô tả về hệ thống BKCAPP

Hệ thống BKCAPP được xây dựng với hai mô-đun cơ bản như mô tả ở Hình 4: (1) mô-đun nhận dạng đối tượng gia công phát triển trong phần mềm SolidWorks 2012 bằng ngôn ngữ VBA 7.0; (2) mô-

đun thiết kế QTCN tự động phát triển trong phần mềm Visual C# 2012. Toàn bộ CSDL của hệ thống và kết quả của các bước xử lý trung gian được quản lý trong phần mềm chuyên dụng SQL Server 2012.



Hình 4. Sơ đồ mô tả hệ thống BKCAPP và kết quả hiển thị trong SolidWorks



Hình 5. Giao diện thiết lập QTCN BKCAPP

### 4.3 Thử nghiệm hệ thống

Mô hình vật thể rắn 3D của chi tiết thiết kế trong môi trường SolidWorks với đầy đủ các yêu cầu kỹ thuật được và giao diện BKCAPP như mô tả ở Hình 5. Với dữ liệu đầu vào là vật liệu thép SKD61, dạng sản xuất loạt nhỏ, phương pháp xử lý nhiệt là tôi + ram và các dữ liệu máy và dụng cụ cắt tại cơ sở sản xuất. Mô-đun nhận dạng đối tượng gia công cho phép nhận dạng không chỉ các đối tượng dạng cắt (rãnh, lỗ khoan, lỗ ren, lỗ khoét vuông), các đối tượng mặt (mặt phẳng, mặt cạnh) mà còn cho phép nhận dạng đối tượng dạng khối, dạng vát kèm theo yêu cầu kỹ thuật với từng đối tượng. Các mối quan hệ giao nhau giữa các đối tượng gia công cũng đồng thời được xác định. Kết quả nhận dạng đối tượng gia công trong SolidWorks là 11s. Với đối tượng gia công được nhận dạng trong bước này sẽ được mô-đun thiết lập QTCN tính toán, xử lý và lựa chọn phương pháp gia công, máy gia công và dụng cụ cắt thích hợp nhằm đảm bảo yêu cầu kỹ thuật. Thứ tự gia công tối ưu sẽ được thiết lập trên cơ sở đánh giá chi phí gia công và các ràng buộc thứ tự. QTCN gồm 27 bước/nguyên công khác nhau trong đó bao gồm cả quá trình tôi + ram và mài. Với mỗi bước/nguyên công này chỉ rõ mã dụng cụ cắt, mảnh cắt kèm theo chế độ cắt khuyến cáo. Toàn bộ các bước xử lý trung gian và kết quả cuối cùng được lưu trữ trong SQL Server. Quá trình thiết lập QTCN trong BKCAPP là 15s. Tổng thời gian chuẩn bị sản xuất giảm tới 10 lần so với phương pháp thiết lập QTCN thủ công.

## 5 KẾT LUẬN

Bài báo đã trình bày phương pháp thiết lập quy trình công nghệ trực tiếp từ mô hình vật thể rắn 3D nhờ sự trợ giúp của máy tính. Thử nghiệm cho thấy thời gian chuẩn bị sản xuất giảm tới 10 lần so với phương pháp thiết lập QTCN truyền thống. Kết quả của nghiên cứu có ý nghĩa thực tiễn lớn tại các nhà máy gia công cơ khí. Đồng thời, nó cũng góp phần xây dựng dòng tích hợp CAD/CAPP/CAM-CNC trong nền sản xuất hiện đại.

## TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1]. Gideon Halevi, Roland D. Weill. *Principles of process planning: A logical approach*. Chapman & Hall (1995).
- [2]. H. B. Marri, A. Gunasekaran, R. J. Grieve. Computer-aided process planning: A state of art. *International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, 14(4), p. 261–268 (1998).
- [3]. E. Chlebus, K. Krot. CAD 3D models decomposition in manufacturing processes. *Archives of Civil and mechanical engineering*, Vol. 16, p. 20-29 (2016).
- [4]. M.T. Hayasi, B. Asiabanpour. Extraction of manufacturing information from the design-by-feature solid model through feature recognition. *International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, Vol. 44(11), pp. 1191-1203 (2009).



- [5]. Vukelica, D. System for computer-aided selection of cutting tools. *Bulletin of Engineering*, pp. 89-92 (2011).
- [6]. Phùng Xuân Lan, Hoàng Vĩnh Sinh, Trần Văn Địch. *Xây dựng phương pháp thiết lập thứ tự gia công trong thiết kế QTCN linh hoạt*. Hội nghị KH&CN toàn quốc về cơ khí-động lực lần thứ V, Hà Nội (2016).
- [7]. Xiao-jun Liu, Hong Yi, Zhong-hua Ni. Application of ant colony optimization algorithm in process planning optimization. *Journal of Intelligent Manufacturing*, Vol. 24, pp. 1-13 (2013).



**Phùng Xuân Lan** nhận bằng kỹ sư (2004) tại Trường Đại học Bách Khoa Hà Nội, thạc sỹ (2007) tại Trường Postech (Hàn Quốc) và hoàn thành tiến sỹ (2017) tại Trường ĐHBKHN - hiện tại là giảng viên tại Viện Cơ khí,

Trường Đại học Bách Khoa Hà Nội. Lĩnh vực nghiên cứu là tự động hóa thiết kế quy trình công nghệ và xây dựng các hệ thống sản xuất thông minh.



**Trần Văn Địch** nhận bằng kỹ sư (1974) và tiến sỹ (1978) tại Trường ĐH Bách Khoa Belarus, được phong hàm GS (2003) - hiện tại là giảng viên tại Viện Cơ khí, Trường Đại học Bách Khoa Hà Nội. Lĩnh vực nghiên

cứu chính là tối ưu hóa quá trình gia công cắt gọt.



**Hoàng Vĩnh Sinh** nhận bằng kỹ sư (1994), thạc sỹ (1998) và tiến sỹ (2002) tại Trường ĐHBKHN, được phong hàm PGS (2010) - hiện tại là giảng viên tại Viện Cơ khí Trường Đại học Bách Khoa Hà Nội. Lĩnh vực nghiên cứu là thiết

kế máy CNC, dụng cụ cắt và hệ thống điều khiển CNC.

# Development of assistance system for process planning in machining part

Phung Xuan Lan, Tran Van Dich, Hoang Vinh Sinh

***Abstract*** - Process planning is an important bridge between design and machining in a manufacturing system. However, this process in Vietnam is mostly done manually. At that time, process planning needs quite a lot of effort and time of the engineer. In modern manufacturing, CAD/CAM/CNC integrated technology has developed so much. However, the development of computer-aided process planning (CAPP) is limited and has not caught with the rapid development of CAD/CAM technology. This article presents the methodology for developing and building computer-aided process planning systems for prismatic parts. In this system, the entire feature recognition and some basic modules of the process planning, such as equipment selection as well as operation sequences, are carried out automatically based on diversity database suitable for practical production. The system automatically generates a process planning instruction sheet directly from the solid 3D model in the SolidWorks environment. Testing of the system shows that process planning preparation time is reduced by up to 10 times compared to the manual method while ensuring technical requirements are met.

***Index Terms*** - CAPP, process planning, recognition and selection, database