

**BỘ GIÁO DỤC VÀ ĐÀO TẠO
TRƯỜNG ĐẠI HỌC BÁCH KHOA HÀ NỘI**

HOÀNG LONG

**NGHIÊN CỨU XÂY DỰNG PHƯƠNG PHÁP PHẢN CHUYỂN
TỪ CÁC HÌNH CHIẾU CƠ BẢN THÀNH MÔ HÌNH 3D ỨNG
DỤNG CHO CÁC HỆ CAD/CAM CƠ KHÍ**

Chuyên ngành: Kỹ thuật Cơ khí
Mã số: 62520103

TÓM TẮT LUẬN ÁN TIẾN SĨ KỸ THUẬT CƠ KHÍ

Hà Nội – 2016

Công trình được hoàn thành tại:
Trường Đại học Bách khoa Hà Nội

Người hướng dẫn khoa học: GS. TSKH. Bành Tiên Long

Phản biện 1: PGS. TS. Hoàng Văn Gọt

Phản biện 2: PGS. TS. Bùi Trung Thành

Phản biện 3: PGS. TS. Tăng Huy

Luận án được bảo vệ trước Hội đồng đánh giá luận án tiến sĩ cấp
Trường họp tại Trường Đại học Bách khoa Hà Nội

Vào hồi giờ, ngày tháng năm

Có thể tìm hiểu luận án tại thư viện:

1. Thư viện Tạ Quang Bửu - Trường ĐHBK Hà Nội
2. Thư viện Quốc gia Việt Nam

MỞ ĐẦU

1. Tính cấp thiết của đề tài

Bản vẽ kỹ thuật đã được sử dụng như một ngôn ngữ chuẩn để mô tả trong quá trình thiết kế và chế tạo cơ khí kể từ thế kỷ 19 và vẫn đang đóng một vai trò thiết yếu trong thực tiễn kỹ thuật ngày nay. Hầu hết các sản phẩm hiện tại đang được biểu diễn và lưu trữ bằng bản vẽ kỹ thuật. Nhưng ngày nay, mô hình hoá 3D được tạo ra bởi các hệ CAD/CAM hiện đại đang hết sức phổ biến trong cơ khí, và *các mô hình 3D này là cần thiết* đối với hàng loạt kỹ thuật phát triển với sự *hỗ trợ máy tính*, chẳng hạn như phân tích phần tử hữu hạn, mô phỏng lắp ráp, động học, động lực học, gia công điều khiển số, quan sát trực quan v.v. Đáng tiếc là *các thông tin có được trong các bản vẽ 2D không thể sử dụng trực tiếp trong các hệ thống CAD 3D*. Ngoài ra ngay cả khi *thiết kế mới* mô hình 3D một cách trực tiếp cũng gặp phải những bất lợi đáng kể và *không dễ* cho mọi đối tượng đặc biệt là những kỹ sư lâu năm. *Do đó, việc chuyển đổi tự động bản vẽ kỹ thuật thành mô hình 3D là rất quan trọng*. Vì vậy, nhiều công ty nước ngoài chẳng hạn Nipon của Nhật đang tuyển dụng và sử dụng các kỹ sư của chúng ta chỉ để *vẽ lại mô hình 3D từ bản vẽ 2D*, đây cũng là tình hình chung trên thế giới khi mà nền *Cơ khí hiện đại* gắn liền với các hệ CA (Computer aided) luôn đòi hỏi *mô hình thiết kế 3D* trong khi vẫn còn và sẽ còn *tồn tại nhiều bản thiết kế 2D* cần được tiếp tục sử dụng trong những thiết kế mới mang tính kế thừa.

Tóm lại sự tồn tại mang tính khoa học, tự nhiên và lịch sử của cả hai dạng thiết kế 2D và 3D luôn đòi hỏi có một *cầu nối* giữa chúng. Nếu như chiều nối từ *3D sang 2D là tương đối dễ dàng* mà mọi phần mềm CAD/CAM đều đạt được (AutoCAD 12- 1990 đã thực hiện tốt) thì *chiều ngược lại 2D sang 3D là hết sức khó khăn*. Nhu cầu có được một “chiếc cầu” *hai chiều* nối liền hai mô hình thiết kế được đặt ra hết sức tự nhiên và *cấp thiết* trong khoa học kỹ thuật. Điều đó được minh chứng bằng hàng loạt công trình khoa học quốc tế suốt hơn nửa thế kỷ vừa qua nhưng cho đến nay kết quả đạt được là hết sức hạn chế, *chưa có mặt một phần mềm nào trên thực tế thực hiện được chiều ngược lại*. Những điều phân tích trên đây *là lý do* (sau khi được sự đồng ý của GS hướng dẫn), đề tác giả lựa chọn đề tài:

“Nghiên cứu xây dựng phương pháp phân chuyển từ các hình chiếu cơ bản thành mô hình 3D ứng dụng cho các hệ CAD/CAM cơ khí” cho luận án tiến sỹ của mình.

2. Mục đích và nội dung nghiên cứu

Mục đích cuối cùng của đề tài là có được công cụ hỗ trợ cho công tác thiết kế 3D dựa trên các bản thiết kế có sẵn 2D hoặc thiết kế mới 3D theo phương pháp thuận tiện và mềm dẻo hơn, ngoài ra làm chủ cơ sở dữ liệu hình học 3D của đối tượng thiết kế để phục vụ cho những ứng dụng phong phú trong ngành Kỹ thuật Cơ khí.

Nội dung nghiên cứu của luận án:

- Xây dựng **phương pháp** phân chuyển dựa trên mô hình **B-Rep** (boundary representation) từ **hai hình chiếu cơ bản** của những chi tiết kỹ thuật phổ biến.
- Xây dựng **công cụ thực nghiệm** là là một chương trình khoảng 4500 dòng lệnh, viết bằng ngôn ngữ Visual C++ 6.0 kết hợp với thư viện ADSRX của AutoCAD R14, để phân chuyển tự động các bản vẽ hai hình chiếu trên AutoCAD R14.
- Thực nghiệm phân chuyển cho nhiều mẫu đa dạng để xác minh tính đúng và hiệu quả cũng như minh hoạ, hiệu chỉnh, hoàn thiện phương pháp đề xuất.
- Thực nghiệm gia công và đo lường từ dữ liệu phân chuyển 3D với công nghệ CAD/CAM/CNC/CAQ đã mở ra **hướng ứng dụng trong Cơ Khí** của luận án.

3. Đối tượng, phạm vi và phương pháp nghiên cứu

- **Đối tượng nghiên cứu** của luận án là **hệ thống phân chuyển** tự động từ các hình chiếu cơ bản thành mô hình 3D.

- **Phạm vi nghiên cứu:** Bản vẽ 2D trên thực tế bao gồm nhiều thành phần: Hình chiếu cơ bản, hình cắt, mặt cắt, hình chiếu phụ, hình trích, kích thước... Trong luận án, tác giả chỉ tập trung nghiên cứu chi tiết về quá trình phân chuyển từ bản vẽ chi tiết máy được **biểu diễn chính xác** bởi **hai hình chiếu đứng và bằng** (có đủ nét khuất) của các **chi tiết kỹ thuật phổ biến** được bao bọc bởi các mặt phẳng, mặt trụ vuông góc với mặt phẳng hình chiếu, mặt nón tròn xoay, mặt xuyên có trục vuông góc với mặt phẳng hình chiếu và mặt

cầu. Các bản vẽ này được tạo ra trên các hệ CAD theo chuẩn ***DXF*** (Drawing Exchange Format) bao gồm các phân đoạn ***thẳng và tròn***. *Phạm vi nghiên cứu trên không làm mất tính tổng quát và độ mở của hệ thống để có thể tiếp tục phát triển về sau.*

- *Phương pháp nghiên cứu*

Kết hợp nghiên cứu lý thuyết (là phương pháp phản chuyển dựa trên mô hình biểu diễn biên) với thực nghiệm để kiểm chứng và hiệu chỉnh phương pháp.

4. Ý nghĩa - những đóng góp mới của luận án

Ý nghĩa khoa học:

Phương pháp đề xuất là một trong số rất ít phương pháp phản chuyển trên thế giới dựa trên biểu diễn B-Rep chỉ từ hai hình chiếu mà thành công cho hàng loạt mẫu đối tượng khá phức tạp về loại mặt (bao gồm cả mặt tròn xoay như nón, cầu, xuyên), về giao tuyến và cấu trúc hình học của vật thể (các khối xuyên nhau tạo nên những cấu trúc tô-pô đặc biệt), trong đó chứa đựng những *giải pháp mới* như loại bỏ các đối tượng sai có sử dụng thông tin thấy khuất trên hình chiếu, kiểm tra điều kiện tô-pô theo vùng, dùng mặt phẳng cạnh để chia cắt hình chiếu nhằm tăng tốc độ phản chuyển...

Ý nghĩa thực tiễn:

Xây dựng thành công *công cụ thực nghiệm phản chuyển* là một chương trình viết bằng ngôn ngữ Visual C 6.0 hơn 4500 dòng lệnh, chạy trên nền AutoCAD hỗ trợ cho AutoCAD phản chuyển tự động các bản vẽ hai hình chiếu thành mô hình Solid 3D cung cấp cho những ứng dụng kỹ thuật cơ khí trên những hệ thống CAD/CAM tiên tiến, cơ sở dữ liệu phản chuyển 3D được nắm bắt chi tiết cả về cấu trúc tô-pô sẽ cung cấp cho những ứng dụng đặc biệt trong Cơ khí.

5. Cấu trúc của luận án

Luận văn được trình bày trong 146 trang bao gồm: Mở đầu (3 trang); *Chương 1* (18 trang) - Tổng quan về tình trạng nghiên cứu phản chuyển; *Chương 2* (20 trang) - Cơ sở lý thuyết của phương pháp phản chuyển; *Chương 3* (23 trang) - Nghiên cứu đề xuất phương pháp phản chuyển; *Chương 4* (56 trang) - Kết quả thực nghiệm và thảo luận; Kết luận và kiến nghị (3 trang); Tài liệu tham khảo (5 trang); Danh mục các công trình đã công bố của luận án (1 trang); phụ lục (20 trang).

CHƯƠNG 1 TỔNG QUAN VỀ TÌNH TRẠNG NGHIÊN CỨU PHẢN CHUYỂN

1.1 Diễn tả - Biểu diễn (representation) trên máy tính của vật thể

1.1.1 Biểu diễn biên

1.1.2 Biểu diễn CSG

1.1.3 Biểu diễn khuôn

1.2 Các phương pháp phản chuyển

1.2.1 Phương pháp phản chuyển từ một hình chiếu

1.2.2 Phương pháp nhiều hình chiếu

- Các phương pháp phản chuyển dựa trên B-Rep
- Các phương pháp phản chuyển dựa trên CSG
- Các phương pháp và phân tích khác
- Bảng sáng chế

1.3 Tóm tắt đánh giá các công trình nghiên cứu về phản chuyển, kết luận chương 1

Việc khảo sát đánh giá tình hình nghiên cứu trong và ngoài nước (xem tóm tắt đánh giá trên bảng 1.1) nhằm định hướng cho nghiên cứu của luận án đã dẫn đến những **kết luận** sau:

Gần đây, phương pháp phản chuyển dựa trên mô hình B-Rep được đánh giá cao hơn phương pháp dựa trên mô hình CSG. Điều này chủ yếu là do các phương pháp dựa trên mô hình CSG ít thích hợp với các vật thể có hình dạng, cấu trúc phức tạp và thường *yêu cầu tương tác với người dùng* nhiều hơn so với phương pháp dựa trên mô hình B-Rep. Tuy nhiên, trong cách tiếp cận dựa trên mô hình B-Rep vẫn còn một số vấn đề còn lại như sau:

Hầu hết các phương pháp đòi hỏi đầu vào là ba hình chiếu trong khi các bản vẽ kỹ thuật thường chỉ sử dụng hai hình chiếu để mô tả chi tiết máy thông dụng.

Thời gian xử lý loại bỏ tất cả các yếu tố sai trong mô hình giả định còn dài.

Phạm vi loại đối tượng còn hạn chế, nhiều phương pháp chỉ thích hợp và đề xuất cho đối tượng đa diện, một số khác đã mở rộng phương pháp dành cho đa diện vào mô hình vật thể chứa mặt bậc hai nhưng rất khó để loại bỏ các bề mặt giả định và tạo ra mô hình Solid từ mô hình khung dây giả định này.

Các công trình được trình bày thiên về *khái niệm, nặng về lý thuyết* và mỗi phương pháp chỉ đúng trong những *trường hợp riêng*, khó triển khai cài đặt những ứng dụng cụ thể.

Những kết luận trên đây đã là cơ sở hữu ích và khách quan cho những *định hướng nghiên cứu* đã được trình bày ở phần mở đầu

Bảng 1.1 Tóm tắt đánh giá tình hình nghiên cứu phân chuyên

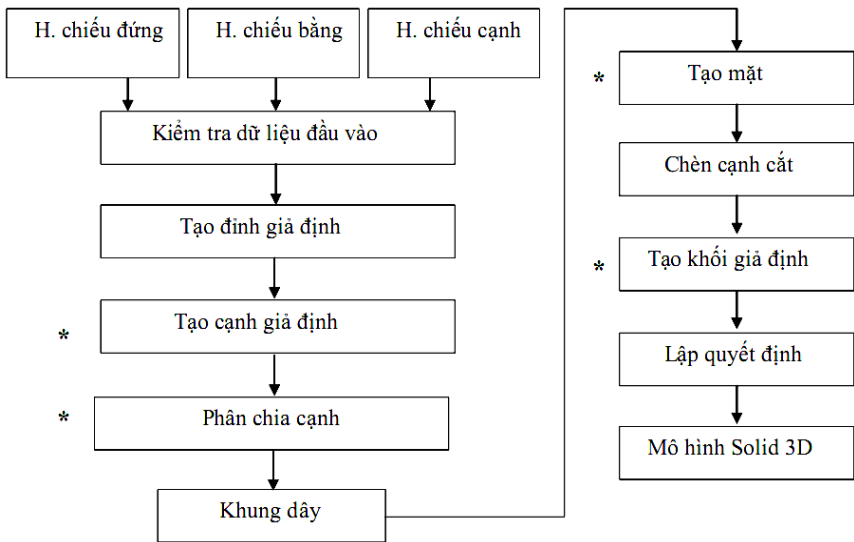
Năm	Tác giả	Tài liệu	Chứa mặt phẳng	Chứa mặt trụ	Chứa mặt tròn xoay	Tương tác người dùng	B-Rep	CSG	Có sửa lỗi ?	Xử lý kích thước ?	Số hình chiếu	Xử lý hình cắt ?	Có hình chiếu riêng phần	Nhiều nghiệm
1973	Icosawa	18	x	x			x				3			
1983	Aldefeld	1	x	x				x			3			
1983	Sakurai	29	x	x		x	x				3			x
1992	Dutta	8	x	x			x				2			x
1992	Kondo	20	x				x				3			
1994	Numao	27	x	x			x				3			
1996	Dori	7,6	x	x			x		x		3			
1996	Itoh	19	x	x			x				3			
1996	You	41	x	x			x	x			3			
1997	Masuda	26	x	x			x	x			3			x
1998	Shin	30	x	x			x				3			
1998	Wantana	37	x	x			x	x			3			
1998	You	42	x	x				x	x		3			
2001	Fujita	11	x	x				x			3			
2001	Liu	24	x	x			x				3	x	x	
2002	Geng	15	x	x				x			3			
2004	Cisek	4	x	x				x			3			
2004/5	Vasky	34/35			x						3			
2005	Lee	21	x	x	x			x			2-3			
2005	Liu	23	x	x	x			x			3			
2007	Cayirogl	3	x	x				x			3			
2007	Govolin	16	x	x			x				3			
2007	Wang	36	x	x	x			x			2-3	x		
2009	Xie	40	x	x				x			3	x		
2011	Volpe	12..14	x	x			x				3			

CHƯƠNG 2. CƠ SỞ LÝ THUYẾT CỦA PHƯƠNG PHÁP PHẢN CHUYỂN

Chương này trình bày *cơ sở lý luận* của phương pháp phản chuyển dựa trên **B-Rep**, nội dung của chương dựa trên công trình [30] là sự tổng hợp và phát triển các phương pháp phản chuyển của Idesawa [18], Wesley và Markowsky [38], Sakurai và Gossard [29], đó là những phương pháp phản chuyển quốc tế điển hình dựa trên B-Rep được trích dẫn nhiều nhất. Cơ sở lý luận này sẽ là nền móng cho phương pháp NCS đề xuất trong chương 3.

2.1 Các định nghĩa cơ bản

2.2 Phương pháp phản chuyển dựa trên mô hình B-Rep điển hình



Hình 2.1 Các bước trong phương pháp phản chuyển mô hình 3D dựa trên Brep điển hình [30]

2.2.1 Kiểm tra dữ liệu đầu vào

2.2.2 Tạo đỉnh giả định

2.2.3 Tạo cạnh giả định

2.2.4 Tạo mặt giả định

2.2.5 Tạo khối giả định

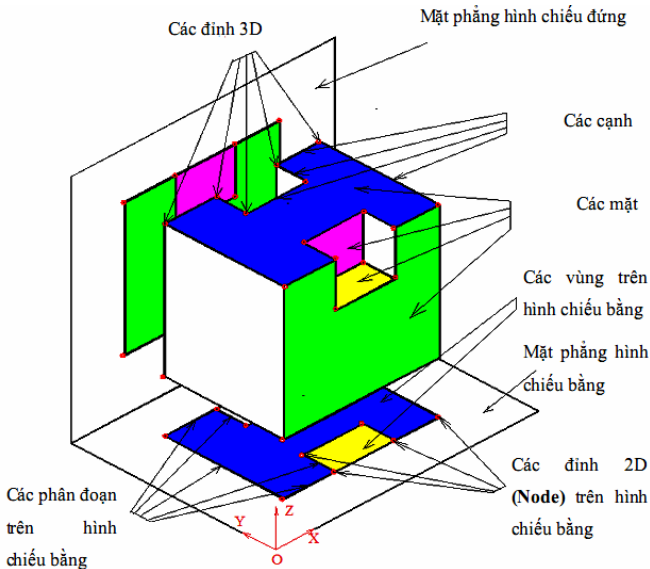
2.2.6 Ra quyết định

Kết luận chương 2

Các định nghĩa, tính chất có chứng minh trong chương 2 sẽ là cơ sở thuyết vững chắc cho phương pháp phản chuyển được đề xuất trong chương 3, những vấn đề khác như tạo đỉnh, cạnh, khối giả định và ra quyết định có thể được sử dụng ở mức độ ý tưởng hoặc để so sánh đối chiếu phương pháp phản chuyển đề xuất trong chương sau với phương pháp phản chuyển tổng hợp điển hình đã được công nhận và trích dẫn nhiều trong các công trình khoa học quốc tế về phản chuyển.

CHƯƠNG 3 NGHIÊN CỨU ĐỀ XUẤT PHƯƠNG PHÁP PHẢN CHUYỂN

3.1 Định nghĩa một số đối tượng (xem hình 3.1)



Hình 3.1 Minh họa các định nghĩa

3.2 Mô hình hoá vấn đề phân chuyển dựa trên B-Rep

Từ hai hình chiếu view1 view2 đã cho, tìm ra những solid được xem là một tập $\{\{V\}; \{E\}; \{F\}\}$ thoả mãn hai nhóm điều kiện sau:

1. Điều kiện chiếu

$$SL_1 \equiv \text{view1}$$

$$SL_2 \equiv \text{view2}$$

2. Điều kiện Tô-pô (topology) của một solid: Một cạnh phải thuộc chính xác hai mặt, một đỉnh phải là giao của tối thiểu ba mặt, một vùng trên hình chiếu phải thuộc hình chiếu của chẵn mặt.

Trong đó:

$\{V\}$ là tập hợp các đỉnh (Vertex), $\{E\}$ là tập hợp các cạnh (Edge), $\{F\}$ là tập hợp các mặt (Face), SL: solid, SL_1 là hình chiếu của solid lên mặt phẳng hình chiếu 1, SL_2 là hình chiếu của solid lên mặt phẳng hình chiếu 2, view1 và view2: là hai hình chiếu đã cho.

Một cách khái quát, vấn đề cần giải quyết dựa trên phương pháp B-Rep bao gồm những *công đoạn chính* sau:

- Từ các hình chiếu đã cho, tìm ra mô hình khung dây giả định bao gồm tập đỉnh $\{V_{gd}\}$, cạnh $\{E_{gd}\}$ *giả định*, những đối tượng này mới chỉ thoả mãn điều kiện chiếu và có thể là sai. Trong các bài báo khoa học quốc tế thì những đối tượng sai trong mô hình giả định được gọi là đối tượng “ma” (ghost), đặc biệt khi đầu vào của quá trình phân chuyển chỉ là hai hình chiếu thì số lượng các đối tượng “ma” càng nhiều.

- Từ mô hình khung dây giả định, xác định tập các mặt giả định $\{F_{gd}\}$

- Tìm trong tập giả định $\{\{V_{gd}\}, \{E_{gd}\}, \{F_{gd}\}\}$ một (hoặc nhiều) tập con $\{\{V\}, \{E\}, \{F\}\}$ thoả mãn hai nhóm điều kiện nêu trên, tức là phải loại bỏ các đối tượng giả định sai. Các tập đó chính là kết quả phân chuyển theo mô hình B-rep. Với một hệ thống phân chuyển hoàn hảo, cần có thêm bước sau:

- Tạo ra mô hình Solid từ tập $\{\{V\}, \{E\}, \{F\}\}$ nói trên

Những vấn đề được đặt ra là:

- Thuật toán tạo đối tượng giả định phải tổng quát cho các mặt cong phổ biến trong chi tiết máy như mặt phẳng, mặt trụ, mặt nón, mặt tròn xoay (và có độ mở để phát triển thích hợp với các mặt cong phức tạp hơn trong kỹ thuật), nghĩa là phải mở rộng được những phương pháp trên đa diện cho mặt cong.

- Thuật toán loại bỏ các đối tượng sai phải có độ phức tạp $O(n)$ chấp nhận được, chống lại sự tăng theo hàm số mũ $O(2^n)$ của số lượng mặt giả định. Muốn đạt được điều này phải có chiến lược duyệt các tổ hợp giả định và hệ thống luật kiểm tra các điều kiện chiều và Tô-pô thích hợp nhằm lan toả các thuộc tính (đúng và sai) của các đối tượng đã được khẳng định, tránh được sự "vét cạn" các tổ hợp giả định.

- Có khả năng xét thấy khuất trên các hình chiếu để có thể sử dụng tối thiểu số lượng hình chiếu cũng như tăng tốc độ phản chuyển.

- Phải tìm ra mọi nghiệm nếu có vì khi sử dụng chỉ hai hình chiếu thì trong nhiều trường hợp sẽ có nhiều nghiệm.

3.3 Tổ chức cơ sở dữ liệu 2D

3.3.1 Dữ liệu Node (điểm giao trên hình chiếu)

Node1[50][2] là ma trận (mảng) hai chiều gồm 50 hàng x 2 cột các phần tử số thực, chứa đựng thông tin X, Y của các giao điểm trên hình chiếu đứng. Kích thước 50 hàng tương ứng với tối đa 50 điểm trên hình chiếu đứng. Node[k][1] chứa giá trị X, Node[k][2] chứa giá trị Y của giao điểm k.

Tương tự, Node2[50][2] là mảng chứa các giao điểm trên hình chiếu bằng.

3.3.2 Dữ liệu phân đoạn và đoạn

a) Trên hình chiếu đứng

+ Mảng Lineseg1[50][4] gồm 50 hàng x 4 cột các phần tử số nguyên tương ứng với tối đa 50 phân đoạn trên hình chiếu đứng, trong đó: Lineseg1[t][1] chứa số nguyên k và Lineseg1[t][2] chứa số nguyên j tương ứng với hai giao điểm thứ k và thứ j được ghi trong ma trận node1 để xác định hai điểm cuối của phân đoạn thứ t , Lineseg1[t][3] chứa số nguyên chỉ loại đường (thẳng, cung tròn...) của phân đoạn thứ t , Lineseg1[t][4] chứa số nguyên chỉ loại nét (thấy, khuất, ...). Với những phân đoạn thẳng thì ma trận Lineseg1 là đủ để xác định. Với các phân đoạn là cung tròn, cần kết hợp thêm với:

- Mảng Cen1[50][2] ghi thông tin tọa độ tâm cung tròn (Cen1[t][1] = X; Cen1[t][2] = Y),

- Mảng Rad1[50] ghi bán kính cung tròn (Rad1[t] ghi bán kính của cung tròn t),

- Mảng Staang1[50] để ghi góc bắt đầu của cung tròn,

- Mảng Endang1[50] để ghi góc kết thúc của cung tròn.

+ Mảng Line1[50][20] ghi chỉ số của các giao điểm nằm trên một đường: Line1[m][j] xác định giao điểm thứ j của đường thứ m , Line1[m][0] chỉ số giao điểm nằm trên đường đó.

+ Mảng Mau1[50] để ghi những phân đoạn nằm trên cùng một đường liên tục: Mau1[i] = j sẽ xác định đường thứ j trong mảng line1 chứa phân đoạn thứ i trong mảng Lineseg1.

b) Trên hình chiếu bằng

Tương tự như trên là các mảng: lineseg2[50][2]; cen2[50][2]; rad2[50]; endang2[50]; Line2[50][20]; Mau2[50].

Lưu ý:

Những đường tròn phải được tiền xử lý chia thành hai cung nên ở cấp độ phương pháp không nói đến dữ liệu đường tròn.

Phạm vi nghiên cứu là các đối tượng kỹ thuật phổ biến bao gồm mặt phẳng, mặt trụ và mặt nón có hình chiếu không biến dạng nên hai loại phân đoạn đã đề cập là đủ.

3.3.3 Dữ liệu vùng

- Mảng range1[50][30] gồm các phần tử là số nguyên dương chứa các phân đoạn tạo nên vùng diện tích kín tối thiểu trên hình chiếu

đứng trong đó $\text{range1}[k][0]$ chứa số các phân đoạn của vùng k , $\text{range1}[k][i]$ xác định phân đoạn thứ i của vùng k .

- Tương tự mảng $\text{range2}[50][30]$ xác định các vùng trên hình chiếu bằng.

3.4 Tạo mô hình khung dây giả định

3.4.1 Xác định đỉnh giả định

Nguyên lý:

Nếu tồn tại hai giao điểm trên hai hình chiếu đứng và bằng cùng nằm trên một đường dóng thẳng đứng (có cùng tọa độ X) thì có khả năng chúng là hai hình chiếu của một đỉnh. Do đó, từ cơ sở dữ liệu mảng node1 và node2 ở trên, tìm ra mọi cặp i, j thỏa mãn điều kiện dưới đây:

$$|\text{Node1}[i][X] - \text{Node2}[j][X]| < \xi \quad (3.1)$$

ξ là giá trị nhỏ tùy thuộc vào độ chính xác của bản vẽ và kích thước vẽ.

Các cặp i, j nói trên sẽ xác định một đỉnh giả định k . Các đỉnh tìm thấy được lưu trữ vào trong mảng $\text{Ver}[100][2]$ (100 và 2 là kích thước của mảng): $\text{Ver}[k][1] = i$ để xác định hình chiếu đứng của đỉnh k và $\text{Ver}[k][2] = j$ để xác định hình chiếu bằng của đỉnh k .

Xác định tọa độ X, Y, Z của đỉnh k nói trên từ hai hình chiếu của nó như sau:

- Tìm $Y_0 = \min\{\text{Node1}[50][Y]\}$, nghĩa là chọn điểm thấp nhất trên hình chiếu đứng tương ứng với $Z = 0$, nói cách khác chọn trục x trên hình chiếu đứng đi qua điểm thấp nhất của hình chiếu đứng, sau đó tạo ra cơ sở dữ liệu đỉnh trong không gian ba chiều Ver3D là một mảng loại ADS_3DPOINT (một cấu trúc dữ liệu trong lập trình ADSRX):

$$- \text{ver3D}[k][Z] = \text{Node1}[i][Y] - Y_0, \quad (3.2)$$

$$- \text{ver3D}[k][X] = \text{Node2}[j][X], \quad (3.3)$$

$$- \text{ver3D}[k][Y] = \text{Node2}[j][Y]. \quad (3.4)$$

3.4.2 Xác định cạnh giả định

Nguyên lý:

Nếu tồn tại hai đỉnh giả định 3D mà hình chiếu đứng của chúng được nối bởi một đường (hoặc trùng nhau) và hình chiếu bằng cũng được nối bởi một đường (hoặc trùng nhau) thì khả năng có một

cạnh đi qua chúng. Do đó, tìm mọi cặp đỉnh k, m thỏa mãn các điều kiện sau:

- Có một thành viên của $line1$ chứa $Ver[k][1]$ và $Ver[m][1]$ (3.5)

- Có một thành viên của $line2$ chứa $Ver[k][2]$ và $Ver[m][2]$ (3.6)

Các cặp k, m xác định hai điểm cuối của một cạnh giả định.

Các cạnh được tìm thấy sẽ được lưu trữ vào trong mảng $Ed[100][4]$: (100 và 4 là kích thước của mảng) trong đó:

- $Ed[t][1] = k$ và $Ed[t][2] = m$ xác định hai đỉnh của cạnh t .
- $Ed[t][3]$ và $Ed[t][4]$ xác định các thành viên của $line1$ (gọi là front) và của $line2$ (gọi là top) thỏa mãn điều kiện 3.5 và 3.6 (nghĩa là $Ed[t][3]$ và $Ed[t][4]$ cho biết hình chiếu đứng và hình chiếu bằng của cạnh t)

3.5 Xác định mặt giả định

Dựa trên cơ sở dữ liệu khung dây giả định (bao gồm các mảng Ver và Ed) và dữ liệu hình chiếu (bao gồm các mảng $Node, Line, range$) đã được tạo ra ở trên, các mặt thông dụng trong kỹ thuật của mô hình giả định sẽ được xác định dưới đây.

3.5.1 Xác định mặt chiếu giả định

Xác định mặt chiếu đứng

Mặt chiếu đứng là những mặt có hình chiếu đứng suy biến thành đường, nó bao gồm mặt phẳng chiếu đứng và mặt trụ chiếu đứng. Mỗi mặt này có hình chiếu đứng suy biến thành một đường đã được lưu trữ trong một hàng i nào đó của mảng $Line1[100][20]$.

Nguyên lý

Tìm tập hợp những cạnh giả định mà có hình chiếu đứng nằm trên cùng một đường liên tục, chúng sẽ thuộc về một bề mặt vuông góc với mặt phẳng hình chiếu đứng (hình chiếu đứng của bề mặt này suy biến thành đường đó). Từ tập các cạnh này, tìm ra tất cả các vòng khép kín tối thiểu của các cạnh, chuỗi cạnh này sẽ xác định một phân mặt giả định thuộc bề mặt nói trên.

Do đó, với mỗi hàng i trong mảng đường $Line1[50][20]$, tìm ra tất cả các cạnh j như sau:

$fronted = Ed[j][3]$; (xác định hình chiếu đứng của cạnh j)

$begin = Ed[j][1]$; $end = Ed[j][2]$; (xác định hai đỉnh của cạnh j)

$frontbegin = Ver[begin][1]$; (xác định hình chiếu đứng của đỉnh thứ nhất của cạnh j)

frontend = Ver[end][1]; (xác định hình chiếu đứng của đỉnh thứ hai của cạnh j)

Nếu frontbegin bằng frontend và chúng thuộc Line1[i] thì cạnh j là một cạnh chiếu đứng thuộc *bề mặt i* (là mặt có hình chiếu đứng tương ứng với Line1[i]) (3.7)

Nếu frontbegin khác frontend nhưng fronted bằng i thì cạnh j thuộc về *bề mặt i* (3.8)

Từ tập các cạnh thuộc mặt j được tìm ra như trên, tìm tất cả các vòng khép kín tối thiểu của các cạnh, chuỗi cạnh này sẽ xác định một phân mặt giả định.

Xác định mặt chiếu bằng là hoàn toàn tương tự xác định mặt chiếu đứng

3.5.2. Xác định mặt trụ giả định

Mặt trụ được đề cập ở đây là trụ chiếu (các đường sinh vuông góc với mặt phẳng hình chiếu) vì vậy mà trên mặt phẳng hình chiếu vuông góc với trục của trụ, hình chiếu của mặt trụ tròn xoay suy biến thành một vòng tròn. Các vòng tròn này được chia thành hai cung. Các trụ được chia thành hai nửa trụ chiếu nên nó áp dụng được các thuật toán xác định mặt chiếu đã được trình bày ở 3.5.1

3.5.3 Xác định mặt nón (tròn xoay) giả định

Các trục của hình nón tròn xoay được đề cập ở đây là vuông góc với mặt phẳng hình chiếu, vì vậy mà trên mặt phẳng hình chiếu vuông góc với trục của nón, hình chiếu của mặt nón trở thành hai vòng tròn (nón cụt), hoặc một vòng tròn (nón đầy đủ), chúng được chia thành bốn (hoặc hai) vòng tròn, sau đó nối các điểm cuối của các cung bởi hai đoạn thẳng có nghĩa là hình nón được chia làm hai nửa hình nón.

Xét tại mọi đỉnh giả định, nếu có một cạnh thẳng không vuông góc với mặt phẳng hình chiếu và cạnh khác là một cung song song với mặt phẳng hình chiếu thì tạo ra một nửa mặt nón giả định. Có thể mở rộng nguyên lý trên cho các mặt tròn xoay khác (cầu, xuyên).

3.6. Loại bỏ các đối tượng sai

Đầu vào : Tập các đối tượng giả định $\{\{Vgđ\}; \{Egđ\}; \{Fgđ\}\}$

Lý giải các **khối chức năng** của thuật toán trên như sau:

Khởi tạo giá trị thuộc tính cho các đối tượng giả định

Các đối tượng giả định được thiết lập thuộc tính đúng, sai, và chưa xác định (có thể mã hoá tương ứng với các giá trị 1, 2, 3). Thoạt tiên, các đối tượng này được khởi tạo giá trị chưa xác định. Sau đó sử dụng hệ thống luật khẳng định và lan toả trạng thái (sẽ trình bày dưới đây) để khẳng định ngay thuộc tính của một số đối tượng là đúng hoặc sai. Những đối tượng đã được khẳng định thuộc tính đó không còn gọi là đối tượng giả định nữa và chúng được loại ra khỏi danh sách chờ duyệt trạng thái.

Quản lý trạng thái và lập kế hoạch duyệt

Mỗi một đối tượng giả định được sẽ được ước lượng mức ưu tiên trong khi duyệt:

Đỉnh: những đỉnh có số đỉnh đồng tia chiếu (nghĩa là các đỉnh có hình chiếu trùng nhau) càng ít thì mức ưu tiên càng cao

Cạnh : những cạnh có số mặt liên kết với nó càng ít thì mức ưu tiên càng cao

Mặt: những mặt có số cạnh càng nhiều thì mức ưu tiên càng cao, mặt thấy ưu tiên hơn mặt khuất.

Khối quản lý trạng thái làm nhiệm vụ đánh giá mức ưu tiên để đưa ra một giả định mới (đúng hoặc sai) cho đối tượng có mức ưu tiên cao nhất hiện hành. Ngoài ra khối này lưu trữ trạng thái giả định của các đối tượng nhằm đảm bảo không bỏ sót cũng như không duyệt thừa các khả năng.

Hệ thống luật khẳng định và lan toả trạng thái của các đối tượng giả định:

Ngoài thuộc tính đúng và sai (ý nghĩa là có nằm trên vật thể hay không) liên quan đến điều kiện Tôpô thì các đối tượng giả định có thêm thuộc tính hiển thị hay không hiển thị (các cạnh tiếp xúc của hai mặt là không hiển thị, đỉnh tiếp xúc của hai cạnh là không hiển thị) thuộc tính này sẽ liên quan đến điều kiện chiếu.

- Nếu 1 node loại b1 hoặc b2 liên quan đến chỉ một đỉnh thì đỉnh đó chắc chắn đúng và hiển thị.
- Nếu một phân đoạn trên một hình chiếu chỉ liên quan đến duy nhất một cạnh thì cạnh đó chắc chắn đúng và hiển thị

- Nếu một đỉnh được khẳng định đúng và hiển thị mà thuộc ba cạnh thì cả ba cạnh này đều được khẳng định đúng và hiển thị, và tồn tại ba mặt liên quan đến đỉnh đó được khẳng định đúng.
- Một cạnh được khẳng định đúng thì 2 đỉnh của nó được khẳng định đúng.
- Một cạnh được khẳng định đúng mà được gắn với hai mặt thì cả hai mặt đó được khẳng định đúng, nếu cạnh đó mà hiển thị thì hai mặt này phải cắt nhau.
- Một cạnh liên quan đến n mặt mà trong đó $(n-1)$ mặt đã khẳng định sai thì cạnh đó được khẳng định sai.
- Một cạnh sai thì mọi mặt gắn với nó đều sai.
- Một mặt đúng thì mọi cạnh của nó đều đúng và những cạnh thấy ngoài (là cạnh có hình chiếu thuộc đường bao quanh hình chiếu) sẽ là hiển thị.
- Một vùng có $k-1$ mặt liên quan đúng, mà k là chẵn thì mặt còn lại phải đúng (k là số mặt liên quan đến vùng này)

Kiểm tra mâu thuẫn

Mâu thuẫn xảy ra khi:

- Một cách mà có lớn hơn hai mặt gắn với nó có thuộc tính đúng.
- Một cạnh đúng mà có $n-1$ mặt gắn với nó là sai (n là số mặt gắn với cạnh đó).
- Một vùng mà có $m-1$ mặt liên quan sai (m là số mặt liên quan đến vùng đó).
- Một Node loại b1 hoặc b2 mà mọi đỉnh liên quan đều sai.
- Một mặt cao nhất đúng mà có nét thấy bên trong hình chiếu bằng của nó (nghĩa là hình chiếu bằng của mặt cao nhất phải là vùng khép kín thấy tối thiểu).
- Một mặt xa nhất đúng mà có nét thấy bên trong hình chiếu đứng của nó (nghĩa là hình chiếu đứng của mặt xa nhất phải là vùng khép kín thấy tối thiểu).

Ngoài ra mâu thuẫn còn được phát hiện ngay trong quá trình lan toả trạng thái mà giá trị thuộc tính một đối tượng bị trái ngược với giá trị hiện tại của nó. Như vậy ngay trong quá trình lan toả đã có kiểm tra sơ bộ mâu thuẫn, nếu có thì ngắt ngay quá trình lan toả và chuyển đến khối chức năng “quay lui”

Quay lui

Khối quay lui có chức năng khôi phục lại trạng thái của các đối tượng giả định tại trạng thái trước đó (trước khi có một giả định mới làm nảy sinh mâu thuẫn) sau đó trở về bộ “quản lý trạng thái” để duyệt phương án tiếp theo nếu còn.

Điều kiện cuối:

Điều kiện tô-pô đã được thoả mãn đầy đủ trong quá trình duyệt lan toả có kiểm tra mâu thuẫn. Tuy vậy việc kiểm tra mâu thuẫn trong quá trình duyệt là chưa đủ chi tiết (vì để giảm thời gian duyệt) để thoả mãn đầy đủ điều kiện chiếu và thuộc tính thấy khuất của hình chiếu nên cần kiểm tra điều kiện này (gọi là “điều kiện cuối”).

Nguyên lý kiểm tra điều kiện chiếu:

Với mỗi cạnh đứng và hiển thị, xác định hình chiếu của nó là những phân đoạn trên mỗi hình chiếu, tạo ma trận “cờ” (0 và 1) tương ứng với các phân đoạn trên mỗi hình chiếu. Nếu mọi phân đoạn trên mỗi hình chiếu đều có “cờ” tương ứng là 1 thì điều kiện chiếu được thoả mãn.

Xác định thuộc tính thấy khuất trên hình chiếu:

Nguyên lý:

Trên hình chiếu bằng: Với mỗi vùng k trên hình chiếu bằng đã được xác định bởi mảng $rangeline2$, tìm mặt đứng *cao nhất* (có Z lớn nhất) chứa nó, những phân đoạn $rangeline2[k][j]$ thuộc hình chiếu bằng của một cạnh thuộc mặt này sẽ có thuộc tính thấy, còn lại sẽ là khuất.

Trên hình chiếu đứng: Với mỗi vùng k trên hình chiếu đứng đã được xác định bởi mảng $rangeline1$, tìm mặt đứng *xa nhất* (có Y lớn nhất) chứa nó, những phân đoạn $rangeline1[k][j]$ thuộc hình chiếu đứng của một cạnh thuộc mặt này sẽ có thuộc tính thấy, còn lại sẽ là khuất.

Chú ý: Với mỗi vùng sẽ xác định được thuộc tính thấy khuất của các phân đoạn của nó như trên, vì một phân đoạn bên trong hình chiếu sẽ thuộc về hai vùng nên cần tổng hợp thuộc tính theo nguyên tắc sau: Nếu một phân đoạn có thuộc tính khuất trên cả hai vùng chứa nó thì thuộc tính của nó sẽ là khuất, nếu khuất trên vùng này và thấy

trên vùng còn lại thì phân đoạn đó sẽ thấy. Những phân đoạn nằm trên đường bao quanh hình chiếu chắc chắn thấy, không cần xem xét.

3.7 Tạo Solid

Nguyên lý

Xét mỗi vùng trên hình chiếu bằng (hoặc đứng), sẽ có k (chẵn) mặt đứng chứa nó. Sắp xếp các mặt đó theo trật tự độ cao tăng dần (hoặc giảm dần). Các khối Solid thành phần được tạo ra bởi khối 2,5 D (extrude) với đáy là vùng đang xét và được chặn bởi hai mặt liên tiếp trong trật tự đã xếp nói trên. Các cặp mặt đó là 1-2; 3-4... Khoảng rỗng là tồn tại giữa các cặp mặt 2-3, 4-5... Vật thể được tạo ra bởi toán tử Union của tất cả các Solid cấu thành trên.

Kết luận chương 3

Trên đây, phương pháp phản chuyển tự động từ hai hình chiếu dựa trên biểu diễn B-Rep đã được tìm ra và trình bày chi tiết từ định nghĩa, phương pháp tối tổ chức dữ liệu và giải thuật trên quan điểm thực tiễn, có thể làm cơ sở cho việc phát triển một hệ thống thực nghiệm, tiến tới thực tế phản chuyển tự động từ hai hình chiếu đứng và bằng. Một số nơi trong chương này, để cụ thể, hai hình chiếu đầu vào được ấn định là đứng và bằng, điều đó không làm mất đi tính tổng quát của phương pháp và sẽ là tương tự khi chuyển đổi sang cặp hình chiếu đứng, cạnh khi phát triển một hệ thống phản chuyển thực tế. Một số vấn đề về mặt phương pháp sẽ được bổ sung, làm rõ hơn trong chương thực nghiệm sau đây.

CHƯƠNG 4. KẾT QUẢ THỰC NGHIỆM và THẢO LUẬN

Phương pháp phản chuyển đã đề xuất trong chương 3 được sử dụng để tạo lập ra công cụ thực nghiệm là một chương trình khoảng 4500 dòng lệnh được viết bằng ngôn ngữ Visual C++ 6.0 kết hợp với thư viện ADSRX (AutoCAD Development System Runtime eXtension) của AutoCAD-R14. Sau khi tạo lập thành công, một phần mềm hỗ trợ phản chuyển tự động chạy trong môi trường AutoCAD-R14 được sử dụng để tiến hành thực nghiệm phản chuyển trên một loạt các mẫu được lựa chọn khách quan và đa dạng với mục đích làm sáng tỏ, kiểm chứng, và hoàn thiện phương pháp đề xuất. Ba mẫu đầu

tiên là các mẫu của các công trình nghiên cứu phản chuyên quốc tế mới nhất (2011) của các tác giả Ý, các mẫu sau là các đề thi, bài tập Vẽ kỹ thuật, một số mẫu là do NCS tạo dựng, mẫu cuối là chi tiết kỹ thuật thực tế. Với mỗi mẫu đều phân tích thảo luận về kết quả trung gian và kết quả cuối cùng của quá trình phản chuyên.

4.1 Mẫu 1 - Đa diện

4.2 Mẫu 2 - Vật thể có chứa mặt trụ

4.3 Mẫu 3 - Đa diện phức tạp

4.4 Mẫu 4 - Đề thi vẽ kỹ thuật

4.5. Mẫu 5 - Đề thi Vẽ kỹ thuật

4.6 Mẫu 6 - Đề thi Vẽ kỹ thuật

4.7 Mẫu 7- Bài tập vẽ kỹ thuật

4.8 Mẫu 8 - Vật thể chứa nón và trụ (mở rộng cho mặt tròn xoay)

4.9. Mẫu 9- Chi tiết kỹ thuật thực tế

4.10 Ứng dụng dữ liệu phản chuyên 3D trong Cơ khí

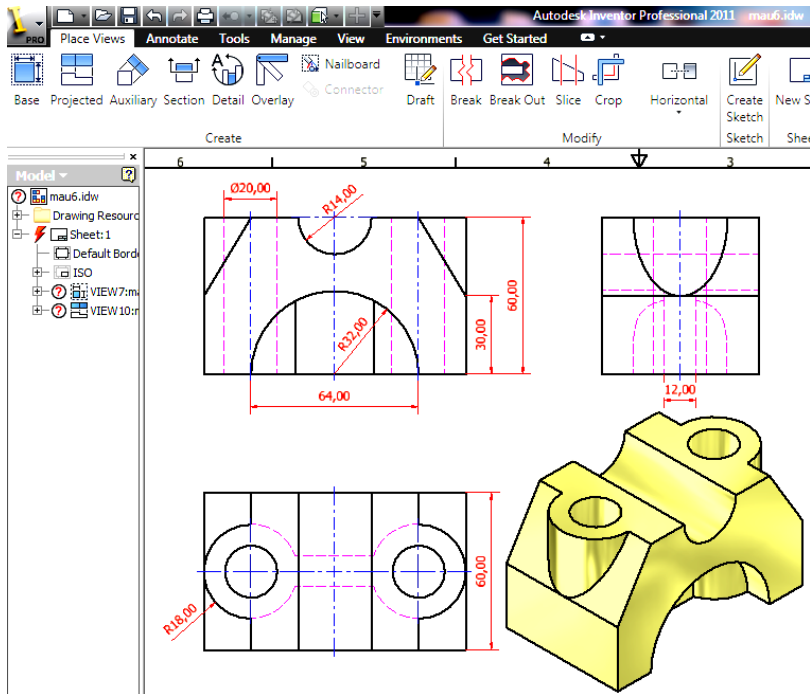
Dữ liệu 3D của quá trình phản chuyên trong AutoCAD có thể được sử dụng một cách tương thích cho các hệ CAD/CAM/CAQ cơ khí tiên tiến như CATIA, INVENTOR, Pro/ENGINEER, NX... với những mục đích ứng dụng phong phú như hoàn thiện thiết kế, tính toán sức bền, mô phỏng động học, động lực học, thiết kế dụng cụ cắt, gia công theo công nghệ in 3D, điều khiển rô-bốt hàn tự động, tạo chương trình gia công trên các máy CNC, phân tích kết quả đo 3D...

4.10.1 Kết xuất dữ liệu phản chuyên cho các hệ CAD/CAM Cơ khí

Sau khi phản chuyên thành công, trong môi trường AutoCAD, sử dụng lệnh File/export, chọn loại file là *ACIS (*.sat)* để hầu hết các phần mềm CAD/CAM cơ khí quốc tế đều hiểu được

4.10.2 Sử dụng mô hình phản chuyển trong công tác thiết kế trên các hệ CAD/CAM cơ khí và kiểm định độ chính xác của mô hình phản chuyển 3D

Với chức năng tạo lập bản vẽ kỹ thuật rất thuận tiện của Inventor (, Solidwork...), có thể nhanh chóng tạo ra các bản vẽ 2D từ các mô hình phản chuyển 3D như trên hình 4.35 So sánh với bản vẽ 2D đầu vào khi phản chuyển, với mẫu 4 (và tương tự cho tất cả các mẫu còn lại) đều đạt độ chính xác phản chuyển là 100%.

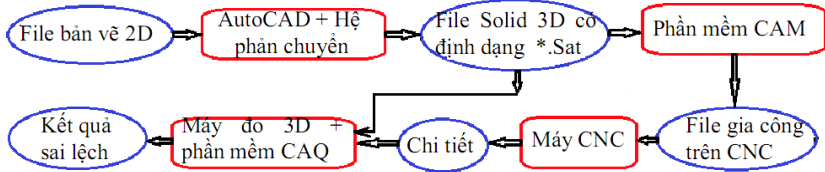


Hình 4.35 Kiểm định độ chính xác của mô hình phản chuyển 3D - mẫu 4

4.10.3 Tạo dữ liệu cho hệ thống điều khiển in 3D từ mô hình phản chuyển 3D

4.10.4 Thực nghiệm gia công cơ khí và đo lường với công nghệ CAD/CAM/CNC/CAQ ứng dụng mô hình phản chuyển 3D

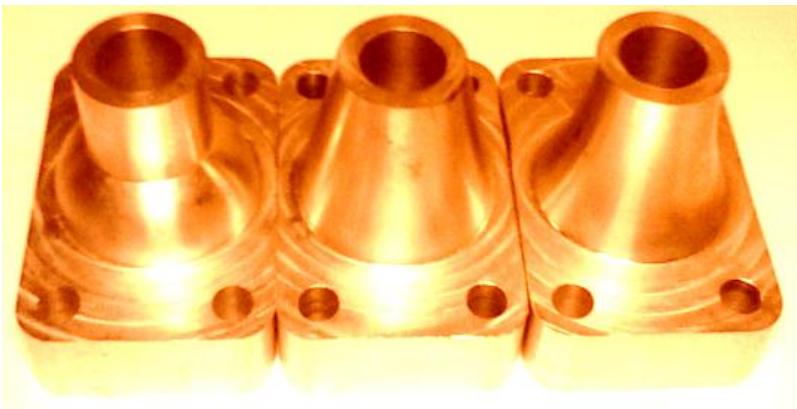
Sơ đồ tổng quát quá trình gia công cơ khí và đo lường với công nghệ CAD/CAM/CNC/CAQ ứng dụng mô hình phân chuyển 3D như trên hình 4.38.



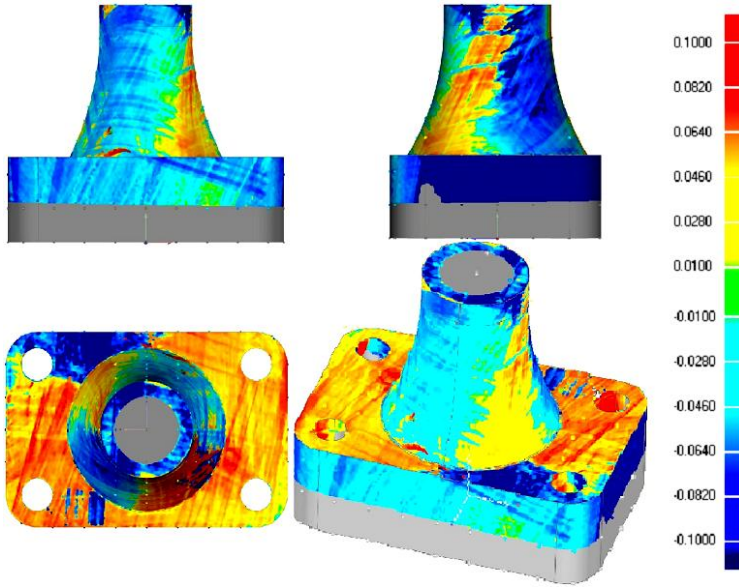
Hình 4.38 Sơ đồ ứng dụng dữ liệu phân chuyển 3D trong gia công và đo lường

- Sử dụng phần mềm CAM là *PTC Creo Parametric* để tạo chương trình gia công trên máy CNC dưới đây.
- Máy phay CNC cao tốc *HS Super MC500*.
- Vật liệu gia công ba chi tiết là hợp kim nhôm Al 6062.
- Thiết bị đo là *đầu quét 3D MMDx100* với cánh tay *Rô-bốt MCx20+* được kết hợp với
- Phần mềm CAQ là *Geomagic Qualify 2013*.

Kết quả gia công và đo lường được chỉ ra trên hình 4.54,4.57



Hình 4.54 Ảnh chụp ba chi tiết sau khi gia công



Hình 4.57 Sai lệch biến dạng thể hiện qua màu sắc của chi tiết mẫu 08b

KẾT LUẬN

Những kết quả nghiên cứu (và kết luận) mới của luận án bao gồm:

+ Nghiên cứu và đề xuất chi tiết một **phương pháp mới** để phản chuyển cho các đối tượng kỹ thuật thông thường được bao bọc bởi các mặt phẳng, mặt trụ chiều, mặt tròn xoay (nón, cầu, xuyên) có trục vuông góc với mặt phẳng hình chiếu. **Những điểm mới** trong phương pháp gồm có:

- Kiểm tra **mâu thuẫn thấy khuất** trên các hình chiếu để loại bỏ các đối tượng sai nên đã **tối thiểu hoá số hình chiếu** đầu vào của hệ thống phản chuyển.
- Mở rộng phạm vi đối tượng so với các phương pháp dựa trên B-Rep trước đó: Đã xử lý được vật thể chứa mặt trụ, cạnh tiếp xúc, mặt tròn xoay với những giao tuyến phức tạp và những điểm kỳ dị về cấu trúc tô-pô.
- Đưa ra đủ tất cả các nghiệm của mô hình 3D thoả mãn hai hình chiếu đầu vào.

- Sử dụng **khái niệm vùng** trên các hình chiếu để tìm ra các mặt giả định, để xây dựng Solid (tương thích khi được nhúng trong các hệ thống CAD/CAM tiên tiến).
- Cải thiện tốc độ phản chuyển với các giải pháp duyệt lan toả trạng thái của các đối tượng giả định, chia cắt hình chiếu với những đối tượng phức tạp, kiểm tra điều kiện tô-pô theo vùng.

+ Xây dựng thành công **công cụ thực nghiệm**, là một chương trình khoảng 4500 dòng lệnh, viết bằng ngôn ngữ Visual C++ 6.0 để phản chuyển tự động các bản vẽ hai hình chiếu trên AutoCAD R14.

+ Thực nghiệm phản chuyển cho nhiều mẫu đa dạng đã xác minh tính đúng và hiệu quả cũng như minh hoạ, hiệu chỉnh, hoàn thiện phương pháp đề xuất và đã rút ra những kết luận chính như sau:

- Khi chỉ sử dụng hai hình chiếu thì số mặt giả định sẽ lớn hơn số mặt thực tế rất nhiều (đặc biệt khi đối tượng có nhiều mặt phẳng cạnh), thời gian phản chuyển tăng nhanh khi số mặt giả định lớn hơn 50.
- Áp dụng kiểm tra điều kiện tô-pô theo vùng sẽ tăng tốc độ phản chuyển khoảng 65 lần.
- Khi không xét thông tin thấy khuất trên hình chiếu thường cho ra rất nhiều nghiệm. Những phương pháp phản chuyển mà không sử dụng thông tin này thì buộc phải dùng nhiều hình chiếu để loại bỏ các phương án sai.
- Chia cắt hai hình chiếu bởi mặt phẳng cạnh sẽ đem lại hiệu quả cao về thời gian phản chuyển của những đối tượng phức tạp.
- Độ chính xác của mô hình phản chuyển 3D trong AutoCAD cũng như khi được kết xuất sang các hệ CAD tiên tiến như Inventor, SolidWork là 100%.

+ Thực nghiệm gia công và đo lường từ dữ liệu phản chuyển 3D với công nghệ CAD/CAM/CNC/CAQ đã mở ra **hướng ứng dụng trong Cơ Khí** của đề tài và rút kết luận sau:

Mô hình phản chuyển 3D là tương thích hoàn toàn và có thể khai thác sử dụng hiệu quả trong các hệ CAM/CAQ để tạo chương trình gia công cho các máy CNC và làm chuẩn đo lường, so sánh với mô hình mây điểm từ công nghệ quét 3D **với thời gian nhanh chóng và đạt độ chính xác cao.**

Những kết quả nghiên cứu của luận án có thể được sử dụng để:

- Giảng dạy và học tập môn Vẽ kỹ thuật.
- Thiết kế 3D kế thừa bản vẽ 2D có sẵn.
- Thiết kế mới 3D với cách thức nhanh chóng, dễ dàng cho mọi đối tượng.
- Gia công cơ khí và đo lường với công nghệ CA từ mô hình phản chuyển 3D.
- Làm cơ sở để xây dựng mới cũng như phát triển các hệ CAD/CAM ngày càng hoàn thiện hơn.

Khả năng **ứng dụng** của dữ liệu **phản chuyển 3D** trong **kỹ thuật cơ khí** là rất phong phú, và đặc biệt, dữ liệu này được **làm chủ một cách chi tiết** nên có thể tạo ra những ứng dụng đặc biệt (không chỉ dừng lại ở mức độ **gia công và đo lường** với công nghệ CAD/CAM/CNC/CAQ).

Kiến nghị về hướng nghiên cứu tiếp theo của đề tài

- Nghiên cứu phản chuyển cho bản vẽ có hình cắt, mặt cắt, kích thước, hình chiếu phụ, bản vẽ lắp.
- Nghiên cứu mở rộng đối tượng phản chuyển: có chứa các mặt đặc biệt như mặt thân khai, mặt xoắn vít, mặt tự do.
- Nghiên cứu phản chuyển từ bản vẽ trên giấy, bản vẽ phác.
- Nghiên cứu ứng dụng kỹ thuật phản chuyển vào kỹ thuật thiết kế ngược, xử lý dữ liệu quét 3D dạng mây điểm để tạo ra mô hình vật thể 3D, tìm ra các tham số của phương trình các bề mặt.
- Xây dựng hệ thống tích hợp CAD/CAM “thông minh”.
- Nghiên cứu xây dựng quy trình công nghệ tự động dựa trên kỹ thuật nhận biết cấu trúc 3D với ứng dụng kỹ thuật phản chuyển.
- Nghiên cứu xác định mặt khởi thủy của dụng cụ cắt với ứng dụng kỹ thuật phản chuyển.

DANH MỤC CÁC CÔNG TRÌNH ĐÃ CÔNG BỐ CỦA LUẬN ÁN

1. Bành Tiến Long, Hoàng Long (2013). *Tự động phản chuyển từ File bản vẽ kỹ thuật sang cấu trúc ba chiều cho các hệ CAD/CAM*. Proceeding of the 3rd National Conference on Mechanical Science & Technology. Nhà xuất bản Khoa học và Kỹ thuật, ISBN: 978604670061, tr.333-338.

2. Bành Tiến Long, Hoàng Long (2014). *Automatic 3D model reconstruction from a multi-views engineering drawing for CAD/CAM systems*. Proceedings ISEPD2014, ISBN 978-89-5708-236-2, pp.374-377.

3. Hoàng Long, Bành Tiến Long, (2014). *Automatic 3D Model Reconstruction from a Multi-Views Engineering Drawing File Containing even Curves and Hidden Lines for Cad/Cam Systems*. Proceedings RCMME 2014, ISBN 978-604-911-942-2, pp. 20-23.

4. Hoàng Long, Bành Tiến Long (2015). *Automatic Creating 3D Pseudo-Wireframe from 2D Orthographic Views*. Tạp chí Khoa học và Công nghệ ĐHBK Hà nội, số 106/2015, tr. 46-49.

5. Hoàng Long, Bành Tiến Long, Phan Văn Hiếu (2015). *Conical Solid Model Reconstruction of 3D Pseudo-Wireframe Model Found from 2D Orthographic Views*. Tạp chí khoa học và Công nghệ ĐHBK Hà nội, số 108/2015, tr. 68-72.