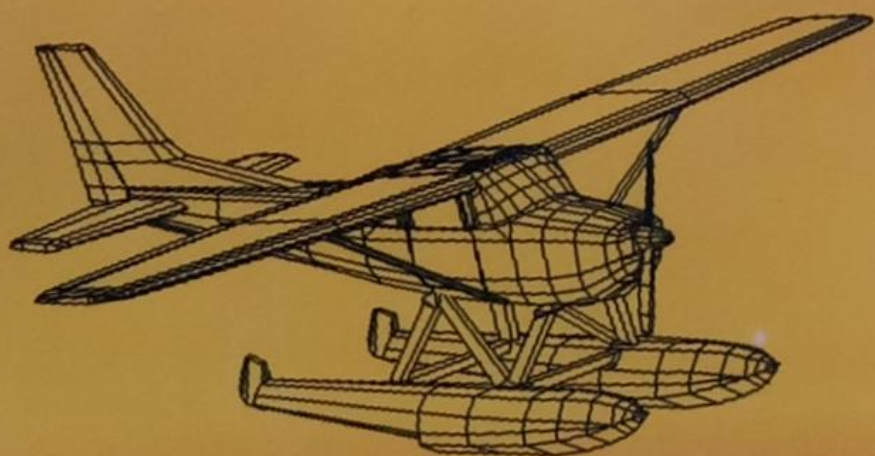


ĐẠI HỌC QUỐC GIA TP. HỒ CHÍ MINH
TRƯỜNG ĐẠI HỌC BÁCH KHOA

Nguyễn Hữu Lộc

Giáo trình
**MÔ HÌNH HÓA
HÌNH HỌC**



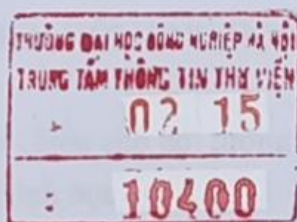
NHÀ XUẤT BẢN
ĐẠI HỌC QUỐC GIA TP. HỒ CHÍ MINH

ĐẠI HỌC QUỐC GIA THÀNH PHỐ HỒ CHÍ MINH
TRƯỜNG ĐẠI HỌC BÁCH KHOA

Nguyễn Hữu Lộc

Giáo trình

MÔ HÌNH HÓA HÌNH HỌC



NHÀ XUẤT BẢN ĐẠI HỌC QUỐC GIA
THÀNH PHỐ HỒ CHÍ MINH - 2022

MỤC LỤC

<i>Lời nói đầu</i>	7
Chương 1 GIỚI THIỆU CÁC HỆ THỐNG CAD/CAE	9
1.1. Giới thiệu	10
1.2. Lịch sử phát triển hệ thống CAD	14
1.3. Lịch sử phát triển các hệ thống CAE	24
1.4. Lịch sử thiết kế tối ưu trên các hệ thống CAE	31
1.5. Quá trình thiết kế trên cơ sở mô phỏng	33
1.6. Giới thiệu các hệ thống CAD/CAM/CAE thông dụng	34
1.7. Ứng dụng hệ thống CAD/CAE trong nước	50
Chương 2 CÁC PHÉP BIẾN ĐỔI HÌNH HỌC HAI CHIỀU	52
2.1. Biểu diễn tọa độ hai chiều cho đối tượng	53
2.2. Các phép biến hình hai chiều	56
2.3. Các phép biến hình khác	63
Bài tập	71
Chương 3 CÁC PHÉP BIẾN ĐỔI HÌNH HỌC BA CHIỀU	77
3.1. Các hệ trục tọa độ	78
3.2. Biểu diễn tọa độ ba chiều cho đối tượng	79
3.3. Các phép biến đổi hình học ba chiều	80
3.4. Ứng dụng tính chất trục giao của ma trận quay	107
3.5. Biến đổi hệ trục tọa độ	125
Bài tập	127
Chương 4 ĐƯỜNG CONG NỘI SUY	136
4.1. Biểu diễn hình học đường cong	138
4.2. Các đường conic	140
4.3. Nội suy đường cong theo đa thức Lagrange	144
4.4. Đường cong tham số bậc ba (Spline)	147
Bài tập	166

Chương 5 ĐƯỜNG CONG XÁP XÍ BÉZIER VÀ B-SPLINE	168
5.1. Biểu diễn đường cong Bézier	169
5.2. Các tính chất của đường cong Bézier	175
5.3. Giải thuật Casteljau	178
5.4. Giới thiệu đường cong B-spline	181
5.5. Phương trình đường cong B-spline không đều	186
5.6. Các hàm cơ sở đường cong B-spline đều	201
5.7. Đường cong B-Spline đều	206
5.8. Giải thuật De Boor	222
5.9. Chuyển đổi giữa các phép biểu diễn	224
Bài tập	234
Chương 6 ĐƯỜNG CONG HỮU TỈ	240
6.1. Đường cong Bézier hữu tỉ	241
6.2. Đường cong B-spline hữu tỉ không đều (NURB)	244
6.3. Biểu diễn các đường conic bằng đường cong NURBS	254
Bài tập	271
Chương 7 MẶT CONG	274
7.1. Mặt cong bậc 2	275
7.2. Các mặt cong tạo (dựng) hình	278
7.3. Mặt cong tự do	293
Bài tập	313
Chương 8 MÔ HÌNH HÓA SOLID VỚI CÁC HỆ THỐNG CAD	318
8.1. Cơ sở mô hình hóa solid	321
8.2. Các phương pháp mô hình hóa solid	324
8.3. Hình học solid cấu trúc	325
8.4. Biểu diễn biên B-Rep	327
8.5. Mô hình hóa solid bằng các phương pháp dựng hình	330
8.6. Mô hình hóa trên cơ sở điểm đặc trưng	331
8.7. Sơ đồ liệt kê không gian	332
8.8. Mô hình hóa solid tham số trên các hệ thống CAD	333
8.9. Sử dụng Autodesk Inventor trong thiết kế	337
Bài tập	346

Chương 9 PHÂN TÍCH KẾT CẤU, MÔ PHÒNG LẬP RÁP, ĐỘNG HỌC	352
9.1. Mô hình phân tử hữu hạn và phân tích	353
9.2. Mô phỏng động học	359
9.3. Mô phỏng động học và phân tích ứng suất với Autodesk Inventor	368
9.4. Kết quả ứng dụng mô hình hóa và mô phỏng	385
Chương 10 THIẾT KẾ TỐI ƯU SẢN PHẨM CƠ KHÍ	390
10.1. Quá trình thiết kế có ứng dụng các hệ thống CAD/CAE	391
10.2. Thiết kế tối ưu kết cấu	394
10.3. Mô phỏng số tối ưu kiểu dáng kết cấu	402
10.4. Thiết kế tối ưu với MSC/Nastran - Optishape	411
10.5. Phân tích và thiết kế kết cấu với hệ thống CAE	413
10.6. Ứng dụng hệ thống CAE tối ưu kiểu dáng và hình dạng	416
10.7. Ứng dụng hệ thống CAE tối ưu kích thước	430
10.8. Tính toán tối ưu một số kết cấu	438
10.9. Kết luận	442
Chương 11 TRAO ĐỔI DỮ LIỆU GIỮA CÁC HỆ THỐNG CAD/CAE	443
11.1. Giới thiệu	444
11.2. Phương pháp và file chuyển đổi dữ liệu	446
11.3. Trao đổi dữ liệu trong Autodesk Inventor	458
11.4. Sửa chữa lỗi khi trao đổi dữ liệu trong Autodesk Inventor	461
Chương 12 ỨNG DỤNG THIẾT KẾ SẢN PHẨM CƠ KHÍ TRÊN CƠ SỞ MÔ PHÒNG	465
12.1. Giới thiệu	466
12.2. Quá trình thiết kế trên cơ sở mô phỏng	466
12.3. Thiết kế chi tiết trên các hệ thống CAD/CAE	469
12.4. Thiết kế máy trên cơ sở mô phỏng	473
12.5. Thiết kế sản phẩm chai PET	479
12.6. Thiết kế sản phẩm khuôn	482
12.7. Thiết kế tối ưu và phân tích kết cấu thân máy	488
12.8. Kết luận	502
Phụ lục Các thuật ngữ viết tắt	503
Tài liệu tham khảo	507

LỜI NÓI ĐẦU

Thuật ngữ *Geometric modelling* - *Mô hình hóa hình học* xuất hiện cuối những năm 60 và đầu những năm 70 của thế kỷ XX, thời gian phát triển nhanh chóng của Đồ họa điện toán, CAD và công nghệ chế tạo. Môn học *Mô hình hóa hình học* và mô phỏng, bắt đầu được giảng dạy tại Trường Đại học Bách khoa - Đại học Quốc gia Thành phố Hồ Chí Minh từ những năm 1990, liên quan đến các phương pháp được sử dụng để mô tả hình dạng đối tượng hoặc diễn tả mô hình hình học xấp xỉ đối tượng.

Mô hình mẫu được tạo bằng đất sét, gỗ hoặc tô bóng từ mô hình phác thảo hoặc tạo từ các bản vẽ kỹ thuật. Đối với các mô hình lớn ta tạo các mô hình mẫu nhỏ hơn nhiều, ước lượng chúng trước khi chuyển sang tạo mô hình thật. *Mô hình hóa hình học* mô tả hình dạng thật chính xác của mô hình thật, biểu diễn mô hình 3D trên máy tính được xem là thể hệ tạo mẫu thứ hai.

Mô hình hóa hình học, sử dụng hình học vi phân và hình học phân tích, các phương pháp ma trận, tensor, topology, lý thuyết tập hợp và các phương pháp số để mô tả đối tượng phức tạp đòi hỏi khả năng tính toán lớn của máy tính. Sử dụng máy tính là trung tâm của toàn bộ quá trình mô hình hóa hình học.

Sau khi xuất bản vào các năm 2010, 2013, 2015, 2018, giáo trình **Mô hình hóa hình học** được cập nhật, bổ sung các ví dụ, bài tập, sắp xếp lại nội dung cho phù hợp sau quá trình giảng dạy, thêm vào các nghiên cứu ứng dụng... đáp ứng yêu cầu đối với giáo trình học tập dùng cho sinh viên.

Giáo trình này bao gồm 12 chương, trình bày những vấn đề liên quan đến mô hình hóa hình học và mô phỏng: Vai trò mô hình hóa hình học, các phép biến đổi hình học hai chiều và ba chiều, đường cong bao gồm đường cong giải tích, đường cong nội suy và xấp xỉ, mặt cong, mô hình solid, trao đổi dữ liệu giữa các hệ thống, phân tích kết cấu, mô phỏng lắp ráp, động học và động lực học; tối ưu sản phẩm cơ khí và ứng dụng mô hình hóa hình học trong thiết kế sản phẩm cơ khí.

Ngoài ra, giáo trình còn trình bày các hình vẽ, ví dụ, bài tập minh họa và kiểm chứng bằng phần mềm AutoCAD, Autodesk Inventor. Một số hình ảnh và ví dụ ứng dụng được chọn lọc từ luận văn tốt nghiệp đã hướng dẫn và các tài liệu tham khảo. Song song với tài liệu này chúng tôi đã biên soạn tài liệu "Bài tập Mô hình hóa hình học" để giúp sinh viên thực hành các phương pháp tạo hình trên các hệ thống CAD.

Tác giả xin thành thật cảm ơn Nhà xuất bản Đại học Quốc gia Thành phố Hồ Chí Minh tạo nhiều điều kiện để xuất bản cuốn sách này. Cảm ơn PGS.TS Phạm Ngọc Tuấn, PGS.TS Trần Anh Sơn, PGS.TS Phạm Sơn Minh đã dành thời gian đóng góp ý kiến cho tài liệu này, cảm ơn các bạn có ý kiến đóng góp, phê bình những thiếu sót của sách để cho các lần xuất bản sau, sách được hoàn thiện hơn.

Mọi ý kiến đóng góp, phê bình và thắc mắc xin gửi về địa chỉ:

Nguyễn Hữu Lộc, Bộ môn Thiết kế máy, Khoa Cơ khí, Trường Đại học Bách Khoa - Đại học Quốc gia Thành phố Hồ Chí Minh, 268 Lý Thường Kiệt, Phường 14, Quận 10, Thành phố Hồ Chí Minh,

hoặc liên hệ trực tiếp qua email: nhlcad@yahoo.com, nhloc@hcmut.edu.vn

Nguyễn Hữu Lộc

GIỚI THIỆU CÁC HỆ THỐNG CAD/CAE

- 1.1. Giới thiệu
- 1.2. Lịch sử phát triển hệ thống CAD
- 1.3. Lịch sử phát triển các hệ thống CAE
- 1.4. Lịch sử thiết kế tối ưu trên các hệ thống CAE
- 1.5. Quá trình thiết kế trên cơ sở mô phỏng
- 1.6. Giới thiệu các hệ thống CAD/CAM/CAE thông dụng
- 1.7. Ứng dụng hệ thống CAD/CAE trong nước

1.1. GIỚI THIỆU

Lĩnh vực thiết kế sản phẩm cơ khí tập trung vào hình dạng kết cấu và chuyển động. Để thiết kế cần có các kiến thức về: cơ sở tính toán thiết kế, quá trình và phương pháp luận thiết kế, công cụ thiết kế và đối tượng thiết kế.

Ứng dụng hệ thống CAD/CAE trong thiết kế sản phẩm cơ khí liên quan đến mô hình hóa, phân tích, tối ưu kết cấu và mô phỏng chuyển động và động lực học. Tuy nhiên, trình tự thiết kế chi tiết, hệ thống và quá trình sẽ khác nhau.

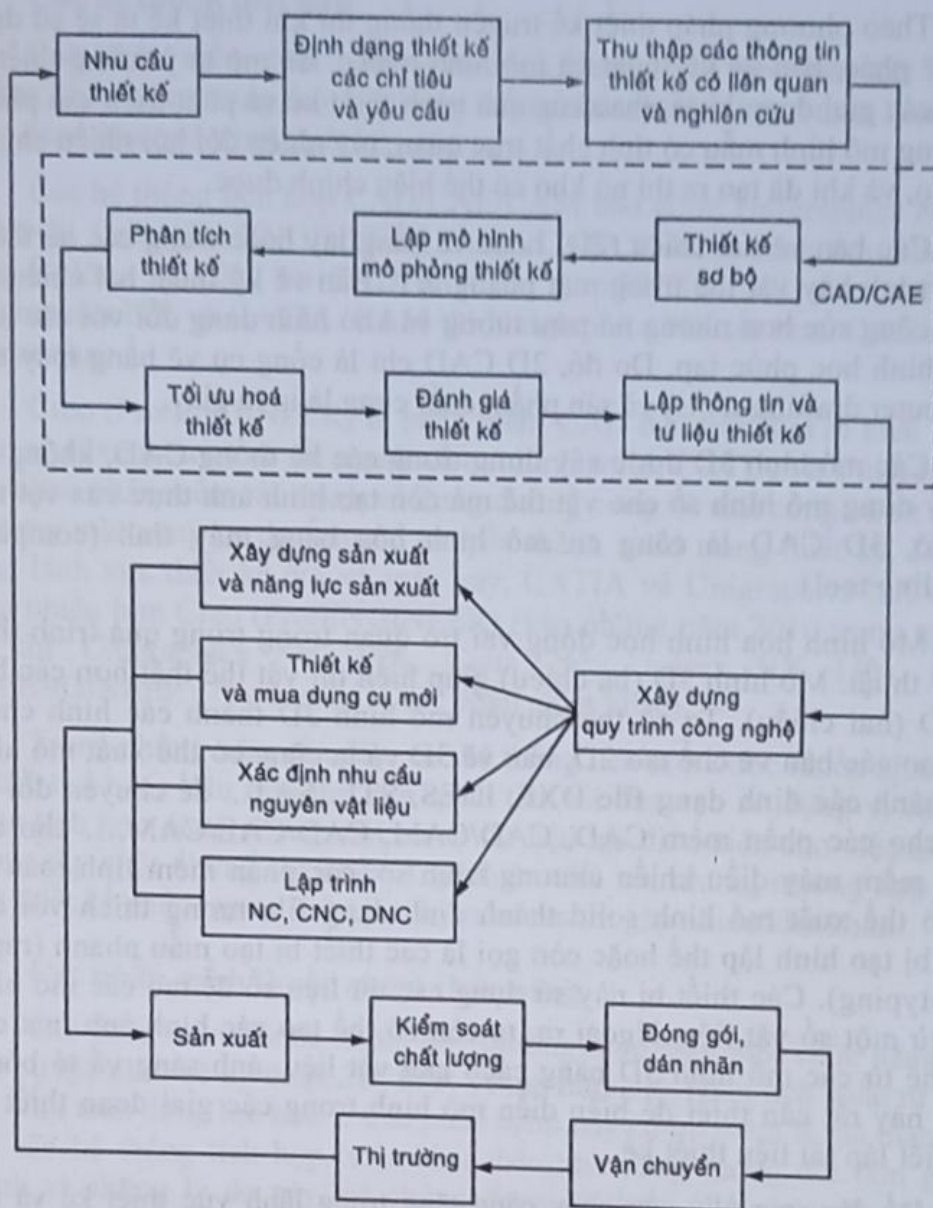
Việc phân tích và thiết kế tối ưu kết cấu thực hiện theo các chỉ tiêu về khả năng làm việc như: độ bền, độ cứng, độ bền mòn, độ ổn định dao động, độ bền nhiệt... hoặc các yêu cầu thiết kế: thiết kế dễ lắp ráp dễ dàng, thiết kế dễ chế tạo, ảnh hưởng nhân tố con người trong thiết kế... Khi tính toán thông thường ta sử dụng các phương pháp giải tích. Với sự phát triển nhanh của các phương pháp số và các hệ thống máy tính thì phân tích phần tử hữu hạn được sử dụng phổ biến trong các hệ thống CAD, CAE.

Khái niệm mô hình hóa, mô phỏng máy tính và thiết kế tối ưu được nghiên cứu và ứng dụng trong nhiều lĩnh vực khác nhau, chúng đã trở thành công cụ không thể thiếu khi thiết kế nhằm đạt được mục đích: “Tăng năng suất, đạt được chất lượng cao nhất và giá thành thấp nhất”.

Mô phỏng máy tính cũng được sử dụng để thẩm định tính chính xác của quá trình thiết kế. Bởi vì giá thành để khắc phục lỗi xuất hiện trong sản phẩm là rất lớn nếu chúng được phát hiện khi chế tạo hoặc vận hành.

Cơ sở dữ liệu của quá trình thiết kế là mô hình máy tính 3D. Từ khả năng vẽ bản vẽ 2D, đến mô hình hóa 3D và phát triển lên kỹ thuật diễn hoạt, mô phỏng động, phân tích và thiết kế tối ưu kết cấu... Cho đến nay chúng ta đã có thể mô tả những tình huống xảy ra trên thực tế bằng mô hình máy tính thông qua kỹ thuật mô hình hóa và mô phỏng.

Một chu trình khép kín Thiết kế - Chế tạo - Kiểm tra có sử dụng kỹ thuật mô phỏng được mô tả như Hình 1.1. Sử dụng mô hình hóa và mô phỏng máy tính để thay thế mô hình vật lý. Ý tưởng thiết kế được minh họa hoàn toàn bằng mô hình trên máy tính. Hình dáng và chức năng của sản phẩm được xây dựng và kiểm tra trên máy tính mà không cần phải qua công đoạn chế tạo thử. Điều này sẽ làm giảm đáng kể thời gian và chi phí trong quá trình thiết kế và chế tạo đối tượng.



Hình 1.1 Quá trình thiết kế và chế tạo trong một chu trình sản phẩm [44]

Nguyên nhân sử dụng mô hình 3D

Ba ưu điểm chính của các hệ thống CAD/CAE:

- Tăng năng suất thiết kế.
- Thực hiện bản vẽ và mô hình chính xác.
- Dễ dàng trao đổi dữ liệu với các phần mềm khác.

Theo phương pháp thiết kế truyền thống thì khi thiết kế ta sẽ sử dụng bản vẽ phác, bản vẽ kỹ thuật và mô hình mẫu... để mô tả ý tưởng thiết kế trong các giai đoạn khác nhau của quá trình thiết kế và phát triển sản phẩm. Sử dụng mô hình mẫu có tính chất trực quan, tuy nhiên đòi hỏi nhiều chi phí chế tạo, và khi đã tạo ra thì nó khó có thể hiệu chỉnh được.

Các bản vẽ hai chiều (2D) hoặc vẽ bằng tay hoặc trong các hệ thống CAD trình bày vật thể trong mặt phẳng XY. Bản vẽ kỹ thuật hai chiều đòi hỏi ít công sức hơn nhưng nó trừu tượng và khó hình dung đối với các hình dạng hình học phức tạp. Do đó, 2D CAD chỉ là công cụ vẽ bằng máy tính (computer drafting tools) và sản phẩm cuối cùng là in ra giấy.

Các mô hình 3D được xây dựng trong các hệ thống CAD, không chỉ là xây dựng mô hình số cho vật thể mà còn tạo hình ảnh thực của vật thể. Do đó, 3D CAD là công cụ mô hình hóa bằng máy tính (computer modeling tool).

Mô hình hóa hình học đóng vai trò quan trọng trong quá trình thiết kế kỹ thuật. Mô hình 3D (ba chiều) giúp hiển thị vật thể thật hơn các bản vẽ 2D (hai chiều). Ta có thể chuyển mô hình 3D thành các hình chiếu 2D, tạo các bản vẽ chế tạo 2D, bản vẽ 3D và ta cũng có thể xuất mô hình 3D thành các định dạng file DXF, IGES, STL, SAT... để chuyển đổi dữ liệu cho các phần mềm CAD, CAD/CAM, CAD/CAE/CAM,... cho các phần mềm máy điều khiển chương trình số, các phần mềm tính toán ... Ta có thể xuất mô hình solid thành định dạng file tương thích với các thiết bị tạo hình lập thể hoặc còn gọi là các thiết bị tạo mẫu nhanh (rapid prototyping). Các thiết bị này sử dụng các dữ liệu số để tạo các mô hình thật từ một số vật liệu. Ngoài ra, ta còn có thể tạo các hình ảnh thật của vật thể từ các mô hình 3D bằng cách gán vật liệu, ánh sáng và tô bóng. Điều này rất cần thiết để biểu diễn mô hình trong các giai đoạn thiết kế và thiết lập tài liệu thiết kế.

Để đáp ứng nhu cầu ngày càng tăng trong lãnh vực thiết kế và gia công, nhiều công ty phát triển phần mềm và các viện nghiên cứu trên thế giới đã đưa hàng loạt các phần mềm trợ giúp thiết kế và không ngừng phát triển chúng để tăng cường thêm các chức năng cũng như làm cho việc sử dụng chúng trở nên thuận tiện hơn.

Các hệ thống phần mềm trợ giúp việc thiết kế phân tích kỹ thuật và gia công được phát triển theo hai hướng chính:

- Các hệ thống tích hợp
- Các phần mềm theo nhóm chức năng.

Các hệ thống tích hợp

Các phần mềm tích hợp được hình thành bởi việc liên kết nhiều môđun khác nhau trong một hệ thống thống nhất. Mỗi môđun thực hiện một công đoạn của quá trình thiết kế - chế tạo.

Các hệ thống tích hợp CAD/CAE/CAM bao gồm: Unigraphics NX, I-deas NX, Creo (Pro/ENGINEER), Catia, CADCEUS... thích hợp cho các công ty lớn. Về công cụ CAD thì Creo (Pro/ENGINEER) hạn chế hơn Unigraphics NX và CATIA. CAM thì Unigraphics NX tốt hơn. CAE thì cả ba như nhau.

Creo (Pro/ENGINEER) là phần mềm CAD đầu tiên đưa ra khái niệm tham số (Parametric) và rất mạnh về mô hình solid, CATIA và Unigraphics NX là hai phần mềm rất mạnh về dựng đường cong và mặt cong và sử dụng dễ dựng mặt cong tự do, sau đó chuyển thành solid trong thiết kế. Do đó trong lĩnh vực thiết kế ô tô và máy bay, CATIA và Unigraphics NX được dùng nhiều hơn Creo (Pro/ENGINEER) (vào những năm 2010 trong ngành ô tô thì Unigraphics NX 25%, Catia 26%, I-deas NX 11%, Creo (Pro/ENGINEER) 7%, còn lại là các phần mềm khác).

Trong những năm gần đây, các hệ thống tích hợp được nhiều nhà thiết kế chế tạo hàng đầu trên thế giới quan tâm và đưa vào sử dụng vì các hệ thống tích hợp dùng chung một cơ sở dữ liệu tạo điều kiện cho việc nhanh chóng cập nhật những thay đổi. Tuy nhiên, đối với những trường hợp tính toán thiết kế phức tạp có tính chuyên môn cao thì gặp nhiều khó khăn.

Các phần mềm thuộc nhóm chức năng

Các phần mềm thuộc nhóm này thường thực hiện một chức năng trợ giúp cụ thể như: vẽ kỹ thuật 2D, thiết kế mô hình 3D, phân tích phần tử hữu hạn, tính toán động lực học... Các phần mềm này có ưu điểm là giá thành rẻ hơn các hệ thống tích hợp, việc khai thác tính năng tương đối đơn giản. Chính vì những lý do này mà chúng được sử dụng khá rộng rãi. Các hệ thống được phân loại theo chức năng như sau:

- Phần mềm CAD: Autodesk Inventor, AutoCAD, SolidWorks, SolidEdge, Intergraph, Mechanical Desktop, Fusion360, CADAM, ThinkDesign,... là các phần mềm hạng trung phổ biến.
- Các phần mềm CAE: ANSYS, MSC NASTRAN, SIMULIA (Abaqus), Inventor Nastran, DADS, ADAMS...
- Các phần mềm CAM: MasterCam, PowerMILL, SolidCAM, Vericut, Duct, Cimatron, Visi...

Giáo trình Mô hình hóa hình học

Nguyễn Hữu Lộc

Trường Đại học Bách khoa, Đại học Quốc gia Thành Phố Hồ Chí Minh

NHÀ XUẤT BẢN ĐẠI HỌC QUỐC GIA THÀNH PHỐ HỒ CHÍ MINH

Trụ sở:

Phòng 501, Nhà Điều hành ĐHQG-HCM,
phường Linh Trung, thành phố Thủ Đức,
Thành phố Hồ Chí Minh.

ĐT: 028 62726361

E-mail: vnuhp@vnuhcm.edu.vn

Văn phòng đại diện:

Tòa nhà K-Trường Đại học Khoa học Xã hội &
Nhân văn, số 10-12 Đinh Tiên Hoàng, phường Bến
Nghé, Quận 1, Thành phố Hồ Chí Minh

ĐT: 028 62726390

Website: www.vnuhcmprress.edu.vn

Chịu trách nhiệm xuất bản và nội dung

TS ĐỖ VĂN BIÊN

Biên tập

LÊ THỊ MINH HUỆ

Sửa bản in

THANH HÀ

Trình bày bìa

VÕ THỊ HỒNG

Đối tác liên kết

TRƯỜNG ĐẠI HỌC BÁCH KHOA, ĐHQG-HCM

Xuất bản lần thứ 1. Số lượng in: 500 cuốn, khổ 16 x 24cm. Số XNĐKXB:
778-2022/CXBIPH/7-07/ĐHQGTPHCM. QĐXB số: 38/QĐ-NXB cấp ngày
18/3/2022. In tại: Xưởng In Trường Đại học Bách khoa. Địa chỉ: 268 Lý
Thường Kiệt, phường 14, quận 10, TP.HCM. Nộp lưu chiểu: Năm 2022.
ISBN: 978-604-73-8898-1.

Bản quyền tác phẩm đã được bảo hộ bởi Luật Xuất bản và Luật Sở hữu trí
tuệ Việt Nam. Nghiêm cấm mọi hình thức xuất bản, sao chụp, phát tán nội
dung khi chưa có sự đồng ý của tác giả và Nhà xuất bản.

ĐỂ CÓ SÁCH HAY, CẦN CHUNG TAY BẢO VỆ TÁC QUYỀN!

TRƯỜNG ĐẠI HỌC CÔNG NGHỆ
TRUNG TÂM THÔNG TIN TH



Mã sách: 021510400

ISBN:978-61

NXB ĐHQG-HCM



786047



388981

Sách trợ giá cho sinh viên Đại học Quốc gia TP.HCM

Giá: 79.000đ