

Một Mô hình Biểu diễn Tri thức và Ứng dụng Xây dựng Phần mềm Giáo dục Thông minh

Phạm Thi Vương

Đại học Công nghệ thông tin
vuongpt@uit.edu.vn

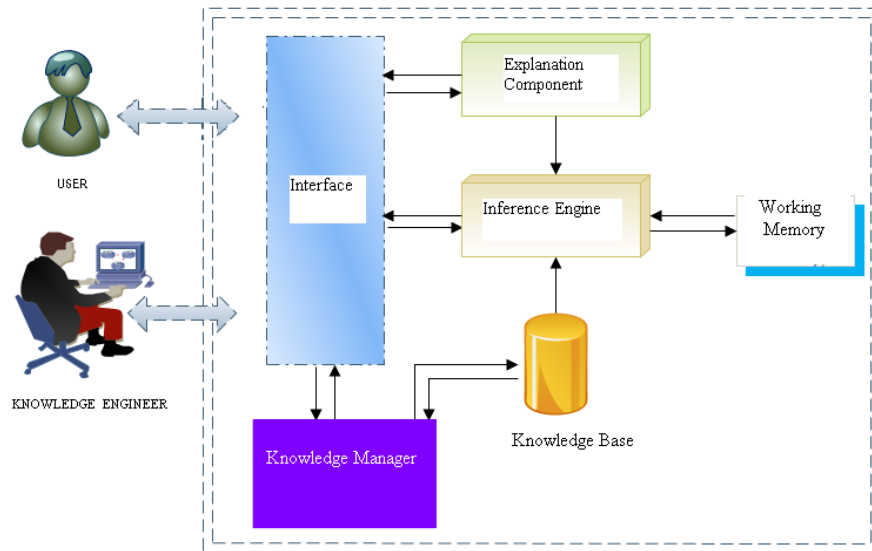
Tóm tắt. Vấn đề áp dụng công nghệ thông tin trong giáo dục là vấn đề được quan tâm hiện nay. Trong nhiều nhánh nghiên cứu của việc áp dụng công nghệ thông tin trong giáo dục, nhánh nghiên cứu về việc xây dựng các phần mềm giáo dục thông minh đặc biệt là các phần mềm có giải các bài toán và đưa ra lời giải như cách con người suy nghĩ là nhánh nghiên cứu quan trọng có nhiều thách thức. Để xây dựng các hệ thống này, việc biểu diễn tri thức là nền tảng cho các việc xây dựng các xử lý thông minh. Vì vậy nghiên cứu biểu diễn tri thức trên máy tính đã được tập trung và có nhiều thành tựu. Tuy nhiên các kết quả này vẫn còn một số hạn chế. Bài báo này sẽ tổng quan một số hạn chế và nêu lên một số định hướng nghiên cứu của tác giả.

1 Giới thiệu Tổng quan

Hiện nay sự phát triển của khoa học kỹ thuật đặc biệt là khoa học máy tính đã ảnh hưởng và thúc đẩy sự phát triển của các lĩnh vực khác như kinh tế, thương mại, giáo dục... Trong giáo dục, các khái niệm elearning education đã trở nên phổ biến với nhiều công trình nghiên cứu và thành quả. Trong mấy năm gần đây vấn đề xây dựng các hệ thống hỗ trợ học tập thông minh (Intelligent Tutoring Systems [40]) được nghiên cứu khá nhiều. Mục đích của các hệ thống này nhằm xây dựng các hệ thống giúp cho việc học tập: quản lý thời gian, bài giảng, tạo môi trường học tập, trả lời câu hỏi, tự động giải bài tập. Trái tim của hệ thống này là cơ sở tri thức [4] đây là phần chính của một hệ thống minh vì nó là nền tảng cho các xử lý của hệ thống. Tuy nhiên qua các hội thảo như ITS (International Conference on Intelligent Tutoring Systems)¹, AIED(Artificial Intelligence in Education)[41] các nghiên cứu tập trung vào việc tạo môi trường cho người học phục vụ cho việc học tập trên nền web, sử dụng ngôn ngữ tự nhiên để giao tiếp với người học; chưa có nhiều nghiên cứu về các phương pháp biểu diễn tri thức và suy diễn để có thể sử dụng tri thức vốn có của hệ thống trong việc giải quyết vấn đề tự động như một chuyên gia trong các chủ đề của môn học. Đây là một vấn đề quan trọng và cấp thiết trong việc xây dựng các hệ tri thức phục vụ cho giáo dục điện tử.

Mô hình tổng quát của một phần mềm thông minh

¹ <http://www.cmu.edu/ITS2010> IST lần 10 diễn ra vào ngày 14 – 18/6/2010



Hình 1. Mô hình tổng quát hệ phần mềm thông minh

Thành phần chính của một hệ phần mềm thông minh như sau:

- Thành phần Interface là: Thành phần giao tiếp với người dùng để hiện thực thành phần này cần các nghiên cứu về các chuẩn thiết kế giao diện, xử lý ngôn ngữ tự nhiên để giao tiếp được tự nhiên gần gũi hơn.
- Thành phần Explanation: Nhận nhiệm vụ chuyển các suy luận của hệ thống thành lời giải con người có thể hiểu.
- Thành phần Knowledge Manager: Quản trị tri thức giúp các kỹ sư tri thức có thể làm việc với hệ thống để chỉnh sửa tri thức.
- Thành phần Knowledge Base: Thành phần quan trọng nhất, chứa toàn bộ tri thức của hệ thống, mọi suy luận của hệ thống đều dựa trên thành phần này. Các biểu diễn tri thức thích hợp sẽ quyết định sự thành công của hệ thống. Nghiên cứu của tác giả sẽ tập trung vào thành phần này, nghiên cứu sẽ đưa ra một mô hình biểu diễn tri thức biểu diễn đầy đủ hơn và dễ dàng hơn cho suy luận về các miền tri thức thế giới thực.
- Thành phần Inference Engine: Bộ máy suy luận, động cơ suy diễn của hệ thống, thành phần này phụ thuộc các cách biểu diễn tri thức ở thành phần Knowledge Base. Tùy thuộc các biểu diễn tri thức sẽ có cách suy diễn thích hợp.

2 Các Nghiên cứu Liên quan

Về tình hình nghiên cứu của việc biểu diễn tri thức trong [4] đã trình bày khá kỹ 4 phương pháp phổ biến truyền thống, các phương pháp này đều có khuyết điểm chỉ trình bày một khía cạnh của tri thức.

- a) Các phương pháp biểu diễn dựa trên logic hình thức. Các phương pháp này sử dụng các biểu thức logic hình thức để diễn đạt các sự kiện và các luật trong cơ sở tri thức. Các thủ tục chứng minh sẽ áp dụng kiến thức vào các bài toán cụ thể. Phép tính logic vị từ cấp 1 được sử dụng phổ biến nhất và có cả một ngôn ngữ lập trình hỗ trợ cho phương pháp này. Đó là ngôn ngữ lập trình PROLOG và các kỹ thuật lập trình với ngôn ngữ này có thể tìm thấy trong [27].
- b) Các phương pháp biểu diễn tri thức thủ tục. Loại phương pháp này biểu diễn tri thức như là một tập hợp các chỉ thị dùng cho việc giải quyết các bài toán. Trong nhiều hệ chuyên gia ứng dụng các chỉ thị như thế thường được thể hiện bởi một tập các luật dẫn có dạng *if... then...*
- c) Các phương pháp biểu diễn dạng mạng. Biểu diễn mạng nắm bắt kiến thức như là một đồ thị trong đó các đỉnh biểu diễn cho các khái niệm hay các đối tượng và các cạnh biểu diễn các quan hệ hay những sự kết hợp nào đó giữa các đối tượng và các khái niệm. Phổ biến nhất trong các phương pháp loại này là các mạng ngữ nghĩa và các đồ thị khái niệm.
- d) Các phương pháp biểu diễn cấu trúc. Các ngôn ngữ biểu diễn cấu trúc cho phép sử dụng các cấu trúc dữ liệu phức tạp và các cấu trúc dữ liệu trừu tượng trong biểu diễn. Ví dụ như các khung (frames) và các đối tượng (objects).
- e) Ngoài các phương pháp phổ biến trình bày ở trên, đã có nghiên cứu về các phương pháp biểu diễn mới.
- f) Hệ thống Mantra[28] dùng cách biểu diễn tri thức hỗn hợp dựa trên Logic(FOL), Frame, mạng ngữ nghĩa để biểu diễn cho các tri thức về toán học tuy nhiên hệ thống chưa xây dựng được thành phần suy diễn để giải toán tự động.
- g) ONTIC [18] hệ thống này được xây dựng dựa trên logic hình thức nên mức độ biểu diễn và xử lý trên hệ thống vẫn khá hạn chế và đã được tác giả ngừng phát triển.
- h) Biểu diễn tri thức dùng Ontology[30] đây là phương thức biểu diễn tri thức bằng nguồn từ triết học nhằm biểu diễn tất cả các thực thể, tuy nhiên phương pháp này khá tổng quát, khi áp dụng vào các miền tri thức cụ thể ta sẽ phải xây dựng một dạng Ontology riêng cho miền tri thức ấy.
- i) Trong [4] đã trình bày phương pháp biểu diễn tri thức bằng mô hình COKB với các thành phần (C, H, R, Ops, Rules) biểu diễn được khá nhiều khía cạnh của tri thức: Các quan hệ, sự kế thừa, các toán tử và luật. Mô hình này đã được chính minh tính đúng đắn bằng các minh họa cụ thể. Mô hình COKB hiện vẫn tiếp tục được nghiên cứu và tổng kết trong [8], [35], [37]. Tuy nhiên mô hình này vẫn có một số vấn đề như chưa được giải quyết đầy đủ tính đúng đắn về mặt lý luận. Trong mô hình chưa có thành phần hàm một thành phần xuất hiện khá nhiều trong các tri thức liên quan tới các đối tượng tính toán và đồng thời mô hình này cũng chưa đề cập đến các sự kiện lập luận trên thành phần hàm.
- j) Trong [5] mô hình COKB được mở rộng thành Ontology COKB – ONT có thêm thành phần H là thành phần hàm. Tuy mô hình này phát triển từ COKB nhưng chỉ mới xét trên ví dụ là Hình học giải tích nên chưa có khẳng định tính tổng quát về việc biểu diễn tri thức và truy vấn dựa trên ngôn ngữ COKB-ONT tác giả đã xây dựng

- k) Trong [38], các tác giả làm rõ thêm một hạn chế của mô hình COKB [4] thông qua việc đặc tả thành phần hàm trong mô hình COKB và tổ chức lưu trữ nó, kèm theo đó là các định nghĩa về các loại sự kiện trên thành phần hàm. Tuy nhiên việc mô tả này chưa mang tính hệ thống và lý luận đầy đủ.
- l) Trong [40], bài báo đã trình bày một dạng khác của mô hình COKB, trong mô hình đề xuất này, các tác giả đã lược bỏ bớt thành phần toán tử Operator để phù hợp với miền tri thức cần xử lý là miền tri thức toán sơ cấp.
- m) Mô hình mạng tính toán mở rộng trong [37] đề cập đến một số các đối tượng tính toán mà thành phần thuộc tính của nó là một hàm số phụ thuộc vào các biến số như các đối tượng trong vật lý thường phụ thuộc vào thời gian.

Bên cạnh mô hình biểu diễn tri thức, thì vấn đề suy luận trên mô hình cũng được nghiên cứu rất đa dạng. Trên cơ sở suy luận thực tế của con người gồm các loại suy luận:

- Suy diễn dạng diễn dịch (Deductive Reasoning);
- Suy diễn dạng quy nạp (Inductive Reasoning);
- Suy diễn tương tự (Analogical Reasoning): là dạng suy diễn đi từ những dữ liệu chắc chắn để suy diễn cho một giả thuyết có liên quan.

Dựa trên các loại suy luận ấy, trong ngành trí tuệ nhân tạo, đã đề xuất các dạng suy luận để sử dụng cho các mô hình biểu diễn tri thức:

- a) Phương pháp hợp giải trong biểu diễn tri thức dưới dạng logic vị từ: Trong phương pháp biểu diễn logic hình thức ta đã sử dụng các luật suy diễn như luật “Modus Ponens”, luật “Modus Tollens” và luật “tam đoạn luận”.
- b) Phương pháp suy diễn tiến (forward chaining): Trong [2] tác giả có nêu lên định nghĩa cho phép suy luận tiến như sau: “Chiến lược suy luận được bắt đầu bằng tập sự kiện đã biết, rút ra các sự kiện mới nhờ dùng các luật mà phần giả thiết khớp với sự kiện đã biết, và tiếp tục quá trình này cho đến khi thấy trạng thái đích, hoặc cho đến khi không còn luật nào khớp được các sự kiện đã biết hay được sự kiện suy luận”.
- c) Phương pháp suy diễn lùi (Backward chaining): Phương pháp này được tiến hành bằng cách truy ngược từ mục tiêu cần đạt được trở về phần giả thiết của bài toán bằng cách áp dụng các luật trong cơ sở tri thức. Quá trình suy diễn lùi này sẽ phát sinh một sơ đồ cây mục tiêu kèm theo một cơ chế quay lui và lời giải sẽ được tìm thấy khi tất cả các mục tiêu ở các nút lá của cây mục tiêu đều thuộc về những sự kiện đã biết.
- d) Kết hợp suy diễn tiến và suy diễn lùi: Mỗi phương pháp suy diễn tiến và lùi đều có ưu nhược điểm của nó. Việc kết hợp 2 phương pháp này một cách thích hợp sẽ cho ta một phương pháp suy diễn hiệu quả trong các ứng dụng cụ thể.

3 Mục tiêu Nghiên cứu

Dựa trên những vấn đề đã trình bày ở trên, ta nhận thấy mô hình mạng tính toán và mạng đối tượng tính COKB tỏ rõ sức mạnh trong việc biểu diễn tri thức và xử lý trên các đối tượng tính toán, thích hợp cho các hệ hỗ trợ giáo dục thông minh tập trung

vào khía cạnh giải, hỗ trợ giải bài tập cũng như truy vấn kiến thức. Tuy nhiên qua phân tích các công trình nghiên cứu đã được công bố dựa trên mô hình COKB, ta có thể nhận thấy mô hình COKB vẫn còn một số hạn chế như chưa được giải quyết đầy đủ về mặt lý luận, thiếu thành phần hàm và các sự kiện, lập luận trên thành phần này; thành phần C (đối tượng tính toán) trong mô hình chưa thực sự biểu diễn được hết các đối tượng tính toán; mô hình đôi khi tỏ ra khá cồng kềnh khi biểu diễn các loại tri thức như toán sơ cấp (toán phổ thông) hay cả như một số dạng toán cao cấp như giải tích... mô hình vẫn còn khó khăn để thực nghiệm.

Vì vậy đề tài sẽ tập trung nghiên cứu các điểm còn hạn chế, các miền tri thức mà mô hình COKB chưa biểu diễn tốt nhằm tìm và đề xuất một mô hình biểu diễn tri thức cùng phương pháp suy diễn biểu diễn được nhiều miền tri thức thực tế, khắc phục các điểm hạn chế của mô hình mạng tính toán phục vụ cho việc xây dựng các hệ thống phần mềm giáo dục thông minh.

Định hướng nghiên cứu của đề tài sẽ giúp phát triển thêm cho khoa học máy tính nói chung đặc biệt là trong nghiên cứu biểu diễn tri thức cũng như hệ chuyên gia. Cụ thể đề tài sẽ đóng góp một mô hình biểu diễn tri thức đủ tổng quát để biểu diễn tri thức cho các miền tri thức thực tế của giáo dục điện tử tập trung vào hệ giải bài tập tự động, đề xuất một số phương pháp suy diễn, xử lý tri thức trên mô hình tri thức đã xây dựng.

Các kết quả đạt được sẽ được cài đặt thực tế xây dựng một hệ thống giáo dục thông minh nhằm mục đích minh họa cho những gì đã nghiên cứu và cũng để chứng minh tính thực tiễn của đề tài bên cạnh tính khoa học.

4 Nhiệm vụ Đề tài

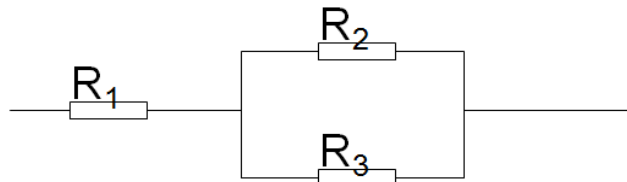
Đề tài tập trung nghiên cứu và phát triển thêm mô hình biểu diễn tri thức tiếp cận miền tri thức thực tế, cải biên đề xuất các mô hình hiện có nhưng chưa phù hợp, xây dựng và thiết kế mô hình tri thức mới phù hợp, biểu diễn tốt hơn các miền tri thức thực tế cùng các phương pháp suy diễn, xử lý và lưu trữ tri thức.

Để đạt được các mục tiêu đã đề ra, đề tài sẽ tập trung nghiên cứu các vấn đề sau:

- Phân tích lại các phương pháp biểu diễn tri thức truyền thống từ đó làm rõ vai trò của mạng tính toán.
- Nghiên cứu kỹ các dạng mô hình mạng tính toán và mạng các đối tượng tính toán để đánh giá và chỉ ra các điểm chưa phù hợp đối với các miền tri thức thực tế.
- Xây dựng mô hình biểu diễn tri thức phù hợp với các miền tri thức thực tế.
- Nghiên cứu các ngôn ngữ quy ước nhằm mô tả cho mô hình để có thể thể hiện tri thức.
- Xây dựng các ngôn ngữ đặc tả bài toán vấn đề.
- Xây dựng các phương pháp suy luận, suy diễn, các thuật giải, thuật toán suy diễn mô phỏng theo cách con người giải quyết vấn đề.
- Các hệ hỗ trợ học tập thông minh đề tài tập trung nghiên cứu chỉ bao gồm các hệ thống giải bài tập, truy vấn kiến thức trên các lĩnh vực toán lý hóa nên có các đối tượng tính toán.

5 Triển vọng

Ta xét miền tri thức điện một chiều với các yếu tố cơ bản (R, U, I, P) như sau:



Hình 2. Miền tri thức điện một chiều cơ bản

Yêu cầu của bài toán này: Tìm một yếu tố dựa trên các yếu tố đã biết.

Như ta đã biết sử dụng phương pháp biểu diễn tri thức mạng tính toán với 2 thành phần (V,R) ta có thể giải quyết được các bài toán tìm một yếu tố dựa trên các yếu tố đã biết trên các tri thức cụ thể như tri thức về tam giác, tứ giác hay hóa học. Trong các kiến thức này V và R là cố định. Tuy nhiên đối với miền tri thức điện một chiều thì 2 thành phần V và R là không cố định, tùy thuộc vào mạch điện cụ thể được cho, hơn nữa như hình vẽ trên ta có các yếu tố sau: $R_1, U_1, I_1, R_2, U_2, I_2, R_3, U_3, I_3$ đều là các biến số dương và các luật liên hệ giữa các đối tượng như sau:

$$U_1 = R_1 \cdot I_1, U_2 = R_2 \cdot I_2 \quad (1)$$

$$1/R(R_1+R_2) = 1/R_1 + 1/R_2 \text{ (định luật Ohm)} \quad (2)$$

Như vậy ta cần tìm một phương pháp biểu diễn thích hợp hơn cho dạng tri thức này. Đây là công việc đầu tiên trong quá trình nghiên cứu để tác giả có thể đưa ra mô hình cuối cùng trong luận án.

Tài liệu tham khảo

1. Bạch Hưng Khang & Hoàng Kiếm: Trí Tuệ Nhân Tạo, các phương pháp và ứng dụng. Nhà Xuất bản Khoa học và Kỹ thuật (1989)
2. Đỗ Trung Tuấn: Trí Tuệ Nhân Tạo. NXB Giáo Dục (1998)
3. Đỗ Văn Nhơn: Giải Đề trên Mạng Tính Toán. Luận văn Thạc sĩ, Đại học Khoa học Tự nhiên, TP.HCM (1996)
4. Đỗ Văn Nhơn: Xây dựng hệ tính toán thông minh – Xây dựng và phát triển các mô hình biểu diễn tri thức cho các hệ giải toán tự động. Luận án Tiến sĩ, Đại học Khoa học Tự nhiên, TP.HCM (2001)
5. Đỗ Tấn Nhân: Một mô hình ontology và ứng dụng. Luận văn thạc sĩ, Đại học khoa học tự nhiên (2005)
6. Đỗ Văn Nhơn, Phạm Thi Vương: Hệ giải toán dựa trên tri thức về giới hạn, đạo hàm và tích phân. Kỷ yếu Hội thảo FAIR (2005)

7. Hoàng Kiếm, Đỗ Văn Nhơn: Mô hình Tri thức các Đối tượng Tính toán. Hội thảo Khoa học kỷ niệm 25 năm thành lập Viện Công Nghệ Thông Tin, Hà Nội, tr. 379-388, (2001)
8. Hoàng Kiếm, Đỗ Văn Nhơn: Mở rộng và phát triển mô hình tri thức các đối tượng tính toán. Kỷ yếu hội thảo Fair (2005)
9. Nguyễn Ngọc Long: Bộ Phân tích Bài toán Hỗ trợ cho việc Giải các Bài toán Phổ thông. Luận văn Thạc sĩ, Đại học Khoa học Tự Nhiên TP.HCM (1998)
10. Nguyễn Hữu Anh, Đỗ Văn Nhơn: Lời giải tối ưu và tập sinh trên mạng suy diễn. Tạp chí Phát triển Khoa học Công nghệ ĐHQG TPHCM, 1&2, tập 4, tr. 10-16 (2001)
11. Nguyễn Thanh Thủy: Trí Tuệ Nhân Tạo. NXB Giáo Dục (1997)
12. Lê Phần Ninh: Xây dựng Hệ Giải toán Hình học phẳng. Luận văn Thạc sĩ, Đại học Khoa học Tự Nhiên TP.HCM (2000)
13. Phùng Thái Thiên Trang: Biểu diễn và tính toán toán tử trong mô hình COKB. Luận văn Thạc sĩ, Đại học khoa học tự nhiên (2005)
14. Trần Xuân Phương: Xây dựng Hệ Chứng minh Hình học. Luận văn Thạc sĩ, Đại học Khoa học Tự nhiên, TP.HCM (1999)
15. Vũ Thiện Căn: Một chương trình máy tính giúp phát hiện Định lý Hình học. Luận văn Thạc sĩ, Đại học Khoa học Tự Nhiên TP.HCM (1998)
16. AIED 2009: 14th International Conference on Artificial Intelligence in Education Proceedings - Ontologies and Social Semantic Web for Intelligent Educational Systems (2009)
17. Chitta Baral: Knowledge Representation, Reasoning and Declarative Problem Solving. Cambridge University Press (2003)
18. David A. McAllister, ONTIC: Knowledge Representation System for Mathematics. MIT Press Ltd (1989)
19. Donald W. Loveland, Automated Deduction: Looking Ahead, American Association for Artificial Intelligence (1999)
20. D. Kapur, J.L. Mundy: Wu's Method and Its Application to Perspective Viewing (1988)
21. D. Kapur: A Refutational Approach to Geometry Theorem Proving (1988)
22. Do Van Nhon: A Program for studying and Solving problems in Plane Geometry, in Proc. Conf. on Artificial Intelligence 2000, Las Vegas, USA, pp. 1441-1447 (2000)
23. Do Van Nhon: A system that supports studying knowledge and solving of analytic geometry problems, in Proc. 16th World Computer Congress 2000 conf. on Education Uses of Information and Communication Technologies, Beijing, China, pp. 236-239 (2000)
24. F. Lehmann: Semantic Networks in Artificial Intelligence. Elsevier Science Ltd (2008)
25. Frank van Harmelen, Vladimir, Bruce: Handbook of Knowledge Representation, Elsevier (2008)
26. George F. Luger, William A Stubblefield: Artificial Intelligence. Addison Wesley Longman, Inc. (1998)
27. Ivan Bratko, Prolog: Programming for Artificial Intelligence. Addison-Wesley Publishers (1990)
28. J. Calmet, I. A. Tjandra: Representation of mathematical knowledge, Lecture Notes in Computer Science Volume 542 - Methodologies for Intelligent Systems, pp. 469-478 (2006)
29. John Debenham: Knowledge Engineering. Springer-Verlag Berlin Heidelberg (1998)
30. John F. Sowa. Knowledge Representation: Logical, Philosophical and Computational Foundations, Brooks/Cole (2000)
31. Kiem Hoang, Nhon V. Do, Bac H. Le: A Knowledgeable Model: Network C-Objects, Proceedings of the Asia-Pacific Symposium on Information and Telecommunication Technologies (APSITT'97), Hanoi – Vietnam (1997)
32. Lakemeyer, G., Nebel, B: Foundations of Knowledge representation and Reasoning, Berlin Heidelberg. Springer-Verlag (1994)

33. M. Tim Jones, Artificial Intelligence: A System Approach, Infinity Science Press LLC (2008)
34. Michel Chein, Marie-Laure Mugnier: Graph-based Knowledge representation: Computational foundations of Conceptual Graphs. Springer-Verlag London Limited (2009)
35. Nhon Do: An Ontology for Knowledge Representation and Application, Proceedings of World Academy of Science, Engineering and Technology, Volume 32, ISSN 2070-3740 (2008)
36. Nhon Van Do: Computataional Network and Its Applications, Journal of computer science and cybernetics – Vietnam (1997)
37. Nhon Van Do Van, Tam Pham Huu: The Extensive Computational Network and Applying in an Educational Software, Proceedings of ICAIE 2009, Wuhan, China (2009)
38. Pham Le Thi Anh Thu, Huynh Thi Thanh Thuong: Some problems on COKB model and application, Thesis, The University of Natural Sciences – National University of Ho Chi Minh City (2007)
39. Stuart Russell, Peter Norvig: Artificial Intelligence – A modern approach (third edition), Prentice Hall, (2010)
40. D.V. Nhon, P.L.T. A. Thu, N.D. Hien, N.T.: Knowledge Model ECOKB lacking of Operators Component and Application to Construct a Problem Solving System in Education. Proceedings of the fifth International Conference IT@EDU2008, Vietnam (2008)
41. Ralph E. White, Venkat R. Subramanian: Computational Methods in Chemical Engineering with Maple. Springer-Verlag Berlin Heidelber (2010)
42. Ronald W. Shonkwiler, James Herod, Mathematical Biology: An Introduction with Maple and Matlab. Springer Dordrecht Heidelberg (2009)
43. Richard H. Enns: Computer Algebra Recipes for Mathematical Physics, Birkha`user Boston (2005)
44. M. B. Monagan, K. O. Geddes, K. M. Heal, G. Labahn, S. M. Vorkoetter, J. McCarron, P. DeMarco: Maple Advanced Programming Guide. Waterloo Maple Inc. (2011)
45. ITS 2010 <http://www.cmu.edu/ITS2010>
46. AIED 2009 <http://www.aied2009.com/index.html>