Tạp chí Tin học và Điều khiển học T 12, S 2 (1996) (30 – 40)

THIẾT KẾ CÁC NGÔN NGỮ MÔ TẢVÀ XÂY DỰNG CƠ SỞ TRI THỨC CHO CÁC PHẦN MỀM TRỢ GIÚP GIẢI BÀI TOÁN HÌNH HỌC

NGUYỄN THANH THỦY

Our purpose is to present some fundamental principles for designing an inetrface language FCL and three languages SCL, CDL and LDL and their impact on the developement of an ITS for figure correctness verification and geometry problem proof. Besides, LDL predicates are used for expressing almost geometry theorems and properties in a knowledge base over which an ITS makes inference. Some experimental of ITS are implemented in the Borland C++, version 3.1.

I. ĐẶT VẤN ĐỀ

Cuối những năm 70 thị trường các phần mềm dạy học chuyển sang một giai đoạn mới nhờ ứng dụng các kỹ thuật giải quyết những vấn đề trong xây dựng các hệ dạy học trợ giúp khám phá (vi thế giới). Các kỹ thuật xử lý trí thức, đặc biệt là các kỹ thuật hệ chuyên gia cho phép xây dựng mô hình về hoạt động nhận thức của học trò và các chiến lược sư phạm của người thầy. Các phần mềm dạy học thông minh (PMDHTM) là sự hội tụ của những nghiên cứu cơ bản về logic học, tâm lý học, phương pháp giảng dạy, tin học và đặc biệt trí tuệ nhân tạo. Những năm 90 xuất hiện các PMDH sử dụng các kỹ thuật tin học hiện đại (đa phương tiện, siêu văn bản...) định hướng tới từng người học cụ thể.

Các PMDHTM gồm các mô đun chính sau:

- Giao diện người-máy
- Mô hình học trò
- Các chiến lược sư phạm
- Suy luận và trợ giúp giải thích kèm theo một cơ sở tri thức chứa các tri thức thuộc các lĩnh vực đang xem xét.

Quá trình chứng minh bài toán hình học có sự giúp của máy tính bao gồm các giai đoạn chính sau:

i) Dựng hình (các hệ Geospecif,Carbi, Talc, Calques, Geometer's sketpatch)

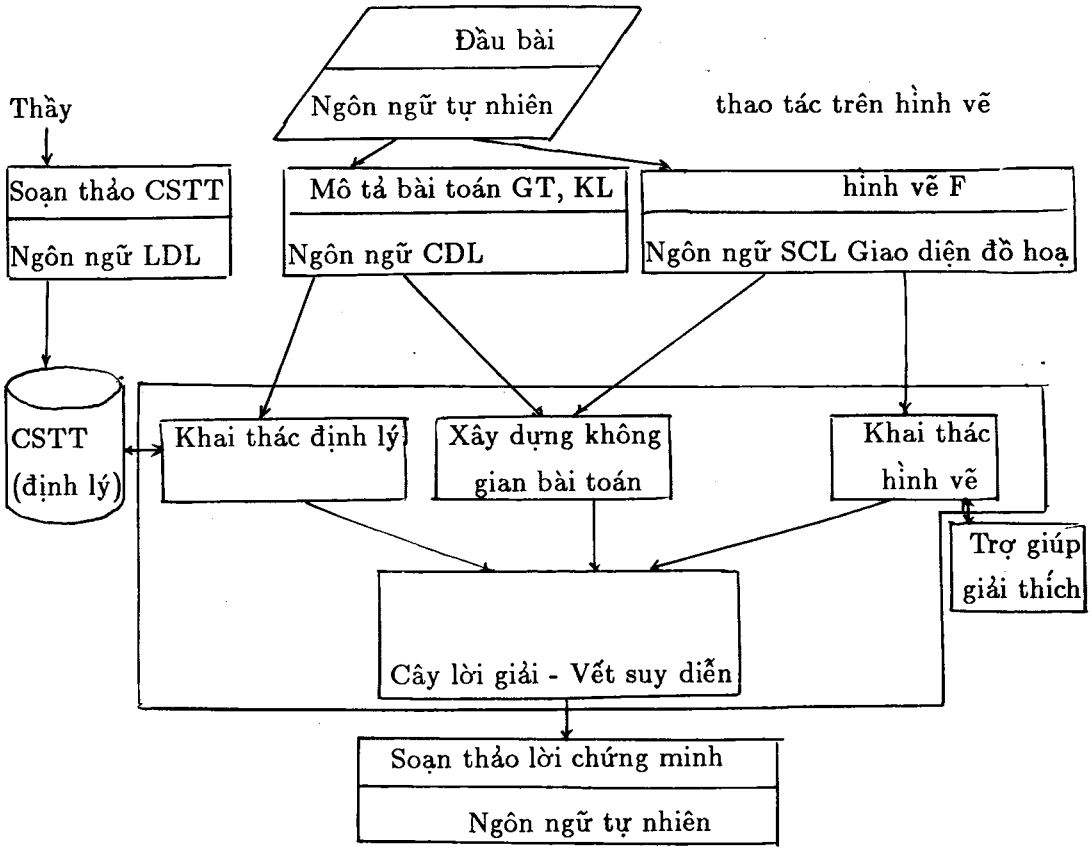
ii) Thao tác trên hình, khám phá các đặc trưng của hình (Carbi, Calques)

iii) Khai thác hình vẽ để trợ giúp chứng minh (DEFI)

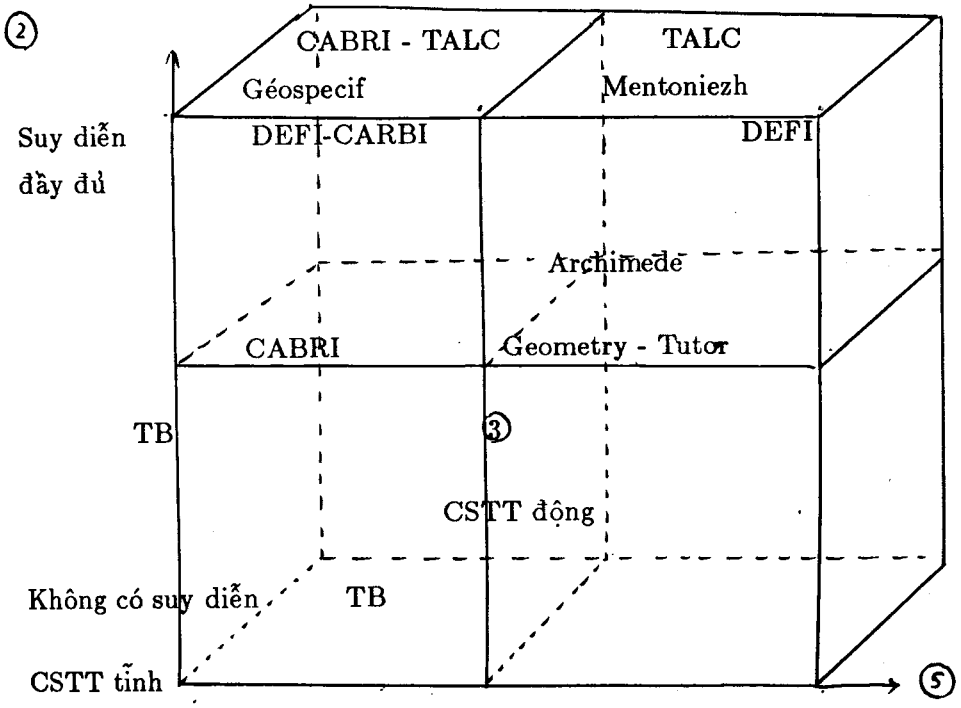
iv) Khai thác các định lý để trợ giúp chứng minh (Mentoniezh)

v) Xây dựng đồ thị lời giải, tạo suy diễn (CHYPRE)

vi) Soạn thảo lời chứng minh



Phân lớp các PMDH theo 3 tiêu chuẩn 2,3,5 ta có hình vẽ sau



Không định hướng tới bài toán cụ thể	TB	Rất chú ý đến bài toán cụ thể

Các ngôn ngữ mô tả:

LDL (Logical Description Language)

CLD (Classroom Description Language)

FCL (Figure Construction Language)

SCL (Student Construction Language)

đóng vai trò khá quan trọng trong thiết kế các phần mềm dạy học hình học. Người ta phân chia các PMDHTM về hình học theo các tiêu chuẩn

1- Các phần mềm vi thế giới / dạy kèm

2- Có suy diễn đầy đủ / không đầy đủ

3- Cơ sở tri thức tĩnh / động

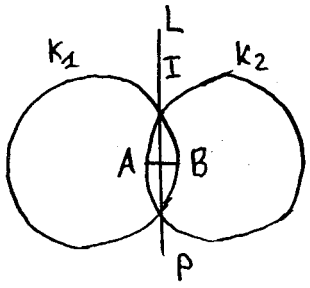
4- Có thể / không thể phát hiện và sửa lỗi cho học sinh

5- Định hướng / không định hướng tới bài toán cụ thể

II. DỰNG HÌNH VÀ CÁC NGÔN NGỮ MÔ TẢ SCL, CDL

Sau khi đọc đầu bài, học sinh sử dụng giao diện đồ hoạ để thực hiện các phép dựng hình quen thuộc, dựa trên cơ sở thước và compas. Trong số các sản phẩm hiện có, Carbi được coi như một sản phẩm tiêu biểu. Đặc tính cơ bản của hệ là cho phép học sinh trực tiếp thao tác trên các đối tượng hình học. Carbi cho phép tạo các đối tượng hình học cơ bản (*) (điểm, đường thẳng, đường tròn) và các đối tương dẫn xuất: đoạn thẳng qua hai điểm, tam giác, đường tròn xác định qua tâm, bán kính, giao điểm hai hình, điểm giữa, đường song song, đường trung trực, đường vuông góc, tâm đường tròn, điểm đối xứng, đường phân giác (***). Những thao tác khác có thể là: xác định vị trí điểm, đặt điểm trên một đối tượng (**). Trong Carbi, mỗi đối tượng hình học được gắn với một bậc tự do: các đối tượng (*) (**) (***) có bậc tự do 2,1,0 tương ứng. Ở đây bậc tự do được hiểu như một khả năng di chuyển trên màn hình đồ hoạ. Ngoài ra, các đối tượng hình học có thể được đặt tên một cách tường minh, ngược lại hệ sẽ gắn cho các đối tương được xây dựng một tên giả định nào đó.

Trong quá trình dựng hình, tập các đối tượng và quan hệ logic giữa chúng được thể hiện dưới dạng văn bản bằng ngôn ngữ mô tả dựng hình FCL (Figure Construction Language). Trong FCL có 31 mệnh đề khác nhau để thể hiện các phép dựng hình [4,7].



Ví dụ 1: Mô tả quá trình xây dựng đường trung trực L của đoạn thẳng AB bằng FCL như sau:

A là một điểm nào đó
B là một điểm nào đó
Đoạn thẳng [AB]
K1 đường tròn tâm A đi qua B
K2 đường tròn tâm B đi qua A
I giao điểm của K1 và K2
P giao điểm của K1 và K2 (I là một điểm khác)
L là đường thẳng qua I và P.

Nếu chỉ quan tâm đến quan hệ logic giữa các đối tượng hình học, một số phát biểu trong ngôn ngữ FCL sẽ không được thể hiện trong ngôn ngữ SCL (Student Construction Language). Ngôn ngữ SCL dùng các kí pháp toán học để diễn đạt các mô tả, khá gần gũi với người sử dụng. Tổng cộng có 27 kí pháp khác nhau [4,7]. Cần chú ý là có những thao tác dựng hình không thể diễn đạt trực tiếp sang ngôn ngữ SCL.

Ví dụ 2: Mô tả L đường trung trực của đoạn thẳng đi qua A và B (ngôn ngữ FCL) được diễn tả thành.

1. $L!-(AB)$
   $I \in L$
   $I \in (AB)$
   / AI / = / IB /
2. I ∈ L
   P ∈ L
   / AI / = / BI /
   / AP / = / BP /

trong ngôn ngữ SCL.

Các đòi hỏi đối với thao tác dựng hình (FCL)

- Các thao tác chỉ chấp nhận trên cơ sở phép dựng cơ bản dựa vào thước và compass. Các đối tượng phải tồn tại theo nghiã có một thủ tục xác định cho phép dựng hình sau một số hữu hạn lần áp dụng các thao tác cơ bản. Người ta gọi là cách tiếp cận thủ tục.

- Không được phép dựng hai lần cùng 1 đối tượng.

Ngôn ngữ CDL được thiết kế sao cho gần gũi với các mô tả trong các tài liệu sách giáo khoa. Về cơ bản các mô tả trong ngôn ngữ SCL tương tự như trong ngôn ngữ CDL, song trong một vài trường hợp có thể sai khác chút ít.

Ví dụ 3. Hai thao tác

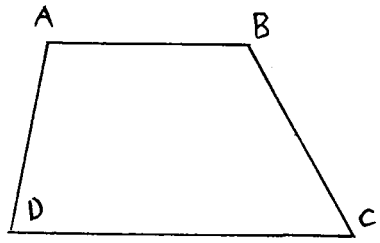
- Dựng A như là trung điểm của đoạn thẳng BC

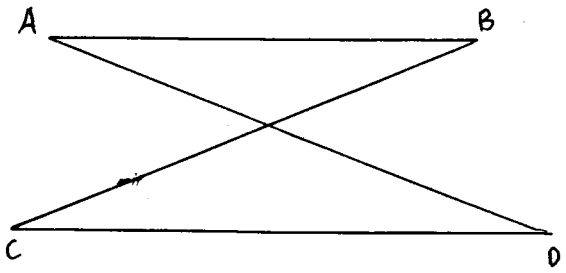
- Dựng A như là điểm giữa của 2 điểm B và C

tương ứng với cùng một mô tảA $\in$ (BC), / AB/ = /AC /

Ngược lại, cùng một mô tả trong CDL có thể đưa tới các phép dựng khác nhau

Ví dụ 4: Mô tả (AB) // (CD) không đủ diễn tả mong muốn xây dựng một hình thang ABCD, vì ở đây ngầm định tứ giác ABDC là lồi.





Các đặc điểm cơ bản của ngôn ngữ SCL, CDL như sau:

- Là ngôn ngữ loại mô tả, cho phép diễn đạt các quan hệ logic giữa các đối tượng, mà không cần quan tâm tới các thứ tự dựng các đối tượng (đối lập với ngôn ngữ thủ tục FCL)

- Cho phép sử dụng các đặc tả kiểu đối tượng không tường minh

- Cho phép ngầm định các đối tượng không tường minh

- Mô tả chỉ cho phép 1 đối tượng tương ứng duy nhất (ràng buộc trong hình học Euclid).

III. NGÔN NGỮ MÔ TẢ LOGIC LDL

Mục tiêu cơ bản khi xây dựng ngôn ngữ LDL là tạo lập các công cụ mô tả cơ sở tri thức trong các hệ suy diễn. Mặt khác, LDL còn là cơ sở để xác định những thỏa thuận (didactic contract) giữa thầy và trò trong các bài toán dựng hình và chứng minh. Nếu như các mô tả trong ngôn ngữ SCL, CDL khá trực quan để đảm bảo mức độ thân thiện giữa người sử dụng (thầy giáo và học sinh) và hệ thống, thì ngược lại các mô tả trong ngôn ngữ LDL nhằm mục đích thể hiện các đặc tả logic một cách hình thức để thực hiện các suy diễn trên đó/. LDL là ngôn ngữ vị từ cấp một, có thể mô tả hầu hết các định lý và các tính chất hình học cơ bản, trên cơ sở đó xây dựng các CSTT khác nhau. Trong hệ trợ giúp chứng minh bài toán hình học, CSTT thể hiện trí thức của thầy, ngược lại trong các hệ trợ giúp vẽ và kiểm chứng hình vẽ, CSTT lại thể hiện tri thức giả định của học trò.

LDL bao gồm các vị từ chia làm hai loại:

- Các vị từ kiểu, loại của các đối tượng hình học
- Các vị từ tính chất, thể hiện quan hệ hình học giữa các đối tượng.

Chẳng hạn, trong một số ứng dụng đơn giản có thể thiết kế các mô tả trong LDL bao gồm 24 vị từ sau:

điem (p), đương (1), nua đuo ng (h,p,l), đoạn (s,p_1, p_2, l), đg tron (c,p,d), kcach (d), thuoc đg (p,l), thuoc nđ (p,h), thuoc đn (p,s), thuoc tr (p,c), ssong (l_1, l_2), nguoc (h_1, h_2), cung (h_1, h_2), kc điem (d, p_1, p_2), nho hon (d_1, d_2) nua (d_1, d_2), tong (d, d_1, d_2) bang đm (p_1, p_2), bang đg (d_1, l_2), bang nđ (h_1, h_2), bang (s_1, s_2), bang tr (c_1, c_2), bang kc (d_1, d_2).

Ví dụ 5. Mô tả trong LDL của hình vẽ trong ví dụ 1 là:

điem (A), điem (B), đoan (S), thuoc đn (A,S), thuoc đn (B,S), đg tron (C_1, A, d_1), kc điem (d_1, A, B) đg tron (C_2, B, d_2), kc điem (d_2, B, A), thuoc tr (I, C_1), thuoc tr (P, C_2), thuoc tr (P, C_2), đương (L), thuoc đg (P,L).

IV. HỆ TRỢ GIÚP KIỂM TRA TÍNH ĐÚNG ĐẮN CỦA HÌNH VẼ

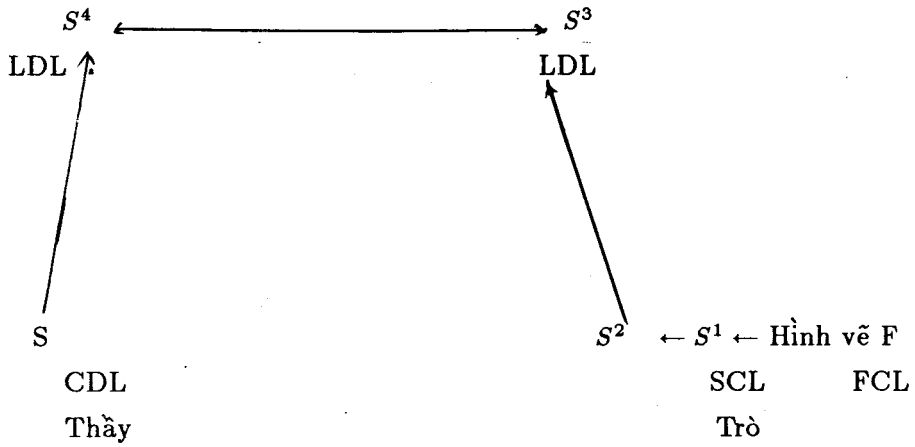
4.1. Đặt bài toán

Có hai cách tiếp cận tới bài toán dựng hình:

- Cách tiếp cận thủ tục: Học sinh vẽ ra hình (F) nào đó, sau khi đọc xong đầu bài. Sau đó hệ sẽ kiểm tra xem hình vẽ có thỏa mãn các mô tả S về các đối tương có trong đầu bài hay không. Điều này là cần thiết, vì các quan hệ giữa các đối tượng trong hình vẽ sẽ là cơ sở để trợ giúp chứng minh dựa theo hình vẽ (xem phần 5).

- Cách tiếp cận khai báo: Trên cơ sở mô tả S (ngôn ngữ CDL), hệ thống sẽ tự động dựng ra hình F thỏa mãn các tập ràng buộc trong S.

Để kiểm tra tính đúng đắn của quá trình dựng hình, ta làm như sau:



Các vấn đề khác đặt ra:

- Dịch từ các thao tác dựng hình thành các phát biểu trong ngôn ngữ FCL
- Dịch các phát biểu trong FCL sang ngôn ngữ SCL. Các phát biểu trong SCL chia thành hai phần:

Phần khai báo (+) và phần quan hệ logic (++).

Cần lưu ý là khi dịch chuyển các đối tượng loại (**) nhờ sử dụng chuột, các ràng buộc (++) bất biến, đó cũng chính là cơ sở để phát hiện quỹ tích của một điểm nào đó.

- Dịch các mô tả trong SCL của trò và CDL của thầy sang các biểu thức S^3 và S^4 tương ứng.
- Xác định sự tương đương giữa S^4 và S^3 dựa trên CSTT giả định về các tri thức của học trò GEO, nghiã là:

$$GEO \Rightarrow (S^4 \Leftrightarrow S^3). \tag{4.1}$$

Phát biểu (4.1) chỉ ra rằng nhờ sử dụng các định lý trong GEO, xuất phát từ S^4 có thể suy ra S^3 và ngược lại.

4.2. Xây dựng CSTT GEO phục vụ kiểm chứng đúng đắn của hình vẽ

Các tiên đề, định lý, tính chất hình học trong GEO được biểu diễn bởi các luật suy diễn trong LDL dưới dạng chuẩn Horn như sau:

$$p_1(x,...) \wedge p_2(y,...) \wedge ... \wedge p_n(z,...) \Rightarrow q(u,...)$$

ở đây p_i, q là các vị từ logic (xem phần 3), thỏa mãn các điều kiện:

- p_i, q chỉ chứa các biến gắn với lượng từ mọi, không chứa kí hiệu hàm.
- Mọi p_i, q đều ở dạng khẳng định.
- Trường hợp gặp dạng phủ định $\neg p(...)$ thì ta dùng dạng non -p(...).

CSTT GEO chia thành 5 modul lớn:

A. Các tiên đề, định lý về sự bằng nhau của các đối tượng hình học.

A.1. Các điểm đồng nhất	: 10 luật
A.2. Các đường thẳng đồng nhất	: 5 luật
A.3. Các nửa đường thẳng đồng nhất	: 1 luật
A.4. Các đoạn thẳng đồng nhất	: 2 luật
A.5. Các đường tròn đồng nhất	: 1 luật
A.6. Các khỏang cách bằng nhau	: 4 luật

B. Các tiên đề, định lý về hướng

B1. Trùng hướng	: 7 luật
B2. Khác hướng	: 1 luật

C. Các tiên đềvề sự thuộc.

C.1. Thuộc đường thẳng	: 4 luật
C.2. Thuộc nửa đường thẳng	: 3 luật
C.3. Thuộc đường thẳng	: 3 luật
C.4. Thuộc đường tròn	: 1 luật

D. Các tiên đề, định lý về đường thẳng thẳng.

D.1. Song song	: 5 luật
D.2. Vuông góc	: 6 luật

E. Các tiên đề, định lý về khoảng cách.

E.1. Nửa khoảng cách	: 2 luật
E.2. Khoảng cách bé hơn	: 6 luật
E.3. Khoảng cách giữa hai điểm	: 4 luật
E.4. Tổng khoảng cách	: 2 luật

V. HỆ TRỢ GIÚP CHỨNG MINH BÀI TOÁN HÌNH HỌC LỚP 9

5.1. Đặt bài toán suy diễn

Mục đích cơ bản khi xây dựng các hệ trợ giúp chứng minh bài toán hình học là: trên cơ sở mô tả GT, KL và CSTT bao gồm các định lý, tính chất hình học ở cấp học nào đó, hệ sẽ giúp học sinh tìm ra cách chứng minh KL (vết suy diễn) xuất phát từ GT.

Hai cách tiếp cận:

- Trợ giúp chứng minh từng bước:
  + Khai thác từng định lý
  + Khai thác từng bộ phận hình vẽ (hướng bài toán)
- Trợ giúp chứng minh trọn gói.

5.2. Xây dựng CSTT THEOR trợ giúp chứng minh bài toán hình học lớp 9

CSTT THEOR được phân chia theo các chủ đề sau

1, Điểm thuộc đường thẳng	7, Hình bình hành
2, Điểm thuộc đường tròn	8, Hình chữ nhật
3, Ba điểm thẳng hàng	9, Hình thoi
4, Điểm giữa	10, Tam giác vuông
5, Song song	11, Tam giác cân
6, Vuông góc	12, Đường trung trực

Ở giai đoạn thử nghiệm, THEOR gồm 49 luật. Cần chú ý là các định lý liên quan tới các yếu tố như góc... chưa được đề cập đến.

Ví dụ 6. Định lý đường trung bình TR điểm (U,XY) $\wedge$ trung điểm (V,XZ) $\rightarrow$ ssong (UV,YZ).

VI. HỆ TRỢ GIÚP GIẢI BÀI TOÁN HÌNH HỌC LỚP 6

Hình học lớp 6 cung cấp những kiến thức cơ sở đầu tiên cho học sinh phổ thông. Các kiến thức này tạo nền tảng vững chắc để học sinh phát triển tư duy trong các suy luận hình học ở các lớp sau. Các chủ đề được đề cập là: điểm, đoạn thẳng và đường thẳng. Đã thử nghiệm 28 vị từ khác nhau thể hiện các đối tượng: Điểm, đoạn thẳng đường thẳng và các tính chất: thuộc, duy nhất và phép so sánh. Tập luật gồm 14 luật cơ bản được lấy từ sách giáo khoa hình học lớp 6, ngoài ra còn có 25 luật khác diễn tả các tính chất hình học bổ trợ.

Ví dụ 7. Phát biểu:

Nếu hai điểm A, B nằm trên tia Ox và OB < AB thì điểm B nằm trong đoạn OA. Được diễn tả thành:

nuaduong (h,o,l) thuocnđ(A,h) ∧ nho (OB,AB) ⇒ thuocnđ(B,OA).

VII. CÀI ĐẶT THỬ NGHIỆM VÀ ĐÁNH GIÁ

Các ngôn ngữ mô tả FCL, SCL, CDL có thể xem như là bộ phận cấu thành trong các giao diện với người sử dụng, trong khi đó LDL gắn chặt với biểu diễn các luật trong CSTT. Một số tính chất hình học như tính lồi của tứ giác, điểm nằm trong tam giác, 2 điểm nằm trong tam giác, 2 điểm nằm cùng một phía của đường thẳng... không thể tường minh hoá được bằng mô tả SCL, CDL và LDL.

Đã tiến hành thử nghiệm hệ trợ giúp chứng minh bài toán hình học bằng ngôn ngữ C++, Borland version 3.1 cho kết quả tốt.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

1. R. Allen, P. Nicolas & L. Trilling, *Figure correctness in an expert System for teaching geometry,* Proceed. of the Canadian Society for Comput. Studies of Intelligence, Ottawa, 22-25th May, 1990, 154-160.
2. F. Bellemain, *Conception, réalisation et expérimentation d'un logiciel d'aide à l'einseigment de la géometrie,* Carbie - géometrie, thése de doctorat de l'Université de Joseph Fourier, Grenoble 1992.
3. P. Bernat, *CHYPRE: pour une aide au raisonnement non linéaire basée sur la pregnance,* 3es journées EIAO, ENS de Cachan, Baron M., Gras R., Nicaud J-F., Eds, Eryolles, 1993.
4. C. Desmoulins, *Etude et réalisation d'un systeme tuteur pour la construction de figures géometrigues,* Thèse de doctorat de l'Université de Joseph Fourier, Grenoble, 1994.
5. D. Py, *Mentoniezh, a geometry ITS for figure drawing and proof setting,* J. of AI in Education, V. 1, 1990, 41-56.
6. Nguyễn Thanh Thủy, *Phần mềm dạy học thông minh và trí tuệ nhân tạo: những vấn đề đặt ra khi giải bài toán hình học,* Hội thảo cải cách giảng dạy toán học trong bối cảnh cuộc cách mạng công nghệ thông tin, Hà nội 8-9/9 1995, 85-93.
7. Nguyen Thanh Thuy, *Conception et réalisation d'un environement pour la résolution de problèmes de géometrie,* Rapport technique, LGI, IMAG, Grenoble, 1994.

8. Nguyen Thanh Thuy, *Diagnostic des erreurs de l'éleve au travers de l'usage de logiciels de géometrie*, Colloque Intern. "Didactique des disciplines scientifiques et formation des enseignants, Hochiminh ville, 20-24 Février 1995, 24-29.

Khoa công nghệ thông tin
Trường Đại học bách khoa Hà nội

Nhận ngày 12, 10 1995