

DUY TRÌ CÁC RÀNG BUỘC ĐẲNG THỨC VÀ BẤT ĐẲNG THỨC CỦA CÁC ĐỘ DÀI ĐOẠN THẲNG TRONG BẢN VẼ CỦA AUTOCAD

MAINTAINING EQUALITY AND INEQUALITY CONSTRAINTS ON LINE SEGMENT LENGTHS IN AUTOCAD DRAWINGS

Phạm Tuấn Anh

Trường Cơ khí, Đại học Bách khoa Hà Nội

Email: anh.phamtuan@hust.edu.vn

TÓM TẮT

Bài báo phát triển việc sử dụng các ràng buộc hình học trong bản vẽ được tạo bởi phần mềm AutoCAD. Trong bài báo, một ràng buộc hai hướng được hiểu là ràng buộc giữa các biến mà khi một biến bất kỳ trong số đó thay đổi thì các biến còn lại sẽ tự động được AutoCAD điều chỉnh để duy trì ràng buộc đó.

Để tạo ra ràng buộc hai hướng dạng đẳng thức hoặc bất đẳng thức giữa các độ dài đoạn thẳng, trong [2] đã xây dựng phương pháp tạo các block cơ sở. Mỗi block cơ sở chứa một hình phẳng mà thực hiện được một ràng buộc nhất định giữa các độ dài của một số đoạn thẳng. Có thể lập các lệnh bổ sung cho AutoCAD cho phép nhập hệ thức lượng phức tạp, tự động phân tích để từ đó chèn các block cơ sở cần thiết, phân rã kết quả và gán các ràng buộc bổ sung để đảm bảo duy trì được hệ thức lượng nhập vào như một ràng buộc hai hướng của các đoạn thẳng.

Bài báo trình bày việc cải tiến cấu trúc của block cơ sở, phân tích đặc điểm các ràng buộc bên trong một số block cơ sở và bổ sung thêm các block cơ sở mới để việc tạo ràng buộc phức tạp được chính xác, nhanh gọn, thuận tiện hơn.

Từ khóa: AutoCAD; Ràng buộc hình học; Ràng buộc kích thước; Ràng buộc hai hướng; Ràng buộc đơn hướng; Hình cơ sở; Ràng buộc cơ sở.

ABSTRACT

This paper further develops the use of geometric constraints in drawings created with AutoCAD. In this paper, a bidirectional constraint is defined as a constraint among variables such that when any one of these variables changes, the remaining variables are automatically adjusted by AutoCAD so as to maintain the constraint.

To establish bidirectional equality or inequality constraints among line segment lengths, a method for constructing basic blocks was developed in [2]. Each basic block contains a planar figure capable of enforcing a specific constraint among the lengths of several line segments. Additional commands can be created for AutoCAD to allow users to input complex length relations,

automatically analyze them, insert the required basic blocks, decompose the obtained result, and assign supplementary constraints so that the entered relations are maintained as bidirectional constraints among the line segments.

This paper presents improvements to the structure of the basic blocks, analyzes the characteristics of the internal constraints in several basic blocks, and introduces new basic blocks so that the creation of complex constraints becomes more accurate, faster, and more efficient.

Keywords: AutoCAD; Geometric constraints; Dimensional constraints; Bidirectional constraints; Unidirectional constraints; Basic figures; Basic constraints.

1. GIỚI THIỆU

AutoCAD là phần mềm CAD nổi tiếng và được sử dụng rộng rãi trong nhiều lĩnh vực. AutoCAD được tích hợp các tính năng tham số ở mức độ nhất định, có khả năng tạo và quản lý các ràng buộc một cách trực tiếp trong không gian hai chiều (xem [1]). AutoCAD cho phép gán một số kiểu ràng buộc hình học như “Equal”, “Coincident”, “Parallel”,... và một số ràng buộc kích thước (thuật ngữ dùng trong AutoCAD). Khi đã dùng chức năng ràng buộc kích thước để áp đặt độ dài d_1 của một đoạn thẳng phải nhận giá trị là một hàm số có biểu thức xác định của các độ dài khác là d_2, d_3, d_4 (thực chất là gán một biểu thức chứa các tham số) thì nói chung không thể tự chọn giá trị mới cho d_1 và buộc AutoCAD hiệu chỉnh d_2, d_3, d_4 để duy trì quan hệ hàm số đã đặt ra. Trong bài báo này, ràng buộc kích thước kiểu như vậy được xếp vào loại ràng buộc đơn hướng. Trong [2] đã xây dựng phương pháp tạo ràng buộc hai hướng mà quy định hệ thức lượng không chỉ có dạng đẳng thức mà có thể là bất đẳng thức giữa các độ dài đoạn thẳng. Ràng buộc hai hướng, ở đây được hiểu là ràng buộc giữa các biến mà khi một biến bất kỳ trong số đó thay đổi thì các biến còn lại tham gia ràng buộc sẽ tự động được AutoCAD xác định lại để duy trì ràng buộc đó (nếu tìm được nghiệm).

2. NỘI DUNG CHÍNH CỦA PHƯƠNG PHÁP TẠO RÀNG BUỘC

Mục này sẽ tóm tắt một số khái niệm và kết quả đã được nói đến trong [2]. Trong bản vẽ của AutoCAD, nếu tạo ra được hình phẳng Φ thích hợp, sẽ được gọi là hình cơ sở, mà các tính chất của Φ luôn đảm bảo một mối quan hệ Ω nào đó có dạng đẳng thức hoặc bất đẳng thức của một số độ dài đoạn thẳng thì sau đó có thể gán thêm các ràng buộc hình học loại “Equal” giữa các đoạn thẳng thuộc Φ (chỉ dùng các đối tượng Line) và các đoạn thẳng khác (cũng chỉ dùng các đối tượng Line) trong bản vẽ thì sẽ đảm bảo được quan hệ Ω giữa các độ dài đoạn thẳng không thuộc hình Φ mà Ω có cùng dạng với Ω . Khi hiệu chỉnh các đối tượng của bản vẽ thì AutoCAD tự động tìm một nghiệm hình để thỏa mãn quan hệ Ω nếu có tồn tại nghiệm và năng lực của bộ giải ràng buộc trong AutoCAD có thể tìm được nghiệm đó. Như vậy, Ω là một ràng buộc hai hướng, được gọi là ràng buộc cơ sở. Nhờ những ràng buộc như vậy mà có thể cố định một số yêu cầu khi thiết kế hình học mà vẫn điều chỉnh được các hình phác nhằm tạo nhiều phương án thiết kế để đánh giá và lựa chọn. Các hình cơ sở được vẽ từ trước, rồi tạo thành các block, được gọi là các block cơ sở, được lưu trong các tệp riêng biệt đặt trong một thư mục mặc định.



Trong [2], tác giả đề xuất việc lập các hàm cơ sở thực hiện việc chèn một block cơ sở vào bản vẽ thành block reference, sau đó phân rã block reference đó để tạo ra hình cơ sở Φ tương ứng, tiếp theo sẽ gán ràng buộc bổ sung cho các đối tượng của hình cơ sở Φ với các đối tượng khác đã được chọn để tạo ra ràng buộc hai hướng . Hàm cơ sở có thể trả về handle của một đối tượng.

Có thể lập lệnh bổ sung cho AutoCAD, cho phép người dùng nhập chuỗi mô tả ràng buộc phức tạp là một hệ gồm các đẳng thức hoặc bất đẳng thức của các độ dài đoạn thẳng và nhập các đối tượng Line tương ứng có các độ dài đó. Chương trình sẽ phân tích và tạo ra lời gọi hàm lồng nhau của các hàm cơ sở mà kết quả trả về của hàm này có thể là đối số của hàm khác, từ đó sẽ thực hiện được những ràng buộc phức tạp hơn nữa từ những ràng buộc cơ sở.

Chuỗi mô tả của ràng buộc được viết theo quy tắc dấu ngoặc, tương tự như biểu thức trong ngôn ngữ AutoLisp:

“(<Tên_ràng_buộc_cơ_sở> <Đối_số_1> <Đối_số_2> ...)”

Trong trường hợp phức tạp thì một đối số được thay bằng một chuỗi mô tả khác, nghĩa là các cặp dấu ngoặc có thể lồng nhau.

Tất nhiên, việc tìm nghiệm còn phụ thuộc năng lực của bộ giải. Nếu d_1 là một trong các biến tham gia quan hệ  thì nói chung, khi hiệu chỉnh d_1 , các biến còn lại sẽ được tự động hiệu chỉnh theo để nghiệm đúng . Như vậy là đã tạo được một ràng buộc hai hướng.

Có 2 trường hợp đặc biệt: Khi có đối số không được dùng đến thì nó được thay bằng nil (xem ở một ví dụ bên dưới), có đối số có thể

được ghi thay bằng hằng số (nếu muốn). Ngoài hai trường hợp đó thì các đối số còn lại được ghi là $p_1, p_2, p_3, \dots$ theo thứ tự từ trái sang phải trong chuỗi mô tả của ràng buộc, tương ứng với các đối tượng $\bar{p}_1, \bar{p}_2, \bar{p}_3 \dots$ là các đối tượng Line cần được nhập vào mà có các độ dài tương ứng là $p_1, p_2, p_3, \dots$.

Các ví dụ:

- Chuỗi “(+ p1 p2 p3)” tương ứng với ràng buộc $p_1 = p_2 + p_3$;

- Chuỗi “(<= p1 (+ nil p2 p3))” tương ứng với ràng buộc $p_1 \leq p_2 + p_3$.

Ở đây, có một đối số được thay bằng nil vì người dùng không cần nhập đối tượng Line nào để buộc nó có độ dài bằng $p_2 + p_3$ mà chương trình sẽ lấy một đối tượng trong hình cơ sở của ràng buộc “+” mà có độ dài bằng như vậy để tham gia vào ràng buộc “<=”.

Một vài ràng buộc cơ sở đã được đề xuất trong [2] (bảng 1):

Bảng 1. Một số ràng buộc cơ sở

Tên ràng buộc cơ sở	Quan hệ của các độ dài đoạn thẳng
“<=”	$a \leq b$
“>=”	$a \geq b$
“+”	$a = b + c$
“-”	$a = b - c$
“*/”	$a = \frac{b \cdot c}{d}$
“gm”	$a = \sqrt{b \cdot c}$
“=c”	$a = \lambda$ (λ là hằng số không âm được ghi trong chuỗi mô tả)

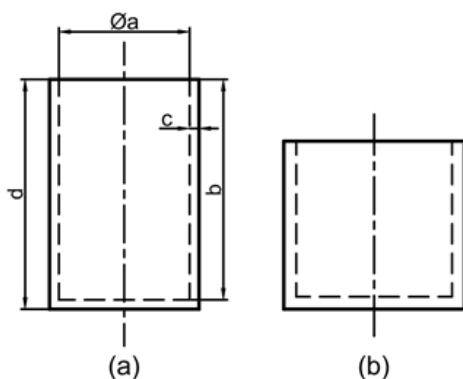
Có thể lập các lệnh bổ sung cho AutoCAD để thực hiện các nhiệm vụ quản lý các ràng buộc về hệ thức lượng mà đã được tạo ra trên bản vẽ, ví dụ như: Tìm các ràng buộc mà một đối tượng tham gia, làm hiển thị nổi bật lần lượt các đối tượng tham gia một ràng buộc, hiển thị chuỗi mô tả của một ràng buộc, xóa một ràng buộc.

3. VÍ DỤ VỀ HỆ RÀNG BUỘC ĐƯỢC GÁN CHO MỘT HÌNH PHẪNG

Xét hình chiếu đứng của một khối rắn tròn xoay có khoang trống lõm xuống ở bên trong dùng để chứa đựng (hình 1). Các kích thước của phác thảo này bị khống chế bởi các điều kiện về miền giá trị, điều kiện thể tích đã xác định của khoang trống đó và đặc điểm về bề dày của vật thể. Hệ ràng buộc được đặt ra là:

$$\begin{cases} 40 \leq a \leq 60 \\ 40 \leq b \leq 75 \\ 2 \leq c \leq 5 \\ d = b + c \\ a^2 \cdot b = 125000 \end{cases}$$

Sau khi gán các ràng buộc này, có thể co giãn hình bằng lệnh STRETCH và có thể gán các kích thước cụ thể để được các phương án khác nhau như ở hình 1, phần a và phần b.



Hình 1. Hai phương án khác nhau của hình chiếu đứng của một khối rắn tròn xoay

4. CẤU TRÚC CỦA BLOCK CƠ SỞ

4.1. Tên của block cơ sở

Tên được đặt thích hợp để gợi nhớ đến ràng buộc mà block đó tạo ra.

4.2. Các loại đối tượng trong block cơ sở

Từ mục này sẽ dùng thuật ngữ “đối tượng giao tiếp” để chỉ những đối tượng Line mà sau khi được đưa vào bản vẽ bằng cách chèn block cơ sở và phân rã kết quả tạo ra thì bản thân những đối tượng Line đó hoặc các đầu mút của chúng sẽ được gán ràng buộc trực tiếp với các đối tượng ở bên ngoài block hoặc được gán thêm kích thước đã nhập vào. Các ràng buộc bổ sung đó được gọi là các ràng buộc ngoài. Các đối tượng còn lại (nếu có) của block được gọi là các đối tượng nội bộ. Các ràng buộc được áp đặt sẵn giữa các đối tượng trong một block được gọi là các ràng buộc trong. Cần chọn ràng buộc trong sao cho chúng vẫn được duy trì sau khi phân rã đối tượng block reference (xem thêm ở [2]) và sau sự phân rã đó thì hình cơ sở tạo ra sẽ thực hiện được ràng buộc cơ sở mong muốn.

Điểm chuẩn chèn của block được chọn là điểm đầu của đối tượng Line đầu tiên trong số các đối tượng giao tiếp.

4.3. Các ký hiệu quy ước

- Tên của các đối tượng của bản vẽ ban đầu, khi chưa gán các ràng buộc: $\bar{a}$, $\bar{b}$, $\bar{c}$, $\bar{d}$, ...;
- Tên của các đối tượng giao tiếp: $\bar{u}$, $\bar{u}_1$, $\bar{u}_2$, $\bar{u}_3$, ...;
- Tên các đối tượng nội bộ: $\bar{t}_1$, $\bar{t}_2$, $\bar{t}_3$, ...;
- Chiều dài của các đối tượng $\bar{a}$, $\bar{u}_i$, $\bar{t}_i$ lần lượt là a , u_i , t_i (đều là các số không âm);
- Handle của đối tượng $\bar{a}$ là h_a ;
- Handle của đối tượng $\bar{u}_i$ là h_{ui} .



4.4. Nhận biết loại đối tượng bằng tên của layer

- Các đối tượng giao tiếp được đặt trên các layer có tên bắt đầu bằng “ex_”, cụ thể là $\bar{u}_1, \bar{u}_2, \bar{u}_3, \dots$ theo thứ tự được đặt trên các layer “ex_1”, “ex_2”, “ex_3”, Nhờ đó, chương trình dễ dàng tìm ra các đối tượng và số thứ tự của chúng để gán bổ sung các ràng buộc ngoài.

- Các đối tượng nội bộ của block cơ sở đã được gán sẵn các ràng buộc trong (nếu cần) và sau này không cần gán thêm ràng buộc trực tiếp nào nữa. Toàn bộ chúng sẽ được đặt trên cùng một layer có tên “in_”, hoặc đặt trên một vài layer nếu muốn phân loại tỷ mỉ hơn trong quá trình dựng hình cơ sở, dựng xong rồi thì có thể chuyển hết về một layer, chứ không bắt buộc đặt mỗi đối tượng trên một layer riêng.

5. CỤ THỂ HÓA CÁC RÀNG BUỘC NGOÀI VÀ RÀNG BUỘC TRONG

5.1. Các ràng buộc ngoài

Sau khi chương trình đã chèn block cơ sở rồi phân rã đối tượng block reference được tạo ra thì đối tượng giao tiếp sẽ được gán ràng buộc ngoài thuộc một trong hai dạng: $u = a$ (dùng ràng buộc “Equal” của AutoCAD) và $u = \lambda$ (dùng ràng buộc kích thước “Aligned” của AutoCAD) với λ là hằng số được ghi trên chuỗi mô tả ràng buộc thay cho tên biến).

Ví dụ: Chuỗi mô tả “(+ p1 p2 15.5)” tương ứng với ràng buộc $p1 = p2 + 15.5$.

5.2. Các ràng buộc trong

Khi mô tả sơ bộ một block cơ sở thì có thể liệt kê các ràng buộc trong quan trọng nhất ở dạng các quan hệ hình học khá chung, nhưng sau đó để lập trình được thì cần cụ thể hóa bằng các ràng buộc sẵn có của AutoCAD. Có những

hình cơ sở chỉ cho phép biến nhận giá trị dương thực sự, khi đó có thể cải tiến hoặc thay thế hình để chấp nhận khả năng tìm nghiệm với giá trị suy biến bằng 0 của các biến. Có hai trường hợp cụ thể khá đặc biệt được mô tả ở các mục 5.2.1 và 5.2.2 dưới đây.

*** Ghi chú:** Trong các hình vẽ từ mục này về sau, ngoài các đối tượng chính (bằng nét đậm) còn có các ký hiệu để giải thích bổ sung như là: Dấu vuông góc (bằng nét mảnh hơn), kích thước chiều dài mỗi đoạn thẳng, số đo của các góc.

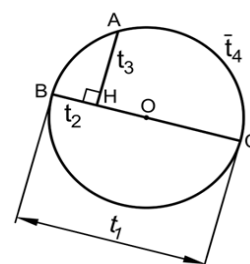
5.2.1. Quan hệ thứ tự của các điểm trên một đường thẳng

Quan hệ này cần dùng đến trong nhiều trường hợp. Cấu hình hình học sau đây tuy đơn giản nhưng sẽ tham gia vào các hình cơ sở mới của các mục 5.2.2, 6.2 và 6.3 ở sau, đem lại những ưu điểm mới.

Để buộc điểm H thuộc đoạn thẳng BC (có thể trùng với đầu mút của đoạn thẳng nhưng không nằm trên phần kéo dài của đoạn thẳng đó) thì dùng hình sau đây (hình 2) với các ràng buộc như sau:

- $\bar{t}_3 \perp \bar{t}_2$

- Dùng các ràng buộc “Coincident” để quy định tâm O của đường tròn $\bar{t}_4$ và đầu mút H của $\bar{t}_2$ phải nằm trên đường thẳng BC, quy định các điểm A, B, C thuộc đường tròn $\bar{t}_4$, quy định sự chung đầu mút của các cặp đoạn thẳng thích hợp.

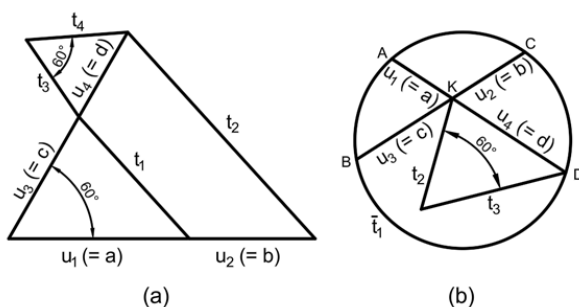


Hình 2. Quy định điểm H thuộc đoạn thẳng BC

Có những nghiệm hình mà các biến t_1 hoặc t_2 hoặc t_3 có thể nhận giá trị bằng 0. Có thể dùng lặp lại hình này khi cần xét nhiều điểm trên một đường thẳng (xem mục 6.2).

5.2.2. Quan hệ song song của hai đường thẳng lần lượt chứa hai đối tượng Line

Khi tạo hình cơ sở, để có quan hệ song song của hai đường thẳng lần lượt chứa hai đối tượng Line, nếu dùng ràng buộc “Parallel” thì cần chú ý rằng trong AutoCAD (cụ thể là ở phiên bản AutoCAD 2025), ràng buộc “Parallel” cho phép trường hợp hai đối tượng Line nằm trên cùng một đường thẳng, vì vậy, có lúc cần thêm ràng buộc để ngăn cản khả năng đó xảy ra. Ví dụ hình cơ sở cho ràng buộc $a = \frac{b \cdot c}{d}$ được chi tiết hóa hơn nữa như sau (hình 3, phần a). Quan hệ song song của hai đường thẳng lần lượt chứa $\bar{t}_1$ và $\bar{t}_2$ được thực hiện bằng cách dùng ràng buộc “Parallel”, có bổ sung thêm ràng buộc góc giữa $\bar{u}_1$ và $\bar{u}_3$ bằng 60° và ràng buộc góc giữa $\bar{t}_3$ và $\bar{t}_4$ bằng 60° (dùng ràng buộc kích thước “Angular” của AutoCAD). Hình này có hạn chế là không chấp nhận giá trị $b = 0$. Để khắc phục thì có thể dùng hình cơ sở khác (hình 3 phần b), với các ràng buộc được mô tả chi tiết như sau:



Hình 3. Xây dựng các hình cơ sở của ràng buộc

$$a = \frac{b \cdot c}{d}$$

- Tên ràng buộc: “*/”

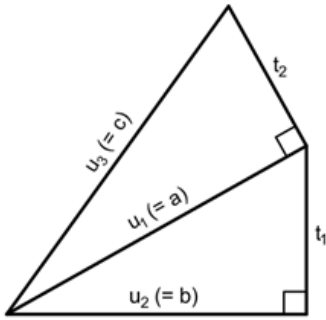
- Chuỗi mô tả của ràng buộc: “(*/ p1 p2 p3 p4)”
- Các đối tượng cần nhập vào: $\bar{a}, \bar{b}, \bar{c}, \bar{d}$ (theo thứ tự tương ứng với các đối số trong chuỗi mô tả).
- Kết quả trả về (của hàm cơ sở): h_{ul}
- Ràng buộc ngoài: $a = u_1, b = u_2, c = u_3, d = u_4$
- Ràng buộc trong:
 - Các ràng buộc “Coincident” quy định các điểm A, B, C, D nằm trên đường tròn $\bar{t}_1$ và quy định sự chung đầu mút của những cặp đoạn thẳng thích hợp.
 - Các ràng buộc “Collinear” áp dụng cho các cặp đoạn thẳng thích hợp, đó là cặp $\bar{u}_1, \bar{u}_4$ và cặp $\bar{u}_2, \bar{u}_3$ nhằm mục đích ép buộc các đoạn thẳng trong một cặp phải nằm trên cùng một đường thẳng.
 - Ràng buộc góc bằng 60° như trên hình vẽ để buộc $u_4 \neq 0$.
 - Cần ghép thêm các hình tương tự như ở mục 5.2.1, với các ràng buộc thích hợp (loại bỏ ràng buộc nào gây tác động trùng lặp với các ràng buộc đã đặt từ trước) để quy định điểm K thuộc các đoạn thẳng AD và BC, chứ không nằm trên phần kéo dài của các đoạn thẳng đó.

6. BỔ SUNG CÁC RÀNG BUỘC CƠ SỞ

Nhiều ràng buộc có hệ thức lượng phức tạp được thực hiện bằng cách gọi các hàm cơ sở lồng nhau, dẫn đến việc chèn và phân rã các block cơ sở, gán các ràng buộc bổ sung giữa các đối tượng giao tiếp của các block cơ sở đó. Do các hệ thức lượng sẵn có trong hình học phẳng rất phong phú cho nên có thể tạo sẵn hình cơ sở cho nhiều ràng buộc phức tạp hay gập, do đó giảm các ràng buộc trung gian, giảm thời gian tính toán và sự tiêu tốn bộ nhớ.

6.1. Ràng buộc bất đẳng thức kép $b \leq a \leq c$ (với a, b, c không âm)

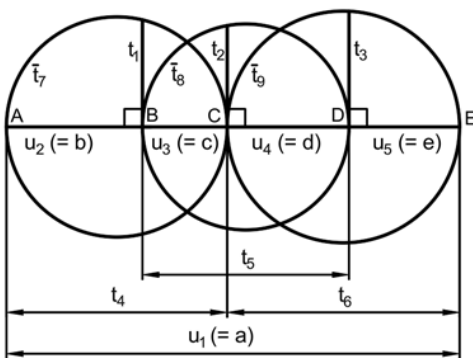




Hình 4. Hình cơ sở của ràng buộc $b \leq a \leq c$

- Tên ràng buộc: “<<”
- Hình cơ sở: Hình 4
- Chuỗi mô tả của ràng buộc: “(<< p1 p2 p3)”
- Các đối tượng cần nhập vào: $\bar{a}, \bar{b}, \bar{c}$ (theo thứ tự tương ứng với các đối số trong chuỗi mô tả).
- Kết quả trả về (của hàm cơ sở): h_{u1}
- Ràng buộc ngoài: $a = u_1, b = u_2, c = u_3$
- Ràng buộc trong:
 - $\bar{u}_1 \perp \bar{t}_2, \bar{u}_2 \perp \bar{t}_1$
 - Một số ràng buộc “Coincident” quy định sự chung đầu mút của những cặp đoạn thẳng thích hợp.

6.2. Ràng buộc $a = b + c + d + e$ (với a, b, c, d, e không âm)



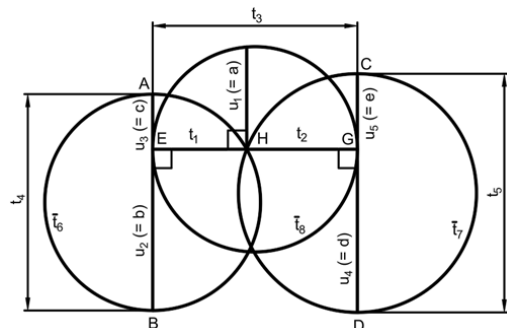
Hình 5. Hình cơ sở của ràng buộc $a = b + c + d + e$

* Ghi chú: Nếu trong số các chiều dài b, c, d, e mà có chiều dài được thay bằng hằng số thì ghi số đó thay cho đối số tương ứng trong chuỗi mô tả và đánh số lại các đối số còn lại

cần nhập vào theo thứ tự từ trái sang phải trong chuỗi mô tả của ràng buộc.

- Tên ràng buộc: “+++”
- Hình cơ sở: Hình 5
- Chuỗi mô tả của ràng buộc: “(+++ p1 p2 p3 p4 p5)”
- Các đối tượng cần nhập vào: $\bar{a}, \bar{b}, \bar{c}, \bar{d}, \bar{e}$ (theo thứ tự tương ứng với các đối số trong chuỗi mô tả).
- Kết quả trả về (của hàm cơ sở): h_{u1}
- Ràng buộc ngoài: $a = u_1, b = u_2, c = u_3, d = u_4, e = u_5$
- Ràng buộc trong:
 - Đối với mỗi đường tròn $\bar{t}_7, \bar{t}_8, \bar{t}_9$ cùng với một số đối tượng ở bên trong mỗi đường tròn đó, cần thiết lập các ràng buộc tương tự như ở mục 5.2.1. Thêm các ràng buộc “Coincident” quy định các điểm trùng nhau khi ghép ba hình. Kết quả là các điểm A, B, C, D, E thẳng hàng và điểm B thuộc đoạn thẳng AC, điểm C thuộc đoạn thẳng BD, điểm D thuộc đoạn thẳng CE. Đường tròn $\bar{t}_7$ có đường kính AC, $\bar{t}_8$ có đường kính BD, $\bar{t}_9$ có đường kính CE.
 - Tạo thêm $\bar{u}_5$ và thêm các ràng buộc “Coincident” quy định sự chung đầu mút của nó với các đối tượng thích hợp.
 - $\bar{u}_1$ là đối tượng Line có hai đầu mút trùng với A và E.

6.3. Ràng buộc $a^4 = b.c.d.e$ (với a, b, c, d, e không âm)



Hình 6. Hình cơ sở của ràng buộc $a^4 = b.c.d.e$

- Tên ràng buộc: “***”
- Hình cơ sở: Hình 6
- Chuỗi mô tả của ràng buộc: “(*** p1 p2 p3 p4 p5)”
- Các đối tượng cần nhập vào: $\bar{a}$, $\bar{b}$, $\bar{c}$, $\bar{d}$, $\bar{e}$ (theo thứ tự tương ứng với các đối số trong chuỗi mô tả).
- Kết quả trả về (của hàm cơ sở): h_{ul}
- Ràng buộc ngoài: $a = u_1$, $b = u_2$, $c = u_3$, $d = u_4$, $e = u_5$
- Ràng buộc trong:
 - Đối với mỗi đường tròn $\bar{t}_6$, $\bar{t}_7$, $\bar{t}_8$ và một số đối tượng ở bên trong mỗi đường tròn đó, cần thiết lập các ràng buộc tương tự như ở mục 5.2.1. Kết quả là điểm E thuộc đoạn thẳng AB, điểm G thuộc đoạn thẳng CD, điểm H thuộc đoạn thẳng EG. Đường tròn $\bar{t}_6$ có đường kính AB, $\bar{t}_7$ có đường kính CD, $\bar{t}_8$ có đường kính EG.
 - Tạo thêm các đối tượng Line $\bar{t}_2$, $\bar{u}_2$, $\bar{u}_4$ và thêm các ràng buộc “Coincident” quy định sự chung đầu mút của chúng với các đối tượng thích hợp.
 - $\bar{t}_3$ là đối tượng Line có hai đầu mút trùng với E và G, $\bar{t}_4$ có hai đầu mút trùng với A và B, $\bar{t}_5$ có hai đầu mút trùng với C và D.

7. THẢO LUẬN VÀ KẾT LUẬN

Phương pháp tạo các hình cơ sở để mô phỏng những hệ thức lượng cơ bản và xây dựng chuỗi mô tả được phiên dịch thành lời, gọi các hàm cơ sở lồng nhau để thực hiện ràng buộc phức tạp hơn sẽ làm tăng tính mô đun, tính linh hoạt của mô hình trong AutoCAD.

Bằng cách tận dụng kho tàng các đẳng thức, bất đẳng thức trong hình học phẳng, có thể làm phong phú thêm cho thư viện các block cơ sở. ❖

Ngày nhận bài: **25/5/2026**

Ngày phản biện: **04/6/2026**

Tài liệu tham khảo:

- [1]. R. Ellis, “A Practical Guide to Parametric Drawing in AutoCAD”. Autodesk University handout, 2024, class AS2503-L, Autodesk, Las Vegas, NV, USA.
- [2]. Pham Tuan Anh, “Enhancing AutoCAD with the Ability to Create Bidirectional Equality and Inequality Constraints on Line Segment Lengths”. International Research Journal of Innovations in Engineering and Technology - IRJIET, 2025, Volume 9, Issue 6, pp. 149-157.
- [3]. B. Bettig and C. M. Hoffmann, “Geometric constraint solving in parametric CAD”. Journal of Computing and Information Science in Engineering, 2011, vol. 11, Issue 2, Art. no. 021001.
- [4]. P. Company, F. Naya, M. Contero and J. D. Camba, “On the role of geometric constraints to support design intent communication and model reusability”. Computer-Aided Design and Applications, 2020, vol. 17, no. 1, pp. 61-76.

