1. **Bài toán tối ưu tiết diện cột chống tạm (Kingpost)**

## 2.1. Xây dựng bài toán tối ưu khung thép sử dụng phân tích trực tiếp

## 2.1.1. Xây dựng dữ liệu đầu vào

## 2.1.1.1. Thông số công trình

Các thông số này liên quan đến việc thiết kế tải trọng tác dụng lên cột chống tạm, dữ liệu công trình cần đưa vào bài toán: chiều cao từ đỉnh cọc khoan nhồi tới sàn tầng 1 (L0), Lực dọc tác dụng lên đỉnh cột (N), Momen tác dụng lên đỉnh cột chống tạm (Mx, My), Lực cắt tác dụng lên cột (V).

## 2.1.1.2. Thông số vật liệu

Trong bài toán tối ưu tiết diện cột chống tạm, thông số vật liệu về mác thép được chọn từ danh mục nhất định phù hợp với các loại thép được sử dụng rộng rãi trên thị trường (SS400, Q345, Q355). Thông số đưa vào bài toán tương ứng với mác thép được chọn bao gồm: Cường độ chịu kéo tính toán (*f)*, cường độ chảy tiêu chuẩn (*fy)*, cường độ kéo đứt tiêu chuẩn (*fu)*, cường độ chịu cắt/trượt (*fv)*,và Modun đàn hồi của thép (E).

## 2.1.2. Bài toán kiểm tra cột chống tạm

## 2.1.2.1. Kiểm tra điều kiện độ mảnh của cột





Trong đó:  là độ mảnh của cột theo phương x; 

 là độ mảnh của cột theo phương y;



*ix* là bán kính quán tính của cột theo phương x; 

*iy* là bán kính quán tính của cột theo phương y; 

 là độ mảnh cho phép cho cột

N là lực dọc tác dụng lên cột

A là tiết diện mặt cắt ngang của cột

*f*  là cường độ chịu kéo tính toán của cột

 là hệ số điều kiện làm việc (=0.95)

## 2.1.2.2. Kiểm tra điều kiện cường độ chịu cắt tính toán

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| τmax = (V.Sx) / (Ix.tw) | ≤ | fv.γc |

## 2.1.2.3. Kiểm tra điều kiện độ bền chịu uốn nén

Trong đó: *A* là diện tích tiết diện cột chống tạm; 

*hw*là chiều cao bản bụng cột;

*tw*là chiều dày bản bụng cột;

*hf* là chiều cao bản cánh cột;

*tf* là chiều dày bản cánh cột.



## 2.1.2.4. Kiểm tra điều kiện ổn định tổng thể cột chịu nén



Trong đó:

Khi : 

Khi : 

Khi : 

 là độ mảnh quy ước, .

## 2.1.3. Các điều kiện rằng buộc

## 2.1.3.1. Tiết diện cọc khoan nhồi

Để đảm bảo cột chống tạm có thể ngàm vào trong cọc khoan nhồi. Cần giới hạn tiết diện trong phạm vi tiết diện cọc và các phụ kiện trong cọc khoan nhồi:



Trong đó: *D* là đường kính cọc khoan nhồi;

*200mm* được lấy theo tiết diện ống siêu âm, khoan rút lõi chiếm chỗ trong tiết diện cọc.

*h* là chiều cao tiết diện cột chống tạm.

## 2.1.3.2. Tiết diện cột thép

Để tiết diện làm việc hiệu quả theo hướng đưa vật liệu ra xa trọng tâm, chiều dày bản cánh tf nên chọn lớn hơ chiều dày bản bụng tw, với các cột thông thường nên chọn:



Để thoả mãn điều kiện ổn định cục bộ của bản cánh nén, tỷ số chiều rộng và chiều dày bản cánh cần thoả mãn điều kiện:



Để ứng suất pháp phân bố đều trên chiều rộng cánh chịu kéo và đảm bảo ổn định cục bộ cho bản cánh chịu nén, nên chọn:



## 2.2. Đề xuất thuật toán tiến hoá vi phân (DE)

Thuật toán tiến hoá vi phân lấy ý tưởng từ tiến hoá trong tự nhiên để chọn lọc được một quần thể tối ưu hoá cho sự sống. Thuật toán dùng kỹ thuật lai ghép, đột biến các cá thể bổ sung vào quần thể có sẵn, sử dụng công cụ chọn lọc tự nhiên sẽ chọn ra được các nhân tố mới có thể thích nghi với môi trường sống và được giữ lại, các nhân tố không thích nghi được sẽ bị loại bỏ. Từ một quần thể ban đầu của dự án với các phương án thực hiện ban đầu và từ từ vận động đến các phương pháp tối ưu về các yếu tố trên sự mô tả thích nghi của quần thể.

Trên cơ sở ý tưởng của thuật toán GA, vào năm 1995, Rainer Storn và Kenneth Price đã hoàn thiện cơ chế đột biến và lai ghép để tạo ra một thuật toán mới tin cậy, hiệu quả hơn. Thêm vào đó, điểm khác biệt lớn nhất của DE so với GA là luôn duy trì và bổ sung một cặp 2 quần thể bao gồm (n\_popsize) cá thể với (m) chiều các tham số thực và đã ứng dụng thành công cho nhiều bài toán tối ưu ở các lĩnh vực khác nhau.

## 2.2.1. Mô tả thuật toán



Hình 1 – Chu trình thuật toán DE

Chu trình tổng quát của thuật toán tiến hoá vi phân được thể hiện trên hình 1, với dạng toán học của bài toán tối ưu được viết như sau:

Tìm giá trị cực tiểu (hoặc cực đại) hàm



Với các điều kiện ràng buộc:

Bài toán đặt ra yêu cầu là tìm tập hợp các biến {xi}; i = 1,…, n thoả mãn các điều kiện ràng buộc đồng thời hàm f(x) đạt giá trị cực tiểu (hoặc cực đại).

Hàm f(x) được gọi là hàm mục tiêu hoặc tiêu chuẩn tối ưu, biểu diễn mối quan hệ giữa tiêu chuẩn chất lượng của quá trình khảo sát và các biến độc lập {xi}.

Các hàm số gi(x), hi(x) là các điều kiện ràng buộc của bài toán tối ưu dưới dạng bất đẳng thức và đẳng thức. Trong không gian các biến, các hàm số này tạo ra miền giới hạn D các khả năng cho phép của hàm f(x).

Các cá thể: Là một tập các biến độc lập {xi} nằm trong vùng cho phép D và cho một giá trị xác định của hàm mục tiêu. Trong bài toán thiết kế tối ưu, cá thể được hiểu như là một phương án thỏa mãn các điều kiện ràng buộc về kinh tế kỹ thuật (nhưng chưa chắc là tốt nhất).

Quần thể: Tập hợp các cá thể cùng được xem xét ở một thời điểm. Số lượng các cá thể trong quần thể phải đủ lớn phụ thuộc vào số biến độc lập và khả năng của máy tính.

Thế hệ: Một thế hệ được xem như một quần thể đã trải qua toàn bộ quá trình tiến hóa (đột biến, lai ghép, lựa chọn) cho đến khi xuất hiện một quần thể mới thay thế nó.

## 2.2.2. Các phép toán của thuật toán tiến hoá vi phân

Để tìm nghiệm tối ưu thuật toán DE thực hiện một số hữu hạn vòng lặp với các toán tử được xắp xếp theo một logic chặt chẽ sao cho sau mỗi lần lặp các cá thể tiến tới giá trị gần với nghiệm tối ưu hơn.

*a. Khởi tạo quần thể ban đầu*

Giống như thuật toán GA, thuật toán tiến hoá vi phân cũng khởi tạo quần thể ban đầu [X]g = [xij] theo qui luật ngẫu nhiên phân bố đều trong miền xác định bài toán. Mỗi biến độc lập của từng cá thể trong quần thể ban đầu được DE biểu diễn bằng các tham số thực theo công thức:



Trong đó:

xij Giá trị của phần tử ij với: iSố thứ tự cá thể trong quần thể xem xét;

j Số biến độc lập của bài toán tối ưu;

g Số thứ tự của thế hệ;

BUij, BLij Giới hạn trên và giới hạn dưới của biến xij;

rand(0,1) Số ngẫu nhiên phân bố đều trong khoảng [0,1].

Nếu bài toán có n biến độc lập và quần thể có np cá thể, như vậy quần thể hiện thời được biểu diễn thành một ma trận np hàng và n cột; mỗi một hàng là một cá thể.

*b. Đột biến*

Ngay sau quá trình tạo quần thể ban đầu, khác với GA, thuật toán DE thực hiện luôn tiến trình đột biến. Trong tiến trình này, DE tạo ra một quần thể được đột biến [V]g dựa trên quần thể ban đầu. Kỹ thuật đột biến trong thuật toán DE là sự kết hợp giữa hệ số tỷ lệ cho trước và các quá trình ngẫu nhiên. Phương trình biểu diễn giá trị phần tử đột biến vij từ việc tổ hợp ba phần tử khác nhau được chọn ngẫu nhiên trong quần thể [X]g:



Trong đó:

r0, r1, r2 là các giá trị ngẫu nhiên khác nhau được chọn theo luật phân bố đều trong khoảng [0, np];

F: Hằng số tỷ lệ. F ∈ (0,1) là một số thực dương điều khiển mức độ tiến hóa của quần thể.

*c. Lai ghép*

Trong quá trình lai ghép, DE cũng tiến hành lai ghép theo kiểu cặp đôi (dual crossover) tạo ra một quần thể lai ghép [U]g có giá trị các tham số được lựa chọn ngẫu nhiên từ các quần thể [X]g và [V]g. Kỹ thuật lai ghép sử dụng trong thuật toán DE có thể biểu diễn như sau:



Trong đó: Cr: xác suất lai ghép. Cr ∈ (0,1) được người sử dụng định nghĩa nhằm điều khiển một phần các tham số được sao chép từ quần thể đột biến. Thêm vào đó giá trị của phần tử lai ghép uij với chỉ số chọn ngẫu nhiên j= rand(j) được lấy từ quần thể đột biến [V]g sẽ đảm bảo chắc chắn phần tử lai ghép không trùng với phần tử ban đầu xij.

*d. Chọn lọc và tái sinh*

Trong quá trình chọn lọc và tái sinh, các cá thể trong quần thể lai ghép [U]g được so sánh với các cá thể trong quần thể ban đầu [X]g theo hướng cá thể nào có giá trị hàm mục tiêu thấp hơn sẽ được lựa chọn vào quần thể mới [Y]g. Kỹ thuật lựa chọn của DE có thể biểu diễn như sau:



Quá trình tái sinh sẽ được thực hiện bằng phép gán [X](g+1)=[Y]g .

*e. Xây dựng điều kiện dừng*

Dừng theo số lần lặp (số thế hệ):

Điều này có nghĩa là khi số lần lặp vượt quá giới hạn cho trước chương trình sẽ dừng lại. Đây là giải pháp đơn giản và thường dùng đối với các thuật toán tối ưu tiến hóa. Do số thế hệ được đặt theo kinh nghiệm, cảm tính nên nhiều khi lãng phí nguồn lực tính toán hoặc chưa đảm bảo là điểm tốt nhất nếu như tính tiếp tục.

Dừng theo giá trị hàm mục tiêu:

Điều kiện dừng được xây dựng dựa trên công thức:

Trong đó:

 Giá trị nhỏ nhất của hàm mục tiêu tại thế hệ xét;

 Giá trị hàm mục tiêu của cá thể thứ i;

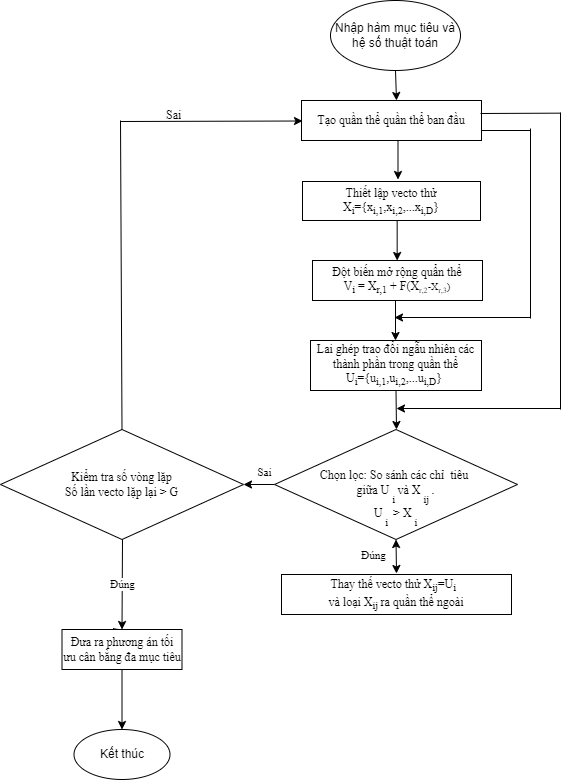
 Tổng số cá thể trong quần thể đang xét;

 Giá trị vô cùng bé cho trước (thường chọn = 10-6 ÷ 10-8 tùy theo loại bài toán).

Như vậy, quá trình tính toán sẽ dừng khi giá trị của các cá thể trong quần thể chỉ còn tồn tại sai lệch rất nhỏ (cũng có thể rơi vào điểm tối ưu cục bộ). Tuy nhiên, trong trường hợp này việc thêm những vòng lặp mới không còn ý nghĩa.

1. **Đề xuất mô hình cho bài toán tối ưu tiết diện cột chống tạm (Kingpost) trong thi công tầng hầm sử dụng phương pháp Topdown**

## 3.1. Xây dựng mô hình tính



Hình 2. Thuật toán DE giải bài toán tối ưu tiết diện cột chống tạm (Kingpost)

Hình 2 hiển thị lưu đồ của thuật toán đề xuất trong bài toán tối ưu tiết diện cột chống tạm (Kingpost) với 8 bước, cụ thể như sau:

(1): Đưa vào các thông số của thuật toán: số vòng lặp tối đa (G), Hệ số đột biến (F), hệ số lai ghép (Cr), hàm mục tiêu.

(2): Tạo ngẫu nhiên các phương án ban đầu bằng hàm ramdom và điều kiện biên.

(3): Thiết lập ma trận thử Xij ngẫu nhiên trong các phương án ban đầu.

(4): Đột biến ngẫu nhiên 3 cá thể trong quần thể thông qua hệ số đột biến F tạo ra cá thể mới.

(5): Trao đổi ngẫu nhiên thuộc tính của các cá thể được tạo ra.

(6): So sánh chỉ tiêu của cá thể thử với cá thể mới được tạo ra. Cá thể nào tối ưu hơn được thay thành vecto thử và loại bỏ vecto thử hiện tại.

(7): Tạo dựng vòng lặp thuật toán theo điều kiện dừng.

(8): Đưa ra phương án cân bằng tối ưu đa mục tiêu.

## 3.2. Thiết lập hàm tính, điều kiện dừng

***Khai báo thông số và khởi tạo quần thể:***

Thông số đầu vào của mô hình cần thiết đó là hình dạng, vật liệu cột thép, kích thước cọc bê tông và các tải trọng tác dụng. Ngoài ra, cần cung cấp các thông số của thuật toán tối ưu như hàm mục tiêu *M*, biên độ đột biến *F*, xác suất lai ghép *Cr*, số thế hệ tối đa *Gmax*, giá trị thuộc tính của các cá thể.

Bài toán được trình bày theo ma trận biễn diễn theo các vecto của từng tiêu chí: *X = [Xi,1, Xi,2,…, Xi,j,…, Xi,D]*

Trong đó: *D* là số mẫu ngẫu nhiên của nhóm thiết kế mặt cắt của kết cấu. Tham số tương ứng với mặt cắt được chọn cho nhóm phần tử thứ i trong quần thể.

***Đột biến:***

Sau khi khởi tạo quần thể ban đầu, tại mỗi vòng lặp thuật toán THVP áp dụng quá trình đột biến để khai phá không gian tìm kiếm, làm rộng vùng tìm kiếm. Mỗi vecto  ở thế hệ hiện tại *G* được gọi là một vecto mẹ. Đối với mỗi vecto mẹ thì một vecto đột biến được xác định theo công thức:



trong đó là ba số nguyên được tạo ngẫu nhiên khác nhau và khác *i* nằm trong khoảng [*1; NP*]; *F* là biên đột biến được lựa chọn trong khoảng .

***Lai ghép:***

Tiếp theo quá trình đột biến, quá trình lai ghép được áp dụng nhằm tăng đa dạng quần thể bằng cách trao đổi các thành phần của vecto mẹ và vecto đột biến. Quá trình lai ghép sinh ra vecto con , trong đó các thành phần vecto con được xác định theo công thức:



trong đó  là xác suất lai ghép.

***Chọn lọc:*** Đánh giá cá thể vecto con , sau đó so sánh với cá thể vecto mẹ . Nếu cá thể vecto con vượt trội hơn cá thể vecto mẹ sẽ được thay thế thành vecto mẹ. Ngược lại, cá thể vecto con sẽ được đưa ra ngoài quần thể.

***Điều kiện dừng:***

Quá trình tối ưu hoá kết thúc khi mà điều kiện dừng được thoả mãn. Điều kiện dừng thường được sử dụng là số vòng lặp tối đa hoặc là số lần đánh giá hàm mục tiêu. Trong nghiên cứu này sẽ sử dụng số vòng lặp tối đa làm điều kiện dừng. Khi điều kiện dừng của thuật toán thoả mãn thì các giải pháp tối ưu sẽ được đưa ra.