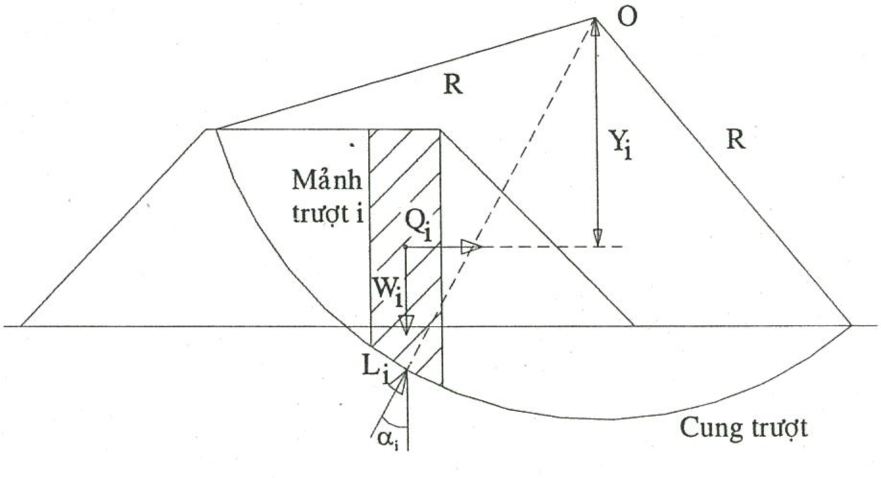
ĐÁNH GIÁ SỰ ỔN ĐỊNH CỦA MÁI DỐC THEO PHƯƠNG PHÁP PHÂN MẢNH VỚI MẶT TRƯỢT TRÒN BẰNG GIẢI THUẬT DI TRUYỀN

Vũ Trường Vũ
Trường ĐH Giao thông Vận tải TP. HCM
(Bài nhận ngày 18 tháng 05 năm 2003)

TÓM TẮT: *Việc đánh giá sự ổn định của mái dốc bằng phương pháp phân mảnh với mặt trượt tròn theo Fellenius hoặc Bishop được sử dụng rộng rãi trong thực tế do thỏa mãn độ chính xác mà không cần thủ tục phân tích quá phức tạp. Tuy nhiên, việc xác định cung trượt nguy hiểm nhất theo các phương pháp này vẫn phổ biến dựa vào phép thử và sai, điển hình là cách chia lưới. Một cách tiếp cận khác là dùng giải thuật di truyền (Genetic Algorithms, GAs). GAs là giải thuật dựa trên cơ chế chọn lọc và di truyền tự nhiên. Nó tìm kiếm ngẫu nhiên nhưng có định hướng, dẫn đến kết quả tốt hơn và mất ít thời gian hơn cách chia lưới. Để đơn giản, bài báo chỉ trình bày phương pháp Fellenius. Phương pháp Bishop cũng được áp dụng tương tự.*

I. Phương pháp Fellenius đánh giá sự ổn định mái dốc

Không xét tới ảnh hưởng của các lực giữa các phân mảnh. Hệ số ổn định K ứng với



H1. Sơ đồ tính ổn định theo phương pháp phân mảnh với mặt trượt tròn

một mặt trượt tròn tâm O được xác định theo công thức sau:

$$K = \frac{\sum_1^n (c_i l_i + (W_i \cos\alpha_i - Q_i \sin\alpha_i) tg\varphi_i}{\sum_1^n (W_i \sin\alpha_i + Q_i (Y_i / R)} \qquad (1)$$

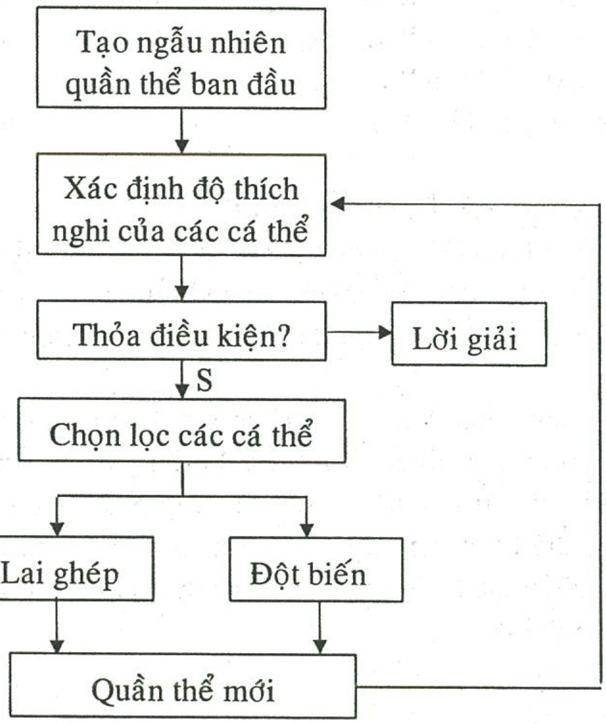
trong đó:
- n : Số phân mảnh trong phạm vi khối trượt
- l_i : Chiều dài cung trượt trong phạm vi mảnh i
- c_i, φ_i : Lực dính và góc nội ma sát của lớp đất chứa cung trượt l_i
- R : Bán kính đường cong cung trượt
- Y_i : Khoảng cách từ trọng tâm mảnh trượt so với tâm O
- W_i : Lực thẳng đứng của phân mảnh (trọng lượng bản thân và tải trọng xe)

Q_i : Lực nằm ngang do động đất

α_i : Góc giữa phản lực pháp tuyến của cung l_i với phương đứng

II. Giải thuật di truyền (Genetic Algorithms , GAs)

GAs là giải thuật tìm kiếm dựa trên cơ chế chọn lọc và di truyền tự nhiên, bắt nguồn từ ý niệm tiến hoá để tồn tại và phát triển trong tự nhiên. Việc áp dụng GAs vào tối ưu hoá có thể tóm tắt như sau: Mỗi thông số x_i của hàm mục tiêu được mã hoá thành một gien, gien có thể là một số thực hoặc một chuỗi các bit (0/1). Tập hợp gien của tất cả các thông số $x_1,...,x_n$ tạo thành một nhiễm sắc thể mô tả một cá thể. Một nhiễm sắc thể có thể là một chuỗi các số thực, một chuỗi các bit,... tuỳ thuộc vào từng bài toán cụ thể. Mỗi cá thể tượng trưng cho một lời giải khả dĩ, và tập hợp các cá thể hình thành nên một quần thể. Mỗi cá thể có một độ thích nghi, được xây dựng dựa trên hàm mục tiêu. Trong quần thể, những cá thể có độ thích nghi càng cao thì càng có nhiều cơ hội được chọn lọc, lai ghép và đột biến để hình thành quần thể mới tốt hơn. Quá trình chọn lọc, lai ghép và đột biến được tiếp tục cho đến khi thoả điều kiện hội tụ hoặc đã đạt đủ số lần lặp.



H2. Sơ đồ tổng quát của giải thuật di truyền

III. Áp dụng giải thuật di truyền vào việc đánh giá độ ổn định mái dốc

1. Đặt bài toán

Hàm số tính hệ số ổn định K là hàm 3 biến phụ thuộc vào tọa độ tâm (X_c, Y_c) và bán kính cung trượt (R). Cung trượt nguy hiểm nhất ứng với hệ số K nhỏ nhất. Bằng cách cực tiểu hoá hàm số tính K, chính là hàm mục tiêu, ta sẽ xác định được cung trượt nguy hiểm nhất tương ứng. Do đó ta có bài toán sau:

Cực tiểu hoá $K(X_c, Y_c, R)$

Thoả ràng buộc: $X_{min} \le X_c \le X_{max}$

$Y_{min} \le Y_c \le Y_{max}$

$R_{min} \le R \le R_{max}$

trong đó: (X_{min}, Y_{min}), (X_{max}, Y_{max}) là 2 điểm góc hình chữ nhật có kích thước tùy ý chứa các tâm cung trượt.

(R_{min},R_{max}) đảm bảo bán kính cung trượt nằm trong giới hạn hợp lí.

2. Giải bài toán bằng GAs

Trong bài viết này ta dùng mô hình là chuỗi các bit (0/1), độ thích nghi được điều chỉnh theo qui tắc tuyến tính, chọn lọc cá thể bằng bàn Roulette, dùng lai ghép đơn, đột biến tại một vị trí, tiêu chuẩn ngừng là đạt đủ số lần lặp.

Với bài toán cực tiểu hoá hàm mục tiêu K, những cá thể tốt là cá thể có độ thích nghi F cao tương ứng với giá trị hàm mục tiêu K nhỏ. Do đó, việc chuyển từ hàm mục tiêu K sang hàm thích nghi F để sử dụng với GAs được chọn như sau:

$F = K_{max} - K$, với K_{max} là giá trị K lớn nhất trong quần thể hiện tại.

Các thông số cho bài toán như sau:

- Mỗi biến của hàm mục tiêu K được mã hoá thành một gien chiều dài 7 bit (biểu diễn giá trị thực tối đa là $2^7 = 128$).
- Tập hợp gien của 3 biến tạo thành một nhiễm sắc thể mô tả cá thể, tượng trưng cho một cung trượt. Chiều dài mỗi nhiễm sắc thể là 3*7=21 bit.
- Kích thước quần thể (số lượng cung trượt): 300
- Xác suất lai ghép P_{cross} : 0.95
- Xác suất đột biến P_{mu} : 0.10
- Số thế hệ (số lần lặp) : 50

3. Tính chính xác hệ số ổn định K

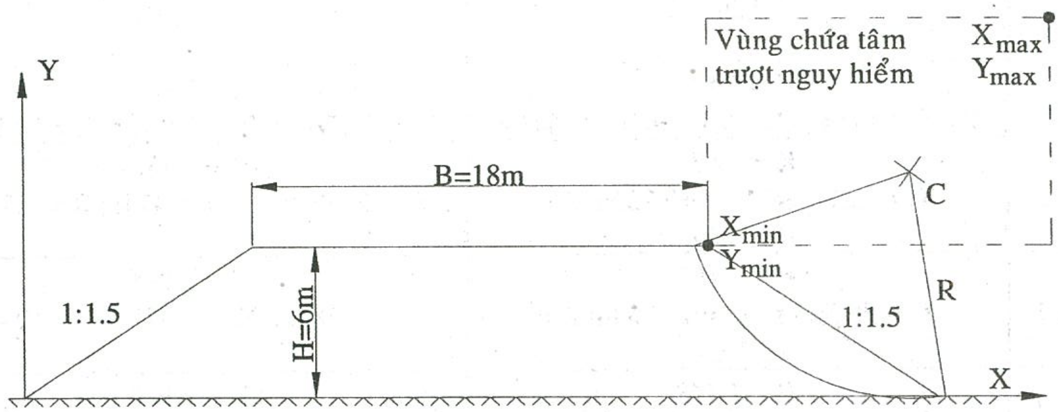
Theo công thức (1), độ chính xác của hệ số ổn định K của mỗi cung thử phụ thuộc vào số lượng phân mảnh n. Số mảnh càng nhiều thì độ chính xác càng tăng nhưng không thể đạt được độ chính xác hoàn toàn do phản lực pháp tuyến thay đổi liên tục, và thời gian tính cũng càng lâu.

Vì việc tính chính xác hệ số K có ý nghĩa quan trọng trong quá trình định hướng tìm lời giải tối ưu trong giải thuật di truyền, ta dùng thuật toán chia mảnh tự động sao cho các đặc trưng cơ lý của đất là như nhau trong từng phần nhỏ của mỗi phân mảnh; đồng thời tính toán chính xác diện tích, tọa độ trọng tâm các phân mảnh và dùng phép tính tích phân để tính chính xác phản lực pháp tuyến. Với cách chia này số phân mảnh sẽ còn rất ít, do đó thời gian tính sẽ nhanh hơn.

Các ví dụ

Ví dụ 1: Đánh giá ổn định của nền đường đắp có bề rộng nền 18m, cao 6m, mái dốc 1:1.5. Đất đắp và đất nền đều có tỉ trọng $\gamma = 1.8 T/m^3$, lực dính $c = 0.5 T/m^2$ và góc ma sát trong $\varphi = 30°$.

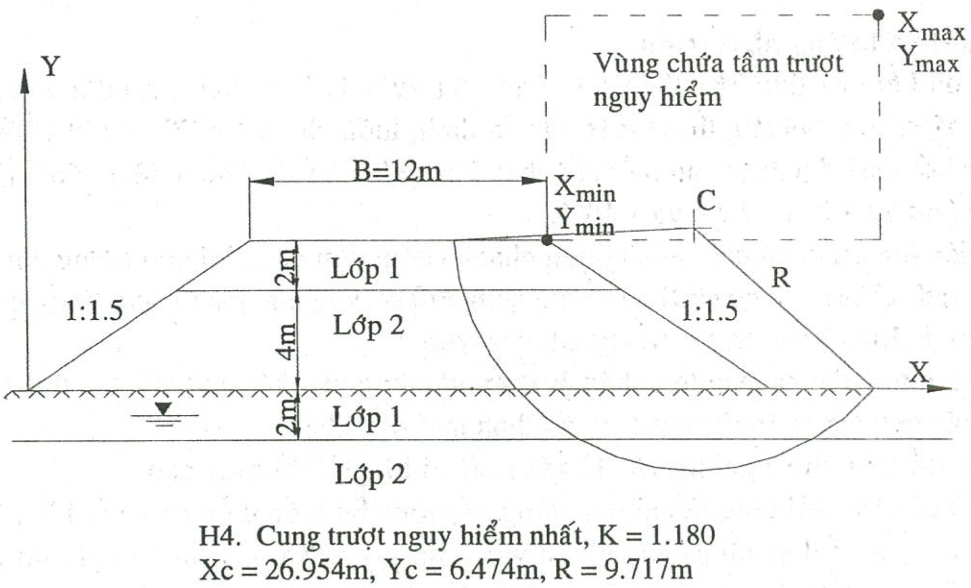
Chọn X_{min}=27.001m, X_{max}=40.5m, Y_{min}=6.001m, Y_{max}=15m, R_{min}=0.002m, R_{max}=42.23m.



H3. Cung trượt nguy hiểm nhất, K = 1.448
Xc = 34.973m, Yc = 8.882m, R = 8.980m

Ví dụ 2: (Áp dụng cho số lớp đất là bất kỳ) Đánh giá ổn định của nền đường đắp có bề rộng nền 12m, cao 6m, mái dốc 1:1.5. Đất đắp gồm 2 lớp: lớp trên có chiều dày h=2m, tỉ trọng γ=1.9T/m^3, lực dính c=2T/m^2, góc ma sát trong φ=25°; lớp dưới có h=4m, γ=1.8T/m^3, c=0.5T/m^2, φ=30°. Đất nền gồm 2 lớp: lớp trên có h=2m, γ=1.6T/m^3, c=1.2T/m^2, φ=8°; lớp dưới có h=10m, γ=1.8T/m^3, c=1.1T/m^2, φ=12°. Mực nước ngầm cách mặt đất 1m.

Chọn X_{min}=21.001m,X_{max}=40.5m, Y_{min}=6.001m,Y_{max}=15.0m, R_{min}=0.002m,R_{max}=42.23m.



H4. Cung trượt nguy hiểm nhất, K = 1.180
Xc = 26.954m, Yc = 6.474m, R = 9.717m

Kết quả sau 7 lần tính toán cho trong bảng sau:

	Ví dụ 1	Ví dụ 2
Lần 1	K = 1.474 X_c = 34.441m, Y_c = 9.402m,R = 9.645m	K = 1.190 X_c = 27.781m, Y_c = 7.041m,R = 11.156m
Lần 2	K = 1.487 X_c = 35.292m, Y_c = 10.725m,R = 10.975m	**K = 1.180** X_c = 26.954m, Y_c = 6.474m,R = 9.717m
Lần 3	K = 1.465 X_c = 35.504m, Y_c = 11.953m,R = 11.972m	K = 1.185 X_c = 27.285m, Y_c = 6.379m,R = 10.436m
Lần 4	**K = 1.448** X_c = 34.973m, Y_c = 8.882m,R = 8.980m	K = 1.187 X_c = 27.119m, Y_c = 7.419m,R = 11.156m
Lần 5	K = 1.482 X_c = 35.398m, Y_c = 10.394m,R = 10.642m	K = 1.282 X_c = 25.962m, Y_c = 6.379m,R = 8.277m
Lần 6	K = 1.468 X_c = 34.760m, Y_c = 9.756m,R = 9.977m	K = 1.193 X_c = 27.450m, Y_c = 6.946m,R = 11.516m
Lần 7	K = 1.485 X_c = 34.230m, Y_c = 8.080m,R = 8.518m	K = 1.184 X_c = 27.450m, Y_c = 6.285m,R = 10.076m

Bảng 1. Kết quả độ ổn định của taluy phải

V. Nhận xét và hướng phát triển

- Mặc dù kết quả tìm được theo giải thuật di truyền không phải tuyệt đối như phương pháp tối ưu hoá cổ điển nhưng thuật toán rất ổn định, luôn cho được lời giải khá tốt ở mỗi lần chạy. Các kết quả thu được sau mỗi lần chạy khác nhau rất ít. Chênh lệch lớn nhất trong 7 lần chạy ở ví dụ 1 và 2 là 2.69% và 1.10%.
- Do việc tìm kiếm có định hướng nên nhanh chóng tìm được lời giải tương đối tối ưu.
- Việc tính chính xác hệ số K của từng cung thử có ý nghĩa quan trọng trong quá trình định hướng khi đi tìm lời giải trong giải thuật di truyền.
- Đã áp dụng cho cả phương pháp Bishop và cũng cho kết quả tốt. Có thể áp dụng tương tự cho các phương pháp đánh giá độ ổn định mái dốc khác.
- Quần thể vàsố thế hệ càng lớn thì xác suất có lời giải tốt càng cao.
- Độ tốt của lời giải tăng lên nếu ta dùng số lượng bit biểu diễn cho mỗi biến lớn hơn (vì độ chính xác của số thực tăng), tuy nhiên việc tăng số lượng bit làm tiêu phí tài nguyên bộ nhớ. Việc định ra số bit hợp lí cũng là một vấn đề cần quan tâm.
- Các xác suất lai ghép và đột biến được dùng ở đây là những giá trị thông dụng. Ảnh hưởng của chúng đến kết quả cần được thử nghiệm, so sánh với nhau để có thể chọn ra các xác suất hợp lí nhất.
- Có thể biểu diễn gien bằng chuỗi số thực, dùng các phương pháp chọn lọc khác, dùng lai ghép kiểu khác, dùng độ thích nghi kiểu khác,... Ảnh hưởng của những thay đổi này cần được nghiên cứu thêm.

EVALUATION OF SLOPE STABILITY USING METHOD OF SLICES WITH CIRCULAR SLIP SURFACES BY GENETIC ALGORITHMS

Vu Truong Vu

ABSTRACT: The evaluation of slope stability by method of slices with circular slip surfaces proposed by Fellenius or Bishop is used widely in practice due to an acceptable accuracy without very complicated procedures. However, searching the critical slip surface in these methods is still based on the "trial and error" method, typically using the searching grid. Another approach is using Genetic Algorithms (GAs). GAs are search algorithms based on the mechanics of natural selection and genetics. Searching randomly but guided by a fitness function, GAs result in better solutions and take less time than the grid. For simplicity, we only represent the Fellenius method. The Bishop method is applied similarly.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

1. Thuật giải di truyền. Cách giải tự nhiên các bài toán tên máy tính. Hoàng Kiếm- Lê Hoàng Thái, Nhà xuất bản giáo dục 2001.
2. Giải một bài toán trên máy tính như thế nào,tập 2, Hoàng Kiếm, Nhà XB GD 2001.
3. A survey of multiobjective optimization in engineering design. Johan Anderson, Technical Report LiTH-IKP-R-1097.
4. Soil Mechanics in Engineering Practice. Karl Terzaghi, Rahph B. Peck, Gholamreza Mesri, 3th edition, 1996.
5. Chương trình "Tính toán nền đường đắp trên đất yếu", Vũ Trường Vũ, 2001.