

PHƯƠNG PHÁP GIẢI BÀI TOÁN TỐI ƯU VỀ ĐỘ TIN CẬY CỦA MÔ HÌNH TỰ ĐỘNG HOÁ TÍCH HỢP

Lê Quốc Hà, GS. TSKH. Nguyễn Xuân Quỳnh, PGS. TS. Nguyễn Ngọc Lâm
Viện Nghiên Cứu Điện Tử, Tin Học, Tự Động Hóa

Tóm tắt

Báo cáo trình bày phương pháp sử dụng giải thuật di truyền để giải bài toán tối ưu độ tin cậy có cấu trúc phức tạp với số biến lớn để thu được kết quả tối ưu toàn cục. Phương pháp giải được thực hiện cho các bài toán tối ưu hoá độ tin cậy của hệ thống tự động hoá tích hợp toàn diện đặt ra, bao gồm xác định tối đa độ tin cậy hệ thống với điều kiện ràng buộc về chi phí đầu tư, xác định tối thiểu chi phí đầu tư với điều kiện ràng buộc về độ tin cậy hệ thống và xác định tối thiểu chi phí đầu tư và sản xuất với điều kiện ràng buộc về độ tin cậy hệ thống.

Sử dụng phương pháp này cho phép lựa chọn giải pháp tối ưu để thiết kế xây dựng hoặc nâng cấp hệ thống tự động hoá tích hợp và quản lý phù hợp điều kiện Việt Nam.

1. Mở đầu

Phục vụ cho việc thiết kế hoặc nâng cấp hệ thống tự động hoá (TĐH) theo mô hình TĐH tích hợp, trong [1] chúng tôi đã đưa ra một mô hình toán học về độ tin cậy cho hệ thống TĐH tích hợp cho 1 lớp doanh nghiệp sản xuất ở Việt nam và xây dựng các bài toán tối ưu hoá độ tin cậy cho hệ thống này. Việc giải các bài toán nêu trên cho phép xây dựng hệ thống TĐH tích hợp tối ưu, phù hợp với điều kiện ứng dụng ở Việt Nam.

2. Các bài toán tối ưu hoá về độ tin cậy của hệ thống TĐH tích hợp bao gồm [1]

• Bài toán xác định cực đại (Max) độ tin cậy khi có ràng buộc về chi phí đầu tư

C_{max}

“Tìm độ tin cậy R_x của các phần tử trong mô hình TĐH tích hợp sao cho cực đại (Max) độ tin cậy hệ thống R_{tdh} với điều kiện chi phí đầu tư không vượt quá C_{max} ”.

$$\text{Max} \{ R_{tdh} = \min \{ R_{qt}, R_{dt}, (1 - \prod_{z=1}^Z (1 - R_{cn,z})) \} \} \quad (1)$$

Với điều kiện ràng buộc: $C_{tdh}(R_{tdh}) = \sum_{z=1}^Z C_{cn,z}(R_{cn,z}) + C_{qt}(R_{qt}) + C_{cd} \leq C_{max}$,

$C_{z,cn}$ - chi phí cho phần công nghệ sản xuất của xí nghiệp Z

$$C_{cn,z}(R_{cn,z}) = c_z(S_z) + \sum_{w=1}^{W_z} c_{z0}(r_{zw}) + \sum_{e=1}^E c_{net,e}(r_{net,e}) + \\ + \sum_{i=1}^{I_z} [c_{zi}(S_{zi}) + \sum_{j=1}^{J_{zi}} [c_{zij}(r_{zij}) + \sum_{k=1}^{K_{zij}} [c_{zijk}(r_{zijk}) + \sum_{l=0}^{L_{zijk}} c_{zijkl}(r_{zijkl})]]]$$

C_{ql} - chi phí hệ thống mạng máy tính quản lý:

$$C_{ql} = c_{ql}(S_{ser}) + \sum_{m=1}^M \sum_{n=1}^{N_m} c_{mn}(r_{mn}) + \sum_{q=1}^Q c_{net,q}(r_{net,q})$$

C_{cd} - Chi phí cố định ban đầu, không thay đổi theo độ tin cậy trong quá trình khai thác.

R_{ql} - Độ tin cậy hệ thống mạng máy tính quản lý:

$$R_{ql} = [(1 - (1 - S_{L,1} S_1)(1 - S_{L,2} S_2)) r_{H,0}] \cdot [\prod_{m=1}^M r_{H,m} (1 - \prod_{n=1}^{N_m} (1 - L_{mn} S_{mn} P_{mn}))]$$

$R_{z,cn}$ - Độ tin cậy hệ thống TĐH tích hợp ở mức xí nghiệp Z:

$$R_{cn,z} = [r_{H,z1} (1 - (1 - S_{L,z1} S_{z1})(1 - S_{L,z2} S_{z2}))] \cdot [\min\{R_{z(p_1)}, \dots, R_{z(p_q)}\}]$$

$$[r_{H,z0} \sum_{v=v_{z0}}^{K_{z0}} \binom{K_{z0}}{v} (r_{L,z01} r_{z01})^v (1 - r_{L,z01} r_{z01})^{K_{z0}-v}]$$

trong đó thành phần $R_{z,(pq)}$ là độ tin cậy các công đoạn sản xuất có liên hệ nối tiếp với R_{zi} là độ tin cậy công đoạn sản xuất thứ i :

$$R_{zi} = [r_{H,zi1} (1 - (1 - S_{zi1} S_{L,zi1})(1 - S_{zi2} S_{L,zi2}))]$$

$$[r_{H,zi0} \sum_{v=v_{zi0}}^{K_{zi0}} \binom{K_{zi0}}{v} (r_{L,zi01} r_{zi01})^v (1 - r_{L,zi01} r_{zi01})^{K_{zi0}-v}] \cdot [\prod_{j=1}^{J_{zi}} (r_{zij0} \prod_{k=1}^{K_{zij}} (r_{zijk0} \prod_{l=1}^{L_{zijk}} r_{zijkl}) \prod_{l=1}^{L_{zij0}} r_{zij0l})]$$

• **Bài toán xác định cực tiểu (Min) chi phí đầu tư khi có ràng buộc về độ tin cậy R_{tdh} .**

“Tìm độ tin cậy r_x của các phần tử trong mô hình TĐH tích hợp sao cho cực tiểu (Min) chi phí đầu tư của doanh nghiệp với điều kiện độ tin cậy hệ thống R_{tdh} phải lớn hơn $R_{tdh,cd}$ ”.

$$\text{Min}\{C_{tdh}(R_{tdh}) = \sum_{z=1}^Z C_{cn,z}(R_{cn,z}) + C_{ql}(R_{ql}) + C_{cd}\} \quad (2)$$

với điều kiện ràng buộc : $R_{tdh} > R_{tdh,cd}$.

• **Bài toán xác định cực tiểu (Min) chi phí đầu tư và sản xuất khi có ràng buộc về độ tin cậy R_{tdh} .**

“Tìm độ tin cậy r_x của các phần tử trong mô hình TĐH tích hợp sao cho cực tiểu (Min) tổng chi phí đầu tư và sản xuất của doanh nghiệp $C_t(R_{tdh})$ ”.

$$\text{Min}\{C_t(R_{tdh}) = \sum_{z=1}^Z C_{cn,z}(R_{cn,z}) + C_{ql}(R_{ql}) + C_{cd} + \sum_{z=1}^Z \sum_{i=1}^{I_z} C_{kt,zi}(R_{zi}) + C_{th}(R_{tdh})\} \quad (3)$$

với điều kiện ràng buộc : $R_{tdh} > R_{tdh,cd}$.

3. Phương pháp giải bài toán tối ưu về độ tin cậy của hệ thống TĐH tích hợp

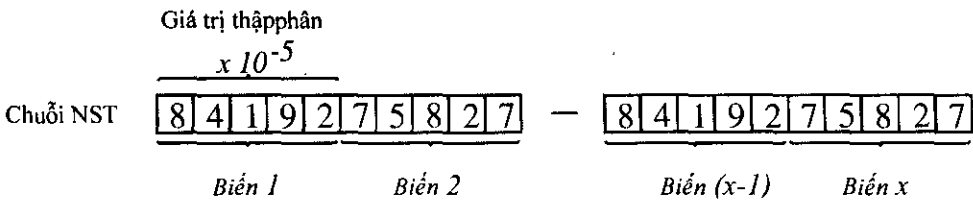
Để giải bài toán tối ưu dạng phi tuyến có thể sử dụng phương pháp đồ thị (khi biến thiết kế là 1 hoặc 2), phương pháp nhân tử Lagrang (giải bài toán có điều kiện ràng buộc là đẳng thức), phương pháp hàm phạt (giải bài toán tối ưu tổng quát), phương pháp qui hoạch động (giải bài toán có cấu trúc vật lý dạng nối tiếp) [2-6].

Đối với bài toán tối ưu về độ tin cậy đặt ra ở trên, là một bài toán phức tạp, có số biến lớn (có thể tới vài trăm biến), việc sử dụng giải thuật di truyền để giải là thích hợp. Phương pháp này có thể có thời gian tính dài (phụ thuộc số lần lặp lại bước tính), có kết quả phụ thuộc vào việc lựa chọn hàm thích nghi và giá trị lời giải có thể là tiệm cận. Tuy nhiên, khi tăng bước lặp, lời giải của bài toán tiến tới giá trị tối ưu toàn cục.

Để giải bài toán tối ưu hoá độ tin cậy bằng thuật toán di truyền, trước hết cần phải mã hoá các biến cần tìm tạo thành một nhiễm sắc thể đại diện cho 1 cá thể trong 1 quần thể, ở đây là đại diện cho 1 lời giải của bài toán. Bằng phép toán *chọn lọc*, ta tìm được một số nhiễm sắc thể có độ thích nghi tốt nhất mà khi tiến hành *lai tạo* và *đột biến* với chúng – có thể tạo ra quần thể nhiễm sắc thể mới. Để *đánh giá* độ thích nghi của các nhiễm sắc thể này ta phải đưa ra hàm thích nghi, thường gồm hàm cần tìm cực trị và điều kiện ràng buộc. Thông qua đánh giá hàm thích nghi ta tìm được nhiễm sắc thể có độ thích nghi tốt nhất trong quần thể. Bài toán sẽ kết thúc khi giá trị này hội tụ hoặc số vòng lặp vượt quá giá trị *max-gene*. Nếu bước lặp là vô cùng thì lời giải bài toán chắc chắn sẽ là tối ưu toàn cục.

4. Giải các bài toán tối ưu hoá độ tin cậy của hệ thống TĐH tích hợp

Trên cơ sở áp dụng giải thuật di truyền, bài toán tối ưu hoá độ tin cậy được giải như sau: **Mã hoá:** có nhiều cách mã hoá khác nhau để biểu diễn lời giải của bài toán như mã hoá nhị phân, thập phân, chữ hay hỗn hợp chữ và số. Việc chọn kiểu mã hoá nào tùy thuộc vào đặc tính lời giải. Đối với bài toán tối ưu hoá độ tin cậy, chúng tôi chọn kiểu mã hoá thập phân. Mỗi biến độ tin cậy r ($0 < r < 1$) cần tìm sẽ được mã hoá thành 5 chữ số. Hình 1 mô tả cách mã hoá.



Hình 1. Mã hoá các giá trị độ tin cậy trong mô hình TĐH tích hợp

Các biến được mã hoá là độ tin cậy của các phần tử trong hệ thống TĐH tích hợp. Giá trị mã hoá ở dạng thập phân “0.XXXXX” ($0 < r < 1$). Mỗi nhiễm sắc thể (NST) đặc trưng cho lời giải của bài toán.

Chọn mẫu ban đầu: Chọn ngẫu nhiên độ tin cậy của các phần tử trong khoảng (0-1) để tạo ra được 1 mẫu (NST). Tiếp tục chọn để có bộ mẫu với số lượng là *pop_size*.

Hàm thích nghi: Để đánh giá các nhiễm sắc thể ta chọn hàm thích nghi đặc trưng bởi tổng chi phí và độ tin cậy hệ thống. Đối với các bài toán tối ưu khác nhau ta chọn hàm thích nghi tương ứng.

- Bài toán 1: tính max độ tin cậy:

$$eval(r) = \begin{cases} R_{dn}(r), & C_{idh}(R_{idh}) \leq C_{max} \\ 0, & C_{idh}(R_{idh}) > C_{max} \end{cases}$$

- Bài toán 2: tính Min chi phí:

$$eval(r) = N_{com}(N_{com} - 1)c_{max} - \left\{ \begin{aligned} & \sum_{z=1}^Z C_{cn,z}(R_{cn,z}) + C_{qt}(R_{qt}) + C_{cd} + \\ & + N_{com}(N_{com} - 1)c_{max} \max[R_{idh} - R_{idh,cd}, 0] \end{aligned} \right\}$$

- Bài toán 3: tính Min chi phí đầu tư và sản xuất:

$$eval(r) = N_{com}(N_{com} - 1)c_{max} - \left\{ \begin{aligned} & \sum_{z=1}^Z C_{cn,z}(R_{cn,z}) + C_{qt}(R_{qt}) + C_{cd} + \\ & + \sum_{z=1}^Z \sum_{i=1}^{I_z} C_{kt,zi}(R_{zi}) + C_{ih}(R_{idh}) + \\ & + N_{com}(N_{com} - 1)c_{max} \max[R_{idh} - R_{idh,cd}, 0] \end{aligned} \right\}$$

với: N_{com} - tổng số phần tử của hệ thống.

c_{max} - hệ số chi phí lớn nhất cho độ tin cậy phần tử.

$C_{z,cn}$ - chi phí cho phần công nghệ sản xuất của xí nghiệp z tính theo [1].

$C_{qt}(R_{qt})$ - Chi phí đầu tư ban đầu cho hệ thống quản lý [1].

Z - số lượng xí nghiệp sản xuất trong doanh nghiệp.

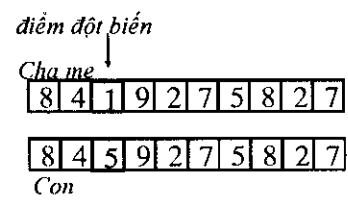
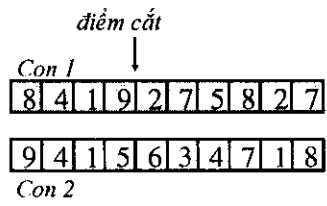
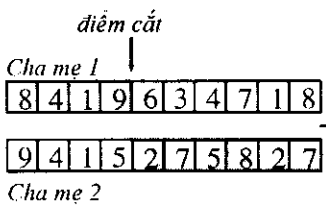
C_{cd} - Chi phí đầu tư ban đầu không phụ thuộc độ tin cậy.

$C_{kt,zi}(R_{zi})$ - Chi phí trong quá trình sản xuất cho mỗi công đoạn sản xuất [1].

$C_{ih}(R_{idh})$ - tổn hao lợi nhuận.

Chọn lọc: Toán tử chọn lọc là thao tác xử lý trong đó mỗi cá thể được bảo lưu cho vòng tạo sinh tiếp sau tùy thuộc vào giá trị thích nghi của nó. Giá trị này càng lớn thì cá thể được coi là hợp lý và khả năng được chọn lựa để tạo sinh là lớn hơn. Xử lý chọn lọc các cá thể cha mẹ được hình thành theo mô hình tái tạo quay tròn dựa vào độ thích nghi của NST.

Lai ghép: là sự kết hợp ngẫu nhiên hai nhiễm sắc thể cha mẹ để tạo ra hai nhiễm sắc thể con. Điểm cắt là ngẫu nhiên trong nhiễm sắc thể, có thể thực hiện nhiều điểm cắt trong quá trình ghép. Hình 2 mô tả quá trình lai ghép.



Hình 2. Lai ghép

Hình 3. Đột biến

Đột biến: là sự đột biến nhằm tạo ra những thông tin mới trong quần thể lai tạo. Điểm và giá trị đột biến là ngẫu nhiên. Xác suất đột biến cho nhiễm sắc thể thường được chọn 0.1-0.2 là thích hợp. Nếu chọn nhỏ thì lời giải của bài toán cực trị dễ rơi vào cực trị cục bộ, mặt khác, nếu chọn lớn thì lại rơi vào tìm kiếm ngẫu nhiên. Hình 3 mô tả quá trình đột biến.

Giải mã: Các nhiễm sắc thể sau khi qua các phép toán di truyền sẽ được giải mã để trả về giá trị cho thông số cần tìm.

Thuật toán: Thuật toán di truyền giải bài toán tối ưu hoá độ tin cậy như sau:

Bước 1: Đặt tham số. Chọn số lượng nhiễm sắc thể (pop_size), tỷ lệ đột biến (p_m), tỷ lệ lai ghép (p_c), số lượng tối đa bước lặp (max_gen).

Bước 2: Khởi đầu.

(2.1) Chọn ngẫu nhiên giá trị độ tin cậy cho mỗi phân tử (0.7 -> 0.99).

(2.2) Mã hoá độ tin cậy của phân tử thành nhiễm sắc thể.

Bước 3: Lựa chọn.

(3.1) Nếu $n=0$, chèn NST tốt nhất vào thể hệ mới

(3.2) Chọn hai NST theo mô hình tái tạo quay trên vòng tròn.

Bước 4: Lai ghép và đột biến với xác suất p_c và p_m .

Bước 5: Kiểm tra số lượng thể hệ con. Nếu $n < pop_size - 1$, gán $n=0$, thực hiện lại bước 3; ngoài ra thực hiện bước 6. (n - số NST mới đã được tạo ra)

Bước 6: Tạo thể hệ mới. Thay thể hệ cha mẹ bằng thể hệ con.

Bước 7: Đánh giá.

(7.1) Giải mã.

(7.2) Tính hàm độ tin cậy, chi phí, thích nghi.

Bước 8: Kiểm tra kết thúc. Nếu bước lặp $gen < max_gen$, $gen=gen+1$ và thực hiện bước 3. Nếu $gen = max_gen$, kết thúc.

5. Kết luận

Bằng cách tính hàm chi phí theo độ tin cậy của hệ thống tự động hoá tích hợp, ta có thể tìm được chi phí cho các phân tử hợp thành hệ thống TĐH tích hợp. Áp dụng giải thuật di truyền cho phép dễ dàng giải các bài toán tối ưu hoá độ tin cậy cho hệ thống TĐH tích hợp. Với các kết quả tính toán thu được cho phép xây dựng cấu hình cụ thể của hệ thống TĐH tích hợp, phù hợp với điều kiện ở Việt Nam [7].

Tài Liệu Tham Khảo

- [1]. LÊ QUỐC HÀ, NGUYỄN XUÂN QUỲNH, NGUYỄN NGỌC LÂM, (4-2005), *Một mô hình toán học của bài toán tối ưu hoá độ tin cậy của hệ thống tự động hoá tích hợp*, Báo cáo Hội nghị TĐH toàn quốc lần thứ VI, Hà Nội.
- [2]. WAY KUO, V. RAJENDRA PRASAD, FRANK A. TILLMAN, CHING-LAI HWANG, (2001), *Optimal reliability design*. Cambridge University press.
- [3]. MITSUO GEN AND RUNWEI CHENG, (2000), *Genetic Algorithms & Engineering optimization*. John Wiley & Sons, Inc.
- [4]. MITSUO GEN AND RUNWEI CHENG, (1997), *Genetic Algorithms & Engineering Design*. John Wiley & Sons, Inc.
- [5]. WALLACE R. BLISCHKE, D.N. PRABHAKAR MURTHY, (2000), *Reliability – Modeling, Prediction, and Optimaization*. John Wiley & Sons, Inc.
- [6]. PHAN VĂN KHÔI, (2001), *Cơ sở đánh giá độ tin cậy*, NXB Khoa học Kỹ thuật.
- [7]. LÊ QUỐC HÀ, NGUYỄN XUÂN QUỲNH, NGUYỄN NGỌC LÂM, (4-2005), *Xây dựng mô hình tự động hoá tích hợp cho một lớp doanh nghiệp sản xuất ở Việt Nam*, Báo cáo Hội nghị TĐH toàn quốc lần thứ VI, Hà Nội,