Kỷ yếu Hội nghị Khoa học công nghệ Quốc gia lần thứ XVI về Nghiên cứu cơ bản và ứng dụng Công nghệ thông tin (FAIR); Đà Nẵng, ngày 28-29/9/2023
DOI: 10.15625/vap.2023.0103

ĐÁNH GIÁ HIỆU QUẢ MỘT SỐ PHƯƠNG PHÁP TỐI ƯU TRONG QUY HOẠCH MẠNG RFID

Lê Văn Hòa[1], Phạm Trung Đức[2], Nguyễn Văn Tùng[3]

[1]Trường Du lịch - Đại học Huế
[2]Công ty Cổ phần Bến xe Huế
[3]Trường Đại học Công Thương TP. HCM

levanhoa@hueuni.edu.vn, phamtrungduc@hueuni.edu.vn, tungnv@hufi.edu.vn

TÓM TẮT: *Quy hoạch mạng RFID (Radio Frequency Identification) là bài toán lắp đặt các đầu đọc trong một vùng làm việc sao cho một thẻ có thể được bao phủ bởi ít nhất một đầu đọc. Mục tiêu của bài toán quy hoạch mạng RFID là tìm vị trí tối ưu của các đầu đọc sao cho mạng các đầu đọc đáp ứng một số ràng buộc như bao phủ tối đa, nhiễu tối thiểu, chi phí tối thiểu,... Tuy nhiên, số vị trí ứng viên của các đầu đọc trong một vùng làm việc thường là rất lớn, nên giải pháp tối ưu cho vấn đề này là sử dụng các phương pháp lấy cảm hứng từ tự nhiên để tìm vị trí tối ưu cho các đầu đọc. Các phương pháp lấy cảm hứng từ tự nhiên thường được sử dụng gồm CS (Cuckoo Search) GA (Genetic Algorithm) và PSO (Particle Swarm Optimization). Cho đến nay, chưa có một đánh giá và so sánh nào về hiệu quả của các phương pháp này trong vấn đề quy hoạch mạng RFID. Bài báo này do đó thực hiện so sánh và đánh giá hiệu quả của việc quy hoạch mạng theo các phương pháp dựa trên CS, GA và PSO.*

Từ khóa: *Radio Frequency Identification (RFID), Quy hoạch mạng RFID, Quy hoạch mạng theo CS, Quy hoạch mạng theo GA, Quy hoạch mạng theo PSO.*

I. GIỚI THIỆU

Công nghệ nhận dạng tần số vô tuyến (Radio Frequency Identification - RFID) đã cho thấy nhiều ưu điểm vượt trội như: không tiếp xúc vật lý, nhanh chóng, bảo mật cao và dung lượng lưu trữ cao,… Không giống như công nghệ nhận dạng mã vạch truyền thống, RFID được sử dụng rộng rãi hơn nhằm gắn thẻ (tag) và xác định các đối tượng vật lý trong các lĩnh vực khác nhau: công nghiệp, chăm sóc sức khỏe, thậm chí là nông nghiệp và du lịch [1]. Công nghệ RFID được xem là công nghệ chủ chốt của IoT (Internet of Things), trong đó RFID cho phép cung cấp cơ sở hạ tầng thông tin cho các ứng dụng IoT quy mô lớn [2].

Mạng RFID bao gồm một tập hợp các thẻ RFID, một hoặc nhiều đầu đọc RFID được kết nối với nhau và một hệ thống máy chủ trung tâm để lưu trữ và xử lý dữ liệu. Một thẻ RFID có thể chủ động hoặc thụ động. Thẻ RFID thụ động không có nguồn năng lượng riêng. Nó lấy năng lượng từ đầu đọc và thường chỉ chứa một số lượng nhỏ dữ liệu. Thẻ thụ động có giá khá rẻ nên được ứng dụng khá nhiều trong thực tế, như an ninh công cộng, kiểm soát giao thông, giám sát kho bãi,...

Mỗi đầu đọc RFID có vùng phủ sóng hạn chế, nên việc phân bổ chúng sao cho có thể phủ/đọc được hết các thẻ là điều cần thiết. Ngoài ra, các các ràng buộc khác như hạn chế tối đa số thẻ nằm trong vùng chồng lấp các đầu đọc là điều cần thiết trong các hệ thống RFID. Vấn đề này được biết đến là quy hoạch mạng RFID (RFID networks plainning - RNP). Việc giải quyết bài toán RNP là một nhiệm vụ khó khăn và trong thời gian gần đây cũng đã có nhiều các nghiên cứu nhằm giải quyết vấn đề này, nhưng chủ yếu là sử dụng các phương pháp tối ưu như CS, GA và PSO.

Trong bài báo này, chúng tôi tiến hành so sánh và đánh giá hiệu quả của 3 phương pháp quy hoạch mạng RFID là CS, GA và PSO từ đó đưa ra các khuyến nghị trong quá trình sử dụng các phương pháp tối ưu này để quy hoạch mạng RFID.

Các phần tiếp theo của bài báo này bao gồm: Mục II trình bày các nghiên cứu liên quan về việc sử dụng phương pháp tối ưu trong RNP. Mục III là trình bày phương pháp tối ưu trong quy hoạch mạng RNP, các tiêu chí đánh giá hiệu quả quy hoạch mạng RFID được trình bày trong phần này, mô phỏng và trình bày các kết quả đạt được thể hiện trong Mục IV và cuối cùng là kết luận ở Mục V.

II. CÁC NGHIÊN CỨU LIÊN QUAN

Vì RNP thuộc về lớp bài toán NP-khó [3] nên hướng tiếp cận thường dùng là sử dụng các phương pháp dựa trên tối ưu, trong đó CS, GA hay PSO đang được nhiều nhà nghiên cứu quan tâm vì khả năng tìm kiếm chắc chắn và toàn cục trên một phạm vi rộng. Sau đây là một số đánh giá về các triển khai của CS, GA và PSO trong việc giải quyết bài toán RNP.

Phương pháp CS (Cuckoo Search) có hiệu quả tốt trong việc tìm kiếm các giải pháp cho các bài toán phức tạp. Như các thuật toán tối ưu hóa khác, hiệu suất của CS còn phụ thuộc vào cách thức thực hiện và cấu hình tham số. Jaballah và cộng sự trong [4] đã đề xuất phương pháp điều khiển các tham số động của CS có tên là SACS (Self Adaptive Cuckoo Search) theo đó các giá trị tham số luôn luôn được thay đổi tùy theo sự phân bổ của các thẻ trong vùng làm việc. Talib và cộng sự trong [5] đề xuất phương pháp tìm kiếm theo gradient có tên GBCS (Gradient-Based

Cuckoo Search) theo đó cá thể sau luôn được đảm bảo giảm gradient so với cá thể trước. Hasnan và cộng sự trong [6] đã so sánh phương pháp GBCS với phương pháp PSO kết quả là GBCS chỉ sử dụng số lượng 6 đầu đọc khi phân phối 100 thẻ và 5 đầu đọc trong trường hợp 50 thẻ cho hiệu quả bao phủ 100% cho thấy tính tin cậy của GBCS trong khu vực quy mô lớn và dữ liệu thẻ lớn.

Triển khai đầu tiên của GA (Genetic Alogrithm) cho bài toán RNP đề xuất bởi Guan và cộng sự [3], trong đó các mục tiêu gồm tối thiểu số đầu đọc cần lắp đặt, tối thiểu mức độ nhiễu, tối đa vùng bao phủ bởi các *reader* và đảm bảo tín hiệu truyền lên (uplinks) từ các thẻ đến đầu đọc. Các mục tiêu này được xây dựng thành các hàm mục tiêu thành phần và giá trị *fitness* là tổng có trọng số các hàm mục tiêu thành phần này. Guan và cộng sự cũng đề xuất một mô hình mã hóa đa mức cho các nhiễm sắc thể, trong đó mức 1 quyết định vị trí được chọn của đầu đọc, mức 2 quyết định loại ăng-ten và mức 3 là các tham số khác (như độ suy giảm tín hiệu). Ứng dụng của GA vào vấn đề RNP trong Botero & Chaouchi [7] được xem xét trên 6 mục tiêu: tối thiểu vùng chồng lấp giữa các đầu đọc, tối thiểu số đầu đọc cần sử dụng, tối đa số thẻ được bao phủ, tối thiểu số đầu đọc định vị ngoài vùng làm việc, tối thiểu số đầu đọc dư thừa và tối thiểu số lượng thẻ định vị trong vùng đọc chồng lấp. Các mục tiêu này được xây dựng thành các hàm mục tiêu và được tính tổng có trọng số để tạo thành hàm *fitness* cho giải thuật di truyền. Nghiên cứu trong Xiong và cộng sự [8] đề xuất sử dụng GA để xác định số lượng các đầu đọc và vị trí lắp đặt tối ưu của chúng trong vùng làm việc 30 m×30 m với 99 thẻ phân bố ngẫu nhiên. Với trường hợp chỉ sử dụng 10 đầu đọc, vùng đọc của các đầu đọc này chỉ bao phủ được 76 thẻ, những cũng đã vượt trội hơn so với các nghiên cứu trước đó chỉ phủ được 72 thẻ. Khác với các nghiên cứu khác đề xuất trong Tang và cộng sự [9] đã xem xét trường hợp các vùng bao phủ không đồng nhất. Các mục tiêu được đưa ra là tối thiểu chi phí, xung đột đầu đọc và nhiễu, nên một hàm đa mục tiêu do đó được xây dựng. Mặc dù thuật toán tối ưu đã được áp dụng thành công cho vấn đề RNP, sơ đồ mã hóa có độ dài cố định của nó đã giới hạn việc điều chỉnh số lượng đầu đọc được mã hóa trong mỗi nhiễm sắc thể. Để giải quyết vấn đề này, các tác giả trong Zhang và cộng sự [10] phát triển một thuật toán di truyền linh hoạt trong đó nhiễm sắc thể có độ dài thay đổi, lai ghép được thực hiện bằng hoán đổi vùng và đột biến gaussian. Kết quả thực nghiệm cho thấy rằng giải thuật di truyền linh hoạt mang lại hiệu suất cao hơn, về phạm vi bao phủ, nhiễu và hội tụ, so với cách tiếp cận di truyền truyền thống khi giải quyết bài toán lắp đặt các đầu đọc.

Đối với phương pháp PSO, Giampaolo và cộng sự [11] đã triển khai các khía cạnh điện từ phù hợp nhất liên quan đến vấn đề RNP và xem xét một giải pháp hiệu quả dựa trên thuật toán PSO. Các tham số môi trường bao gồm các ràng buộc về công suất/độ phơi sáng trong phạm vi UHF được mã hóa thành các tham số hình học, như khoảng cách và hình dạng, biến bài toán điện từ thành bài toán hình học. Kết quả số và thực nghiệm cho thấy hiệu quả của phương pháp. Số lượng đầu đọc được triển khai cũng có tác động to lớn đến độ phức tạp và chi phí của mạng RFID. Trong [12], Gong và cộng sự đã phát triển từ phương pháp PSO với toán tử loại bỏ đầu đọc dự kiến để giải quyết bài toán RNP. Kết quả thử nghiệm cho thấy thuật toán được đề xuất có khả năng đạt được độ bao phủ cao hơn và sử dụng ít đầu đọc hơn các thuật toán còn lại. Nawawi và cộng sự trong [13] đã khảo sát mối tương quan trực tiếp giữa các thông số của bài toán RNP và của PSO. Mục tiêu của RNP trong bài báo này là tối ưu độ phủ sóng thẻ. Công thức về tối ưu độ phủ sóng thẻ được xây dựng thể hiện việc phân bổ các tham số RNP trong công thức. Ngoài ra, một cách biểu diễn để nhúng các tham số RNP trong giải pháp PSO cũng được giải thích. Bài báo này cũng có thể đóng vai trò là hướng dẫn ban đầu để giải các bài toán RNP bằng thuật toán PSO. Chi phí của mạng RFID chủ yếu phụ thuộc vào số lượng đầu đọc được sử dụng khi thiết kế. Theo đó, số lượng và vị trí của đầu đọc đóng một vai trò quan trọng trong việc thiết kế mạng lưới. Bài báo [14] trình bày cách thức thiết kế mạng RFID trong nhà với việc áp dụng phương pháp PSO trong phân bổ vị trí lắp đặt. Kết quả cho thấy thuật toán đã bao phủ thành công khu vực với số lượng đầu đọc được tối thiểu.

Rõ ràng, phương pháp tối ưu đã chứng tỏ được hiệu quả trong quá trình quy hoạch mạng RFID. Tuy nhiên, chưa có một công trình nào đánh giá một cách khách quan hiệu quả quy hoạch mạng RFID trên các phương pháp này. Do đó, bài báo này tiến hành việc phân tích và đánh giá hiệu quả của 3 phương pháp tối ưu là CS, GA và PSO trong quy hoạch mạng RFID nhằm đưa ra các khuyến nghị trong quá trình sử dụng.

III. PHƯƠNG PHÁP TỐI ƯU TRONG QUY HOẠCH MẠNG RFID

A. Phân tích bài toán quy hoạch mạng RFID

Xét một vùng làm việc có kích thước 50 m×30 m trong đó các thẻ được phân bố ngẫu nhiên (như Hình 1). Vấn đề RNP được biết đến là làm sao có thể phân bổ các đầu đọc thỏa mãn các tiêu chí như: bao phủ được hầu hết các thẻ, số lượng thẻ nằm trong vùng chồng lấn giữa các đầu đọc là thấp nhất. Để giải quyết vấn đề này là bài toán NP-khó do số lượng vị trí có thể bố trí các đầu đọc là không có giới hạn. Giải pháp cho vấn đề này là sử dụng phương pháp tối ưu CS, GA và PSO trong phân bổ đầu đọc.

Theo như [15], giả sử các đầu đọc là đẳng cấu với tần số truyền 915 MHz, công suất truyền 2 watts (W), ngưỡng công suất nhận 0,1 milliwatts (mW) và ăng-ten vô hướng được trang bị có vùng bao phủ tròn với bán kính.

$$r = \frac{\lambda}{4\pi}\sqrt{\frac{P_t G_t G_r}{P_r}}$$

trong đó:

P_t : Năng lượng (power) truyền bởi đầu đọc (2 W);

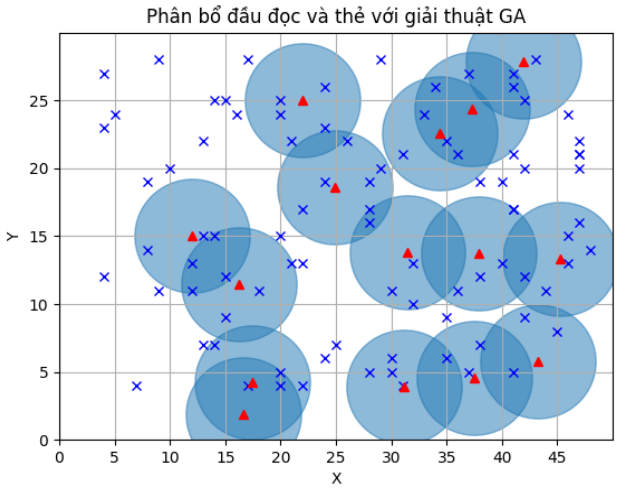
P_r : Năng lượng truyền bởi thẻ (0,1 mW or −10 dBm);

G_t, G_r, : Độ lợi (gain) ca đầu đọc và thẻ (được giải thiết bằng 1);

λ : Bước sóng của tính hiệu (0,3278 m);

r : Bán kính của vùng bao phủ ăng-ten.

Bằng cách sử dụng các giá trị ở trên, bán kính (r) vùng đọc của mỗi đầu đọc được tính bằng 3,69 m.



Hình 1. Ví dụ vùng làm việc trong vấn đề RNP

B. Giá trị hàm fitness

Việc lắp đặt các đầu đọc trong một vùng làm việc cần đáp ứng nhiều tiêu chí khác nhau, mà chúng được mô hình hóa dưới dạng các hàm mục tiêu. Các tiêu chí phổ biến và quan trọng nhất là độ bao phủ các thẻ và tỉ lệ chồng lấp các thẻ trong vùng chống lấp. Do đó, 2 tiêu chí này được chúng tôi sử dụng như là hàm mục tiêu trong quá trình tối ưu hóa vị trí lắp đặt các đầu đọc trong bài toán quy hoạch mạng RFID.

1. Độ bao phủ các thẻ

Cải thiện mức độ phủ sóng luôn là mục tiêu quan trọng nhất trong việc thiết kế mạng RFID. Trong nhiều ứng dụng, cần có bao phủ đầy đủ, tức là mỗi thẻ được bao phủ bởi ít nhất một đầu đọc. Đặt *RS* là tập hợp các đầu đọc được triển khai ban đầu và *TS* là tập hợp các thẻ. Vì giao tiếp giữa đầu đọc với thẻ và giao tiếp từ thẻ đến đầu đọc đều được xem xét, nên đối với thẻ bất kỳ $tag \in TS$, nó được xem là được bao phủ nếu và chỉ nếu tồn tại một đầu đọc $reader \in RS$ thỏa mãn $Distance(reader, tag) < r$ (khoảng cách *Euclid* từ *reader* đến tag bé hơn bán kính vùng đọc).

Tỷ lệ phủ sóng của mạng có thể được định nghĩa như Công thức (1), trong đó f_1 là hàm mục tiêu về độ bao phủ.

$$f_1 = COV = \sum_{tag \in TS} \frac{cv(tag)}{|TS|} \quad (1)$$

trong đó

$$cv(tag) = \begin{cases} 1 & nếu\ \exists\ reader \in RS, Distance\ (reader, tag) < r \\ 0 & ngược\ lại \end{cases}$$

và $|TS|$ là số lượng thẻ được phân phối trong khu vực làm việc.

Theo Công thức 1, giá trị f_1 thuộc khoảng (0, 1): f_1 càng lớn thì càng hiệu quả vì càng nhiều số lượng thẻ được bao phủ.

2. Độ chồng lấp các thẻ

Việc đạt được phạm vi bao phủ đầy đủ các thẻ có thể gây ra sự chồng lấp vùng thẩm vấn của các đầu đọc (như Hình 1, các vùng giao thoa đọc cùng thẻ giữa các đầu đọc). Sự chồng lấp này có thể gây nhiễu khi một số đầu đọc cố gắng truy vấn một thẻ cùng lúc, điều này dẫn đến việc đọc lỗi và tốn nhiều năng lượng (Hình 1). Do đó, một trong

những nhiệm vụ quan trọng tiếp theo của RNP là làm giảm nhiễu này. Để đáp ứng điều này bài báo đề xuất một hàm giảm số lượng thẻ được đọc trong vùng nhiễu như Công thức (2):

$$f_2 = \frac{|TS|}{|TS| + I_t} \quad (2)$$

trong đó I_t là số lượng thẻ nằm trong vùng nhiễu. Giá trị $f_2 = 1$ khi $I_t = 0$ lúc này việc lắp đặt các *readers* không gây ra nhiễu.

Kết hợp giữa các giá trị này chúng tôi có hàm mục tiêu (*fitness*) cho bài toán quy hoạch mạng RFID như được thể hiện trong Công thức (3).

$$fitness = f_1 w_1 + f_2 w_2 \quad (3)$$

trong đó w_k là trọng số của hàm mục tiêu k và $\sum_{k=1}^{2} w_k = 1$. Giải pháp tốt nhất có giá trị *fitness* lớn nhất trong [0, 1].

C. Tối ưu hóa vị trí lắp đặt đầu đọc dựa trên phương pháp tối ưu

Các phương pháp tối ưu được sử dụng phổ biến để phân bổ đầu đọc trong quy hoạch mạng RFID là: *CS, GA, và PSO*. Sau đây là chi tiết các phương pháp này trong quy hoạch mạng RFID.

1. Tối ưu hóa vị trí lắp đặt đầu đọc dựa trên CS

Phương pháp CS là phương pháp được lấy cảm hứng từ hành vi ấp trứng của chim cu cu (cuckoo) được giới thiệu bởi Xin-She Yang và Suash Deb vào năm 2009 [16]. CS là một thuật toán lấy cảm hứng từ tự nhiên để giải quyết các vấn đề về tối ưu hóa bằng cách tìm ra một giải pháp gần như tối ưu trong một khoảng thời gian hợp lý. Chim cu cu có thể thay đổi vị trí của các quả trứng và sao chép các chiến lược tốt từ các tổ khác để cải thiện khả năng sinh sản của chúng. Tương tự, trong CS, các "quả trứng" biểu diễn các giải pháp trong không gian tìm kiếm và được di chuyển qua các vị trí khác nhau để tìm kiếm giải pháp tối ưu.

Các bước của phương pháp CS trong quy hoạch mạng RFID được mô tả như sau:

Bước 1. Khởi tạo quần thể: Tạo ra một số lượng lớn các "quả trứng" (giải pháp phân bổ vị trí các đầu đọc RFID) ban đầu trong vùng làm việc. Các quả trứng có thể được đặt ở các vị trí ngẫu nhiên hoặc theo một quy tắc cụ thể.

Bước 2. Xác định hàm mục tiêu (fitness): Tiến hành xác định rõ hàm mục tiêu của quy hoạch mạng RFID. Giá trị hàm mục tiêu này chính là giá trị hàm *fitness* như được mô tả trong Mục 3.2.

Bước 3. Đánh giá và chọn lọc: Đánh giá hiệu suất của mỗi "quả trứng" dựa trên hàm mục tiêu ở Bước 2. Chọn lọc ra một số lượng "quả trứng" tốt nhất để tiếp tục tối ưu hóa.

Bước 4. Di chuyển và sao chép: Di chuyển một số "quả trứng" tới các vị trí mới trong không gian tìm kiếm. Một số "quả trứng" cũng có thể sao chép các thông tin từ các "quả trứng" khác nhằm cải thiện giải pháp của chúng.

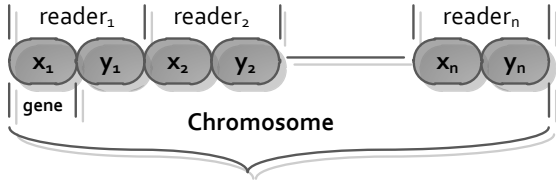
Bước 5. Tạo ra quả trứng mới: Tạo ra một số lượng mới "quả trứng" bằng cách kết hợp thông tin từ các "quả trứng" tốt nhất.

Bước 6. Điều kiện dừng: Quá trình sẽ được lặp lại từ Bước 2 đến Bước 5 ở trên trong một số lần lặp cố định hoặc cho đến khi đạt được một giải pháp tối ưu (chẳng hạn qua 5 lần lặp không thay đổi giá trị *fitness*).

Tóm lại, phương pháp CS trong quy hoạch mạng RFID sử dụng cơ chế ấp trứng của chim cu cu để di chuyển và cải thiện các giải pháp trong không gian tìm kiếm, nhằm tối ưu hóa vị trí của các đầu đọc RFID trong vùng làm việc.

2. Tối ưu hóa vị trí lắp đặt dựa trên GA

Mục tiêu của bài toán RNP được xem xét trong bài báo này là xác định vị trí tối ưu của các đầu đọc trong vùng làm việc, nên tọa độ của đầu đọc sẽ được quan tâm chính. Giải pháp ứng viên do đó được mã hóa thành từng cặp gen biểu diễn toạ độ của các đầu đọc trong mỗi giải pháp ứng viên. Kết quả là nhiễm sắc thể có cấu trúc là một chuỗi $2n$ gen trong đó n cặp gen lưu tọa độ của n đầu đọc tương ứng. Hình 2 mô tả cấu trúc của một nhiễm sắc thể. Phương pháp GA lấy cảm hứng từ cơ chế di truyền và tiến hóa trong tự nhiên. Quá trình tối ưu hóa bắt đầu với một quần thể các cá thể (giải pháp) và qua các thế hệ, các cá thể tốt hơn được tạo ra thông qua các phép lai ghép, đột biến và chọn lọc.



Hình 2. Cấu trúc của nhiễm sắc thể

Các bước của phương pháp GA trong quy hoạch mạng RFID được mô tả như sau:

Bước 1. Khởi tạo quần thể: Tạo ra một quần thể ban đầu các cá thể (giải pháp phân bổ vị trí các đầu đọc RFID) trong vùng làm việc. Các cá thể ban đầu có thể được tạo ngẫu nhiên hoặc thông qua quy tắc cụ thể.

Bước 2. Đánh giá: Đánh giá hiệu suất của mỗi cá thể trong quần thể dựa trên hàm mục tiêu (hàm *fitness* trong Mục 3.2) trong quy hoạch mạng RFID.

Bước 3. Chọn lọc: Chọn ra một số lượng cá thể tốt nhất từ quần thể hiện tại để trở thành cha mẹ của thế hệ tiếp theo. Hay chọn ra các giải pháp có giá trị fitness tốt nhất để đưa vào quá tình lai ghép, đột biến tạo ra các cá thể mới tối ưu hơn.

Bước 4. Lai ghép: Tạo ra các cá thể con thông qua quá trình lai ghép. Thông thường, các cá thể con sẽ kế thừa các đặc điểm tốt từ cha mẹ và có thể trải qua quá trình biến đổi này.

Bước 5. Đột biến: Với một xác suất nhỏ, thực hiện quá trình đột biến trên các cá thể con để tạo ra sự đa dạng các giải pháp phân bổ đầu đọc RFID.

Bước 6. Thế hệ mới: Tạo ra thế hệ cá thể mới bằng cách kết hợp các cá thể con mới với một số cá thể cha mẹ được chọn lọc từ thế hệ trước.

Bước 7. Lặp lại: Tiến hành các bước chọn lọc, lai ghép, đột biến và tạo thế hệ mới trong một số vòng lặp. Quá trình tiến hóa này làm cho quần thể dần hội tụ tới các giải pháp tốt trong không gian tìm kiếm.

Bước 8. Điều kiện dừng: Quá trình này sẽ được lặp lại từ Bước 3 đến Bước 6 ở trên trong một số lần lặp cố định hoặc cho đến khi đạt được một giải pháp tối ưu (chẳng hạn qua 5 lần lặp không thay đổi giá trị fitness).

Tóm lại, phương pháp GA trong quy hoạch mạng RFID sử dụng cơ chế di truyền và tiến hóa để tạo ra các giải pháp tối ưu thông qua quá trình lai ghép, đột biến và chọn lọc tự nhiên.

3. Tối ưu hóa vị trí lắp đặt đầu đọc dựa trên PSO

Thuật toán tối ưu hóa bầy đàn PSO là một thuật toán nhằm giải quyết các bài toán tối ưu hóa trên một mô hình quần thể hay bầy đàn. Các particle hay "hạt" trong PSO có thể biểu diễn vị trí ứng viên cho các đầu đọc RFID trong vùng làm việc. Quá trình tối ưu hóa sẽ diễn ra bằng so sánh các "hạt" qua mỗi thế hệ để tìm ra vị trí tối ưu cho các đầu đọc, dựa vào vùng phủ sóng hay độ nhiễu. Vị trí các "hạt" ở mỗi thế hệ sẽ được thay đổi dựa vào vân tốc di chuyển của các "hạt". Thuật toán PSO được giới thiệu lần đầu tiên bởi Kennedy và Eberhat vào năm 1995 [17].

Các bước của phương pháp PSO trong quy hoạch mạng RFID được mô tả như sau:

Bước 1. Biểu diễn cá thể: Mỗi cá thể trong PSO biểu diễn một phương án phân bổ đầu đọc RFID, được biểu diễn bằng *vector* các vị trí tương ứng.

Bước 2. Khởi tạo quần thể: Tạo ra một quần thể ban đầu của các cá thể (khởi tạo một nhóm giải pháp phân bổ đầu đọc RFID ngẫu nhiên ban đầu). Các giá trị ban đầu của các biến trong cá thể có thể được chọn ngẫu nhiên hoặc thông qua một quy tắc nhất định.

Bước 3. Xác định hàm mục tiêu (fitness): Tiến hành xác định rõ hàm mục tiêu của quy hoạch mạng RFID. Giá trị hàm mục tiêu này chính là giá trị hàm *fitness* như được mô tả trong Mục 3.2.

Bước 4. Cập nhật vận tốc và vị trí: Để tiến tới giải pháp tối ưu, mỗi cá thể cập nhật vận tốc và vị trí của nó. Vận tốc tương ứng với sự thay đổi vị trí của từng đầu đọc trong vùng làm việc. Quá trình cập nhật này dựa trên vị trí tốt nhất của chính cá thể và vị trí tốt nhất của toàn bộ quần thể.

Bước 5. Đánh giá và so sánh: Đánh giá hiệu suất của các cá thể dựa trên hàm mục tiêu. So sánh kết quả của các cá thể để xác định cá thể tốt nhất trong quần thể.

Bước 6. Cập nhật vị trí tốt nhất: Lưu trữ vị trí tốt nhất của các đầu đọc RFID mà cá thể đã đạt được trong lịch sử. Nếu một cá thể tốt hơn được tìm thấy, cập nhật các vị trí tốt nhất này.

Bước 7. Điều kiện dừng: Quá trình này sẽ được lặp lại từ Bước 3 đến Bước 6 ở trên trong một số lần lặp cố định hoặc cho đến khi đạt được một giải pháp tối ưu (chẳng hạn qua 5 lần lặp không thay đổi giá trị *fitness*).

Tóm lại, ý tưởng cơ bản của PSO là mô phỏng hành vi tìm kiếm và hợp tác của các cá thể trong một quần thể. Mỗi cá thể được coi là một "hạt" (particle) và có một vị trí trong không gian tìm kiếm. Các cá thể di chuyển xung quanh không gian tìm kiếm bằng cách cập nhật vận tốc và vị trí của chúng. Các cá thể "nhớ" vị trí tốt nhất mà chúng đã tìm thấy và vị trí tốt nhất mà toàn bộ quần thể đã tìm thấy.

IV. MÔ PHỎNG VÀ PHÂN TÍCH KẾT QUẢ

Mô phỏng được cài đặt bằng ngôn ngữ Python với vùng thử nghiệm 50 m×30 m, trong đó có 90 thẻ RFID được

phân bố ngẫu nhiên trong vùng thử nghiêm. Số đầu đọc RFID được xem xét thay đổi từ 5 đến 50 đầu đọc trong quá trình mô phỏng. Các tham số mô phỏng như được thể hiện ở Bảng 1.

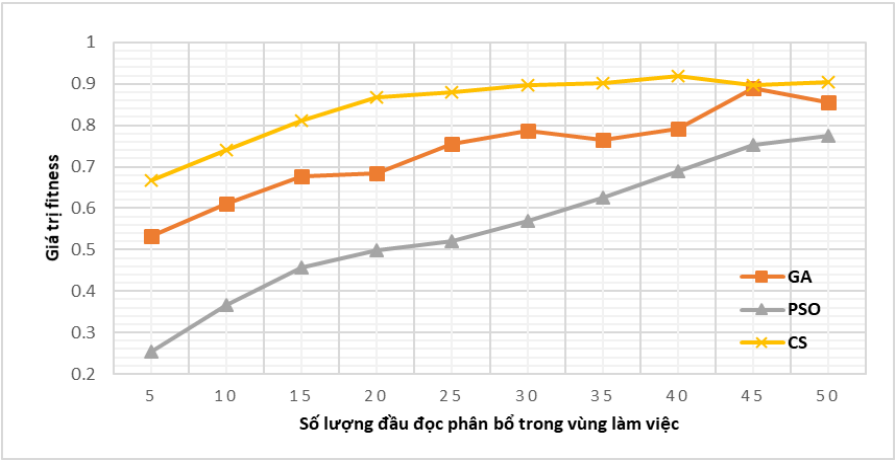
Bảng 1. Các tham số mô phỏng

Tham số	**Giá trị**
Số lượng thẻ (Tag)	90
Trọng số fitness	w_1 =0,6; w_2 =0,4
Hàm fitness	Phương trình (5)
Điều kiện dừng	Qua 100 thế hệ hoặc 5 thế hệ fitness không đổi
Số cá thể/quần thể	15
Bán kính đầu đọc	3,69 m
Các tham số của GA	
Phương pháp lựa chọn	Bánh xe Roulette
Phương pháp lai ghép	Tại một điểm
Phương pháp đột biến (xác suất)	tại một gen (0,05)
Chọn lựa thế hệ tiếp theo	30% cha mẹ tinh hoa và 70% con tốt nhất
Các tham số của PSO	
w (trong số tương tác giữa cá thể và quần thể)	0,7
c1 (hệ số tương tác giữa các cá thể)	1,5
c2 (hệ số tương tác toàn quần thể)	1,5
Các tham số của CS	
p_a (xác xuất thay thế trứng của cá thể)	0,25
α (tỉ lệ di chuyển của cá thể)	0,1

Mục tiêu mô phỏng gồm so sánh hiệu quả quy hoạch mạng RFID dựa trên giá trị: (1) *fitness*, (2) độ bao phủ các thẻ, (3) tỉ lệ các thẻ trong vùng chồng lấp và (4) thời gian thực hiện.

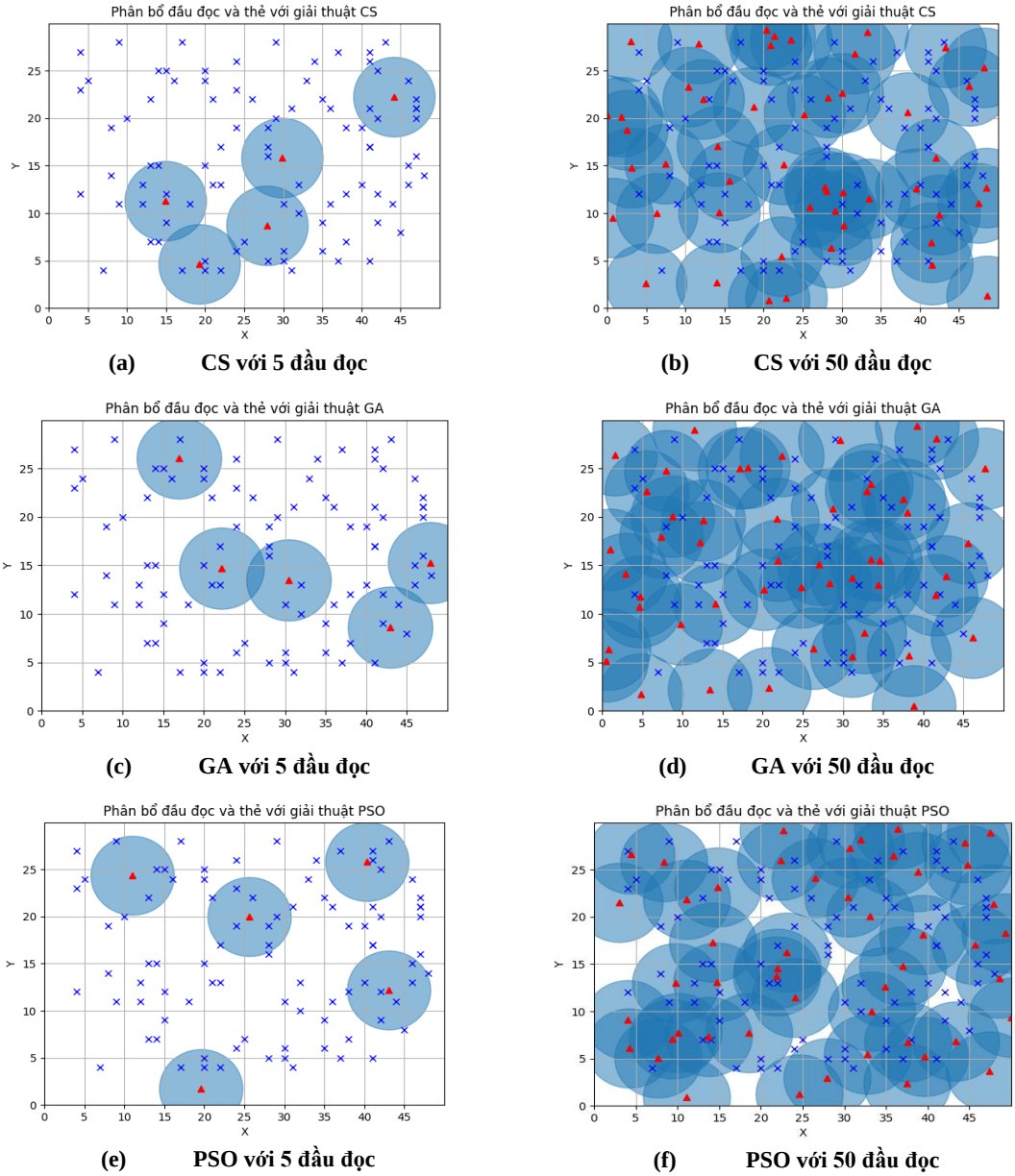
A. So sánh hiệu quả quy hoạch mạng RFID dựa trên giá trị fitness

Chúng tôi tiến hành khảo sát 3 phương pháp CS, GA, và PSO khi số lượng đầu đọc phân bổ trong vùng làm việc thay đổi từ 5 đến 50 đầu đọc. Kết quả như được chỉ ra ở Hình 3 cho thấy rằng khi tăng số lượng đầu đọc thì giá trị *fitness* có xu hướng gia tăng ở cả 3 phương pháp, nguyên dân là do khi tăng số lượng đầu đọc thì độ bao phủ cũng gia tăng theo dẫn đến giá trị *fitness* tốt hơn (như thể hiện trong Hình 3).



Hình 3. So sánh giá trị fitness của các phương pháp tối ưu

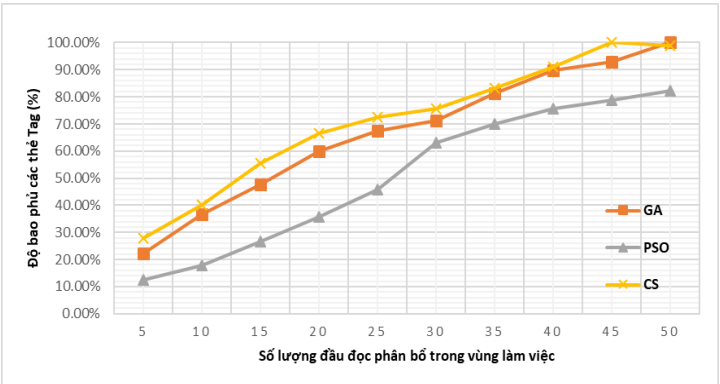
Từ kết quả ở Hình 3 chúng ta cũng thấy rằng phương pháp CS cho kết quả tốt nhất ở cả 3, tiếp đến là GA và PSO. Cụ thể giá trị fitness của CS tốt hơn GA là khoảng 13% và tốt hơn PSO là 35%. Nguyên nhân của quá trình này đến từ quá trình di chuyển và sao chép các trứng tốt nhất (giải pháp phân bổ đầu đọc RFID) trong CS được tiến hành liên tục qua các thế hệ, tạo ra một số lượng mới "trứng" bằng cách kết hợp thông tin từ các "trứng" tốt nhất, làm cho đạt đến sự phân bổ tối ưu tốt hơn. Với phương pháp PSO quá trình tối ưu phụ thuộc rất nhiều vào quá trình di chuyển của hạt (giải pháp), mà quá trình này phụ thuộc nhiều đến quá trình điều khiển vận tốc phù hợp khi thay đổi số lượng đầu đọc phân bổ. Với GA kết quả đạt được cũng tương đối tốt do qua mỗi thế hệ luôn duy trì quá trình chọn lọc, lai ghép đột biến giúp đa dạng hơn các nhóm giải pháp.



Hình 4. Phân bổ vị trí đầu đọc theo các phương pháp tối ưu

B. So sánh hiệu quả quy hoạch mạng RFID dựa trên độ bao phủ các thẻ

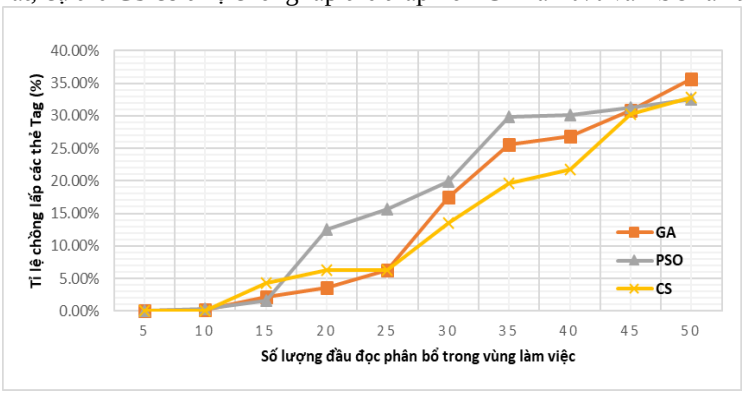
Chúng tôi tiếp tục xem xét độ bao phủ các thẻ ở cả 3 phương pháp CS, GA và PSO kết quả như Hình 5. Phương pháp CS cho độ bao phủ tốt nhất ở cả 3 phương pháp và đạt đến gần 100% khi số lượng đầu đọc gia tăng đến 45. Cụ thể độ bao phủ của CS trung bình tốt hơn GA là 6% và PSO là 28%.



Hình 5. So sánh độ bao phủ thẻ của các phương pháp tối ưu

C. So sánh hiệu quả quy hoạch mạng RFID dựa trên tỉ lệ các thẻ ở trong vùng chồng lắp

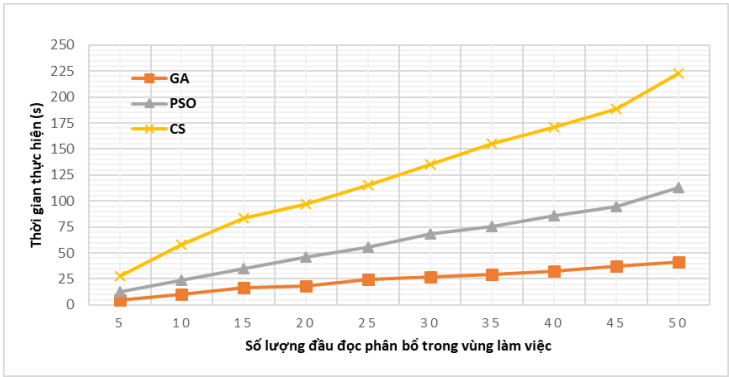
Thẻ ở trong vùng chồng lấp là các thẻ nằm trong vùng bao phủ của 2 đầu đọc trở lên, việc hạn chế các thẻ trong vùng chồng lấp này là rất quan trọng trong RFID, do chúng luôn được đọc từ cả 2 đầu đọc trở lên dẫn đến nguyên nhân dư thừa dữ liệu khi truyền, hao phí năng lượng và gây ra các hiện tượng xung đột dữ liệu. Như được chỉ ra ở Hình 6, CS cũng cho kết quả tốt nhất, cụ thể CS có tỉ lệ chồng lấp thẻ thấp hơn GA là 10% và PSO là 29%.



Hình 6. So sánh tỉ lệ các thẻ trong vùng chồng lấp của các phương pháp tối ưu

D. So sánh hiệu quả quy hoạch mạng RFID dựa trên thời gian thực hiện

Thời gian thực hiện được tính theo (s) được đo lường dựa vào chi phí thời gian tính toán của 3 phương pháp. Kết quả ở Hình 7 cho thấy rằng mặc dù phương pháp CS cho hiệu quả fitness, độ bao phủ và tỉ lệ chồng lấp các thẻ tốt nhất, tuy nhiên phương pháp CS lại chịu chi phí thời gian tính toán cao nhất trong cả 3 phương pháp. Cụ thể ở 5 đầu đọc thời gian thực hiện của CS là gần 28s và con số này tăng lên 222s ở 50 đầu đọc. Phương pháp GA có thời gian tính toán nhanh nhất, nhưng các hiệu quả như fitness, độ bao phủ và cả tỉ lệ chồng lấp các thẻ cũng ở mức trung bình.



Hình 7. So sánh thời gian thực hiện của các phương pháp tối ưu

V. KẾT LUẬN

Quy hoạch mạng RFID là một vấn đề thuộc lớp bài toán NP-khó, nên thông thường được giải bằng các phương pháp tối ưu. Tuy nhiên, mỗi phương pháp luôn tồn tại các ưu và nhược điểm riêng. Trong bài báo này, chúng tôi tiến hành so sánh hiệu quả của 3 phương pháp tối ưu được sử dụng trong quy hoạch mạng RFID là CS, GA và PSO, kết quả cho thấy rằng phương pháp CS cho kết quả quy hoạch mạng tốt nhất trong 3 phương pháp, nhưng về hiệu quả chi phí thời gian tính toán thì CS cũng cho thời gian tính toán cao nhất. Phương pháp GA là một phương pháp có hiệu quả trung bình trên tất cả tiêu chí đưa ra là fitness, độ bao phủ, tỉ lệ chồng lấp các thẻ nhưng chi phí thời gian tính toán là tối ưu nhất. Rõ ràng, không có một phương pháp tối ưu nào là tốt nhất trong mọi trường hợp mà tùy theo mong muốn và mục tiêu thì chúng ta có thể sử dụng phương pháp khác nhau cho phù hợp. Khi thời gian tính toán của các phương pháp không được tính đến, mục tiêu cần gia tăng chất lượng của quy hoạch mạng RFID thì phương pháp CS là một lựa chọn hợp lý. Tuy nhiên, khi cần đảm bảo sự hài hòa giữa các mục tiêu thì GA là một giải pháp hiệu quả cho vấn đề này.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

[1] X. Jia, Q. Feng, T. Fan, Q. Lei, "RFID technology and its applications in Internet of Things (IoT)," in 2nd *International Conference on Consumer Electronics, Communications and Networks (CECNet)*, pp. 1282-1285, 2012.

[2] F. Costa, S. Genovesi, M. Borgese, A. Michel, F. A. Dicandia, G. Manara, "A review of RFID sensors, the new frontier of internet of things," *Sensors*, vol. 21, no. 9, 2021.

[3] Q. Guan, Y. Liu, Y. Yang, W. Yu, "Genetic Approach for Network Planning in the RFID Systems," in *Sixth International Conference on Intelligent Systems Design and Applications*, vol. 2, pp. 567-572, 2006.

[4] A. Jaballah, A. Meddeb, "A new variant of cuckoo search algorithm with self adaptive parameters to solve complex RFID network planning problem," *Wireless Networks*, vol. 25, no. 4, pp. 1585-1604, 2019.

[5] A. Nawawi, H. Binti, A. And, A. M. Elewe, H. Abdullah, "Comparative evaluation of the gradient-based cuckoo search (GBCS) and (MC-GPSO) techniques for optimal RFID network planning," *International Journal of Mechanical Engineering and Technology (IJMET)*, vol. 10, no. 01, pp. 677-689, 2019.

[6] K. Hasnan, N. H. Talib, A. Nawawi, "Analysis of gradient-based cuckoo search for the large scale optimal rfid network planning," in *Journal of Physics: Conference Series*, Institute of Physics Publishing, 2019.

[7] O. Botero, H. Chaouchi, "RFID network topology design based on Genetic Algorithms," in *IEEE International Conference on RFID-Technologies and Applications*, pp. 300-305, 2011.

[8] Y. Xiong, V. Giuseppe, C. Occhiuzzi, G. Marrocco, S. Caizzone, J. A. Quijano, "Optimization of multichip RFID tag antenna with genetic algorithm and method of moments," in *IEEE Antennas and Propagation Society International Symposium (APSURSI)*, pp. 416-417, 2013.

[9] L. Tang, L. Zheng, H. Cao, N. Huang, "An improved multi-objective genetic algorithm for heterogeneous coverage RFID network planning," International Journal of Production Research, vol. 54, no. 8, pp. 2227-2240, 2016.

[10] Y. H. Zhang, Y. J. Gong, T. L. Gu, Y. Li, J. Zhang, "Flexible genetic algorithm: A simple and generic approach to node placement problems," *Applied Soft Computing*, vol. 52, pp. 457-470, 2017.

[11] E. Di Giampaolo, F. Fornì, G. Marrocco, "RFID-network planning by Particle Swarm Optimization," in *Antennas and Propagation (EuCAP), 2010 Proceedings of the Fourth European Conference on*, vol. 25, no. 3, pp. 1-5, 2010.

[12] Y. J. Gong, M. Shen, J. Zhang, O. Kaynak, W. N. Chen, Z. H. Zhan, "Optimizing RFID Network Planning by Using a Particle Swarm Optimization Algorithm with Redundant Reader Elimination," *IEEE Transactions on Industrial Informatics*, vol. 8, no. 4, pp. 900-912, 2012.

[13] A. Nawawi, K. Hasnan, S. Ahmad Bareduan, "Correlation between RFID Network Planning (RNP) Parameters and Particle Swarm Optimization (PSO) Solutions," *Applied Mechanics and Materials*, vol. 465-466, pp. 1245-1249, 2013.

[14] F. M. Al-Naima, R. T. Hussein, "PSO based indoor RFID network planning," in *Sixth International Conference on Developments in eSystems Engineering*, pp. 9-14, 2013.

[15] Z. Zhang, J. Zhang, L. Wu, and H. Song, "An improved approach for RFID network planning: Introduction of directional antenna reader," in *IEEE International Conference on Smart Manufacturing, Industrial Logistics Engineering (SMILE)*, pp. 29-33, 2019.

[16] X. S. Yang, S. Deb, "Cuckoo Search via Levy flights," in *World Congress on Nature & Biologically Inspired Computing (NaBIC)*, pp. 210-214, 2009.

[17] J. Kennedy, R. Eberhart, "Particle swarm optimization," in *Proceedings of ICNN'95 - International Conference on Neural Networks*, 1995.

EVALUATING THE EFFECTIVENESS OF SEVERAL OPTIMIZATION METHODS IN RFID NETWORK PLANNING

Le Van Hoa, Pham Trung Duc, Nguyen Van Tung

ABSTRACT: *RFID (Radio Frequency Identification) network planning is the problem of deploying RFID readers within a workspace in a way that at least one reader can cover each tag. RFID network planning aims to find optimal positions for the readers so that the reader network satisfies certain constraints such as maximum coverage, minimal interference, minimum cost, and more. However, the number of potential reader positions within a workspace is often quite large, so an optimal solution for this problem involves utilizing nature-inspired methods to determine optimal reader positions. Commonly used nature-inspired methods include CS (Cuckoo Search), GA (Genetic Algorithm), and PSO (Particle Swarm Optimization). Up until now, there has been no assessment or comparison of the effectiveness of these methods in the context of RFID network planning. This article compares and evaluates the effectiveness of network planning using methods based on CS, GA, and PSO. The aim is to provide recommendations for the implementation of these methods.*