**ĐÁNH GIÁ HIỂU QUẢ CỦA THUẬT TOÁN PSO CHO VIỆC TRIỂN KHAI HỆ THÔNG RFID GIÁM SÁT SINH VIÊN TRONG LỚP HỌC**

**Huỳnh Vĩ Khang, Đào Quí Mùi, Nguyễn Trọng Nhân**

Trường Đại Học Công Thương, Tp. HCM

Khoa Công Nghệ Thông Tin, Tp. HCM

*huynhvikhang6a13@gmail.com, nhanpto2002@gmail.com, muidao156@gmail.com*

***TÓM TẮT*** *- Công nghệ nhận dạng bằng sóng vô tuyến (RFID) này được đề xuất và đánh giá áp dụng trong thuật toán tối ưu bầy đàn (PSO) để triển khai hệ thống giám sát sinh viên trong lớp học. Trong bối cảnh ngày nay giám sát sinh viên trong lớp học là một truong những vấn đề quan trọng nhằm đảm bảo kỷ luật và hỗ trợ quản lý học tập hiệu quả. Với khả năng nhận dạng và theo dõi đối tượng không dây, nhanh chóng và chính xác, công nghệ nhận dạng bằng sóng vô tuyến (RFID) ngày càng được triển khai rộng rãi để quản lý và giám sát tự động trong nhiều lĩnh vực. Trong môi trường giáo dục, ứng dụng RFID giúp giám sát sự hiện diện và vị trí của sinh viên, giảm thiểu tình trạng vi phạm kỷ luật và nâng cao chất lượng giảng dạy. Để tối ưu hóa việc giám sát, bài toán đặt ra là làm sao bố trí các đầu đọc RFID trong lớp học sao cho bao phủ toàn bộ khu vực giám sát với số lượng thiết bị ít nhất có thể. Bài báo này đề xuất ứng dụng thuật toán tối ưu hóa bầy đàn (PSO) để tối ưu hóa vị trí các đầu đọc RFID, với mục tiêu tăng cường hiệu quả giám sát và giảm thiểu chi phí triển khai.*

1. **GIỚI THIỆU**

Trong lĩnh vực công nghệ nền tảng của IoT đã cho thấy nhiều biến động tích cực và bối cảnh gia tăng nhu cầu về tối ưu tài nguyên mạng (RNP), các phương pháp truyền thống đang dần bộc lộ những hạn chế nhất định về hiệu suất và chi phí. Tối ưu hóa tài nguyên là một vấn đề phức tạp với nhiều ràng buộc đa chiều, đòi hỏi một cách tiếp cận sáng tạo hơn. Các thuật toán tối ưu hóa bầy đàn (PSO - Particle Swarm Optimization) nổi bật như một công cụ mạnh mẽ và được ứng dụng rộng rãi trong các lĩnh vực từ kinh tế đến công nghệ thông tin nhờ khả năng tìm kiếm tối ưu trong không gian giải pháp rộng lớn.

Tuy nhiên, ứng dụng PSO trong RNP vẫn còn gặp nhiều thách thức, đặc biệt khi xử lý các yêu cầu tối ưu đa mục tiêu và các ràng buộc nghiêm ngặt. Các nghiên cứu trước đây tập trung vào việc cải tiến thuật toán PSO để đạt hiệu quả cao hơn, song vẫn còn những hạn chế về khả năng linh hoạt trong các tình huống thực tế. Nghiên cứu này nhằm giải quyết những khoảng trống trên bằng cách đề xuất một phiên bản cải tiến của PSO phù hợp với bài toán RNP và các ràng buộc cụ thể về tài nguyên mạng.

Bài báo sẽ trình bày phương pháp tiếp cận mới này theo các phần chính: phần tiếp theo thảo luận các nghiên cứu liên quan, phần phương pháp mô tả chi tiết giải thuật PSO đề xuất, tiếp theo là phân tích kết quả và cuối cùng là thảo luận và gợi ý cho các nghiên cứu tương lai.”

1. **CÁC NGHIÊN CỨU LIÊN QUAN**

Phương pháp tối ưu hay dựa trên giải thuật Heuristic, tìm lời giải tốt nhưng không phải là tốt nhất, vì là RNP thuộc về lớp bài toán NP-khó [1]. PSO là một thuật toán được các nhà nghiên cứu chú tâm đến vì khả năng tìm kiếm toàn cục ở mức chấp nhận được và hội tụ tốt ở phạm vị lớn. Để sử dụng và kết hợp với các phương pháp khác nhau chúng ta cần xem một số đánh giá về việc triển khai của thuật toán PSO trong các phương pháp giải quyết bài toán RNP.

Vấn đề quy hoạch mạng RFID ngày càng sử dụng trở nên rộng rãi ở nhiều lĩnh vực quản lý chuỗi cung ứng, công nghiệp điện, thủy điện, quản lý trong thương mại hàng hóa tồn kho và trong giám sát thiết bị ý tế.

Một số ràng buộc và mục tiêu của PSO được Giampaolo và cộng sự [2] đã nghiên cứu, chẳng hạn như công suất /độ lợi trong tần số siêu cao (UHF) được chuẩn hóa thành các bài toán có thể tiếp cận được thông qua hình học về mặt khoảng cách hình dạng của một các sóng vô tuyến trong không gian hai chiều hoặc ba chiều. Trong [3] và [4] Chen, Bhattachrya, Roy và các công sự đã sử dụng các thuật toán tiến hóa và tối ưu hóa bầy đàn để giải quyết RNP, ở phương pháp này lại yêu cầu số lượng đầu đọc được xác định trước và gây khó khăn trong việc cản trở tối ưu hóa đa mục tiêu. Tiếp đó Gong và cộng sự [5] đã thiết kế và kết hợp với toán tử loại bỏ đầu đọc tạm thời cho bài này toán RNP. Kết quả cho thấy tiết kiệm chi phí ở phần triển khai đầu đọc ít hơn so với các thuật toán khác và độ phủ đạt mức yêu cầu. Phân phối đều số lượng thẻ được bao phủ cũng quan trọng trong RFID về cân bằng tải lan truyền sóng được Dong và cộng sự [6] và [7], giảm sự chênh lệch số lượng thẻ được xử lý bởi các đầu đọc đồng thời tối ưu hóa hệ thống, tránh tình trạng quá tải.

Cùng năm 2013 A. Nawawi và cộng sự [8] đã khảo sát thông số tương quan trưc tiếp của bài toán RNP và Harrington [9] đã giới thiệu thuật toán K-means, áp dụng hỗ trợ phân cụm dữ liệu ở khâu khởi tạo vị trí ban đầu của các đầu đọc trong bài toán RNP. Về các thuật toán tiến hóa Zhang, Li [10] và Tuba và cộng sự [11] đã áp dụng đa mục tiêu như MOEA/D (Multi-objective Evolutionary Algorithm based on Decomposition) tối ưu hóa nhiều mục tiêu trong RNP. Tiếp đó [12] Zhao và cộng sự đã đề xuất một phương pháp phân rã dựa trên thuật toán đom đóm đa mục tiêu thiết lập cho mạng RFID nhưng gặp khó khăn trong việc xác định số lượng đầu đọc và bán kính phủ sóng.

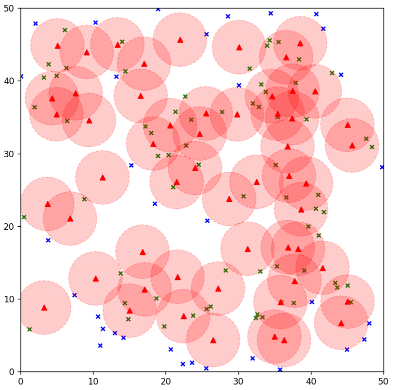
Một bước tiến mới trong việc cải thiện bao phủ đồng thời tối thiểu vùng nhiễu sóng qua khái niệm lực ảo và cải thiện khả năng tự động điều chỉnh vị trí các đầu đọc được giới thiệu bởi Antonis và cộng sự [13], cho đến vài năm gần đây Yating [14] và các cộng sự đã trình bày một phương pháp tối ưu hóa lai HPSO-RNP (Hybrid Particle Swarm Optimization for RFID Network Planning) kết hợp với K-means phân cụm, bổ sung lực ảo để giải quyết bài toán RNP được thử nghiệm trên các bộ dữ liệu chuẩn số lượng thẻ khác nhau và kết quả cho thấy đạt hiệu suất tốt hơn so với các thuật toán khác như CA-RNP và MOEA-RNP.

Cuối cùng có một số bài báo đánh giá và so sánh về hiệu quả của các phương pháp này trong vấn đề quy hoạch mạng theo các phương pháp dựa trên CS, GA và PSO [15] từ đó thấy được lợi thế của thuật toán PSO để vấn dụng vào trong thực tiễn như trong Lê Văn Hòa và cộng sự [16] đã ứng dụng trong giám sát thiết bị y tế và đề xuất ứng dụng giải thuật PSO và GA trong lắp đặt đầu đọc RFID.

1. **PHƯƠNG PHÁP**
2. **Phân tích bài toán quy hoạch mạng RFID**

Xét trong không gian thực hiện bài toán với kích thước 50m\*50m trong đó các thẻ RFID được phân bố một cách ngẫu nhiên. Mục tiêu được biết là làm sao để giải quyết các vấn đề đáp ứng các tiêu chí như bao phủ tối đa các thẻ, giảm tối thiểu số lượng đầu đọc và các vùng chồng lấn có thể gây nhiễu. Giải pháp cho các vấn đề này là áp dụng các phương pháp bầy đàn như GA và PSO nhằm tối ưu hóa các vị trí đầu đọc.

|  |  |
| --- | --- |
|  | (1) |



Trong đó:

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

Pt: Năng lượng truyền bởi thể (0,1 mW hoặc -10 dBm);

Gt, Gr: Độ lợi (gain) ca đầu đọc và thẻ;

λ: Bước sóng;

1. **Độ bao phủ các thẻ**

Mức độ bao phủ là một vấn đề mà bài toán này yêu cầu ở mức cao nhất trong thiết kế mạng RFID, trong đó ta cần bao phủ hết tất các thẻ tức mỗi thẻ điều được nằm trong vùng nhận diện của ít nhất một đầu đọc. Được định nghĩa trong [17] nên có công thức như sau:

|  |  |
| --- | --- |
|  | (2) |

Trong đó:

* dist(): khoảng cách Euclidean giữa thẻ và đầu đọc .
* : bán kính hoạt động của đầu đọc .
* tiêu chí 1 của hàm fitness

Ở giá trị bao phủ của một đầu đọc trong vùng được tính bằng khoảng cách sẽ cho ra với điều kiện khi và chỉ khi khoảng cách nhỏ hơn hoặc bằng (bán kính) hoạt động của đầu độc , thì thẻ đó được coi là bảo phủ bởi một đầu đọc bất kì và ngược lại đối với không được bao phủ bởi đầu đọc nào. Tóm lại đây là hàm được ưu tiên nhất vì khả năng bao phủ cao triển khai ít đầu đọc hơn sẽ tiết kiệm chi phí.

Theo (2) giá trị của sẽ nằm trong khoảng 0 đến 1 tức giá trị càng thấp tương ứng với độ bao phủ ít thẻ trong trong số thẻ và ngược lại.

1. **Độ nhiễu giữa các thẻ**

Trong ngữ cảnh của hệ thống mạng RFID, độ nhiễu là sự can thiệp giữa các tín hiệu của nhiều đâu đọc khi cùng phủ sóng lên một thẻ, điều này sẽ làm cho tín hiệu khó được phân biệt và gây xung đột, gây sai sót trong quá trình và khiến cho hệ thống phải xử lý lại nhiều lần gây tốn tài nguyên. Vì thế tiêu chí với độ ưu tiên ở mức hai được định nghĩa ở công thức sau: [18]

|  |  |
| --- | --- |
|  | (3) |

Trong đó:

Ở ITF là độ nhiễu giữa các thẻ hay số lượng thẻ nằm trong vùng chồng lấp, là tổng số lượng thẻ trong mạng RFID, được coi là mức độ nhiễu của thẻ , là số lượng đầu đọc bao phủ thẻ , nếu một thẻ năm trong phạm vi hoạt động của nhiều hơn một đầu đọc thì có nhiễu khi đó giá trị này cũng tăng theo số lượng đầu đọc bao phủ thẻ , một thẻ nằm trong phạm vi hoạt động không quá một đầu đọc được coi là không có nhiễu

Từ (3) mà ta có công thức nhiễu tổng thể của các thẻ:

|  |  |
| --- | --- |
|  | (4) |

Ta có giá trị khi và chỉ khi khi đó không có thẻ nào nằm trong vùng chồng lấp.

1. **Cân bằng tải**

Đề đạt tối ưu cao về chi phí cũng như bảo trì đầu đọc, ở công thức cân bằng tải giúp đo lường mức độ phân bổ đồng đều của số lượng thẻ mà các đầu đọc bảo phủ, tuy nhiên hàm này ở mức độ ưu tiên thấp nhất nhưng có phần đảm bảo rằng các đầu đọc được phân bố đều, đánh giá hiệu suất hoạt động và tránh không bị quá tải: [18]

|  |  |
| --- | --- |
|  | (5) |

Là tích của nghịch đảo số lượng thẻ mà mỗi đầu đọc bao phủ, nếu có một đầu đọc bao phủ nhiều thẻ lớn thì giá trị sẽ nhỏ từ đó làm giảm giá trị của sẽ cao hơn và cho thấy sự cân bằng tải tốt hơn.

1. **Giá trị hàm mục tiêu (fitness)**

Một trong thủ thuật của các bài toán bầy đàn thì việc lắp đặt đầu đọc sao cho phù hợp với yêu cầu với thực tế cũng như bài toán, trong đó cần xét đến nhiều tiêu chí và đáp ứng được yều cầu. Quan trọng nhất vẫn là đạt được độ bao phu tối đa, độ nhiễu ở mức trung bình và cân bằng tải của các đầu đọc. Vì thế được 3 tiêu chí này được sử dụng làm hàm mục tiêu trong quá trình tối ưu thuật toán về bài toán quy hoạch mạng RFID.

|  |  |
| --- | --- |
|  | (6) |

Khi đó có trọng số trong hàm mục tiêu k và . Kết quả của giá trị fitness đồng thời cũng cung cấp thông tin cho quẩn thể để đưa hướng giải quyết tốt nhất hay cách di chuyển sao cho tối ưu nhất, giá trị fitness nằm trong khoảng [0, 1].

1. **Điều chỉnh vị trí đầu đọc qua thuật toán lực ảo**

Trong quá trình hội tụ của thuật toán PSO thì không tránh được khả năng bao phủ toàn diện và bị chồng lấp quá độ mà có thể bị bỏ qua giá trị mục tiêu của chính nó. Vì thế kết hợp với lực ảo gồm có lực đẩy ra và lực hút vào sẽ cho ra kết quả đáng mong đợi.

Sau khi quá trình chạy thuật toán xong sẽ được quá trình gọi là lực ảo, ở đây có lực ảo chính được đề xuất trong [14] và [18], Yating và cộng sự đã giới thiệu hai lực ảo là lực đẩy ra và lực hút vào cụ thể:

Lực đẩy sẽ hoạt khi giữa các cặp đầu đọc, xét khoảng cách giữa hai đầu đọc nhỏ hơn hai lần bán kính phủ sóng, khi đó lực đẩy sẽ đẩy chúng ra nhằm giảm nhiễu và lực đẩy cũng được tính dựa trên hệ số cho trước hoặc xác đinh từ vị trí của đầu đọc liền kề.

Khi áp dụng vào đầu đọc A và B có vùng phủ sóng chồng lấp, được tính như sau:

|  |  |
| --- | --- |
|  | (7) |
|  | (8) |

Trong không gian hai là tọa độ của đầu đọc được xác định trước, là hệ số điều chỉnh ngẫu nhiên [0, 1] thể hiện mức độ đẩy.

Lực hút lại làm cải thiện độ bao phủ, khi đó duyệt qua tất cả thẻ nếu chưa được bao phủ hoặc nằm trong phạm vi bán kính tối ở các đầu đọc, từ đó lực hút sẽ hoạt động kéo đầu đọc gần đó về phía thẻ hơn và cũng có trọng lực kéo riêng để điều chỉnh tùy thuộc vào yêu cầu của bài toán đặt ra, ở đây độ ưu tiên là bao phủ tối đa nên lực hút sẽ có trọng số cao hơn lực đẩy.

Lực hút được khi một thẻ chưa được bao phủ bởi bất kỳ đầu đọc nào. Lực hút kéo đầu đọc gần nhất với thẻ đó được tính như sau:

|  |  |
| --- | --- |
|  | (9) |
|  | (10) |

Trong đó là tọa độ của thẻ được bao phủ, là hệ số điều chỉnh tương tự, cho ra lực hút mới cho mỗi thế hệ.

Quy trình tổng hợp là sau khi tính toán lực hút và đẩy như trên, vị trí mới của đầu đọc được cập nhật được biểu diễn như (11), (12):

|  |  |
| --- | --- |
|  | (11) |
|  | (12) |

1. **Kết hợp với lý thuyết hỗn loạn**

Một sự cải tiến mạnh mẽ hơn trong PSO được đề xuất trong [18], Shaymaa và các cộng sự đã giới thiệu PSO kết hợp với chaos theory (lý thuyết hỗn loạn), sự kết hợp này có thể làm tăng cường khả năng khám phá trong không gian tìm kiếm, giảm cực trị cục bộ tức là trách tình trạng các hạt di chuyển mãi ở một chỗ, cần một sự bức phá trong quá trình di chuyển để tối ưu hóa vị trí của đầu đọc tốt hơn.

* + 1. Đặt điểm của hệ hỗn loạn

Giá trị hỗn loạn ban đầu được khởi tạo ngẫu nhiên hay được gọi là Chaotic mapping (ánh xạ hỗn loạn), giá trị này sẽ được cập nhật qua mỗi thế hệ kết hợp với hằng số hỗn loạn, tiếp đó giá trị sẽ được áp dụng vào cùng với trọng số của cả bầy đàn có được trong quá trình hội tụ, phương pháp đảm bảo phủ sóng tốt nhất và tránh can nhiễu cũng được đề xuất trong [18], được mô tả chi tiết trong [19] của áp dụng trong hệ thống điều khiển. Hệ hỗn loạn là một trạng thía chuyển động không biết trước được bằng phương trình xác định, một số phương cụ thể như ngẫu nhiên giả (Pseudo-randomness) rằng các biến hỗn loạn được sinh ra ngẫu nhiên thông qua phương trình lặp xác định, tiếp là khả năng bao quát (Ergodicity) điều này có khả năng duyệt qua tất cả các trạng thái mà ở đó không lặp lại trong không gian tìm kiếm, mặc dù các biến hỗn loạn là ngẫu nhiên, chúng được tạo ra bởi một phương trình lặp cụ thể và có quy luật nội tại. Nhảy cảm với giá trị ban đầu với một chút thay đổi nhỏ của giá trị ban đầu có thể dẫn đến sự khác biệt lớn trong kết quả về sau.

* + 1. Công thức Chaotic Mapping (Ánh xạ hỗn loạn)

Được áp dụng trong ánh xạ Logistic nhằm để tạo ra giá trị hỗn loạn , sự hỗn loạn góp phần vào chất lượng của lời giải và độ hội tụ của PSO và cũng phụ thuộc vào sự khởi tạo của các đầu đọc, sự ngẫu nhiên trong hỗn loạn này được gọi là chuỗi ngẫu nhiên có tính bao quát và ngẫu nhiên giả, chuỗi duyệt qua không gian tìm kiếm mà không lặp lại, khi đó giúp được tìm kiếm tối ưu toàn cục một cách nhanh chóng.

|  |  |
| --- | --- |
|  | (13) |

Khi giá trị tham số sự hỗn loạn này ở trạng thái hỗn loạn toàn phần và các giá trị ban ban đầu khác các với giá trị đặt biệt (0.25, 0.5, 0.75) điều này sẽ tạo nên một chuỗi ngẫu nhiên hỗn loạn không lặp lại.

1. **Loại bỏ đầu đọc dư thừa**
2. **GIẢI THUẬT LẮP ĐẶT ĐẦU ĐỌC CHO VIỆC GIẢM SÁT**

Phần này là các bước kỹ thuật lắp đặt đầu đọc RFID theo thuật toán PSO truyền thống đến hiện đại nhất, được sử dụng rộng rãi trong thực tế và hiệu suất cao.

1. **Thuật toán PSO truyền thống (Original PSO algorithm)**

Thuật toán PSO được công bố lần đầu tiên bởi Kennedy cùng với cộng sự Eberhart năm 1995 [20], lấy cảm hứng từ tự nhiên của động vật đi tìm thức ăn trong quần thể. Trong bầy đàn có các cá thể (particle) cũng là đại diện cho một đầu đọc.

**Các bước thực hiện cơ bản của PSO truyền thống:**

1. **Khởi tạo quần thể:** Tạo ngẫu nhiên vị trí và vận tốc của các cá thể trong không gian, gán giá trị và sau cùng là xác định trong được coi là tốt nhất trong bầy đàn.
2. **Đánh giá và xác định hàm fitness:** Tính toán giá trị hiện tại của quần thể thông qua hàm fitness như ở mục E cho vòng lặp hiện tại.
3. **Cập nhật** **giá trị:** Sau khi cập nhật và thì được so sánh với giá trị fitness của quần thể, sao cho cá thể nào đạt được cao hơn giá trị fitness sẽ được coi là cá thể tìm thấy giải pháp tốt nhất.
4. **Tối ưu hóa:** mỗi cá thể thứ sẽ được cập nhật vận tốc và vị trí theo như phương trình (14) và (15):

|  |  |
| --- | --- |
|  | (14) |
|  | (15) |

Trong có là số chiều của không gian quy định; chỉ số của cá thể thứ ; là tham số quán tính gồm có độ hội tụ và cân bằng giữa khám phá và khai thác; là hệ số giá tốc trong quá trình tự nhận thức và ảnh hưởng xã hội; , các giá trị ngẫu nhiên [0,1].

1. **Điều kiện dừng**: Lặp lại từ Bước 2 cho đến Bước 4 trong số lần lặp cho trước hoặc cho đến khi đạt đủ chi tiêu yêu cầu bài toán (Ví dụ: qua 5 lần lặp không thay đổi giá trị hàm mục tiêu).

Tóm lại các bước trên là quá trình cơ bản nhất của PSO trong quy hoạch mạng RFID sử dụng phương pháp tìm kiếm và hợp tác của cá thể, sự cộng sinh giữa cá thể sẽ cho ra giải pháp tốt nhất và chia sẻ cho các cá thể xung quanh nó.

1. **Thuật toán PSO hiện đại (Modern PSO algorithm)**

Các bước thực hiện MPSO là một phương pháp tối ưu lai kết hợp giữa khỏi tạo K-means [14], ánh xạ hỗn loạn, lực ảo [18] và loại bỏ đầu đọc dư thừa.

**Các bước và phương pháp MPSO trong quy hoạch mạng RFID được thực hiện như sau:**

1. **Khởi tạo quần thể**: Tiến hành tạo từng tâm cụm và so sánh kết quả, cho ra số lượng đầu đọc và vị trí ban đầu bằng thuật toán K-means sao cho đạt ngưỡng yêu cầu.
2. **Tối ưu hóa và xác định hàm mục tiêu:** Áp dụng thuật toán PSO để tối ưu hóa vị trí các đầu đọc tương tự như PSO truyền thống và kết hợp với ánh xạ hỗn loạn trong mục G và tính toán hàm mục tiêu trong mục E .
3. **Kết hợp lực ảo:** Tinh chỉnh vị trí bằng lực ảo nhiều lần như trong mục F, kết thúc khi độ bao phủ không thay đổi qua 5 lần lặp.
4. **Loại bỏ đầu đọc:** Loại bỏ đầu đọc dư thừa sao cho phù hợp với yêu cầu và cho ra số lượng đầu đọc lý tưởng nhất.
5. **Điều kiện dừng:** Quá trình lặp sẽ từ Bước 2 cho đến bước Bước 4 trong số lần lặp cho trước hoặc cho đến khi đạt đủ chi tiêu yêu cầu bài toán (Ví dụ: qua 5 lần lặp không thay đổi giá trị hàm mục tiêu).
6. **MÔ PHỎNG VÀ KẾT QUẢ**
7. **KẾT LUẬN**
8. **TÀI LIỆU THAM KHẢO**

|  |  |
| --- | --- |
| [1] | Y. L. Y. Y. W. Y. Q. Guan, "Genetic Approach for Network Planning in the," vol. 2, p. Sixth International Conference on Intelligent Systems Design and, 8 2006. |
| [2] | F. F. G. M. E. Di Giampaolo, "RFID-network planning by Particle Swarm Optimization," vol. 25, pp. 1-5, 2010. |
| [3] | Z. Y. Chen H, "RFID network planning using evolutionary," pp. 1-4, 2008. |
| [4] | R. U. Bhattacharya I, "Optimal placement of readers in an RFID network using particle swarm optimization," 2010. |
| [5] | M. S. J. Z. O. K. W. N. C. Z. H. Z. Y. J. Gong, "Optimizing RFID Network Planning by Using a Particle Swarm Optimization Algorithm with Redundant Reader Elimination," in *IEEE Transactions on Industrial Informatics*, 2012. |
| [6] | Q. S. A. S. V. A. D. B. S. &. K. K. Dong, "Load balancing in large-scale RFID systems," in *Infocom IEEE International Conference on Computer Communications*, 2281-2285, 2007. |
| [7] | Q. S. A. S. V. A. D. B. S. &. K. K. Dong, "Load balancing in large-scale RFID systems," *Computer Networks,* vol. 52, no. 9, pp. 1782-1796, 2008. |
| [8] | K. H. a. S. A. B. A. Nawawi, "Correlation between RFID Network Planning (RNP) Parameters and Particle Swarm Optimization (PSO) Solutions," *Applied Mechanics and Materials,* vol. 465–466, p. 1245–1249. |
| [9] | P. Harrington, Machine learning in action, Beijing: Posts & Telecom Press, 2013. |
| [10] | Q. &. L. H. Zhang, "MOEA/D: A multiobjective evolutionary algorithm based on decomposition," *IEEE Transactions on Evolutionary Computation,* vol. 11, no. 6, pp. 712-731, 2007. |
| [11] | V. A. A. &. T. M. Tuba, "Multi-objective RFID network planning with probabilistic coverage model by guided fireworks algorithm," in *2017 10th International Symposium on Advanced Topics in Electrical Engineering (ATEE), IEEE*, Bucharest, Romania, 2017. |
| [12] | C. W. C. C. J. W. X. Y. X. L. J. &. K. M. Zhao, "Decomposition-based multi-objective firefly algorithm for RFID network planning with uncertainty," *Applied Soft Computing,* vol. 55, pp. 549-564, 2017. |
| [13] | G. S. S. A. B. &. J. S. Antonis, "Introduction of dynamic virtual force vector in particle swarm optimization for automated deployment of RFID networks," in *13th European Conference on Antennas and Propagation (EuCAP 2019)*, 2019. |
| [14] | J. L. Z. X. Yating Cao, "A Hybrid Particle Swarm Optimization Algorithm for RFID Network Planning," *Soft Computing,* 2 2 2021. |
| [15] | N. V. T. P. T. Đ. Lê Văn Hòa, "ĐÁNH GIÁ HIỆU QUẢ MỘT SỐ PHƯƠNG PHÁP TỐI ƯU TRONG QUY HOẠCH MẠNG RFID," in *Kỷ yếu Hội nghị Quốc gia lần thứ XVI về Nghiên cứu cơ bản và ứng dụng Công Nghệ thông tin (FAIR)*, Đà Nẵng, 2023. |
| [16] | N. V. T. P. T. Đ. V. V. M. N. Lê Văn Hòa, "ĐÁNH GIÁ HIỆU QUẢ CỦA THUẬT TOÁN GA VÀ PSO CHO VIỆC TRIỂN KHAI HỆ THỐNG RFID GIÁM SÁT THIẾT BỊ Y TẾ," in *Kỷ yêu Hội nghị Quốc giá lần thứ XV về Nghiên cứu cơ bản và ứng dụng Công Nghệ thông tin (FAIR)*, Đà Nẵng, 2024. |
| [17] | E. G. A. A. A. S. H. I. &. D. M. I. Zahran, "A self-learned invasive weed-mixed biogeography-based optimization algorithm for RFID network planning," *Wireless Networks,* vol. 26, pp. 4109-4412, 2020. |
| [18] | M. N. A. A. S. A. Shaymaa Qasim Mohammed, "Hybrid Swarm Intelligence Algorithm Design for Optimizing," *Wireless Personal Communications,* 2023. |
| [19] | T. &. L. J. Zhang, "An efficient and fast kinematics-based algorithm for RFID network planning," *Computer Networks,* vol. 121, pp. 13-24, 2017. |