2



BỘ CÔNG THƯƠNG

**TRƯỜNG ĐẠI HỌC CÔNG THƯƠNG TP.HCM**

**KHOA CÔNG NGHỆ THÔNG TIN**

---------------------------

**ĐỒ ÁN CHUYÊN NGÀNH**

**Đánh giá hiểu quả của thuật toán tối ưu hóa bầy đàn (PSO) cho việc triển khai hệ thống RFID giám sát sinh viên trong lớp học**

**GIẢNG VIÊN HƯỚNG DẪN: Nguyễn Văn Tùng**

**Sinh viên thực hiện:**

**2001215850 – Huỳnh Vĩ Khang – 12DHTH14(\*)**

**2001215964 – Đào Quí Mùi – 12DHTH13**

**2001200022 – Nguyễn Trọng Nhân – 12DHTH14**

*TP. HỒ CHÍ MINH, tháng 11 năm 2024*

# LỜI CAM ĐOAN

Tôi xin cam đoan đây là công trình nghiên cứu của riêng tôi. Các số liệu, kết quả nêu trong Đồ án là trung thực và chưa từng được ai công bố trong bất kỳ công trình nào khác.

Tôi xin cam đoan rằng mọi sự giúp đỡ cho việc thực hiện Đồ án này   
đã được cảm ơn và các thông tin trích dẫn trong Đồ án đã được chỉ rõ nguồn gốc.

**Sinh viên thực hiện Đồ án Sinh viên thực hiện Đồ án Sinh viên thực hiện Đồ án**

*(Ký và ghi rõ họ tên)* *(Ký và ghi rõ họ tên) (Ký và ghi rõ họ tên)*

# LỜI CẢM ƠN

Tập thể nhóm chúng em xin gửi lời cảm ơn chân thành đến Ban giám hiệu và các thầy cô trong Khoa Công Nghệ Thông Tin, Trường Đại Học Công Thương TPHCM đã tạo điều kiện và môi trường học tập thuận lợi trong suốt quá trình học tập và nghiên cứu.

Đặc biệt, em xin gửi lời cảm ơn sâu sắc đến Thầy Nguyễn Văn Tùng - người hướng dẫn đã luôn tận tình chỉ bảo, hỗ trợ và đóng góp ý kiến quý báu trong suốt quá trình em thực hiện đề tài này. Những hướng dẫn và góp ý của Thầy là nguồn động viên và nền tảng quan trọng giúp em hoàn thành đồ án một cách tốt nhất.

Em cũng xin cảm ơn các anh chị khóa trước và bạn bè cùng khóa đã luôn chia sẻ kiến thức, giúp đỡ và động viên em trong quá trình nghiên cứu và hoàn thiện đồ án.

Cuối cùng, em xin bày tỏ lòng biết ơn đến gia đình, những người đã luôn là nguồn động lực to lớn, ủng hộ và động viên em vượt qua mọi khó khăn trong suốt chặng đường học tập.

Em xin chân thành cảm ơn!

# TÓM TẮT

Đồ án này nghiên cứu việc áp dụng thuật toán tối ưu hóa bầy đàn (PSO) để triển khai hệ thống RFID nhằm giám sát sinh viên trong không gian lớp học. Hệ thống RFID được xem là giải pháp hữu hiệu cho việc giám sát và theo dõi vị trí sinh viên, nhằm hỗ trợ tăng cường quản lý và nâng cao chất lượng giảng dạy. Đặc biệt, việc tối ưu hóa vị trí các đầu đọc RFID để bao phủ toàn bộ khu vực lớp học với số lượng thiết bị tối thiểu là một thách thức quan trọng.

Trong đồ án này, thuật toán PSO được sử dụng để giải quyết bài toán tối ưu hóa vị trí các đầu đọc RFID, với mục tiêu tối đa hóa vùng bao phủ và giảm thiểu số lượng thiết bị. Thuật toán PSO sẽ xác định vị trí tối ưu của các đầu đọc dựa trên các tiêu chí như phạm vi bao phủ và chi phí triển khai.

Qua các mô phỏng với các bố trí lớp học khác nhau, đồ án đánh giá hiệu quả của thuật toán PSO thông qua các chỉ số như tỷ lệ bao phủ, số lượng đầu đọc cần thiết, và thời gian tính toán. Kết quả nghiên cứu cho thấy PSO đạt được hiệu quả cao trong việc bao phủ lớp học và giúp giảm đáng kể chi phí lắp đặt so với các phương pháp truyền thống.

Đồ án kết luận rằng thuật toán PSO là một giải pháp khả thi và hiệu quả trong triển khai hệ thống giám sát RFID cho lớp học, đồng thời đưa ra các gợi ý phát triển và cải tiến trong tương lai.

**MỤC LỤC**

[LỜI CAM ĐOAN 2](#_Toc181873929)

[LỜI CẢM ƠN 3](#_Toc181873930)

[TÓM TẮT 4](#_Toc181873931)

[DANH MỤC HÌNH 7](#_Toc181873932)

[DANH MỤC CÁC KÝ HIỆU VÀ CHỮ VIẾT TẮT 8](#_Toc181873933)

[LỜI MỞ ĐẦU 9](#_Toc181873934)

[CHƯƠNG 1. GIỚI THIỆU 10](#_Toc181873935)

[1.1 Lý do chọn đề tài: 10](#_Toc181873936)

[1.2 Mục tiêu nghiên cứu: 10](#_Toc181873937)

[1.3 Phạm vi và giới hạn nghiên cứu: 11](#_Toc181873938)

[1.4 Nội dung nghiên cứu: 11](#_Toc181873939)

[CHƯƠNG 2. TỔNG QUAN NGHIÊN CỨU 13](#_Toc181873940)

[2.1 Các phương pháp giám sát lớp học hiện tại: 13](#_Toc181873942)

[2.2 Giới thiệu thuật toán tối ưu hóa bầy đàn (PSO): 14](#_Toc181873943)

[2.3 Các thành phần chính của PSO 14](#_Toc181873944)

[2.3.1 Particle (Phần tử): 14](#_Toc181873945)

[2.3.2 Swarm (Bầy đàn): 14](#_Toc181873946)

[2.3.3 Position (Vị trí) và Velocity (Vận tốc): 14](#_Toc181873947)

[2.3.4 pBest (Personal Best - Vị trí tốt nhất cá nhân): 15](#_Toc181873948)

[2.3.5 gBest (Global Best - Vị trí tốt nhất toàn cục): 15](#_Toc181873949)

[2.3.6 Cognitive và Social Coefficients (Hệ số tự nhận thức và xã hội): 15](#_Toc181873950)

[2.3.7 Inertia Weight (Hệ số quán tính): 15](#_Toc181873951)

[2.4 Hàm mục tiêu (fitness function): 15](#_Toc181873952)

[2.5 Cập nhật vị trí và vận tốc: 15](#_Toc181873953)

[2.6 Quá trình hội tụ: 16](#_Toc181873954)

[2.7 Các nghiên cứu liên quan đến PSO và giám sát: 16](#_Toc181873955)

[2.8 Ứng dụng thực tế của PSO 17](#_Toc181873956)

[CHƯƠNG 3. PHÂN TÍCH BÀI TOÁN 19](#_Toc181873957)

[3.1 Mô tả bài toán giám sát sinh viên trong lớp học: 19](#_Toc181873959)

[3.2 Các yêu cầu và tiêu chí giám sát 19](#_Toc181873960)

[3.3 Giá trị hàm fitness 21](#_Toc181873961)

[3.3.1 Độ bao phủ 21](#_Toc181873962)

[3.3.2 Độ nhiễu các thẻ 23](#_Toc181873963)

[CHƯƠNG 4. GIẢI THUẬT TỐI ƯU HÓA BẦY ĐÀN (PSO) TRONG GIÁM SÁT 24](#_Toc181873964)

[4.1 Xây dựng bài toán PSO cho lớp học: 24](#_Toc181873966)

[4.2 Các bước triển khai thuật toán PSO: 24](#_Toc181873967)

[4.3 Tối ưu hóa kết quả với kỹ thuật giảm thiết bị dư thừa: 25](#_Toc181873968)

[CHƯƠNG 5. MÔ PHỎNG VÀ ĐÁNH GIÁ KẾT QUẢ 26](#_Toc181873969)

[5.1 Môi trường và công cụ mô phỏng: 26](#_Toc181873971)

[5.2 Kịch bản mô phỏng: 26](#_Toc181873972)

[5.3 Kết quả mô phỏng: 26](#_Toc181873973)

[5.4 So sánh hiệu quả theo các tiêu chí: 26](#_Toc181873974)

[CHƯƠNG 6. KẾT LUẬN VÀ HƯỚNG PHÁT TRIỂN 27](#_Toc181873975)

[6.1 Kết luận: 27](#_Toc181873977)

[6.2 Hạn chế của nghiên cứu: 27](#_Toc181873978)

[6.3 Hướng phát triển: 29](#_Toc181873979)

[TÀI LIỆU THAM KHẢO 31](#_Toc181873980)

# DANH MỤC HÌNH

[Hình 1 17](#_Toc181427456)

# DANH MỤC CÁC KÝ HIỆU VÀ CHỮ VIẾT TẮT

| **Viết tắt** | **Tiếng Anh** | **Tiếng Việt** |
| --- | --- | --- |
| RFID | Radio Frequency Identification | Nhận dạng tần số vô tuyến |
| PSO | Particle Swarm Optimization | Tối ưu bày đàn |
| HUIT | Ho Chi Minh City University of Industry | Trường Đại Học Công Thương TP.HCM |
| IoT | Internet of Things | Internet vạn vật |
| RNP | Radio Frequency Identification Network Planning | Quy hoạch mạng lưới nhận dạng tần số vô tuyến |

# LỜI MỞ ĐẦU

Đồ án này nghiên cứu việc áp dụng thuật toán tối ưu hóa bầy đàn (PSO) để triển khai hệ thống RFID nhằm giám sát sinh viên trong không gian lớp học. Hệ thống RFID được xem là giải pháp hữu hiệu cho việc giám sát và theo dõi vị trí sinh viên, nhằm hỗ trợ tăng cường quản lý và nâng cao chất lượng giảng dạy. Đặc biệt, việc tối ưu hóa vị trí các đầu đọc RFID để bao phủ toàn bộ khu vực lớp học với số lượng thiết bị tối thiểu là một thách thức quan trọng.

Thuật toán PSO được sử dụng trong đồ án này để giải quyết bài toán tối ưu hóa vị trí và độ bao phủ các đầu đọc trong hệ thống RFID, với mục tiêu tối thiểu hóa số lượng đầu đọc và giảm thiểu chi phí lắp đặt.

Mô phỏng quá trình với các bố trí trong lớp học, đánh giá hiệu quả của thuật toán, số lượng đầu đọc cần thiết, và thời gian tính toán. Kết quả nghiên cứu cho thấy PSO đạt được hiệu quả cao trong việc bao phủ lớp học và giúp giảm đáng kể chi phí lắp đặt so với các phương pháp truyền thống.

Đồ án kết luận rằng thuật toán PSO là một giải pháp khả thi và hiệu quả trong triển khai hệ thống giám sát RFID cho lớp học, đồng thời đưa ra các gợi ý phát triển và cải tiến trong tương lai.

# GIỚI THIỆU

## Lý do chọn đề tài:

Trong thời đại khoa học kỹ thuật phát triển mạnh mẽ, công nghệ hiện đại đang là phương tiện hỗ trợ không thể thiếu trong mọi lĩnh vực, một trong số đó là giáo dục. Việc quản lý và giám sát sinh viên trong môi trường giáo dục là một trong những yếu tố cần thiết giúp đảm bảo kỷ luật, phát triển môi trường giáo dục, ý thức của sinh viên. Tuy nhiên, việc quản lý và giám sát sinh viên truyền thống vẫn đang gặp nhiều khó khăn, đặc biệt là ở nới đông người việc giám sát từng sinh viên đang gặp rất nhiều trở ngại và mất thời gian. Công nghệ nhận dạng bằng sóng vô tuyến (RFID) được xem là một trong những giải pháp hiệu quả để giám sát một cách tự động, cập nhật liên tục vị trí của từng sinh viên. Kết hợp với các giải thuật tối ưu, hệ thống RFID sẽ được triển khai nhanh chóng, hiệu quả, giảm thiểu tối đa số lượng đầu đọc mà nâng cao tối đa vùng bao phủ.  
Thuật toán bầy đàn (PSO) là một giải pháp tối ưu hóa vô cùng mạnh mẽ, mô phỏng hành vi tự nhiên của bầy đàn, đã được ứng dụng hiệu quả trong nhiều bài toán tối ưu phức tạp. Áp dụng PSO trong việc giảm tối đa vị trí đầu đọc RFID trong lớp học mà vẫn đảm bảo phạm vi bao phủ tối đa không làm ảnh hưởng đến hiệu quả mà còn tối ưu được chi phí giúp nhà trường hoặc các cơ sở giáo dục giám sát sinh viên.  
Đó là lý do đề tài "Đánh giá hiệu quả của thuật toán tối ưu hóa bầy đàn (PSO) triển khai cho việc phát triển hệ thống giám sát(RFID) sinh viên trong lớp học" được chọn nhằm nghiên cứu triển khai, phát triển một giải pháp giám sát hiện đại, hiệu quả, góp phần nâng cao chất lượng quản lý và giảng dạy trong môi trường giáo dục.

## Mục tiêu nghiên cứu:

Để quá trình nghiên cứu thuật toán tối ưu hóa bầy đàn (PSO) cho việc triển khai hệ thống giám sát sinh viên đạt được hiệu quả tối đa đồ án đã đặt ra những mục tiêu nhất định. Đầu tiên là đánh giá tính hiệu quả của PSO trong việc tối ưu vị trí lắp đặt các thiết bị đầu đọc, bao gồm số lượng và vị trí đầu đọc nhằm tối đa độ bao phủ trong lớp học và giảm thiểu vùng không giám sát. Tiếp theo là kiểm tra độ chính xác của hệ thống trong việc nhận diện sinh viên qua thuật toán PSO trong lớp học. Một trong số đó có thể kể đến như tỷ lệ nhận diện chính xác, lỗi nhận diện. Đánh giá hiệu suất tính toán của PSO trong điều kiện thực tế so với với các thuật toán tối ưu khác như GA hoặc DE. Đánh giá khả năng mở rộng của hệ thống khi quy mô lớp học thay đổi, tính linh hoạt của hệ thống phải thích nghi được với tất cả các điều kiện lớp học khác nhau. Và cuối cùng là tối ưu chi phí và lợi ích của hệ thống RFID áp dụng thuật toán PSO để giám sát sinh viên. Giúp tiết kiệm được chi phí lắp đặt dài hạn nhưng vẫn không làm ảnh hưởng đến tính hiệu quả của hệ thống. Việc đặt ra mục tiêu có thể giúp quá trình nghiên cứu có hướng đi rõ ràng không lan mang ảnh hưởng đến chất lượng của việc nghiên cứu và tiết kiệm được thời gian.

## Phạm vi và giới hạn nghiên cứu:

Nghiên cứu này tập trung vào việc áp dụng thuật toán tối ưu hóa bầy đàn (PSO) để triển khai hệ thống giám sát sinh viên trong môi trường lớp học thông qua công nghệ RFID. Nghiên cứu này giới hạn trong phạm vi trong gian trong một lớp học tiêu chuẩn dựa trên diện tích lớp học, số lượng sinh viên và các yếu tố khách quan ảnh hưởng đến đầu đọc RFID. Bao gồm các kịch bản triển khai trong nhiều loại phòng học có cấu trúc khác nhau để kiểm tra tính thích ứng của thuật toán. Mỗi sinh viên sẽ được trang bị các thẻ RFID để nhận diện trong không gian lớp học. Các yếu tố khách quan ảnh hưởng đến việc nhận diện như phạm vi đọc, khả năng phát tín hiệu của RFID, các vật cản và nhiễu sóng trong lớp học. Đánh giá tính hiệu quả của thuật toán thông qua mức độ bao phủ không gian lớp học và độ chính xác các sinh viên trong vùng bao phủ. Thời gian và hiệu suất đánh giá cũng là một tiêu chí để đánh giá thuật toán PSO để tìm ra vị trí đọc tối ưu. So sánh với các giải thuật tối ưu bầy đàn khác như GA và DE về tính linh hoạt của hệ thống khi thay đổi quy mô lớp học và số lượng sinh viên. Kết quả nghiên cứu này có thể ứng dụng trong việc quản lý và giám sát sự hiện diện của sinh viên trong lớp học giúp ích cho giảng viên và nhà trường trong việc có thêm một biện pháp theo dõi sinh viên để đảm bảo kĩ luật của nhà trường. Việc đặt ra phạm vi giúp cho quá trình nghiên cứu bám sát mục tiêu để hướng đến kết quả nghiên cứu hiệu quả và thiết thực.

## Nội dung nghiên cứu:

Nghiên cứu vào việc áp dụng thuật toán tối ưu bầy đàn (PSO) để triển khai hệ thống RFID trong giám sát sinh viên ở lớp học.

Phần về nội dung tổng quan các phương pháp giám sát được tiếp cận nhiều nhất ở tại thời điểm hiện tại như sử dụng mô hình nhận diện khuôn mặt, camera, cảm biến chuyển động và hệ thống RFID, mỗi phương pháp được phân tích về nhược điểm và ưu điểm để chọn lựa công cụ giám sát phù hợp nhất trong nghiên cứu.

Giới thiệu về công nghệ RFID bao gồm các thành phần cơ bản như là đầu đọc, các thẻ, vùng bao phủ,… nguyên lý hoạt động và lợi ích của hệ thống này. Song, giới thiệu thuật toán PSO mô tả cấu trúc thành phần cơ chế tối ưu hóa dựa trên hành vi bầy đàn và phương pháp nó có thể ứng dụng vào bài toán tối ưu vị trí đầu đọc RIFD trong hệ thống này qua đó xây dụng bài toán tối ưu hóa giám sát lớp học, trong đó chúng ta mô tả chi tiết lớp học và các khu vực cần giám sát: diện tích, góc khuất và các biến dạng của các lớp học, xác đinh các tiêu chí và tối ưu như tối đa hóa vùng bao phủ, tổi thiểu số lượng thiết bị RFID và giảm chi phí ở mức tối đa, thiết lập hàm mục tiêu và các ràng buộc của bài toán, tạo tiền đề cho thuật toán PSO trong quá trình tính toán

Về bước triển khai của thuật toán này là áp dụng thuật toán vào PSO sau đó tích hợp vào không gian lớp học, bao gồm các bước như tạo quần thể, tính toán vận tốc, hàm mục tiêu, cập nhật vị trí sau mỗi lần lặp, duy trì tiến độ tìm phương pháp tối ưu, bước cuối cùng là mô phỏng lại kết quả. Bố trí không gian lớp học trên sơ đồ một cách trực quan, đánh giá kết quả thông tiêu chí tỷ lệ bao phủ, số lượng đầu đọc và thời gian thực thi thuật toán. Cuối cùng là phần kết luận và hướng phát triển của thuật toán để vẽ đường cho những nghiên cứu sau này.

# TỔNG QUAN NGHIÊN CỨU



## Các phương pháp giám sát lớp học hiện tại:

Việc sử dụng công nghệ hiện đại để quản lý và giám sát lớp học ngày nay là vô cùng cần thiết để bảo đảm chất lượng giảng dạy, nâng cao ý thức và kỷ luật của sinh viên khi mà hiện nay ngày càng nhiều thành phần, cá nhân trong tập thể nhà trường chưa ý thức được việc đó. Ngày nay có rất nhiều biện pháp để giám sát sinh viên trong lớp học, một trong số đó có thể kể đến như:

* Camera giám sát: Camera là phương tiện giám sát phổ biến nhất hiện nay có thể quan sát trực tiếp hoặc xem lại. Với việc kết hợp với các công nghệ hiện đại như ghi âm, nhận diện khuôn mặt giúp quản lý và theo dõi hành vi của sinh viên. Trái lại, hệ thống camera mắc một số hạn chế như chi phí lắp đặt cao khi muốn hạn chế tối đa góc chết, các vấn đề về bảo mật hình ảnh và quyền riêng tư khi bị kẻ gian xâm nhập vào hệ thống.
* Hệ thống hồng ngoại cảm biến chuyển động: Hệ thống này có thể phát hiện và ghi nhận các hành vi bất thường của sinh viên trong lớp học như di chuyển ra khỏi lớp hoặc chỗ ngồi. Tuy nhiên, hệ thống này chỉ cung cấp thông tin tổng quát về hoạt động của sinh viên mà không xác định được hành vi và sinh viên cụ thể.
* Thiết bị nhận dạng khuôn mặt và vân tay: Đây cũng là phương pháp phổ biến của nhà trường trong việc điểm danh giảng viên và sinh viên. Hệ thống này có độ chính xác cao khi nhận dạng từng cá nhân ghi nhận thông tin vào từng thời điểm ra vào của sinh viên. Hạn chế của hệ thống này là không thể giám sát chặt chẽ sinh viên sau khi điểm danh và hệ thống này đòi hỏi chi phí khá cao.
* Ứng dụng trên thiết bị di động: Bằng việc kết hợp với công nghệ GPS, ứng dụng chỉ cho phép sinh điểm danh khi có mặt trong khuôn viên giảng dạy. Tuy nhiên phương pháp này cũng có thể bị lỗi khi GPS bị lỗi hoặc sinh viên lợi dụng điểm này để ra vào không xin phép và không thể điểm danh nếu sinh viên quên đem theo điện thoại.

Mỗi phương pháp giám sát đều có ưu và nhược điểm riêng, phục vụ cho từng điều kiện khác nhau. Trong nghiên cứu này, hệ thống RFID kết hợp với thuật toán tối ưu hóa bầy đàn PSO sẽ cung cấp một phương pháp giám sát tăng cường, nhanh chóng nhưng vẫn hiệu quả tiết kiệm được thời gian, chi phí vận hành trong môi trường giáo dục hiện đại.

## Các nghiên cứu liên quan trong quy hoạch mạng RFID

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.

## Giới thiệu thuật toán tối ưu hóa bầy đàn (PSO):

Thuật toán tối ưu hóa bầy đàn (Particle Swarm Optimization - PSO) là một phương pháp tối ưu hóa dựa trên mô phỏng hành vi tự nhiên của các bầy đàn trong tự nhiên, được biết đến là một thuật toán nằm trong cơ chế của Trí Tuệ Bầy Đàn (Swam Intelligence - SI).

Phương pháp này trước đây là một dạng thuật toán tiến hóa là tiền thân của thuật toán (Genetic Algorithm – GA), Thuật toán đàn kiến (Ani Colony Algorithm - AC) và có nhiều thuật toán khác được phát triển sau này. Trong bối cảnh PSO là thuật toán có phần khác với GA đôi chút ở chỗ nó mang thiên hướng sử dụng sự tương tác giữa các cá thể trong một quần thể để thực hiện quá trình tối ưu. Kết quả là việc tối ưu này của PSO đơn thuần là sự mô tả hóa của các loài động vật tìm kiếm nơi trú ẩn hoặc thức ăn, vì thế nó được xem vào loại các thuật toán sử dụng trí tuệ bầy đàn. Được công bố lần đầu tiên vào năm 1995 tại hội nghị IEEE tác giả là nhà tâm lý học James Kennedy và công sự là kỹ sư Russell C. Eberhart [17]. Việc nắm rõ thuật toán PSO có thể liên tưởng đến đàn chim tìm kiếm con mồi. Trong bài toán này chúng ta chỉ xét tới không gian hai chiều để dễ hình dung, khi đó không gian này là những nơi có nhiều con mồi được rãi rác xung quanh đó việc của chúng là đi theo hướng bất kỳ hoặc có một theo một tiêu chí nào đó, việc này cứ thế tiếp diễn và kết quả là mỗi cá thể có một số lượng con mồi nhất định, tiếp theo chúng sẽ gửi thông tin hay tin hiệu đến các cá thể khác đang tìm kiếm ở vùng xung quanh chúng. Dựa vào thông tin mà mỗi các thể cung cấp lẫn nhau, từ đó tiếp nhận và sẽ điều hướng di chuyển cũng như vận tốc về nơi có nhiều thức ăn nhất. Việc lan truyền thông tin, tin hiệu và điều hướng được xem như là một loại của trí tuệ bầy đàn

## Các thành phần chính của PSO

### Particle (Phần tử):

Phần tử trong PSO là một giải pháp tìm năng cho bài toán, mỗi hạt có vị trí và vận tốc của riêng nó trong không gian tìm kiếm và cũng là đại diện cho một giải pháp mới.

Thông thường các phần tử được tạo một cách ngẫu nhiên hay theo một số tiêu chí nào, vì thế việc khỏi tạo một quần thể thật sự rất quan trọng nó sẽ tác động đến độ hiệu quả của cả bầy và hiệu suất trong quá trình thực thi bài toán.

### Swarm (Bầy đàn):

Bầy đàn là tập hợp các phần tử, mỗi phần tử có thể tương tác với những phần tử khác. Các phần tử trong bầy đàn sẽ chia sẻ thông tin để cùng nhau tiến tới một giải pháp tối ưu.

### Position (Vị trí) và Velocity (Vận tốc):

Vị trí của một cá thể được thể hiện trong không gian 2 chiều và đại diện cho một giải pháp của bài toán trong không gian tìm kiếm.

Vận tốc xác định mức độ và hướng thay đổi của vị trí phần tử trong các vòng lặp tiếp theo, được điều chỉnh để tối ưu hóa việc tìm kiếm giải pháp.

### pBest (Personal Best - Vị trí tốt nhất cá nhân):

Mỗi phần tử lưu trữ vị trí tốt nhất của chính nó đã tìm thấy trong quá trình tối ưu, dựa trên hàm mục tiêu của bài toán.

### gBest (Global Best - Vị trí tốt nhất toàn cục):

Vị trí tốt nhất toàn cục trong bầy đàn được xác định từ vị trí tốt nhất của tất cả các phần tử. Tất cả phần tử sẽ điều chỉnh vận tốc và vị trí của mình dựa trên vị trí này.

### Cognitive và Social Coefficients (Hệ số tự nhận thức và xã hội):

Cognitive component: Là thành phần đại diện cho trải nghiệm của từng phần tử, điều chỉnh vận tốc dựa trên vị trí tốt nhất cá nhân (pBest).

Social component: Là thành phần đại diện cho ảnh hưởng từ bầy đàn, điều chỉnh vận tốc dựa trên vị trí tốt nhất toàn cục (gBest).

### Inertia Weight (Hệ số quán tính):

Đây là tham số kiểm soát tác động của vận tốc trước đó lên vận tốc hiện tại, giúp cân bằng giữa việc khám phá không gian mới và khai thác các vùng tìm kiếm có tiềm năng.

## Hàm mục tiêu (fitness function):

Hàm này xác định mức độ tốt của mỗi cá thể dựa trên mục tiêu cần tối ưu hóa. Các cá thể sẽ tìm kiếm các vị trí có giá trị hàm mục tiêu cao nhất (hoặc thấp nhất, tùy thuộc vào bài toán).

## Cập nhật vị trí và vận tốc:

Trong mỗi lần lặp, vị trí và vận tốc của các cá thể được cập nhật dựa trên vị trí tốt nhất mà mỗi cá thể đạt được (pbest) và vị trí tốt nhất toàn bầy đàn (gbest). Công thức cập nhật vận tốc và vị trí giúp các cá thể cân bằng giữa việc khai thác (exploitation) vùng lân cận và khám phá (exploration) không gian tìm kiếm.

#### ****Công thức cập nhật vận tốc****

**Công thức 1**

Trong đó:

* : Vận tốc của phần tử thứ theo chiều .
* : Vị trí hiện tại của phần tử thứ theo chiều .
* : Tham số quán tính, kiểm soát độ hội tụ và cân bằng giữa khám phá và khai thác.
* : Hệ số gia tốc, điều chỉnh tầm quan trọng của tự nhận thức (cognitive) và ảnh hưởng xã hội (social).
* : Các giá trị ngẫu nhiên trong khoảng (0,1).
* : Vị trí tốt nhất của phần tử và tốt nhất toàn cục.

#### ****Công thức cập nhật vị trí****

**Công thức 2**

* : Vị trí của phần tử thứ theo chiều .

## ****Quá trình hội tụ:****

Sau một số lần lặp, các cá thể sẽ dần hội tụ vào vùng có giá trị hàm mục tiêu tối ưu, và thuật toán dừng lại khi đạt được số lần lặp tối đa hoặc khi không còn cải tiến nào đáng kể trong kết quả.

PSO là một thuật toán đơn giản, dễ triển khai và có khả năng tìm kiếm giải pháp nhanh, do đó được ứng dụng rộng rãi trong nhiều lĩnh vực như quy hoạch mạng cảm biến, tối ưu hóa lắp đặt thiết bị và xử lý hình ảnh. Trong bối cảnh bài toán giám sát lớp học, PSO giúp xác định vị trí tối ưu của các đầu đọc RFID, giúp tối đa hóa độ bao phủ và giảm thiểu số lượng thiết bị cần thiết.

## Các nghiên cứu liên quan đến PSO và giám sát:

Công nghệ RFID và thuật toán PSO được phát triển nhằm tìm ra giải pháp tối ưu bằng cách mô phỏng hành vi của bầy đàn trong một không gian tìm kiếm. Trong lĩnh vực quản lý và giám sát, PSO có thể ứng dụng trong nhiều vấn đề khác nhau như giám sát đối tượng hoặc tối ưu hóa hệ thống.

* PSO trong giám sát đối tượng: Được sử dụng rộng rãi trong hệ thống giám sát, nhất là khi tối ưu vị trí đặt các camera hoặc các đầu đọc cảm biến nhằm đảm bảo bao quát hết các khu vực quan trọng.
* Giám sát thời gian thực: Khi tích hợp với các kỹ thuật học máy để dự đoán các tình huống bất thường. Điều này hữu ích trong các hệ thống giám sát giao thông, giám sát an ninh, hoặc phát hiện cháy rừng, nơi mà việc phản hồi nhanh là rất quan trọng.

Các nghiên cứu nổi bật:

* **Optimized Coverage in WSNs for Environmental Monitoring**: Sử dụng PSO để tối ưu hóa độ bao phủ của các cảm biến trong giám sát môi trường, đảm bảo chất lượng dữ liệu và tuổi thọ của mạng cảm biến.
* **PSO-based Surveillance Camera Placement**: Nghiên cứu tối ưu hóa vị trí của các camera giám sát trong hệ thống an ninh, giúp giảm số lượng camera nhưng vẫn đạt được độ bao phủ cao.

## Ứng dụng thực tế của PSO

Nói về thuật toán PSO được ra đời cách đây không nhưng nói về ứng dụng trong thực tế thì rất nhiều công trình đã triển khai và nghiên cứu:

* **Tối ưu dung lượng và vị trí tụ bù trong hệ thống điện:**Giúp xác định được dung lượng và vị trí tối ưu để lắp đặt thiết bị bù là một bài toán cần phải quan tâm, áp dụng thuật toán tối ưu hóa phần tử bầy đàn (PSO) để thực hiện việc xác định dung lượng và vị trí tối ưu của bộ tụ bù công suất phản kháng trong hệ thống điện.
* **Tối ưu hệ thống vận hành hồ chứa thủy điện:**Hệ thống đa hồ chứa thủy điện trên cùng một lưu vực sông có mối quan hệ thủy văn, thủy lợi và thủy lực. Vận hành bất kỳ một hồ chứa nào đều ảnh hưởng đến các hồ chứa khác do đó để vận hành tối ưu cần phải xét đến sự làm việc đồng thời của các hồ chứa. Bài toán vận hành hệ thống đa hồ chứa là bài toán rất phức tạp vì liên quan đến nhiều ẩn số và có mối quan hệ phi tuyến. Các phương pháp thuần túy toán học không giải quyết được vì số lượng quá lớn về tổ hợp tính toán và chiếm tài nguyên máy tính. Thuật toán PSO là thuật toán tìm kiếm thông minh có thể tìm được tối ưu tổng thể của bài toán hệ thống đa hồ chứa. Bài báo đưa ra cách áp dụng thuật toán PSO để tính toán hệ thống 4 hồ chứa điều tiết năm trên lưu vực sông Đà bao gồm Lai Châu, Bản Chát, Sơn La và Hòa Bình.
* **Tối ưu phân bố tải không cân bằng ba pha trên lưới điện phân phối**Giảm tổn thất bằng cách sử dụng phương pháp cân bằng tải pha (PLBM) trên lưới điện phân phối là một yêu cầu bắt buộc của các công ty điện lực. Mục tiêu của việc tái cấu trúc lưới phân phối là đểthực hiện giảm công suất và cải thiện chất lượng điện áp. Có rất nhiều các phương pháp đã được đưa ra để giải quyết vấn đề này để cân bằng giữa tính kinh tế và tính kỹ thuật. Bài báo này đưa ra một phương pháp cân bằng tải pha bằng cách sửdụng giải thuật kết hợp giữa thuật toán tối ưu bầy đàn (PSO) và chuỗi rời rạc thuật nhị phân (SPD). Thuật toán PSD là một thuật toán đểtối ưu trong việc giảm tổn thất và đơn giản trong công tác vận hành. Kết quả của bài báo được đưa ra sẽ chứng minh hiệu quả của thuật toán trong việc giảm tổn hao công suất bằng cách xem xét chi phí tối ưu để cân bằng tải pha của lưới điện không cân bằng pha từ đó tìm ra được trạng thái hoạt động hiệu quả hơn. [18] [19] [20]

Ở lĩnh vự tài chính và dữ báo PSO cũng được sử dụnghiều ở mô hình dự báo và tìm các tham số trong mạng nơ-ron đạt được nhiều thành tụ lớn, nói về thuật toán PSO được lấy cảm hứng từ tự nhiên cho nên cũng được áp dụng nhiều trong y sinh học và phân tích dữ liệu sinh học như dự đoán cấu trúc protein giúp tìm kiếm cấu truc ba chiều của protein với mức năng lượng thấp nhất, hỗ trợ nghiên cứu phát triển thuốc.

Lĩnh vực công nghệ thông tin đặc biệt trong IoT thì có một ứng dụng tiêu biểu như tối ưu hóa kết nối mạng và tối ưu hóa thu thấp dữ liệu như trong đồ án này đang triển khai, còn rất nhiều ứng dụng của thuật toán PSO nói chung và các thuật toán bầy đàn nói riêng.

# PHÂN TÍCH BÀI TOÁN



## Mô tả bài toán giám sát sinh viên trong lớp học:

Từ lâu vấn đề giám sát điểm danh sinh viên trong lớp học thuộc quy mô lớn hoặc có yều cầu theo dõi chuyên cần của sinh viên, giám sát một sinh viên có mặt hay không và vị trí cụ thể của sinh viên còn nhiều khó khăn. Một hệ thông giám sát dựa trên RFID cho phép tự động hóa quá trình này, giảm thiểu sai sót trong điểm danh, tiết kiệm thời gian trong việc giảng dạy và điểm danh thủ công hoặc điểm danh bằng thẻ sinh viên.

Yêu cầu bài toán:

Khả năng nhận diện một sinh viên và giám sát chính xác sinh viên, mỗi sinh viên sẽ được cung cấp một thẻ tag được tích hợp vào thẻ sinh viên hoặc căn cước công dân…, để được nhận diện thông qua đầu đọc.

Về độ bao phủ toàn bộ không gian lớp học, ta cần đảm bảo các đầu đọc RFID được lắp đặt ở vị trí lý tưởng nhất trong lớp học sao cho có thể nhận diện hết tất các sinh viên, tùy thuộc vào diện tích hoặc không gian lớp học sẽ có số lượng đầu đọc thích hợp nhất, tránh để một vùng không gian nào đó có ít khả năng quan sát

Về khía cạnh tối ưu số lượng và vị trí đầu đọc, sử dụng số lượng đầu đọc RFID ở mức tối thiểu nhất, tiết kiệm nhất nhưng vẫn đảm bảo khả năng bao phủ ở mức tốt

Giảm thiểu nhiễu và xung đột tín hiêu là một vẫn đề khó khăn trong triển khai hệ thống RFID cho nên việc đảm bảo tính ổn định trong nhận diện, lắp đặt và cài đặt cần hạn chế tối đa sai số do nhiễu sóng gây ra hoặc tính trạng một đầu đọc cố gắng đọc cùng một tag.

## Các yêu cầu và tiêu chí giám sát

Yêu cầu cần một vùng hoạt động của hệ thống RFID ta có một khu vực lớp học giống nhau chưa xét tới các phòng không gian lớn hơn nhưng ở đây sử dụng lớp học có kích thước tối thiểu 30m x 25m, các đầu đọc được phân bố ngẫu nhiên, về bài toán RNP được phân bổ sao cho thỏa mãn các tiếu chí và ràng buộc như: độ bao phủ đạt ngưỡng 100% tức các thẻ đều nằm trong vùng bán kính mà có ít nhất một đầu đọc có thể đọc được, nhưng tình trạng có lớn hơn một đầu đọc nằm trong vùng bán kính lẫn nhau sẽ gây ra vùng chồng lấn, vì thế cần thỏa mãn vùng chồng lấn giữa các đầu đọc là thấp nhất để tránh quá trình nhận diện một thẻ được tối ưu cao. Bài toán NP-khó được đặt ra yêu cầu các thuật toán tối ưu mạnh mẽ, vì bài toán cần thời gian tính toán cao theo kích thước của số lượng đầu đọc và chưa được giải quyết một cách toàn diện trong thời gian đa thức bởi một thuật toán nào đó, để tìm ra lời giải đó, yêu cầu cần một thuật toán hay một kỹ thuật gần đúng thì PSO sẽ tìm ra lời giải với lượng thời gian có thể chấp nhận được.

Theo như các nghiên cứu liên quan, ta có các đầu đọc là tần số truyền 915 MHz, công suất của các đầu đọc là 2 (W) và công suất nhận của thẻ là 0,1 (mW) và có trang bị sóng ăng-ten vô hướng cho phép bao phủ dạng tròn có bán kính được tính bằng công thức như sau:

**Công thức 3**

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;



**Hình 1**

### Độ bao phủ

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 :

**Công thức 4**

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 ***Công thức 3*** 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.

### Độ nhiễu 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: [22]

**Công thức 5**

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 ***Công thức 5*** mà ta có công thức nhiễu tổng thể của các thẻ:

**Công thức 6**

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

### 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: [22]

**Công thức 7**

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.

### Giá trị hàm mục tiêu

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.

**Công thức 8**

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].

### 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 [19] và [22], 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:

|  |  |
| --- | --- |
| **Công thức 9** | **Công thức 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 ***Công thức 11*** và ***Công thức 12***:

|  |  |
| --- | --- |
| **Công thức 11** | **Công thức 12** |

### Kết hợp với lý thuyết hỗn loạn

Một sự cải tiến mạnh mẽ hơn trong PSO được đề xuất trong [22], 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.

#### 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 [22], được mô tả chi tiết trong [23] 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.

#### 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.

**Công thức 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.

#### Kết hợp ánh xạ hỗn loạn trong trọng số quán tính

Trong quá trình tìm kiếm tối ưu, trọng số quán tính được cập nhật liên lục để có thể quyết định mức độ ảnh hưởng của vận tốc hiện tại lên vận tốc tiếp theo của đầu đọc, giảm dần theo số vòng lặp và được tính như công thức:

**Công thức 14**

là trọng số quán tính ban đầu, là trọng số quán tính tối thiểu, số vòng lặp hiện tại, số vòng lặp tối đa.

Sau đó cập nhật vận tốc hỗn loạn thông qua trong trọng số quán tính như phương trình (14) và chúng ta được phương trình:

**Công thức 15**

Trong số quán tính mới sau khi áp dụng giá trị hỗn loạn ở giá trị hỗn loạn tại vòn lặp của từ phương trình Công thức 13.

Tóm lại việc khám pha ban đầu cũng như trọng số quán tính lớn giúp cá thể di chuyển xa hơn để khám phá theo chiều sâu lẫn chiều rộng, sau đó trọng số sẽ giảm việc này cũng tập trung vào khai thác vùng lân cận của phương án tối ưu nhất, nhưng việc kết hợp này rằng để sử dụng giá trị hỗn loạn giúp các cá thể có khả năng di chuyển theo quỹ đạo không cố định, tránh trường hợp lặp lại và cực trị cục bộ.

### Loại bỏ đầu đọc dư thừa

Ở giai đoạn cuối quá trình tối ưu hóa, việc mà các đầu đọc hội tụ và không bao phủ bất kỳ thẻ nào thì gây ra sự lãng phí. Vì thế ở bước cuối của quá trình tối ưu sẽ được tích hợp với kỹ thuật loại bỏ đầu dư thừa và đề xuất trong [24], chính sách loại bỏ đầu đọc dư thừa được phần loại như sau:

Quy trình loại bỏ đầu đọc được thực hiện lần lượt tắt tất cả đầu đọc để kiểm thử của việc loại bỏ một đầu đọc mà thoải mãn các tiêu chí trong [24] gồm việc xác định các thiết bị đầu đọc có thể loại bỏ theo ba tiêu chí sau:

* Loại bỏ khi và chỉ khi việc loại bỏ chỉ làm giảm tỷ lệ bao phủ 1% và tổng tỷ lệ bao phủ không giảm xuống dưới 90%.
* Loại bỏ khi và chỉ khi việc loại bỏ nó có thể làm giảm nhiễu tổng thể hơn 10%.
* Loại bỏ khi và chỉ khi việc loại bỏ chỉ làm giảm giá trị hàm mục tiêu dưới 1%.

# GIẢI THUẬT TỐI ƯU HÓA BẦY ĐÀN (PSO) TRONG GIÁM SÁT



## Xây dựng bài toán PSO cho lớp học:

Để xây dựng bài toán ta sẽ xem xét một số tình huống có thể ứng dụng PSO. Cụ thể cần tập trung vào tối ưu vị trí chỗ ngồi của học sinh trong lớp theo các tiêu chí như mức độ tập trung, độ tương tác của giáo viên với học sinh. Dựa vào đây ta có thể sử dụng PSO để tìm ra cách sắp xếp chỗ ngồi phù hợp nhất.

Xác định các thành phần của bài toán, mỗi thành phần đại diện cho một chỗ ngồi. Mỗi học sinh có một vị trí ngồi cố định trong lớp học.

Khởi tạo bầy đàn bằng cách tạo nhiều cách sắp xếp ngẫu nhiên các vị trí chỗ ngồi.

Đánh giá hàm mục tiêu cho từng hạt đại diện cho vị trí chỗ ngồi dựa trên các tiêu chí đã cho.

Di chuyển và cập nhật vị trí, điều chỉnh vận tốc của các hạt dựa trên vị trí tốt nhất của hạt hoặc của toàn bộ bầy đàn đạt được.

Điều kiện dừng: Quá trình lặp lại đến số lần lặp tối đa hoặc đạt được giải pháp tối ưu.

Kết quả sau khi thuật toán PSO hoàn thành sẽ thu được một cách sắp xếp chỗ ngồi tối ưu, cải thiện các vấn đề đã đặt ra trong không gian lớp học nói riêng và không gian tìm kiếm nói chung nhằm tối ưu hóa các đầu đọc RFID trong khu vực làm việc.

## Các bước triển khai thuật toán PSO:

### Thuật toán PSO cơ bản

Thuật toán PSO được công bố lần đầu tiên bởi Kennedy cùng với cộng sự Eberhart năm 1995 [25], 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 của PSO cơ bản:**

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 **Công thức 8** 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 **Công thức 1** và **Công thức 2**:
5. **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.

### Thuật toán PSO tiên tiến

Các bước thực hiện MPSO là một phương pháp tối ưu lai kết hợp giữa khỏi tạo K-means [19], ánh xạ hỗn loạn, lực ảo [22] và loại bỏ đầu đọc dư thừa.

**Các bước và phương pháp của thuật toán PSO tiên tiến 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 **3.2.6** và tính toán hàm mục tiêu trong mục **3.2.4**.
3. **Kết hợp lực ảo:** Tinh chỉnh vị trí bằng lực ảo nhiều lần như trong mục **3.2.5**, 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).

# MÔ PHỎNG VÀ ĐÁNH GIÁ KẾT QUẢ



## Môi trường và công cụ mô phỏng:

## Kịch bản mô phỏng:

## Kết quả mô phỏng:

## So sánh hiệu quả theo các tiêu chí:

# KẾT LUẬN VÀ HƯỚNG PHÁT TRIỂN



## Kết luận:

Thuật toán tối ưu hóa bầy đàn (PSO) là một công cụ mạnh mẽ cho việc triển khai hệ thống RFID giám sát sinh viên trong lớp học. Với khả năng tối ưu hóa vị trí đầu đọc, xử lý dữ liệu và phân bổ tài nguyên, PSO có thể cải thiện hiệu suất của hệ thống giám sát. Tuy nhiên, việc điều chỉnh tham số và khả năng rơi vào cực tiểu cục bộ là những vấn đề cần được xem xét và giải quyết để đảm bảo hiệu quả tối đa khi áp dụng PSO trong các ứng dụng thực tế.

Việc áp dụng PSO trong hệ thống RFID giám sát sinh viên trong lớp học không chỉ mang lại những lợi ích thiết thực ngay lập tức mà còn mở ra nhiều cơ hội nghiên cứu và phát triển trong tương lai. Sự kết hợp giữa công nghệ và thuật toán tối ưu hóa không chỉ giúp cải thiện hiệu suất của hệ thống mà còn góp phần vào việc nâng cao chất lượng giáo dục và quản lý học tập. Điều này khẳng định rằng, trong bối cảnh hiện đại, việc ứng dụng các công nghệ tiên tiến và các thuật toán thông minh sẽ là xu hướng tất yếu trong lĩnh vực giáo dục, hứa hẹn mang đến một môi trường học tập hiệu quả và đáp ứng nhu cầu ngày càng cao của xã hội.

## Hạn chế của nghiên cứu:

Mặc dù việc áp dụng thuật toán tối ưu hóa bầy đàn (PSO) trong hệ thống RFID giám sát sinh viên mang lại nhiều lợi ích, nhưng nghiên cứu này cũng tồn tại một số hạn chế cần được xem xét. Dưới đây là một số hạn chế chính:

- Mô hình hóa không hoàn chỉnh: Các mô hình sử dụng để mô phỏng hành vi của hệ thống RFID có thể không phản ánh chính xác các yếu tố thực tế như sự can thiệp của môi trường, sự di chuyển của sinh viên, hoặc thay đổi trong điều kiện ánh sáng và tín hiệu.

- Dữ liệu không đầy đủ: Nếu dữ liệu đầu vào cho PSO không đầy đủ hoặc không chính xác, kết quả tối ưu hóa sẽ không đáng tin cậy, dẫn đến việc tối ưu hóa không hiệu quả.

- Giới hạn về quy mô: PSO có thể gặp khó khăn khi áp dụng cho các hệ thống lớn với số lượng lớn các đầu đọc RFID và sinh viên. Khi quy mô tăng lên, không gian tìm kiếm trở nên phức tạp hơn và thời gian tính toán có thể tăng lên đáng kể.

- Thời gian tính toán: Trong trường hợp có nhiều tham số cần tối ưu hóa, thời gian tính toán của PSO có thể trở thành một yếu tố cản trở, đặc biệt khi số lượng cá thể trong bầy và số vòng lặp tăng lên.

- Phụ thuộc vào tham số: Hiệu suất của PSO phụ thuộc nhiều vào các tham số như kích thước bầy, hệ số gia tốc và tốc độ thích nghi. Việc lựa chọn tham số không phù hợp có thể dẫn đến kết quả không tốt hoặc hội tụ chậm.

- Khó khăn trong việc điều chỉnh: Việc điều chỉnh các tham số này để phù hợp với nhiều tình huống thực tế có thể phức tạp và yêu cầu thử nghiệm nhiều lần, gây tốn thời gian và nguồn lực.

- Thiếu tính toàn cục: PSO có khả năng cao trong việc tìm ra cực tiểu cục bộ thay vì cực tiểu toàn cục, đặc biệt trong các bài toán có nhiều cực trị. Điều này có thể dẫn đến việc không tìm ra giải pháp tối ưu nhất cho hệ thống RFID.

- Sự can thiệp từ môi trường: Các yếu tố môi trường như tường, vật cản, hoặc nguồn nhiễu sóng có thể ảnh hưởng đến hiệu suất của hệ thống RFID. PSO có thể không tối ưu hóa hoàn toàn các yếu tố này trong quá trình tìm kiếm giải pháp.

- Biến động trong hành vi sinh viên: Sự thay đổi trong các hành vi của sinh viên (như sự di chuyển không theo quy luật) có thể gây khó khăn trong việc triển khai và tối ưu hóa hệ thống.

- Chi phí đầu tư ban đầu: Việc triển khai một hệ thống RFID hoàn chỉnh có thể đòi hỏi một khoản đầu tư ban đầu lớn về thiết bị và công nghệ, điều này có thể trở thành rào cản cho nhiều cơ sở giáo dục, đặc biệt là ở những nơi có nguồn lực hạn chế.

- Chi phí bảo trì và nâng cấp: Hệ thống RFID cần được bảo trì và nâng cấp thường xuyên, điều này có thể tăng thêm chi phí cho các cơ sở giáo dục.

Mặc dù việc áp dụng PSO trong hệ thống RFID giám sát sinh viên có nhiều tiềm năng, nhưng cũng tồn tại những hạn chế cần được xem xét và giải quyết. Để tối ưu hóa hiệu quả của hệ thống, các nhà nghiên cứu và phát triển cần tìm ra các giải pháp để khắc phục những hạn chế này, đồng thời tiếp tục nghiên cứu và cải tiến các mô hình và thuật toán liên quan. Việc nhận thức rõ ràng về những hạn chế này sẽ giúp cho việc triển khai và phát triển hệ thống RFID trở nên hiệu quả hơn trong bối cảnh giáo dục hiện đại.

## Hướng phát triển:

Hướng phát triển cho nghiên cứu về việc áp dụng PSO trong hệ thống RFID giám sát sinh viên trong lớp học

Để nâng cao hiệu quả của hệ thống RFID giám sát sinh viên và tối ưu hóa việc áp dụng thuật toán tối ưu hóa bầy đàn (PSO), có thể xem xét một số hướng phát triển sau đây:

- Kết hợp với các thuật toán khác: Nghiên cứu và phát triển các biến thể của PSO bằng cách kết hợp với các thuật toán tối ưu hóa khác như Thuật toán di truyền (GA), Thuật toán tối ưu hóa bầy đàn (ACO) hoặc các phương pháp học sâu (Deep Learning) để cải thiện khả năng hội tụ và giảm thiểu rủi ro mắc kẹt ở cực tiểu cục bộ.

- Phát triển PSO thích ứng: Thiết kế các biến thể PSO có khả năng tự động điều chỉnh tham số trong quá trình tối ưu hóa, giúp cải thiện tính linh hoạt và hiệu suất của thuật toán.

- Mô hình hóa chính xác hơn: Phát triển các mô hình mô phỏng chính xác hơn để phản ánh thực tế của môi trường lớp học, bao gồm các yếu tố như sự di chuyển của sinh viên, sự can thiệp từ môi trường và các yếu tố khác có thể ảnh hưởng đến hoạt động của hệ thống RFID.

- Sử dụng mô phỏng 3D: Ứng dụng công nghệ mô phỏng 3D để trực quan hóa cách thức hoạt động của hệ thống RFID và tối ưu hóa vị trí của các đầu đọc, từ đó cải thiện khả năng đưa ra quyết định.

- Sử dụng Big Data và AI: Kết hợp PSO với công nghệ Big Data và trí tuệ nhân tạo (AI) để phân tích và xử lý dữ liệu thu thập được từ hệ thống RFID. Điều này có thể giúp cải thiện khả năng dự đoán và ra quyết định, từ đó tối ưu hóa quá trình giám sát sinh viên.

- IoT và RFID: Khám phá khả năng tích hợp hệ thống RFID với Internet of Things (IoT) để thu thập dữ liệu theo thời gian thực và tối ưu hóa các quy trình quản lý lớp học.

- Chạy thử nghiệm thực tế: Tiến hành các thí nghiệm thực tế tại các cơ sở giáo dục để đánh giá hiệu quả của hệ thống RFID được tối ưu hóa bằng PSO. Kết quả từ các thí nghiệm này sẽ cung cấp dữ liệu quý giá để cải tiến hệ thống.

- Phát triển ứng dụng di động: Tạo ra ứng dụng di động cho sinh viên và giảng viên để theo dõi thông tin và tương tác với hệ thống RFID, từ đó nâng cao trải nghiệm người dùng.

- Đào tạo cho giảng viên và sinh viên: Tổ chức các khóa đào tạo cho giảng viên và sinh viên về cách sử dụng và tối ưu hóa hệ thống RFID, giúp họ hiểu rõ hơn về lợi ích của công nghệ này trong việc giám sát và quản lý lớp học.

- Tăng cường nhận thức về bảo mật dữ liệu: Đưa ra các biện pháp và hướng dẫn về bảo mật dữ liệu liên quan đến hệ thống RFID, nhằm đảm bảo rằng thông tin của sinh viên được bảo vệ tốt nhất.

- Xây dựng hệ thống linh hoạt: Phát triển hệ thống RFID có khả năng mở rộng và thích ứng với các môi trường học tập khác nhau, từ các lớp học truyền thống đến các không gian học tập trực tuyến hoặc kết hợp.

- Tích hợp với các hệ thống quản lý giáo dục khác: Nghiên cứu khả năng tích hợp hệ thống RFID với các hệ thống quản lý học tập và giáo dục khác để tạo ra một nền tảng quản lý toàn diện.

Hướng phát triển này không chỉ giúp tối ưu hóa hiệu suất của hệ thống RFID trong việc giám sát sinh viên mà còn mở ra nhiều cơ hội mới cho việc ứng dụng công nghệ trong giáo dục. Sự kết hợp giữa PSO và các công nghệ mới sẽ tạo ra một môi trường học tập thông minh, nâng cao chất lượng giáo dục và đáp ứng nhu cầu ngày càng cao của xã hội hiện đại. Các nhà nghiên cứu, nhà phát triển và các cơ sở giáo dục cần hợp tác chặt chẽ để triển khai và cải tiến các giải pháp này, từ đó tạo ra giá trị thực sự cho cả sinh viên

# 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] | J. Kennedy and R. C. Eberhart, "Particle swarm optimization," 01 December 1995. |
| [18] | A. R. v. B. A. E. Majd, "Hierarchical Multiobjective Approach for Optimising RFID Reader Deployment," 1 2019. |
| [19] | J. L. Z. X. Yating Cao, "A Hybrid Particle Swarm Optimization Algorithm for RFID Network Planning," p. Soft Computing, 2 2 2021. |
| [20] | M. S. J. Z. O. K. W.-N. C. Z.-H. Z. Yue-Jiao Gong, "Optimizing RFID Network Planning by Using a Particle Swarm Optimization Algorithm With Redundant Reader Elimination," vol. 8, no. 4, p. 900–912, 11 2012. |
| [21] | L. Đ. M. T. Trương Đình Nhơn, ỨNG DỤNG THUẬT TOÁN TỐI ƯU BẦY ĐÀN (PSO) ĐỂ TỐI ƯU DUNG LƯỢNG, HCM: Tạp chí Khoa học Việt Nam, 2017. |
| [22] | H. S. Mão, Nghiên cứu áp dụng thuật toán PSO tối ưu vận hành hệ thống đa hồ chứa thủy điện trên lưu vực sông Đà, Hà Nội: Khoa hoc và Công nghệ Thủy Lợi, 2023. |
| [23] | N. N. K. N. T. L. P. V. L. Nguyễn Việt Phú, ĐỀ XUẤT GIẢI THUẬT LAI SPD - PSO CHO BÀI TOÁN Đi, Hà Nội: Đại Học Công Nghiệp Hà Nội, 2023. |
| [24] | A. A. B.-a. Q. B. K. H. v. K. L. Khalid Hasnan, "A Novel Optimal RFID Network Planning by MC-GPSO," pp. 1-7, 2015. |