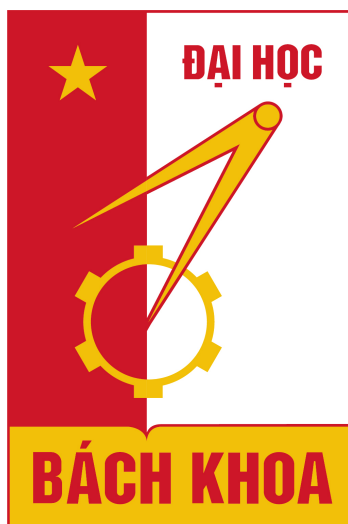


ĐẠI HỌC BÁCH KHOA HÀ NỘI
TRƯỜNG CÔNG NGHỆ THÔNG TIN VÀ TRUYỀN THÔNG



BÀI TẬP LỚN

MÔN: TÍNH TOÁN TIỀN HÓA

Bài toán đặt cảm biến trong môi trường không đồng bộ tối đa bao phủ sử dụng HSA và GA

Kỳ học : 20211

Giáo viên hướng dẫn: PGS. TS Huỳnh Thị Thanh Bình
TS Nguyễn Thị Hạnh

Danh sách sinh viên thực hiện

STT	Họ tên	Mã sinh viên	Email	Lớp
1	Vũ Long Giang	29183519	giang.vl183519@sis.hust.edu.vn	KHTM-04-K63
2	Nguyễn Trần Khang	20183559	khang.nt183559@sis.hust.edu.vn	KHTM-04-K63
3	Dương Minh Hoàng	20183541	hoang.dm183541@sis.hust.edu.vn	KHMT-04-K63
4	Nguyễn Đình Thắng	20183628	thang.nd183628@sis.hust.edu.vn	KHTM-04-K63

Lời cảm ơn

Lời đầu tiên, nhóm chúng em xin được gửi lời cảm ơn đến PGS.TS Huỳnh Thị Thanh Bình - giảng viên môn Tính toán tiến hóa , trường Công nghệ thông tin và Truyền thông và TS. Nguyễn Thị Hạnh - giảng viên hướng dẫn chính cho bài tập lớn của nhóm, trường Đại học Phương Đông đã tận tâm nhiệt tình chỉ dạy, truyền đạt những kiến thức vô cùng quý giá đối với chúng em trong suốt kì học vừa qua tại trường và cả các anh chị bạn thuộc MSO lab đã chia sẻ những nghiên cứu và giúp đỡ. Những kiến thức, kinh nghiệm chúng em tiếp thu được là cơ sở quan trọng nhất giúp em hoàn thành đề án môn học và sẽ là hành trang quý giá để em tiếp tục trên con đường sắp tới, tiếp tục hoàn thiện bản thân hơn trong sự nghiệp cũng như cuộc sống.

Trong quá trình thực hiện đề án, nhóm đã cố gắng và nỗ lực hết mình nhưng do hạn chế về mặt thời gian, kiến thức và cơ sở vật chất nên đề án không thể tránh khỏi những sai sót. Chúng em mong các thầy cô cùng các bạn có thể chỉ bảo, đóng góp để hoàn thiện hơn.

Chúng em xin chân thành cảm ơn!

Hà Nội, ngày 28 tháng 2 năm 2022

I.	Mở đầu	4
II.	Giới thiệu bài toán	4
III.	Nghiên cứu liên quan.	5
1.	Giải thuật hướng tự nhiên (Natural-Based Algorithm)	5
2.	Bao phủ mạng không dây	6
IV.	Bài toán	7
1.	Phát biểu bài toán	7
2.	Mô hình toán học	7
3.	Mô hình bao phủ xác suất	8
4.	Hàm mục tiêu	9
V.	Giải thuật đề xuất	10
1.	HSA	10
2.	GA	11
VI.	Đề xuất cải tiến	13
1.	Một số vấn đề	13
2.	HSA	13
	Lấy mẫu	13
	Trọng số hàm thành phần.	14
	Sinh ra nhiều harmony.	14
	Thành phần mới harmony	14
	Khởi tạo harmony	14
3.	GA	15
VII.	Thực nghiệm	15
1.	Tham số thực nghiệm	15
	Tham số Môi trường	15
	Tham số mô hình xác suất (PSM)	16
	Tham số HSA	16
	Tham số GA	17
2.	Kết quả	17
	HSA	17
	GA	21
	HSA với GA	23
	Kết luận	25

I. Mở đầu

Ngày nay khoa học kỹ thuật phát triển kéo theo sự phát triển của công nghệ thông tin ở nhiều lĩnh vực như trí tuệ nhân tạo, mạng máy tính, Internet Of Things (IoT),... Đặc biệt ở lĩnh vực Internet Of Things (IoT) đã có sự phát triển vượt bậc đem lại thành tựu ở một số ứng dụng như xe tự lái, cửa tự động, máy bay tự lái. Hiểu sự cần thiết đó, ở trong đồ án môn học lần này nhóm chúng em đã chọn và tìm hiểu, cài đặt, cải thiện về vấn đề đang là cốt lõi trong lĩnh vực Internet Of Things (IoT) - bài toán tối ưu hóa vùng bao phủ trong mạng cảm biến không dây.

II. Giới thiệu bài toán

Trong thời gian gần đây mạng cảm biến không dây trở thành lĩnh vực nghiên cứu tiềm năng xu hướng cung cấp nhiều ứng dụng và được đánh giá là một phần tích hợp của hệ thống Internet Of Things (IoT). WSN là một tập hợp các nút cảm biến có năng lượng, chi phí thấp, kích thước nhỏ đa chức năng có thể hoạt động cùng nhau cảm biến, thăm dò một khu vực để thu thập xử lý dữ liệu và truyền tin không dây. Các nút gửi dữ liệu về trạm xác định được tổng hợp để gửi thông tin ra bên ngoài mạng cảm biến không dây tới người dùng cuối.

Ứng dụng của mạng cảm biến không dây được sử dụng trong lĩnh vực vật lý như quân sự, chính phủ, dân sự, xe tự hành, thành phố thông minh, chăm sóc sức khỏe, mạng lưới robots... Mạng cảm biến không dây còn được sử dụng cho hệ thống xác định mục tiêu, giám sát chiến trường. Trong chính phủ dân sự, WSN có thể giám sát các tòa nhà xây dựng, phương tiện giao thông, tài nguyên môi trường, động vật hoang dã, bảo mật và hệ thống nông nghiệp thông minh. Để thiết kế hệ thống ứng dụng của mạng cảm biến không dây yêu cầu xác định nơi tối ưu để triển khai nút cảm biến được đặt trong khu vực AoI. Việc triển khai hệ thống mạng cảm biến không dây đó là một vấn đề khó bởi vì nó ảnh hưởng tới hiệu năng tổng thể cũng như năng lượng tiêu thụ của cả hệ thống với mục tiêu để cực đại hóa khu vực bao phủ. WSN có thể được chia thành 2 loại là mạng cảm biến không dây đồng bộ (toàn bộ thiết bị cảm biến là như nhau) và mạng cảm biến không dây không đồng bộ (thiết bị cảm biến trong mạng có thể khác nhau). Triển khai mạng cảm biến không đồng bộ có nhiều tính năng (mạng hiệu quả và linh hoạt hơn) có thể tính đến việc giảm chi phí triển khai mạng cảm biến năng lượng và truyền thông tin.

Trong nghiên cứu đề tài này, nhóm xem xét tới bài toán tối ưu cực đại khu vực bao phủ trong triển khai mạng cảm biến không dây, không đồng bộ với vị trí cảm biến tối ưu bao phủ và tối thiểu sự trùng lặp cảm biến.

III. Nghiên cứu liên quan.

1. Giải thuật hướng tự nhiên (Natural-Based Algorithm)

Các thuật toán sử dụng trong các nghiên cứu dựa trên thuật toán metaheuristic và các thuật toán hướng tự nhiên. Một số thuật toán như giải thuật di truyền GA (Genetic Algorithm). GA là giải thuật phỏng theo quá trình thích nghi tiến hóa của các quần thể sinh học dựa trên học thuyết Darwin. GA là phương pháp tìm kiếm tối ưu ngẫu nhiên bằng cách mô phỏng theo sự tiến hóa của con người hay của sinh vật. Tư tưởng của thuật toán di truyền là mô phỏng các hiện tượng tự nhiên, là kế thừa và đấu tranh sinh tồn. GA duy trì quần thể (population) là tập các lời giải của bài toán, ở mỗi bước thì chất lượng của quần thể sẽ được cải thiện nhờ các phép lai ghép các cá thể, đột biến cá thể và các phép chọn lọc. Các đánh giá dựa trên hàm thích nghi (fitness). GA sử dụng các thông tin của 2 cặp cha mẹ từ thế hệ trước để lai ghép tạo ra cá thể con mới, ý tưởng mang lại thông tin di truyền tốt của cả cha mẹ để tạo nên cá thể con thừa hưởng đặc tính tốt. Tuy vậy, việc sử dụng lai ghép giữa 2 cha mẹ mang tính cục bộ nhiều hơn, điều này chưa hẳn tốt.

Thuật toán HSA (Harmony Search Algorithms) cũng là một dạng phát triển từ thuật toán GA, đều là lớp giải thuật hướng tự nhiên. Thuật toán HSA lấy cảm hứng từ cách các nhạc công biểu diễn nhạc, HSA mô tả quá trình nhạc công cải thiện các giai điệu nhạc của mình, bằng cách sử dụng các điệu nhạc có sẵn và cải thiện dịch. HSA tương đối giống GA cũng duy trì một tập lời giải gọi là harmony bank, tuy nhiên ở mỗi thế hệ, HSA tạo ra 1 ứng viên harmony- là một lời giải bài toán, từ thông tin của thế hệ trước thông qua 2 phép đó là lưu nhớ thông tin về thế hệ trước

(memory-consideration) và dịch giá trị (pitch adjustment). Hai phép toán tương tự như lai ghép và đột biến ở GA. Khác biệt ở việc HSA sử dụng thông tin của toàn bộ harmony để tạo ra harmony mới, do đó thông tin truyền vào harmony mới có tính toàn cục hơn so với GA.

2. Bao phủ mạng không dây

Bài toán nghiên cứu bao phủ mạng không dây. Trong lớp các bài toán về mạng cảm biến, Độ bao phủ cảm mạng cảm biến coi là đánh giá mạng có được đặt ở vị trí hợp lý hay không và cần được tối đa trong cách triển khai. Bài toán bao phủ là bài toán tối ưu các thông số của mạng để nhằm đảm bảo tối đa độ bao phủ của mạng cảm biến không dây, bài toán thường chia thành ba nhóm nhỏ: bao phủ diện tích, bao phủ đối tượng, bao phủ biên.

- Bao phủ diện tích tập trung tối ưu bao phủ vùng diện tích đang xét, bài toán
- Bao phủ đối tượng tối ưu cảm biến để bao phủ các điểm mục tiêu đang xét, bài toán có thể chia thành ba nhóm con: Bao phủ đối tượng đơn giản (Simple coverage)- mỗi mục tiêu bao phủ bởi ít nhất một cảm biến, bao phủ K (K coverage) - đảm bảo mỗi mục tiêu được bao phủ ít nhất k cảm biến, bao phủ Q (Q coverage) là trường hợp bao quát của K coverage với số lượng cảm biến tối thiểu tùy thuộc vào từng mục tiêu.
- Bao phủ biên: tối ưu bao phủ các vùng biên của một vùng giới hạn.

Trong các mô hình bài toán tối đa bao phủ mạng cảm biến với chi phí nhỏ nhất, nhóm tác giả [1] đề xuất triển khai mạng dựa trên HSA. Hàm mục tiêu đánh giá lời giải đề xuất bao gồm 2 yếu tố chính: độ bao phủ và số lượng cảm biến sử dụng, ngoài ra còn có thành phần phụ là khoảng cách ngắn nhất giữa các cảm biến. Với đề xuất, [1] cho kết quả tốt hơn so với các thuật toán metaheuristic và random-deployment. Tuy vậy [1] chỉ đề cập đến mạng với các cảm biến đồng bộ, nơi môi trường sử dụng các cảm biến có cùng bán kính.

Thực tế cho thấy tồn tại nhiều cảm biến khác loại được sử dụng trong mạng cảm biến. Mạng cảm biến không đồng bộ là mạng trong đó các cảm biến sử dụng có nhiều loại khác nhau, khác nhau có thể về giá trị triển khai, bán kính bao phủ, ... [2] đề xuất giải pháp giải quyết bài toán chọn vị trí tối ưu cho các cảm biến trong mạng không đồng bộ, sử dụng thuật toán GA để triển khai và loại bỏ các vùng giao nhau, tối ưu khu vực bao phủ. [3] hướng đến giải quyết 2 vấn đề từ [1] và [2]. Bài toán triển khai cảm biến trong mạng cảm biến không đồng bộ, tối ưu bao phủ của mạng và giảm chi phí mạng. Chi phí triển khai mạng được xem là số lượng các cảm biến sử dụng. Sử dụng thuật toán harmony và GA cho kết quả triển khai đảm bảo bao phủ cao và số lượng sử dụng ít. Tuy vậy, [3] vẫn có hạn chế như thời gian tính toán, không ổn định, ...

Bài toán nhóm hướng đến giải quyết vấn đề tối đa bao phủ và tối thiểu số cảm biến sử dụng trong mạng cảm biến không đồng bộ.

IV. Bài toán

1. Phát biểu bài toán

Mô hình bài toán như sau: Với vùng AOI kích thước W, H là chiều rộng, chiều dài tương ứng và bán kính các loại cảm biến không đồng bộ sẽ được sử dụng. Bài toán đặt ra là tìm vị trí đặt các cảm biến không đồng bộ trên vùng AOI, sao cho diện tích được bao phủ là cực đại và số lượng cảm biến cần dùng để đạt là cực tiểu. Như vậy đầu vào của bài toán là vùng diện tích. Bài toán sẽ được giải để tìm ra lời giải bao gồm: số lượng cảm biến không đồng bộ sử dụng, tọa độ vị trí đặt các cảm biến đó. Sau đây là phát biểu bài toán dưới mô hình và kí hiệu toán học.

2. Mô hình toán học

Xét vùng cần bao phủ AOI hình chữ nhật trong mặt phẳng hai chiều, với chiều dài, rộng W, H tương ứng. Bài toán bao phủ miền được đưa về bài toán bao phủ mục tiêu như sau: Chia vùng AOI thành các ô (cell) kích thước bằng nhau. Định nghĩa mục tiêu (target) là tâm của các cell. Bài toán trở về dạng bao phủ mục tiêu, với quá trình tối ưu để bao phủ nhiều mục tiêu nhất có thể.

Môi trường bài toán là môi trường sử dụng cảm biến không đồng bộ. Xét hai loại cảm biến có bán kính bao phủ R_1, R_2 và được đặt cố định trong vùng AOI. Theo [3] đề xuất các giới hạn cho việc triển khai nhằm tránh trường hợp cảm biến đặt ở gần sát biên AOI, trường hợp cho bao phủ ít và cần nhiều cảm biến.

$$xs_i = lower_{xsi} + (upper_{xsi} - lower_{xsi}) \times rand()$$

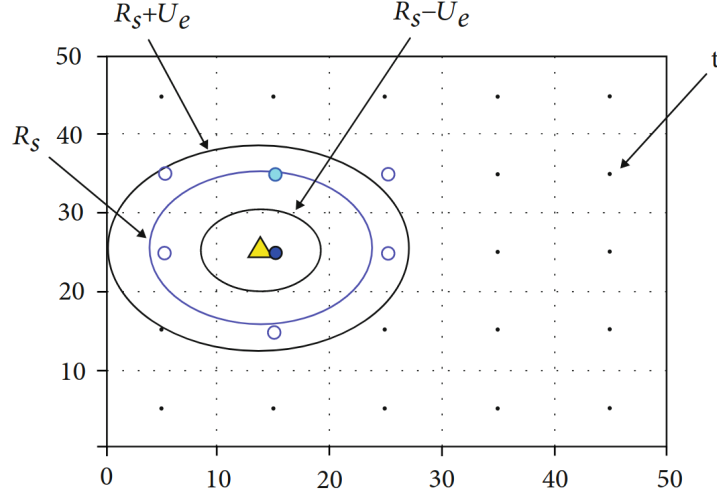
$$ys_i = lower_{ysi} + (upper_{ysi} - lower_{ysi}) \times rand()$$

xs Dựa theo số lượng cell và kích thước bao phủ của cảm biến, ta có thể thu được số lượng giới hạn tối thiểu và tối đa cảm biến sử dụng.

$$Min_{noS} = \frac{W}{2(R_{si} + U_e)} \times \frac{H}{2(R_{si} + U_e)}$$

$$Max_{noS} = \frac{W}{2(R_{si} - U_e)} \times \frac{H}{2(R_{si} - U_e)}$$

Xét tương quan giữa cảm biến và mục tiêu, cần mô hình sự bao phủ của cảm biến so với mục tiêu. Cảm biến được mô hình theo mô hình xác suất khi xét tới bao phủ các mục tiêu, trình bày ở mục sau.



3. Mô hình bao phủ xác suất

Trong mạng cảm biến, tồn tại hai loại mô hình về bao phủ của cảm biến đối với mục tiêu. Đó là BSM (Binary sensing model) và PSM (Probability sensing model). Đối với BSM, một mục tiêu chỉ ở một trong hai trạng thái là được bao phủ (Covered) hoặc không được bao phủ (Uncovered); trạng thái xác định bởi khoảng cách từ mục tiêu tới cảm biến. Với khoảng cách nhỏ hơn so với bán kính bao phủ thì mục tiêu xem như Covered và ngược lại. Tuy vậy, BSM tồn tại nhược điểm là chưa mô hình được độ bao phủ yếu - mạnh hay độ chồng lấn (Overlap) khi hai cảm biến cùng bao phủ một mục tiêu. Do đó PSM đề xuất mô hình xác suất bao phủ giữa cảm biến và mục tiêu. Mục tiêu trong khoảng chắc chắn xem có xác suất bao phủ = 1, ngoài khoảng $R + U_e$ có xác suất bao phủ = 0, và mục tiêu ở khoảng giữa sẽ có xác suất bao phủ nghịch biến với khoảng cách từ mục tiêu tới cảm biến.

$$\begin{aligned}
 Prob_{cov}(s_i, t) &= \begin{cases} 1 & \text{if } d(s_i, t) \leq R_{s_i} - U_e, i = 1 \text{ to } n \\ e^{-\left(\frac{\alpha_1 \lambda_1^{\beta_1}}{\lambda_2^{\beta_2}} + \alpha_2\right)} & \text{if } R_{s_i} < d(s_i, t) < R_{s_i} + U_e \\ 0 & \text{if } d(s_i, t) \geq R_{s_i} + U_e \end{cases}
 \end{aligned}$$

Ở PSM, Chồng lấn xảy ra khi một mục tiêu nằm trong khoảng bao phủ bởi nhiều hơn 1 cảm biến. Định nghĩa xác suất chồng lấn của mục tiêu như sau.

$$Probs_{ov}(t) = 1 - \prod_{s_i \in S_{ov}} \left(e^{-\left(\frac{\alpha_1 \lambda_1^{\beta_1}}{\lambda_2^{\beta_2}} + \alpha_2\right)} \right)$$

Dựa vào ngưỡng chọn trước C_{th} và xác suất chồng lấn, một mục tiêu được chia thành 4 nhóm.

- Hoàn toàn được bao phủ $Probs_{ov}(t) = 1$
- Xem như được bao phủ $C_{th} < Probs_{ov}(t) < 1$
- Xem như chưa được bao phủ $0 < Probs_{ov}(t) < C_{th}$
- Hoàn toàn chưa được bao phủ $Probs_{ov}(t) = 0$

Trong đề tài này, nhóm sử dụng mô hình PSM để mô hình cho bao phủ của cảm biến. Mục tiêu ở hai nhóm xem được bao phủ và hoàn toàn bao phủ được xem là được bao phủ và mục tiêu còn lại sẽ coi là về chưa được bao phủ.

4. Hàm mục tiêu

Đánh giá cho lời giải của bài toán, hàm mục tiêu được đề xuất từ [3] kết hợp 3 hàm thành phần khác nhau, biểu diễn các mục tiêu khác nhau.

$$Obj_{Fun} = \left(\frac{1}{SensorCost} \right) \times C_{ratio} \times MD$$

$$C_{ratio} = \frac{N_{Eff}}{(Cells_{W_{Dim}} \cdot Cells_{H_{Dim}})}$$

$$SensorCost = \frac{(HES_{no} - Min_{noS})}{Max_{noS} - Min_{noS}}$$

$$MD = \frac{MD(s_i, s_j)}{MAX(Diagonal)}$$

Với hàm mục tiêu đầu tiên, mô hình hướng đến tối ưu độ bao phủ cho vùng AoI bởi số lượng các mục tiêu được bao phủ, hàm mục tiêu thứ hai sẽ tối ưu số lượng cảm biến sử dụng và hàm mục tiêu thứ ba đóng vai trò hiệu chỉnh, đảm bảo khoảng cách giữa các cảm biến không gần nhau, qua đó mong muốn giảm độ chồng lấn.

V. Giải thuật đề xuất

Để tìm được lời giải tối ưu, trong hướng tiếp cận này sử dụng 2 thuật toán là Harmony Search Algorithm (HSA) và Genetic Algorithm (GA).

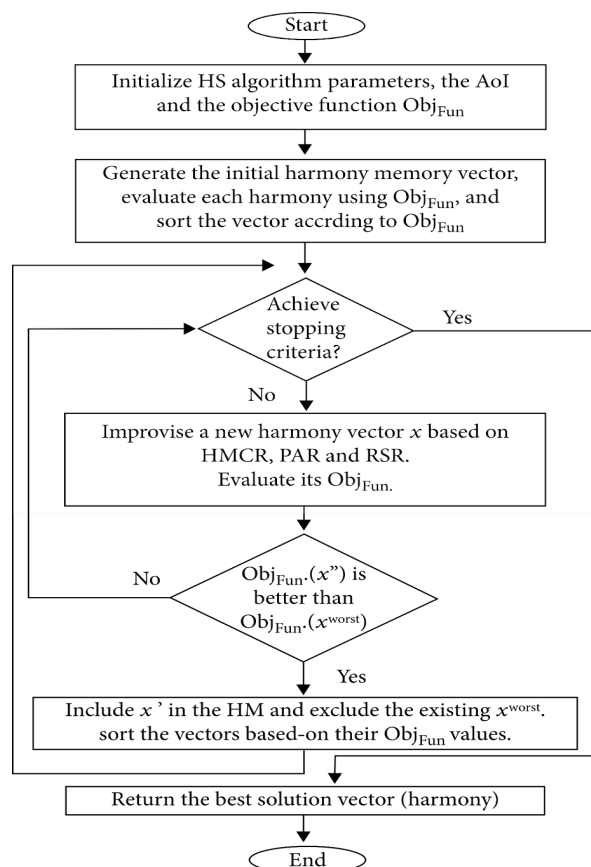
1. HSA

Dựa theo [3], Mỗi harmony được biểu diễn bởi 1 vector lời giải biểu thị tọa độ cảm biến có số chiều là HMV. Vị trí với biểu diễn # có nghĩa rằng không sử

dụng cảm biến. Bước khởi tạo Harmony diễn ra bằng cách chọn ngẫu nhiên các vị trí đặt cảm biến, tạo một bank chứa các harmony, sau đó ở mỗi vòng lặp tiến hành tạo ra một harmony mới gọi là ứng viên (candidate harmony), so sánh ứng viên với các harmony hiện tại và thêm vào bank nếu ứng viên cho giá trị hàm fitness cao hơn harmony tồi nhất.

Thuật toán HSA sử dụng các siêu tham số cho quá trình tạo ra ứng viên mới và thuật toán như sau

- HMS: Số lượng harmony trong bank
- HMV: Độ dài harmony (Số lượng tối đa các cảm biến sử dụng)
- HMCR: Xác suất cho bước memory consideration (Lấy thông tin đã có từ bank)
- PAR: Xác suất cho bước pitch adjustment (Hiệu chỉnh nhỏ cho harmony)
- BW: Bước hiệu chỉnh



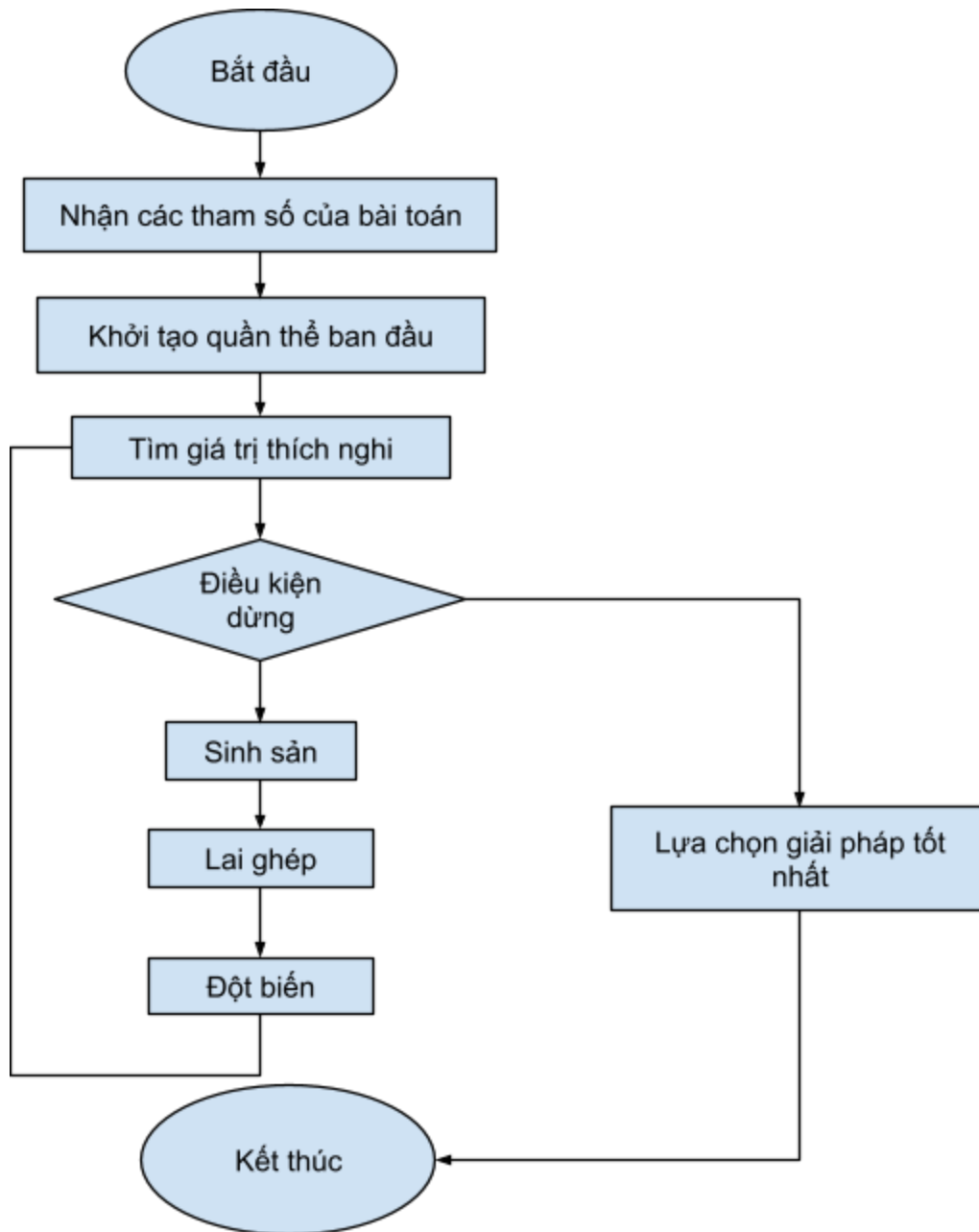
Áp dụng vào bài toán đang xét, HSA tối ưu lời giải để tìm ra biểu diễn cho bài toán với hàm fitness là hàm mục tiêu đã đề cập ở trước.

2. Genetic Algorithm (GA)

Sử dụng GA tìm lời giải cho bài toán đang xét. Trong đó lời giải bài toán được mã hóa như ở HSA. GA duy trì một quần thể gồm tập các lời giải. Ở mỗi thế hệ,

các cá thể con được tạo ra bởi các phép lai ghép, đột biến từ cha mẹ thế hệ trước. Sau đó, quá trình chọn lọc diễn ra để loại bỏ các cá thể tồi và giữ lại cá thể cho lời giải tốt. Hàm đánh giá các lời giải theo mức độ thích nghi – hàm mục tiêu được sử dụng như ở thuật toán HSA.

Sơ đồ thuật toán GA:



VI. Đề xuất cải tiến

1. Một số vấn đề

Trong nghiên cứu [1], thuật toán đề xuất sử dụng HSA và GA đạt kết quả tốt cho cả bao phủ và số lượng cảm biến. Tuy nhiên [1] vẫn còn xuất hiện một số vấn đề khi tiến hành thuật toán. Vấn đề xuất hiện với độ phức tạp và các hàm mục tiêu bị ngược nhau chưa được chọn kỹ lưỡng.

Độ phức tạp khi tính toán hàm mục tiêu, với mỗi lời giải, cần đến (2^n) , với n là số lượng cảm biến sử dụng, và bài toán đang xét có 2 cảm biến. Việc biểu diễn lời giải theo tọa độ cảm biến nhưng không xét đến loại cảm biến, khiến quá trình tính toán phức tạp do phải duyệt toàn bộ trường hợp có thể xảy ra.

Hàm mục tiêu của bài toán dựa trên 3 thành phần chính. SenCost, Coverage Ratio và MD. Mỗi thành phần hàm đều có mục tiêu riêng, với Sensorcost là tối đa bao phủ, Coverage ratio là tối thiểu số lượng cảm biến sử dụng, và MD đảm bảo khoảng cách giữa các cảm biến. Các mục tiêu mâu thuẫn với nhau. Quá trình tối ưu là quá trình đi tìm điểm cân bằng cho các hàm mục tiêu, tuy nhiên quá trình này đòi hỏi phân tích và chọn các trọng số kỹ lưỡng tùy thuộc vào sự ảnh hưởng của từng thành phần. Ví dụ: Khi tăng số lượng cảm biến thì sẽ tăng độ bao phủ, Coverage ratio được đảm bảo nhưng Sencost thì tệ. Trường hợp suy biến, thuật toán rơi vào tối ưu cục bộ: kết quả sử dụng cho 2 cảm biến và độ bao phủ không cao, nhưng vẫn cho giá trị hàm mục tiêu lớn.

Để khắc phục các nhược điểm của phương pháp trước, trong phần này, nhóm đề xuất một số cải tiến nhằm tối ưu lời giải và đảm bảo được chi phí tính toán.

2. HSA

a. Lấy mẫu

Lấy mẫu trong quá trình tính toán hàm mục tiêu: Lấy mẫu kiểu cảm biến cho tập cảm biến trong quá trình tính toán hàm MD. Tính toán MD đòi hỏi phải duyệt toàn bộ các trường hợp về loại cảm biến cho từng vị trí. Nhóm đề xuất lấy mẫu ngẫu nhiên cho loại cảm biến. Do đó, quá trình giảm tính toán độ phức tạp từ $O(2^n)$ xuống $O(1)$.

b. Trọng số hàm thành phần.

Hàm mục tiêu được chia thành 3 thành phần. Nhóm đề xuất khảo sát và thay đổi trọng số giữa các thành phần. Việc thay đổi cho phép ta đánh giá vai trò của từng hàm mục tiêu trong chất lượng của kết quả và hiệu chỉnh đầu ra mong muốn.

c. Sinh ra nhiều harmony.

Ở thuật toán gốc, mỗi bước lặp sinh ra một harmony ứng viên mới, sau đó so sánh ứng viên với harmony tồi nhất có trong bank. Nhóm đề xuất cải tiến thuật toán với mỗi lần lặp sẽ sinh ra nhiều harmony, và tiến hành chọn lọc ứng viên tốt nhất từ các harmony sinh ra. Với các sinh nhiều harmony, thuật toán có thể thoát khỏi cực bộ tốt hơn.

d. Thành phần mới harmony

Thành phần khoảng cách cảm biến mang lại tính không ổn định khi tiến hành chạy thuật toán, do đó đề xuất sử dụng một số hàm khác để thay đổi. Các hàm reg được đề xuất để thay thế hàm MD trong hàm mục tiêu chính của bài toán.

$$reg1 = \frac{No_{overlapS}}{Max_{noS}} \quad reg2 = \frac{No_{cell-1-s}}{No_{cell}}$$

$$reg3 = Corr_{ratio} \quad reg4 = \frac{No_{target-1-s}}{No_{target}}$$

Hàm reg1 mục tiêu tối thiểu số lượng các cặp cảm biến trùng lẫn nhau đôi một, hàm reg2 tối đa số lượng các cell chứa một cảm biến, hàm reg3 được mô tả giống với độ đo của bài toán, cho phép xét số lượng cùng loại bán kính của cảm biến sử dụng, hàm reg4 tối đa các mục tiêu được bao phủ bởi một mục tiêu.

e. Khởi tạo harmony

Sử dụng heuristic cho khởi tạo thay vì khởi tạo ngẫu nhiên các harmony. Lời giải tối ưu đảm bảo sử dụng ít cảm biến và mỗi cảm biến sẽ rời nhau, bao phủ một vùng riêng nó, phần chồng lấn sẽ ít. Do đó để đảm bảo tính rời nhau, nhóm đề xuất 2 cách khởi tạo: Khởi tạo tại tâm các cell và khởi tạo ngẫu nhiên trong các cell. Việc này giúp cho trạng thái khởi tạo thoát ra khỏi tối ưu cực bộ.

- Khởi tạo tâm cell: Các cảm biến khởi tạo vào chính vị trí các tâm bao phủ.
- Khởi tạo trong cell: Các cảm biến khởi tạo ngẫu nhiên trong từng cell.

3. Genetic Algorithm (GA)

Lấy mẫu trong quá trình tính toán hàm mục tiêu thay vì tính toán với chi phí (2^n) trong bài báo gốc. Ở nghiên cứu trước, thuật toán GA sử dụng lai ghép đơn giản là lai ghép một điểm cắt để kết hợp cha, mẹ. Nhóm đề xuất các phương pháp lai ghép phức tạp hơn

- Lai ghép hai điểm cắt
- Lai ghép Laplace
- Lai ghép AMXO
- Kết hợp AMXO và LX (tỉ lệ 1:1)

VII. Thực nghiệm

1. Tham số thực nghiệm

a. Tham số Môi trường

Khu vực thực nghiệm (Area of Interest)	AoI 1	50 x 50 m ²
	AoI 2	100 x 100 m ²
Kích thước mỗi ô		10 m
Số vòng lặp nhiều nhất		60000 vòng lặp
Số thử nghiệm	AoI 1	12 lần chạy mỗi tình huống
	AoI 2	10 lần chạy mỗi tình huống

b. Tham số mô hình xác suất (PSM)

Ngưỡng phủ sóng (C_{th})		0.9
Các tham số mô tả các nút cảm biến	α_1	1
	α_2	0
	β_1	1
	β_2	0.5

c. Tham số HSA

Với thuật toán HSA, nhóm sử dụng kịch bản với AoI1 với các tham số trong thử nghiệm như sau:

- Sử dụng 2 sensor có kích thước bán kính là 5m và 10m.
- Xác suất Harmonies sử dụng trong bộ nhớ (Harmony Memory) HMCR=90%
- Kích thước bộ nhớ Harmony (Harmony Memory size) HMS = 30 vectors.
- Tỷ lệ điều chỉnh cao độ (Pitch Adjusting rate) PAR = 0.3
- Băng thông khoảng cách dùng để sửa đổi vị trí nút mới (Bandwidth) BW = 0.2

Các trường hợp thử nghiệm trong thuật toán HSA:

- Trường hợp 1: Sử dụng tối đa 25 sensors

Nhóm sử dụng 12 lần chạy để tìm ra kết quả tốt nhất với trường hợp thử nghiệm trên.

Đối với mỗi cải tiến, kết quả được đánh giá trên 3 độ đo: tỉ lệ bao phủ, chi phí mạng, số lượng cảm biến sử dụng. Đối với hầu hết các đề xuất cải tiến, HSA mới cho kết quả tốt hơn so với mô hình trước đó.

d. Tham số GA

Với thuật toán GA nhóm sử dụng kịch bản thử nghiệm AoI 1 với các tham số cụ thể trong thuật toán như sau:

- Kích thước quần thể được nhóm sử dụng là 50
- Thuật toán GA sẽ kết thúc sau 1000 thế hệ.
- Cách lai ghép đầu tiên được nhóm mang vào thử nghiệm là lai ghép single point với xác suất $P_c = 0.80$
- Phép đột biến có xác suất $P_m = 0.025$
- Sensor sử dụng 2 loại có bán kính 10m và 5m

Các trường hợp thử nghiệm trong thuật toán GA:

- Trường hợp 1: Sử dụng tối đa 25 sensors
- Trường hợp 2: Sử dụng tối đa 30 sensors
- Trường hợp 3: Sử dụng tối đa 35 sensors

Nhóm sử dụng 12 lần chạy cho mỗi trường hợp để lấy kết quả tốt nhất với thử nghiệm thuật toán GA.

Đối với thuật toán GA nhóm đã thực hiện cải tiến bằng cách sử dụng 4 phương pháp lai ghép khác ngoài phương pháp lai ghép đầu tiên (single point) được đề xuất trong bài báo [1]:

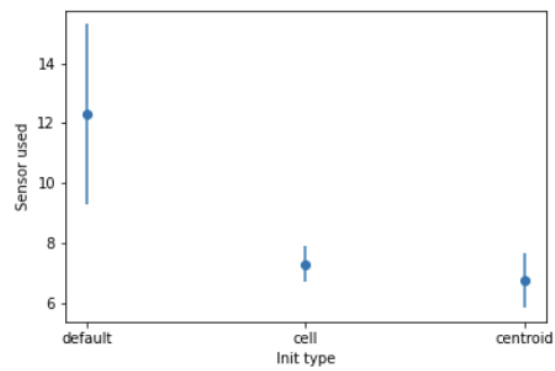
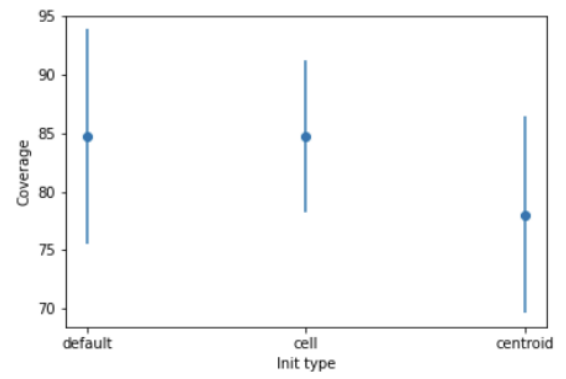
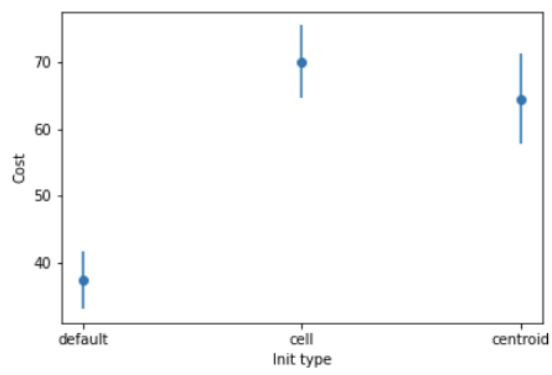
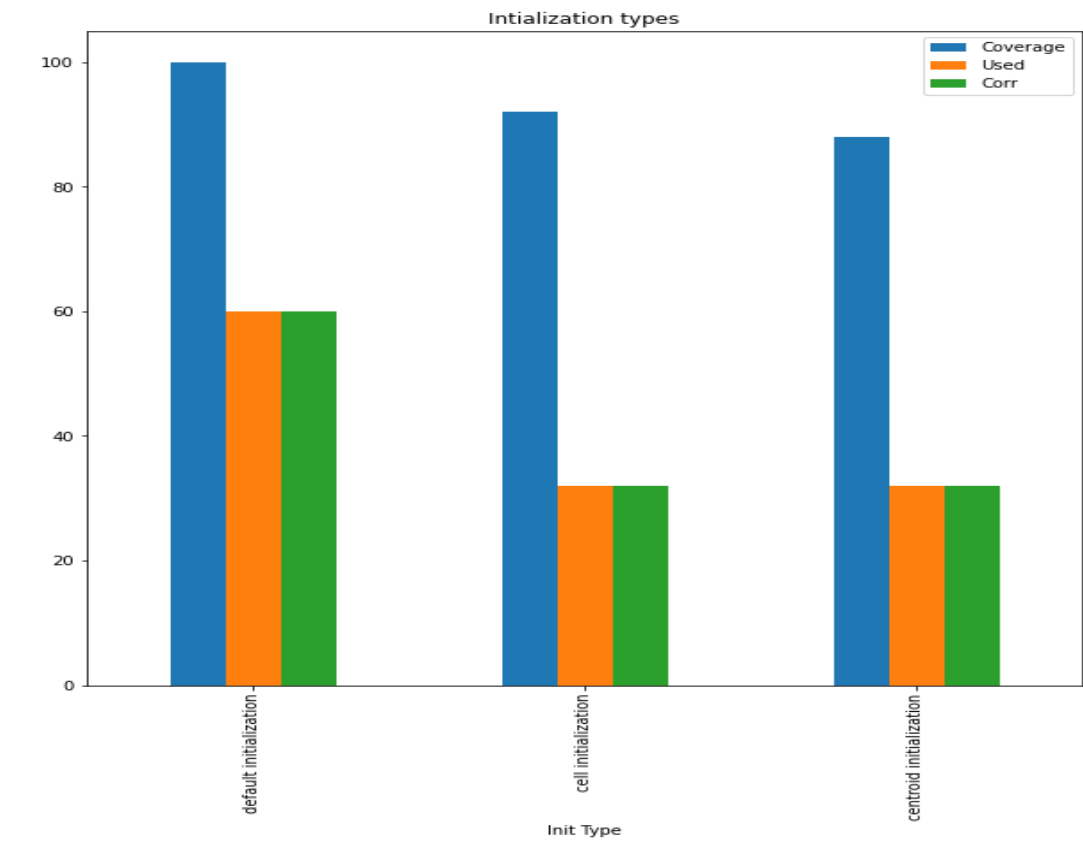
- Lai ghép 2 lát cắt (two-slice crossover)
- Lai ghép AMXO (AMXO crossover)
- Lai ghép Laplace (LX crossover)
- Lai ghép AMXO kết hợp LX với tỉ lệ 1:1 (AMXO&LX crossover)

2. Kết quả

a. HSA

a.1. Hàm khởi tạo.

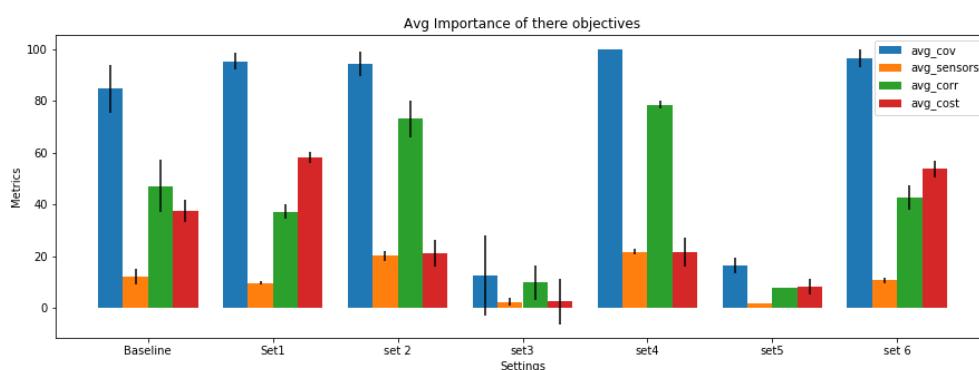
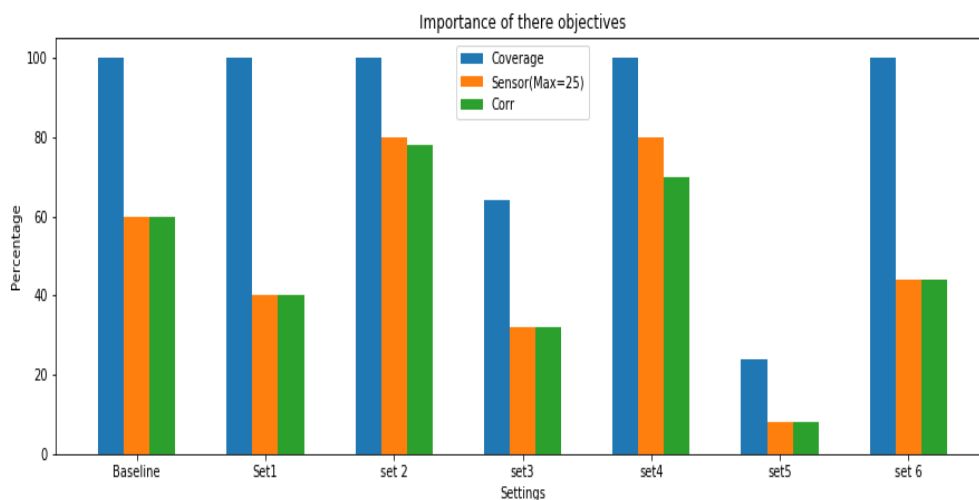
Hàm khởi tạo ban đầu cho kết quả bao phủ tốt hơn trong một số lần chạy nhất định, tuy nhiên kém hơn về độ ổn định và số lượng cảm biến sử dụng. Nhìn chung, khởi tạo ngẫu nhiên tại mỗi vùng nhỏ (cell) cho kết quả tốt nhất trên các độ đo.



a.2 Đánh giá ảnh hưởng của hàm mục tiêu.

Các bộ trọng số khác nhau được sử dụng cho các hàm thành phần trong hàm mục tiêu nhằm đánh giá sự ảnh hưởng của từng hàm tới kết quả của thuật toán. Cụ thể:

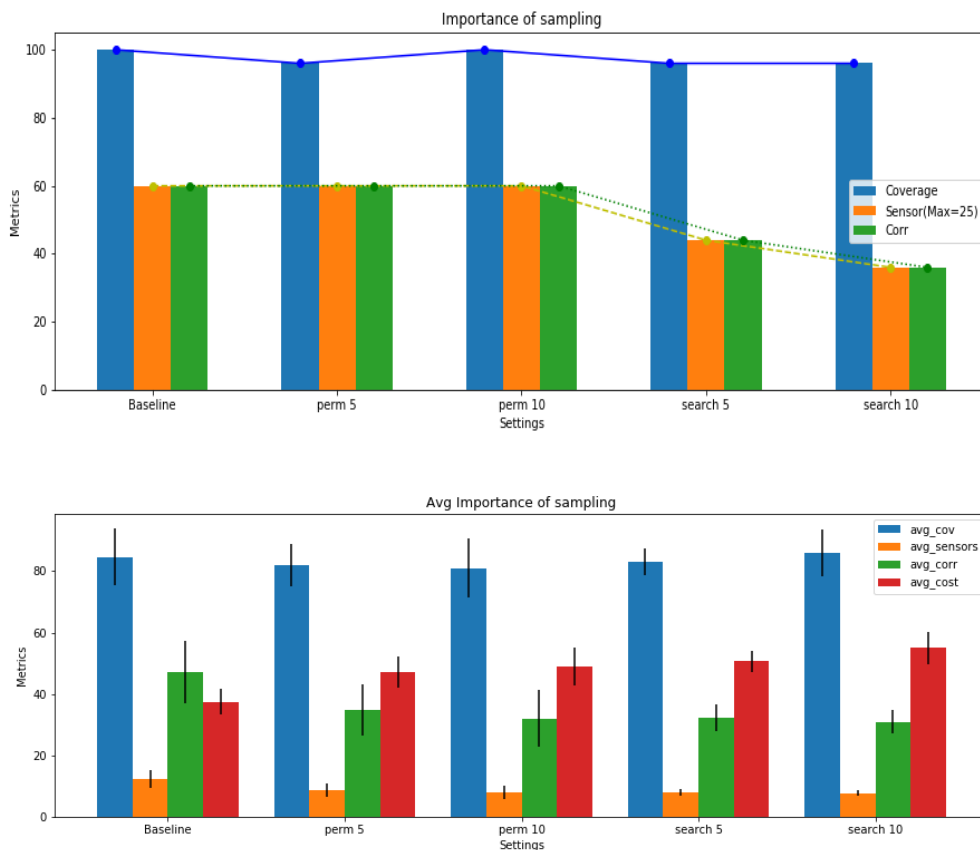
Tên	Set 0 (Baseline)	Set 1	Set 2	Set 3	Set 4	Set 5	Set 6
Hệ số hàm (Coverage, Sencost, MD)	(1, 1, 1)	(1, 1, 0)	(1, 0, 1)	(0, 1, 1)	(10, 1, 1)	(1, 10, 1)	(10, 10, 1)



Các hàm mục tiêu được đề xuất đều cho kết quả tốt trong một số lần chạy. Biểu đồ đầu cho thấy kết quả tốt nhất mà một hàm mục tiêu đạt được. Rõ ràng, *set3* và *set5* cho kết quả tệ hơn so với các hàm còn lại, điều này cho thấy sự quan trọng của hàm *coverage* trong hàm mục tiêu tổng. *set1* và *set6* cho kết quả nhỉnh hơn các hàm còn lại xét về số lượng cảm biến sử dụng. Biểu đồ 2 thể hiện kết quả trung bình qua các lần chạy của các hàm mục tiêu. *set6* thể hiện sự ổn định và chất lượng vượt trội so với các hàm còn lại. Hàm mục tiêu mặc định cho thấy sự kém ổn định với phương sai lớn ở độ đo trung bình bao phủ (*avg_cov*) và tỉ lệ cảm biến sử dụng (*avg_corr*).

a.3. Đánh giá kết quả của việc lấy mẫu.

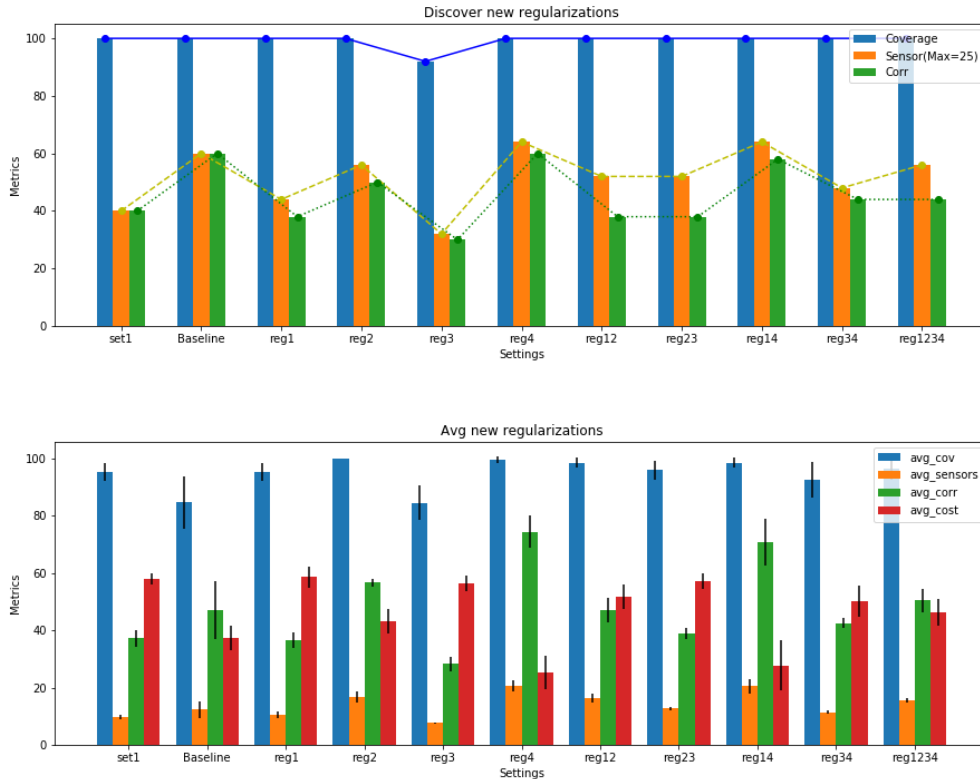
Việc lấy mẫu được thực hiện trong hai phần: lấy mẫu loại cảm biến trong quá trình tính toán hàm mục tiêu, kí hiệu là *perm** với * là số lần lấy mẫu, lấy nhiều vector harmony trong quá trình cải tiến bộ nhớ harmony, kí hiệu là *search** với * là số vector được sinh.



Biểu đồ 1 thể hiện kết quả tốt nhất đối với từng kiểu lấy mẫu. Độ bao phủ không có nhiều sự khác biệt giữa các phương pháp, tuy nhiên, *search5* và *search10* thể hiện sự cải thiện rõ ràng về số lượng cảm biến sử dụng. Biểu đồ 2 thể hiện giá trị trung bình qua một số lần chạy của từng phương pháp. Dễ thấy, kết quả về độ bao phủ gần như tương đồng giữa các phương pháp. *perm5* có cải

thiện nhẹ về số lượng cảm biến sử dụng và độ ổn định so với phương pháp mặc định. *search5* và *search10* có kết quả tốt hơn thấy rõ xét về số lượng cảm biến, trong đó *search5* cho thấy độ ổn định tốt hơn.

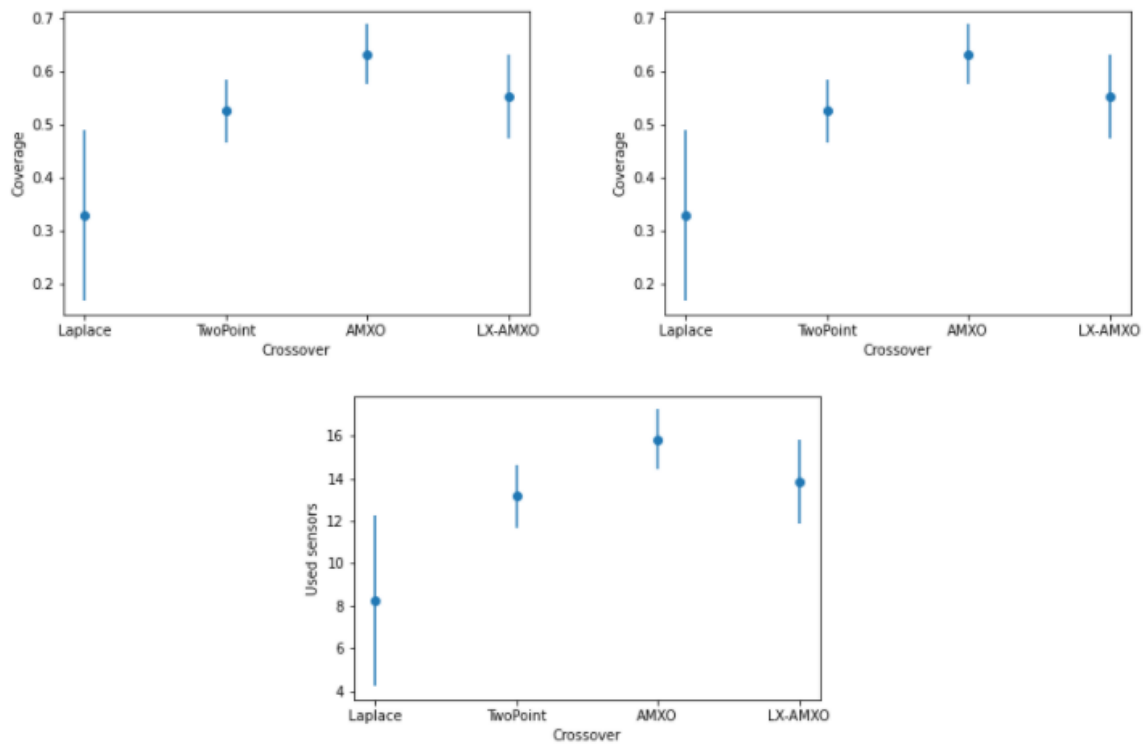
a.4. Đánh giá hàm đề xuất



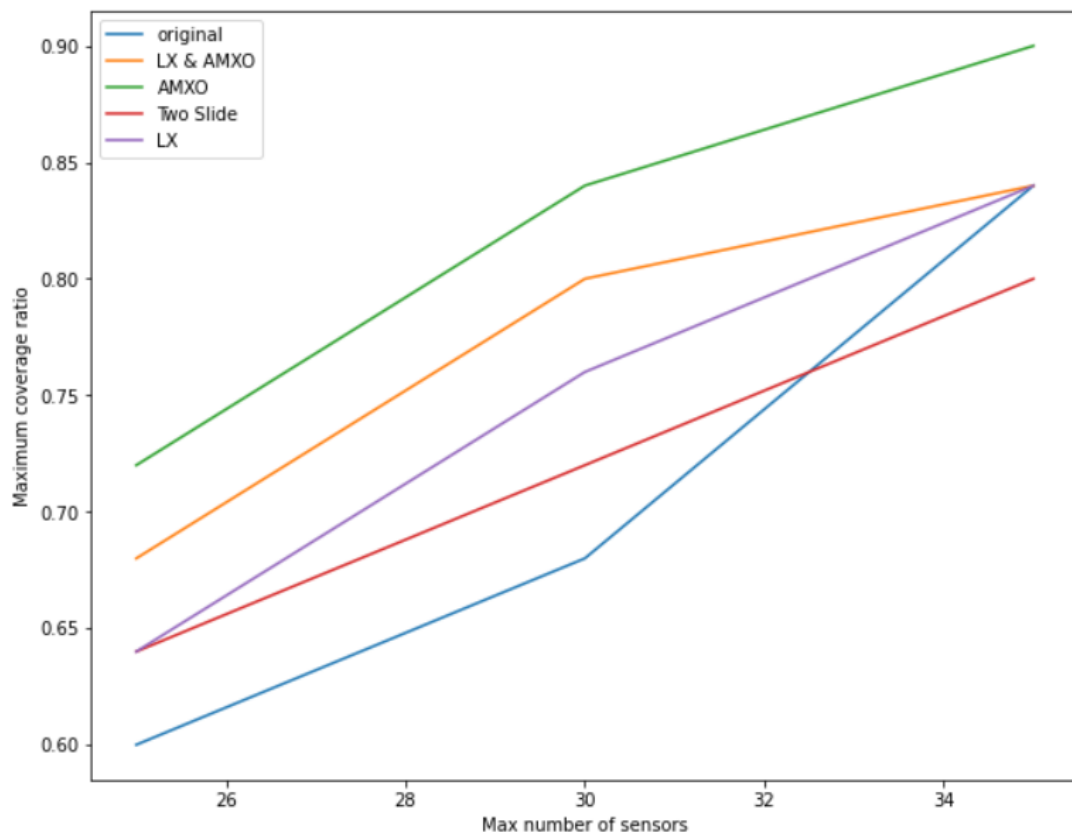
Kết quả đánh giá trên các hàm đề xuất mới cho thấy rằng: khi sử dụng Reg1 thay cho MD thì kết quả cải thiện hơn ở ba độ đo: đảm bảo tối ưu và số lượng cảm biến sử dụng ít hơn. Reg2 cũng cho kết quả tương tự Reg1. Ở Reg3 cho độ bao phủ kém hơn, trường hợp này hàm Reg3 đã phạt quá mạnh vào số lượng cảm biến sử dụng do đó số cảm biến sử dụng ít và không đảm bảo bao phủ. Trong khi đó Reg4 lại cho bao phủ tốt nhưng số lượng cảm biến sử dụng rất cao. Kết quả khi kết hợp các hàm reg bù trừ lẫn nhau cho thấy: Reg1 + Reg2 và Reg2 + Reg3 cho kết quả tốt. Kết quả khi dùng Reg2+Reg3 cho kết quả Cov, Corr nhỉnh hơn khi không sử dụng ~ 1%. Do vậy theo cách đánh giá này, nhóm nhận thấy kết quả khi sử dụng thêm hàm Reg1, Reg2 cải thiện chất lượng lời giải so với baseline.

b. GA

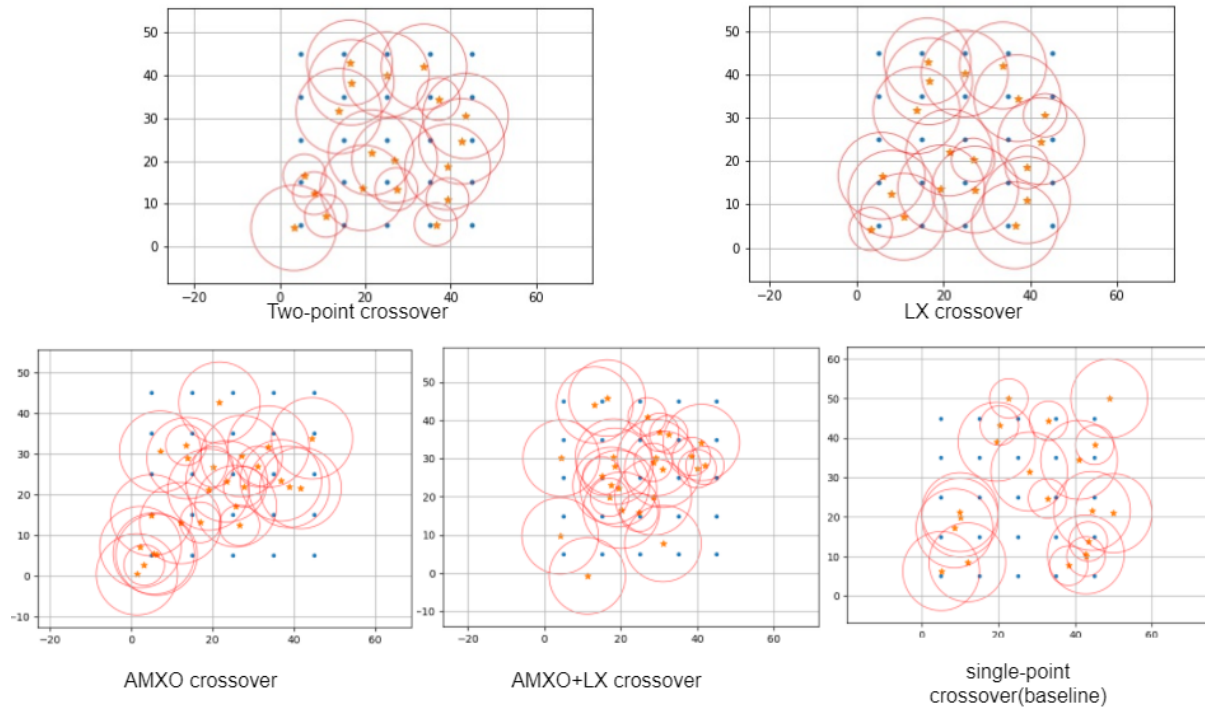
Đánh giá mức độ ổn định của thuật toán GA ứng với các phép lai ghép khác nhau. (tỉ lệ bao phủ, cost, số lượng sensors được sử dụng)



Biểu đồ tỉ lệ bao phủ trong các trường hợp thực nghiệm max sensor: 25 30 35



Hình ảnh trực quan hóa mức độ bao phủ của thuật toán GA sử dụng 5 phương pháp lai ghép khác nhau (sử dụng tối đa 25 sensor)



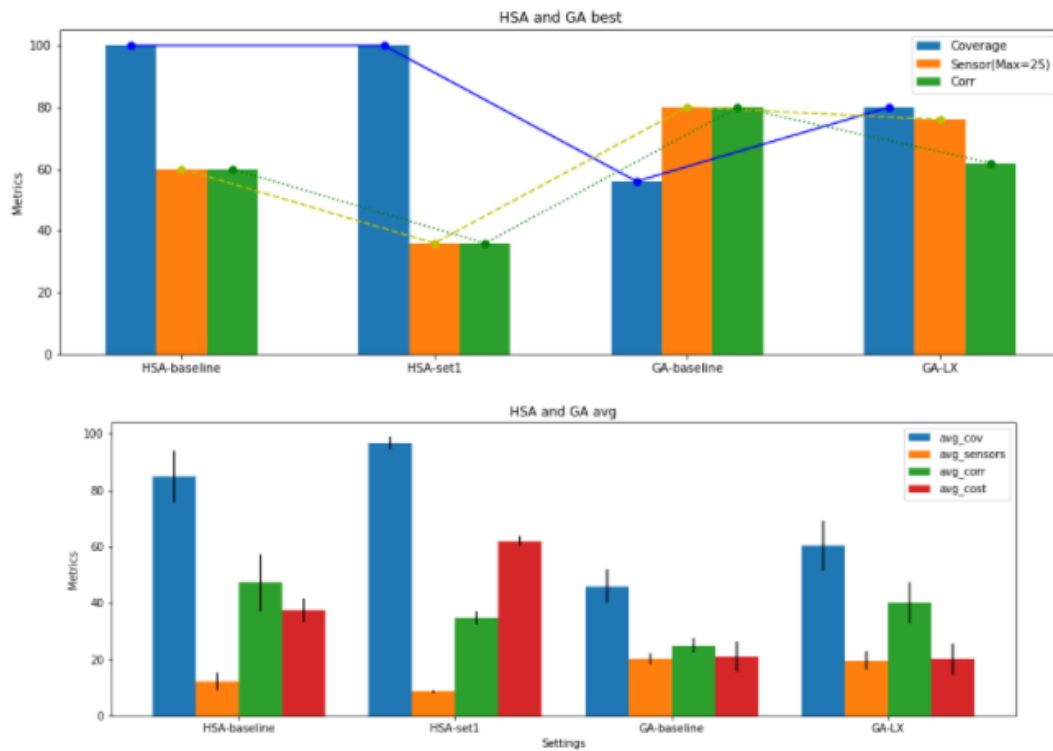
Sau đây là bảng tổng hợp thực nghiệm GA tương ứng với kịch bản thực nghiệm S1, S2, S3.

Bảng tổng hợp thực nghiệm GA

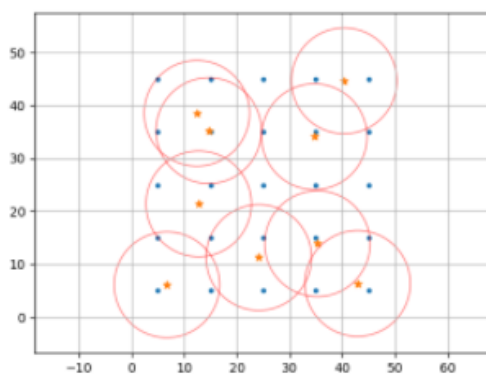
	S1	S2	S3
Number of Run	12	12	12
Maximum node Sensors	25HES	30HES	35HES
Best Cover Ratio (single point) - Paper	0.6	0.68	0.84
Best Cover Ratio (Two point)	0.64	0.72	0.8
Best Cover Ratio (LX)	0.6	0.64	0.8
Best Cover Ratio (AMXO & LX)	0.68	0.8	0.84
Best Cover Ratio (AMXO)	0.72	0.8	0.92

c. HSA với GA

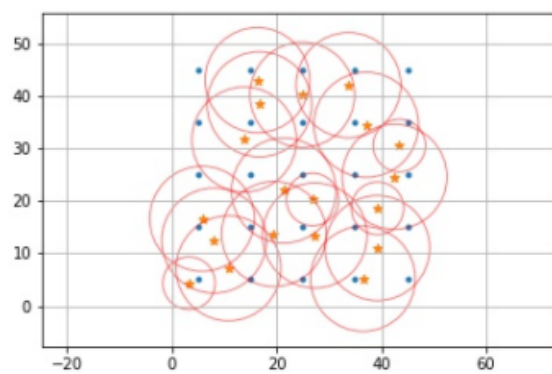
Kết quả so sánh giữa 2 thuật toán HSA và GA được thể hiện trong biểu đồ dưới đây



Trường hợp tốt nhất của 2 thuật toán được trực quan hóa minh họa bằng hình ảnh



HSA



GA

VIII. Kết luận

1. Kết luận

Đồ án kết thúc môn học Tính toán tiến hóa với bài toán đặt cảm biến trong môi trường không đồng bộ tối đa bao phủ sử dụng HSA và GA cơ bản đã được nhóm hoàn thành và tiến hành cải tiến với các mục tiêu được xác định ban đầu gồm:

- Tìm hiểu và xây dựng lời giải ban đầu cho bài toán.
- Cải tiến kết quả thu được từ lời giải ban đầu bằng nhiều cách khác nhau và về tổng quan những cách cải tiến này đều đem lại kết quả cải thiện khá đáng kể và đầy hứa hẹn khi tất cả các phương pháp cải tiến đối với cả 2 thuật toán GA và HSA đều đem lại kết quả tốt hơn so với lời giải ban đầu.
- Đặc biệt là với thuật toán HSA cải tiến có kết quả đạt được vượt trội hơn hẳn so với thuật toán GA cải tiến.

2. Hướng phát triển trong tương lai

Trong tương lai nhóm sẽ tiếp tục cải tiến thuật toán HSA bằng cách sử dụng heuristic trong việc tạo ra harmony mới đồng thời cải tiến thêm thuật toán GA để phục vụ cho việc thử nghiệm của bài toán.

Ngoài ra hướng tiếp cận đa mục tiêu là hướng tiếp cận tiếp theo trong việc phát triển bài toán.

Tài liệu tham khảo:

- [1] O. Moh'd Alia and A. Al-Ajouri. "Maximizing wireless sensor network coverage with minimum cost using harmony search algorithm"
- [2] Gursharan Kaur Brar, Amandeep Kaur Virk "Deployment of nodes for Maximum Coverage in Heterogeneous Wireless Sensor Network Using Genetic Algorithm"
- [3] Al-Fuhaidi, Belal, et al. "An efficient deployment model for maximizing coverage of heterogeneous wireless sensor networks based on harmony search algorithm." *Journal of Sensors* 2020 (2020)