



(12) BẢN MÔ TẢ SÁNG CHẾ THUỘC BẰNG ĐỘC QUYỀN SÁNG CHẾ

(19) Cộng hòa xã hội chủ nghĩa Việt Nam (VN)
CỤC SỞ HỮU TRÍ TUỆ

(11)



1-0045683

(51)^{2023.01} G05B 17/02; G05B 19/02

(13) B

(21) 1-2024-02735

(22) 15/04/2024

(45) 26/05/2025 446

(43)

(73) TRƯỜNG ĐẠI HỌC GIAO THÔNG VẬN TẢI THÀNH PHỐ HỒ CHÍ MINH (VN)
Số 2, đường Võ Oanh, phường 25, quận Bình Thạnh, thành phố Hồ Chí Minh

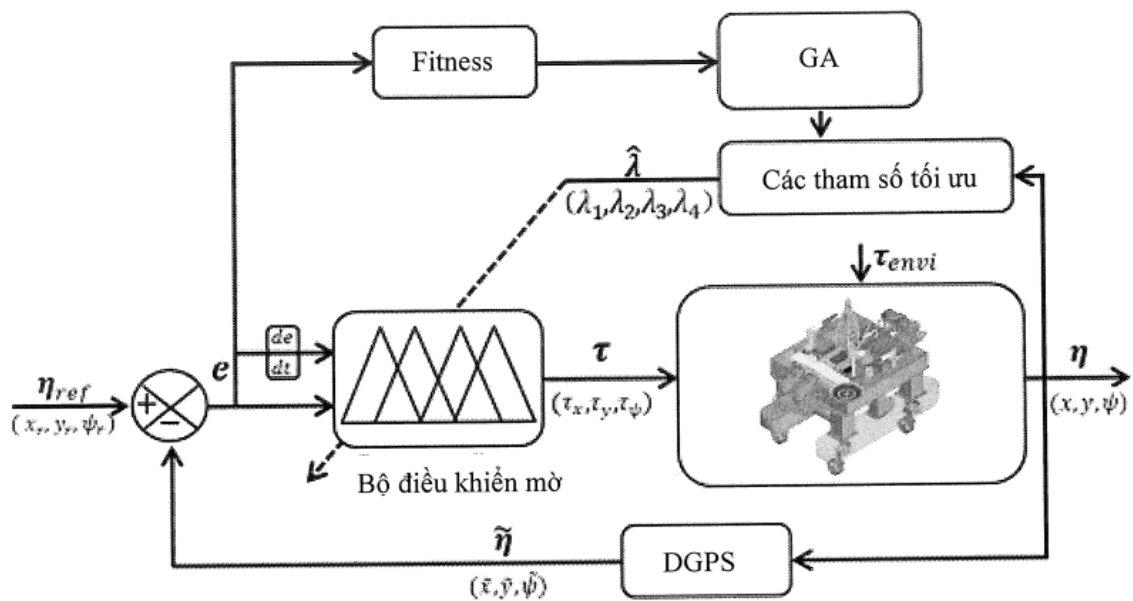
(72) Đặng Xuân Kiên (VN).

(54) PHƯƠNG PHÁP LAI GHÉP GIẢI THUẬT DI TRUYỀN - MỜ TRONG HỆ
THỐNG TỰ ĐỘNG ĐIỀU KHIỂN VÀ GIÁM SÁT CHUYỂN ĐỘNG CỦA MÔ
HÌNH GIÀN KHOAN BÁN TIỀM THỦY NHIỀU THIẾT BỊ ĐẨY

(21) 1-2024-02735

(57) Sáng chế đề cập đến phương pháp tự động điều khiển và giám sát vị trí giàn, tốc độ chân vịt, hướng lái cho giàn khoan bán tiềm thủy trong quá trình di chuyển và trong trạng thái làm việc, để lựa chọn thuật toán điều khiển hiện đại di truyền – mờ nhằm đạt được độ ổn định trong di chuyển, tránh gây ra sự cố khi hành hải, có thể ứng dụng trong những hệ thống điều khiển phức tạp, đòi hỏi chất lượng ổn định cao, chẳng hạn như hệ thống điều khiển ổn định động học tàu thủy. Sáng chế cũng đề cập đến hệ thống tự động điều khiển mới, mà có thể kết nối được với máy tính để giám sát đầu ra quá trình và có thể thực hiện sự tùy chỉnh điều khiển bằng cách thiết lập giải thuật mềm trên Matlab theo các thay đổi phù hợp với đối tượng điều khiển, từ đó có thể tối ưu hóa quá trình điều khiển ứng dụng cho các hệ thống điều khiển động học khác nhau.

Hình 2



Lĩnh vực kỹ thuật được đề cập

Sáng chế đề cập đến phương pháp tự động điều khiển giàn khoan bán tiềm thủy đa chân vịt (nhiều thiết bị đẩy), sử dụng thuật toán di truyền mờ trên nền Matlab, được sử dụng trong hệ thống nhúng để điều khiển hệ thống động lực đẩy cho giàn khoan bán tiềm thủy, một trong những hệ thống điều khiển phức tạp, đòi hỏi chất lượng và độ ổn định cao trong các điều kiện làm việc và môi trường khắc nghiệt ngoài khơi. Sáng chế cũng đề cập đến hệ thống gồm phần cứng kết nối với máy tính, trong đó nhúng giải thuật có thể tự động chỉnh định các luật điều khiển mờ tối ưu bằng thuật toán di truyền, máy tính có thể giám sát đầu ra và có thực hiện sự tùy chỉnh điều khiển theo các thay đổi phù hợp với nhiều và quán tính của hệ thống, từ đó tối ưu hóa quá trình điều khiển cho các hệ thống động lực đẩy azimuth.

Tình trạng kỹ thuật của sáng chế

Hiện nay, ở nước ta trong hầu hết các ngành công nghiệp như công nghiệp sản xuất khai thác dầu khí, công nghiệp sản xuất đường, công nghiệp chế biến, công nghệ thực phẩm, các ngành thép, thủy điện, nhiệt điện... Việc điều khiển tự động và tối ưu hóa toàn bộ hệ thống là hết sức cần thiết. Đặc biệt với sự phát triển của lý thuyết và công nghệ điều khiển hiện đại, đã giúp con người linh hoạt hơn trong vận hành khai thác các nhà máy, hệ thống điều khiển, trên bờ cũng như xa bờ, qua đó giúp tăng khả năng tự động và làm việc độc lập của công trình ngoài khơi. Trong bối cảnh đó, ngành công nghiệp ngoài khơi, hiện nay đang đóng vai trò quan trọng trong kinh tế quốc gia cũng như các nước khác, đang từng bước phát triển nhằm tránh phụ thuộc công nghệ nước ngoài. Sáng chế bước đầu đề xuất và thử nghiệm trong phòng thí nghiệm giải thuật điều khiển định vị động cho các giàn khoan bán tiềm thủy nhằm đạt được các mục tiêu được luận giải như sau:

- Các hệ thống hiện nay trên thế giới, việc thiết kế hệ thống tự động điều khiển định vị và ổn định động cho các giàn khoan bán tiềm thủy, tàu thủy được các hãng lớn

trên thế giới (ABB, Siemens) thiết kế, công nghệ hoàn toàn được giữ kín với tổng giá trị rất lớn (hàng chục triệu USD). Về mặt lý thuyết, có nhiều công bố chủ yếu thử nghiệm trên các mô hình, các giải thuật điều khiển được giả lập trong điều kiện làm việc lý tưởng hoặc một vài tác động nhỏ từ bên ngoài chưa thực tế, đối tượng điều khiển là các giàn khoan cỡ lớn, chưa có nhiều nghiên cứu trên các giàn khoan bán tiềm thủy được công bố. Các giải thuật thử nghiệm còn nhiều hạn chế, dựa trên các kết quả mô phỏng để đánh giá giải thuật nên kết quả cần có nhiều thực nghiệm.

- Các nghiên cứu trong nước gần đây, thành tựu KH&CN này được ra đời từ cụm công trình KH&CN cấp Nhà nước "Nghiên cứu thiết kế chi tiết và ứng dụng công nghệ để chế tạo, lắp ráp và hạ thủy giàn khoan tự nâng ở độ sâu 90m nước phù hợp với điều kiện Việt Nam". Theo đánh giá của Hội đồng chuyên ngành cấp nhà nước, công trình có giá trị rất cao về công nghệ, được ứng dụng thành công và có hiệu quả trong các công trình trọng điểm quốc gia. Các sáng chế này tập trung công nghệ để chế tạo, lắp ráp và hạ thủy giàn khoan tự nâng ở độ sâu 90m, các công nghệ về điều khiển hoàn toàn sử dụng nước ngoài (Siemens - Germany). Theo như khảo sát của nhóm nghiên cứu, chưa có bất kỳ nghiên cứu nào ở Việt Nam nghiên cứu về điều động giàn khoan bán tiềm thủy.

- Tại Việt Nam, tháng 8/2016, giàn khoan tự nâng Tam Đảo 05 của chủ đầu tư Vietsovpetro do PV Shipyard làm tổng thầu hạ thủy thành công tiếp tục minh chứng việc áp dụng thành quả khoa học công nghệ "Nghiên cứu thiết kế chi tiết và ứng dụng công nghệ để chế tạo, lắp ráp và hạ thủy giàn khoan tự nâng ở độ sâu 90m nước phù hợp với điều kiện Việt Nam". Việc chế tạo thành công các Giàn khoan tự nâng trong nước đưa Việt Nam trở thành một số ít quốc gia trên thế giới (khoảng 10 nước) có khả năng tự thiết kế chi tiết, chế tạo, chạy thử giàn khoan tự nâng hoạt động ở vùng biển sâu, khí hậu khắc nghiệt (các giàn khoan tự nâng Tam Đảo 03, Tam Đảo 05 do PV Shipyard chế tạo có khả năng hoạt động khoan thăm dò ở hầu hết các vùng biển thuộc thềm lục địa Việt Nam), tạo ra bước đột phá, tự chủ về khoa học công nghệ và đóng góp một phần trong việc bảo đảm an ninh quốc phòng, giữ vững chủ quyền biển đảo Việt Nam. Giải thưởng Hồ Chí Minh, giải thưởng Nhà nước về Khoa học và Công nghệ (KH&CN) là hai Giải thưởng danh giá nhất đối với các nhà khoa học góp phần khuyến khích, tạo động lực và điều kiện thuận lợi cho các nhà khoa học, đặc biệt là các nhà khoa học trẻ say mê nghiên cứu, đổi mới sáng tạo.

- Tuy nhiên, Việt Nam chỉ dừng lại ở việc tính toán thiết kế cơ khí, kết cấu, chịu lực hệ thống điều khiển hoàn toàn dựa vào công nghệ của nước ngoài, đây thực sự là thách thức đối với nền khoa học điều khiển tại nước ta. Giàn khoan bán tiềm thủy hiện nay chưa được chế tạo trong nước bởi độ phức tạp của nó liên quan đến hệ động lực đẩy khi nó di chuyển, hệ thống điều khiển đồng bộ nhiều chân vịt của loại giàn khoan này rất phức tạp và ít công bố trong các tài liệu thông thường, vì vậy cần phải đầu tư nghiên cứu từng bước để tiến hành chế tạo.

- Việc chế tạo các giàn khoan tự hành trong tương lai gần đối với Việt Nam là cần thiết, cấp bách trong bối cảnh có nhiều xung đột trong khai thác dầu khí tại biển Đông thời gian qua. Trên cơ sở đó, việc nghiên cứu tính toán thiết kế hệ thống tự động điều khiển giàn khoan bán tiềm thủy, thiết kế hệ thống điều khiển ổn định và tính toán các điều kiện vật lý trên mô hình là bước đầu để triển khai hệ thống điều khiển trên giàn khoan thực tế sau này. Mô hình phục vụ cho nghiên cứu, đào tạo chuyên ngành tự động hóa, hàng hải.

Bản chất kỹ thuật của sáng chế

Để giải quyết các vấn đề trên, sáng chế đề xuất tính toán thiết kế các thiết bị điều khiển và giám sát vị trí cầu giàn khoan, tốc độ chân vịt, hướng lái... trong quá trình di chuyển và trong trạng thái làm việc để từ đó lựa chọn thuật toán điều khiển phù hợp nhằm đạt được độ ổn định trong di chuyển, tránh gây ra sự cố khi hành hải. Điều khiển đồng bộ hoạt động các chân vịt thực hiện bởi hệ thống điều khiển tại chỗ và điều khiển, giám sát tại bàn điều khiển trung tâm

(i) Kết nối được với máy tính để có thể: theo dõi được tín hiệu điều khiển trên máy tính, thuận tiện cho quá trình hiệu chỉnh các tham số hệ thống dựa trên giải thuật đề xuất, hoặc thuật toán điều khiển, khi có sự thay đổi vị trí và đảm bảo chất lượng bộ điều khiển tốc độ, vị trí bám theo điểm đặt; và

(ii) Điều khiển chính xác và có thể giữ ổn định vị trí giàn khoan trong các trường hợp tải biến động hoặc ảnh hưởng nhỏ của điều kiện môi trường (sóng, gió, dòng chảy).

Theo khía cạnh kỹ thuật, sáng chế đề xuất phương pháp nghiên cứu bao gồm các bước:

- Phân tích kết cấu cơ khí, bố trí thiết bị cũng như hệ thống động lực chân vịt các giàn khoan bán tiềm thủy trong nước và trên thế giới. Đánh giá và lựa chọn cấu trúc mô hình tối ưu. Từ đó, phân tích, tổng hợp, thống kê để phân tích, đánh giá các công nghệ sử dụng thiết kế chế tạo hệ thống điều khiển và giữ ổn định giàn khoan bán tiềm thủy.

- Nghiên cứu lý thuyết điều khiển tối ưu di truyền chỉnh định giải thuật mờ, so sánh với các giải pháp thông thường khác. Áp dụng thử nghiệm trong hệ thống điều khiển và giữ ổn định vị trí giàn khoan bán tiềm thủy.

Tính toán sai lệch, tốc độ sai lệch của vị trí đầu ra so với vị trí đặt;

Thực hiện tính toán các tham số điều khiển dựa trên điều khiển Di truyền mờ, một dạng kỹ thuật điều khiển mờ tối ưu thích nghi tương tác mới. Phương pháp bao gồm các bước:

[Bắt đầu] Nhận các tham số cho thuật toán.

[Khởi tạo] Sinh ngẫu nhiên một quần thể gồm n cá thể.

[Quần thể mới] Tạo quần thể mới bằng cách lặp lại các bước sau cho đến khi quần thể mới hoàn thành.

[Thích nghi] Ước lượng độ thích nghi $eval(x)$ của mỗi cá thể.

[Kiểm tra] Kiểm tra điều kiện kết thúc giải thuật.

[Chọn lọc] Chọn hai cá thể bố mẹ từ quần thể cũ theo độ thích nghi của chúng (cá thể có độ thích nghi càng cao thì càng có nhiều khả năng được chọn)

[Lai ghép] Với một xác suất lai ghép được chọn, lai ghép hai cá thể bố mẹ để tạo ra một cá thể mới.

[Đột biến] Với một xác suất đột biến được chọn, biến đổi cá thể mới.

[Chọn kết quả] Nếu điều kiện dừng được thỏa mãn thì thuật toán kết thúc và trả về lời giải tốt nhất trong quần thể hiện tại

Trong đó giai đoạn 1 xác định thông số tối ưu bộ điều khiển mờ. Bộ điều biến mờ có hai đầu vào $e_x(t)$, $d_{e_x(t)}/d(t)$ và một đầu ra $\tau(t)$. Các tập mờ được định nghĩa

là $\{NE, NS, ZE, PS, PO\}$ tương ứng với âm lớn, âm nhỏ, zero, dương nhỏ và dương lớn. Các tham số cấu trúc điều khiển này sẽ được điều chỉnh tối ưu với sai lệch đầu vào vận hành giàn khoan. Trong bộ điều khiển đề xuất, giá trị và độ nghiêng hàm liên thuộc (MFs) được tối ưu hóa bởi giải thuật di truyền (GA). Giai đoạn 2: Điều chỉnh tham số mờ tối ưu. GA hiệu chỉnh các tập mờ với véc tơ hệ số điều chỉnh $\lambda (\lambda_1, \lambda_2, \lambda_3, \lambda_4)$. Việc tìm kiếm các thông số cấu trúc hệ mờ được thực hiện trong không gian 4 chiều. GA bao gồm một nhóm các giải pháp tương ứng với số lượng cá thể trong quần thể và đặc tính thay đổi liên tục. Ở mỗi giai đoạn, GA chọn một cá thể từ quần thể hiện tại để trở thành cha mẹ và sử dụng cá nhân này để tạo cá thể con cho thế hệ sau. Bằng cách đó làm cho giá trị đầu ra quá trình bám theo giá trị đặt được tối ưu hóa; và

Giám sát vị trí đầu ra giàn khoan bán tiềm thủy thông qua bộ hiển thị số hoặc trên máy tính bằng cách truyền thông với máy tính.

Theo khía cạnh thiết kế và cấu trúc phần cứng, sáng chế đề xuất hệ thống giám sát và điều khiển tự động bao gồm:

Máy tính (gồm máy tính laptop, máy tính để bàn, hoặc máy tính công nghiệp) có bộ nhớ lưu trữ các lệnh của trình điều khiển matlab và các lệnh chương trình mà khi máy tính thực thi lệnh các lệnh này, máy tính có thể truyền thông với bộ điều khiển, các driver của thiết bị đẩy Azimuth;

Cảm biến la bàn số GY-271 HMC5883L có kích thước nhỏ gọn sử dụng giao tiếp I2C, được dùng để đo từ trường của trái đất nhằm xác định phương hướng với độ chính xác lên đến 1 hoặc 2 độ, cảm biến có cách đo riêng biệt cho từng trục và có thể kết hợp lại để tính toán 3D. Cảm biến la bàn số GY-271 HMC5883L còn có thể dùng để đo từ trường thô hoặc các nguồn từ trường mạnh hơn gần nó, cảm biến có thể cảm nhận được nguồn từ trường xung quanh nó như của nam châm hoặc điện trường, khi phát hiện được từ trường từ bên ngoài, nó có thể xác định được khoảng cách tương đối hoặc chiều đến vật phát ra từ trường đó;

Mạch cầu H-HI216 sử dụng IC điều khiển FET chuyên dụng cho đặc tính dẫn tốt, tránh hiện tượng trùng dẫn, và giúp hiệu năng của mạch luôn đạt chất lượng cao. Mạch cầu H-HI216 được sử dụng nhiều cho điều khiển tốc độ động cơ DC có công suất lớn;

Mô đun NRF24L01 là một mô đun truyền nhận dữ liệu nâng cao với khả năng kết nối point-to-point (2 node mạng), hoặc network (mạng lưới nhiều node mạng), sử dụng sóng vô tuyến 2.4GHz. Khoảng cách đạt được của mô đun không khuếch đại công suất trong không gian không vật cản là 100m và của mô đun có khuếch đại công suất lên tới 1km. Có khả năng truyền tín hiệu 2 chiều. Tức là một mô đun vừa có thể là bộ phát vừa có thể là bộ thu. Khác biệt so với loại 433Mhz là phải có 2 mô đun riêng biệt;

Cảm biến LiDAR sử dụng để xác định vị trí của giàn, bộ cảm biến LiDAR sẽ phát xạ xung laser, bằng 1 động cơ quay liên tục 360 độ nhằm tạo vùng quét từ giàn đến bờ từ đó đo được khoảng cách, với khoảng cách đo được gồm các trục x và y sẽ suy ra được vị trí của giàn. Bộ cảm biến LiDAR được đặt ngay trung tâm của giàn nên lúc khoảng cách đo được là khoảng cách từ trung tâm giàn đến vị trí đo. Tùy thuộc vào mục đích sử dụng mà nhà sản xuất sẽ tạo ra nhiều loại cảm biến khác nhau. Nếu cần xác định vị trí và độ cao có thể dùng bộ cảm biến 3 tham số;

Động cơ lái hướng cho chân vịt Azimuth: Servo MG996R, đây là bản nâng cấp từ servo MG995 về momen xoắn, tốc độ, lực kéo và độ chính xác. Momen làm việc 11kg/cm (tại điện áp 6V), 9.4kg/cm (tại điện áp 4.8V);

Vì điều khiển Nucleo-STM32F746ZG hoạt động dựa trên lõi ARM Cortex-M7 đem lại hiệu suất cao khi thực thi chương trình từ Flash hay bộ nhớ ngoài với mức tiêu thụ năng lượng thấp. Nucleo-STM32F746ZG hỗ trợ giao tiếp dữ liệu đa dạng bao gồm nhiều chuẩn truyền đem lại khả năng linh động và ứng dụng cao. Trong mô hình thực nghiệm giàn khoan tự nâng, Nucleo-STM32F746ZG đảm nhiệm xử lý các thông tin truyền nhận dữ liệu đến các khối chức năng khác như: Khối ESP32 truyền nhận dữ liệu đến trạm giám sát qua mạng, nhận dữ liệu từ cảm biến góc nghiêng (IMU MPU6050) và vị trí giàn, và xuất tín hiệu điều khiển cho động cơ DC để nâng hạ giàn khoan;

Khối công suất, được thiết kế độc lập sử dụng các linh kiện công suất IGBT, để thực hiện điều chỉnh điện áp kích từ của máy phát;

Thành phần chính của mô hình giàn bán tiềm thủy thực nghiệm bao gồm hệ thống cơ khí (hệ thống phao nổi, thân giàn, hệ thống chân vịt azimuth), hệ thống điện điều khiển, và trạm giám sát điều khiển qua mạng. Giải thuật điều khiển trên phần

mềm Matlab (máy tính) được nhúng xuống bộ xử lý trung tâm Nucleo-STM32F746ZG, sau đó bộ xử lý trung tâm thu thập dữ liệu vị trí giàn và độ nghiêng thân giàn so sánh với giá trị lệnh đặt đưa ra tín hiệu điều khiển đến các động cơ DC hoạt động dịch chuyển giàn. Bên cạnh đó, dữ liệu hoạt động của mô hình thực nghiệm được truyền đến trạm giám sát điều khiển qua mạng và nhận lại giá trị điều khiển. Trong sáng chế này, tổng quan về giao thức giao tiếp Phần mềm – Card – Cảm biến – Mô hình bao gồm 3 phần chính: Giao tiếp giữa Matlab/Simulink với bộ xử lý trung tâm Nucleo-STM32F746ZG qua giao thức USB. Truyền dữ liệu vị trí và hướng giàn đến bộ xử lý trung tâm Nucleo-STM32F746ZG qua giao thức SPI. Truyền dữ liệu từ bộ xử lý trung tâm Nucleo-STM32F746ZG đến trạm giám sát trên bờ thông qua sóng RF 2.4Ghz.; và

Khối nguồn nuôi để cung cấp nguồn nuôi cho hệ thống;

Bằng cách sử dụng giao thức, bộ xử lý Nucleo-STM32F746ZG có 5 kênh SPI, tần số giao tiếp có thể lên đến 1Mhz, SPI được sử dụng để mã hóa tín hiệu từ cảm biến là bàn HMC5883L trong khâu tín hiệu phản hồi hướng giàn khoan. Sau đó, được đưa vào Nucleo-STM32F746ZG thực hiện tính toán và xử lý. SPI cũng được sử dụng để mã hóa tín hiệu La bàn nhằm phản hồi vị trí của giàn. Bên cạnh đó, SPI được dùng để truyền dữ liệu từ cảm biến LiDAR và la bàn đến cho mô đun nRF24 nhằm truyền dữ liệu lên bờ giám sát. Ngoài ra, giao thức USB được sử dụng để truyền nhận giao tiếp giữa Matlab/Simulink với bộ xử lý trung tâm Nucleo-STM32F746ZG.

Mô tả vắn tắt các hình vẽ

Hình 1 là hệ tọa độ của giàn khoan bán tiềm thủy;

Hình 2 là Cấu trúc điều khiển mờ-GA điều khiển vị trí giàn khoan bán tiềm thủy;

Hình 3 là hàm liên thuộc đầu vào sai số $e(t)$, vận tốc sai số de/dt và lực tác động τ ;

Hình 4 là quá trình tối ưu hóa bộ điều khiển mờ sử dụng di truyền;

Hình 5 thể hiện hình họa việc mã hóa giá trị thông số của hàm liên thuộc bộ điều khiển mờ;

Hình 6 là đồ thị 3D biểu diễn đầu vào và ra của bộ điều khiển Fuzzy sau khi tối ưu;

Hình 7 là quỹ đạo di chuyển giàn trong mặt phẳng xy so sánh 2 bộ điều khiển GA-Fuzzy và Fuzzy;

Hình 8a. mô phỏng tín hiệu tác động môi trường (τ_{wave} , τ_{wind} , τ_{current});

Hình 8b. là kết quả mô phỏng Vị trí thực (x, y) và hướng ψ của giàn;

Hình 9 là Cấu trúc mô hình giàn khoan bán tiềm thủy

(a) Kết cấu thượng tầng, (b) Kết cấu các cột và phao,

(c) thiết kế tổng quan mô hình giàn khoan bán tiềm thủy.

Hình 10 là bản vẽ chân vịt azimuth sử dụng cho mô hình thực nghiệm;

Hình 11 là Sơ đồ khối hệ thống điện điều khiển giàn bán tiềm thủy;

Hình 12 là Sơ đồ thiết kế nguyên lý mạch điện;

Hình 13 Mạng cảm biến radar quan sát quỹ đạo di chuyển;

Hình 14 là Chương trình nhúng thực nghiệm giải thuật;

Hình 16 là Kết quả thực nghiệm di chuyển giàn khoan từ vị trí [2m, 5.75m, 180°] đến [5.5m, 1.3m, 180°];

Hình 17 là Kết quả thực nghiệm di chuyển giàn khoan từ vị trí [2.3m, 3.1m, 85°] đến [5.5m, 1m, 85°].

Hình 18 là kết quả điều khiển định vị trí giàn khoan đến [100cm, 500cm, 20°] và [500cm, 500cm, 20°] từ vị trí tham chiếu [100cm, 100cm, 20°];

Hình 19 Kết quả điều khiển định vị trí giàn khoan đến [500cm, 100cm, 20°] và [100cm, 500cm, 20°], và [500cm, 500cm, 20°] từ vị trí tham chiếu [100cm, 100cm, 20°].

Mô tả chi tiết sáng chế

Dưới đây, các ưu điểm, hiệu quả và bản chất của sáng chế có thể được hiểu rõ hơn thông qua việc mô tả chi tiết các phương án ưu tiên thực hiện có dựa vào các hình

vẽ kèm theo. Tuy nhiên, cần hiểu rằng các phương án này chỉ được mô tả với mục đích làm ví dụ giúp cho việc hiểu rõ hơn về bản chất và các ưu điểm của sáng chế, mà không giới hạn phạm vi của sáng chế theo các phương án được mô tả này.

Hình 1 là mô tả hệ tọa độ của giàn khoan bán tiềm thủy.

Miêu tả chuyển động trong hệ tọa độ cố định. Hệ tọa độ Đề các cố định được xây dựng theo cách sau đây. Trên tàu hoặc công trình nổi đang đứng trên nước tĩnh, không chuyển động, chọn trọng tâm G làm gốc của hệ tọa độ. Hệ tọa độ được xác định theo nguyên tắc bàn tay mặt, trục Z hướng lên trên, ngược với chiều tác động của lực hút trường trái đất, trục X hướng về trước mũi công trình nổi). Phân biệt sáu chuyển động lắc của giàn bán tiềm thủy, trong đó 3 chuyển động dọc trục và 3 chuyển động quay quanh trục.

Chuyển động số 1 dọc trục X (surging);

Chuyển động số 2 dọc trục Y, gọi là dạt ngang (swaying);

Chuyển động số 3 dọc trục Z, gọi là lắc đứng (heaving);

Chuyển động số 4 quanh trục X, gọi là lắc ngang (rolling);

Chuyển động số 5 quanh trục Y, lắc dọc (pitching);

Chuyển động số 6 quanh trục Z (yawing).

Mỗi dạng lắc đều gây hậu quả xấu cho hoạt động bình thường của giàn. Lắc đứng kết hợp với lắc dọc làm giảm đáng kể tốc độ giàn khi đi trên sóng, gây hiện tượng nước phủ boong giàn, dễ gây nguy hiểm cho giàn. Lắc ngang kết hợp với chuyển động dạt ngang có thể là những trường hợp nguy hiểm nếu xét ổn định Chuyển động số 6 dẫn đến mất tính ăn lái, đặc biệt khi giàn chạy trên sóng đuôi. Đã có những trường hợp giàn bị mất ổn định khi chạy cắt sóng ở góc gần $\pi/4$, phía sau lái, sau khi bị chuyển động số 6 vô hiệu hoá tính chịu lái của giàn. Chuyển động kết hợp: lắc ngang gồm chuyển động đồng thời số 2, 4 và 6; lắc dọc gồm chuyển động số 3 và số 5 đồng thời.

Giàn khoan bán tiềm thủy (được thể hiện trong Hình 1) bao gồm hai hệ tọa độ như sau: hệ tọa độ thứ nhất là khung O-XYZ cố định của giàn bán tiềm thủy; và hệ tọa độ thứ hai là hệ quán tính xấp xỉ với hệ quy chiếu trái đất $O_0 - X_0Y_0Z_0$. Đặt một vectơ $\eta = (x, y, \psi)^T$ mô tả vị trí (x, y) và hướng $(\psi \in [0, 2\pi])$ của hệ tọa độ tuyệt đối

$X_0Y_0Z_0$. Vector $v = (u, v, r)^T$ là vec tơ biểu thị bao gồm các vận tốc SSP theo hướng tịnh tiến - tăng vọt (surging), trôi dạt - lắc lư (swaying) và xoay - lệch hướng (pitching). Mô hình chuyển động của giàn bán tiềm thủy được định nghĩa là:

$$\dot{\eta} = J(\psi)v \quad (1)$$

$$M\dot{v} + Dv = \tau - \tau_{en} \quad (2)$$

Và (2) là mô hình tổng quát mô tả chuyển động của giàn bán tiềm thủy, trong đó tọa độ vị trí tàu (x, y) và hướng tàu (ψ) liên hệ bởi vec tơ $\eta = (x, y, \psi)^T$ và vec tơ $v = (u, v, r)^T$ mô tả vận tốc chuyển động của tàu trong hệ quy chiếu tương đối. Vec tơ điều khiển τ được tạo ra bởi chân vịt giàn và hệ thống đẩy. Vec tơ τ_{envi} là đại lượng biểu thị cho sự ảnh hưởng của các yếu tố môi trường. Tâm của hệ tọa độ tương đối XYZ đặt tại tâm trọng trục quay trở của giàn khoan. Ma trận chuyển đổi $J(\psi)$, ma trận quán tính M , và giảm chấn D được cho bởi công thức sau:

$$J(\psi) = \begin{bmatrix} \cos(\psi) & -\sin(\psi) & 0 \\ \sin(\psi) & \cos(\psi) & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \quad (3)$$

$$M = \begin{bmatrix} m - X_{\dot{u}} & 0 & 0 \\ 0 & m - Y_{\dot{v}} & mx_G - Y_{\dot{r}} \\ 0 & mx_G - N_{\dot{v}} & I_z - N_{\dot{r}} \end{bmatrix} \quad (4)$$

$$D = \begin{bmatrix} -X_u & 0 & 0 \\ 0 & -Y_v & mu_0 - Y_r \\ 0 & -N_v & mx_G u_0 - N_r \end{bmatrix}$$

Trong đó m là khối lượng của giàn; I_z là mô men quán tính đối với trục Z trong hệ quy chiếu cố định; x_G tọa độ của G ; u_0 vận tốc của giàn khoan. Trong sang chế này, giả định một số điều kiện hoạt động giàn khoan như sau:

Giả thiết: giàn khoan hoạt động trong môi trường thực tế, tham số đối tượng là các quá trình vật lý mang tính phi tuyến. Bởi vậy, bộ điều khiển có tham số cấu trúc cố định không thể cung cấp một cách tiếp cận hiệu quả.

Với mục tiêu thiết kế bộ điều khiển mờ-di truyền cho hệ động lực đẩy giàn bán tiềm thủy mô tả trong hệ phương trình (1) - (4) trong điều kiện thỏa mãn giả thuyết nhằm giúp giàn được duy trì chính xác các giá trị mong muốn về vị trí và hướng tương ứng. Giải thuật di truyền được áp dụng để hiệu chỉnh cấu trúc bộ điều khiển mờ. Qua

đó nâng cao chất lượng và tối ưu hóa cấu trúc bộ điều khiển giúp DPS chuyển tiếp nhanh đến miền ổn định.

Mô hình tổng quát của hệ thống trong hình 2, trong đó cấu trúc điều khiển mờ-GA điều khiển vị trí giàn khoan bán tiềm thủy. Bộ điều khiển mờ (Fuzzy controller) với các hàm liên thuộc đầu vào sai số $e(t)$, vận tốc sai số de/dt và lực tác động τ định nghĩa trong hình 3. Tiếp theo, thuật toán di truyền (GA) kết hợp và logic mờ, bộ điều khiển mờ-di truyền được thiết kế để đạt được mục tiêu điều khiển được nêu trên. Qua đó giải quyết các vấn đề của tình trạng kỹ thuật. Hình 5 thể hiện sơ đồ quá trình tối ưu hóa cấu trúc bộ mờ sau khi các tham số tối ưu di truyền theo quy luật xác định tại hình 4, trong đó bộ GAs hiệu chỉnh các tập mờ với véc tơ hệ số điều chỉnh λ ($\lambda_1, \lambda_2, \lambda_3, \lambda_4$), các hệ số thay đổi tương ứng với độ dốc của các hàm liên tục thay đổi giúp bộ Fuzzy mềm hóa và tối ưu trạng thái điều khiển. Quy trình tối ưu bao gồm hai giai đoạn, cụ thể:

Mã hóa là quá trình biểu diễn các thông số cấu trúc bộ điều khiển bằng mã di truyền. Các thông số điều khiển được chỉ định hiển thị bằng các chuỗi có độ dài xác định, có tên là nhiễm sắc thể. Mặt nạ mã A_f là véc tơ nhị phân có độ dài N_f . Trong đó giá trị 0 hoặc 1 ở vị trí thứ i đại diện cho sự vắng mặt hoặc sự hiện diện của tính năng thứ ith . Giá trị vị trí thứ ith được cho bởi:

$$A_i = \begin{cases} 1, P(A_f^i = 1) = m_{f_{se}}/m_f, i = 1, 2 \dots N_f \\ 0, P(A_f^i = 1) = 1 - m_{f_{se}}/m_f \end{cases} \quad (5)$$

Trong đó $m_{f_{se}}$ là đại lượng ban đầu và thể hiện số lượng đặc tính được lựa chọn. Đề xuất này làm cho các đặc điểm của sự tiến hóa di truyền trong các trường hợp thấp hơn. Mối quan hệ giữa mặt nạ mã A_f và kiểu hình biểu diễn của nó được cho bởi công thức sau:

$$\tilde{D} = D \cdot \text{diag}(A_f) \quad (6)$$

Với D và $\tilde{D}$ là tham số đặt trước và tham số sau khi lựa chọn đặc tính tương ứng. N_{pj} thể hiện chiều dài kiểu gen của tham số thứ ith cho tập mờ cho bởi công thức sau:

$$N_{pj} = \text{round} \left[\log_2 \left(\frac{\sigma_{pj,up} - \sigma_{pj,low} + \Delta}{\Delta_{pj}} \right) \right] + 1 \quad (7)$$

Trong đó $\sigma_{pj,up}$ và $\sigma_{pj,low}$ lần lượt là giới hạn trên và giới hạn dưới. Δ_{pj} là tham số kiểu gen ban đầu được giải mã theo giá trị σ_{pj} theo công thức sau:

$$\sigma_{pj} = \sigma_{pj,low} + (\sigma_{pj,up} - \sigma_{pj,low}) \left(\frac{\sum_{i=1}^{N_{pj}} (A_{pj}^{(i)})^{N_{pj}-1}}{2^{N_{pj}}} \right) \quad (8)$$

Trong đó $A_{pj}^{(i)}$ là giá trị thứ j của A_{pj} .

Lai chéo là dạng trao đổi ngẫu nhiên các cá thể ban đầu để tạo ra một loạt các gen mới giữa hai cá thể. Số lượng lai ghép được xác định bởi số lượng các giải pháp tối ưu. Trong hoạt động đột biến, xác định ra mức độ khác nhau cho các tham số mờ và mặt nạ mã. Xét về giải pháp tối ưu, một gen có thể được thay đổi ngẫu nhiên. Hai gen có thể được chọn và trao đổi tham số chúng ngay lập tức. Sau đó có thể giữ mf_{se} từ sự thay đổi.

Tối thiểu hóa các giá trị sai số giữa đáp ứng và giá trị tham chiếu là mục tiêu tối ưu. Vì vậy, hàm mục tiêu được sử dụng cho các lần lặp để đánh giá chất lượng các giải pháp được đề xuất. Trong sang chế này, hàm mục tiêu được chọn theo tiêu chuẩn ITAE như sau:

$$ITAE = \int_0^{\infty} t |e(t)| dt \quad (9)$$

Mô phỏng kiểm nghiệm giải thuật là bước kiểm tra quan trọng trước khi thực nghiệm điều khiển nhúng. Bộ điều khiển mờ-di truyền với mục tiêu tối ưu (phương trình 9) được thực hiện trên mô hình mô phỏng thông số của giàn khoan bán tiềm thủy Stena Don tỉ lệ 1:100 có chiều dài $L = 95.5m$, chiều rộng $B = 81m$ và tốc độ giàn khoan 8knots.

$$D = \begin{bmatrix} 5.0242e4 & 0 & 0 \\ 0 & 2.7229e5 & -4.3933e6 \\ 0 & -4.3933e6 & 4.1894e8 \end{bmatrix}$$

$$M = \begin{bmatrix} 5.3122e6 & 0 & 0 \\ 0 & 8.2831e6 & 0 \\ 0 & 0 & 3.7454e9 \end{bmatrix}$$

Thuật toán mờ-di truyền và mờ điều khiển Giàn đến giá trị mong muốn [3m, 7m, 20độ] trong khoảng 200s từ giá trị tham chiếu [0m, 0m, 0độ]. Tác động môi trường bao gồm sóng, gió và dòng chảy được thể hiện bởi:

$$\tau_{envi} = \tau_{wave} + \tau_{wind} + \tau_{current} \quad (10)$$

Trong đó ảnh hưởng của sóng như sau:

$$\tau_{wave} = \zeta_{qr}(x, y, t) = \zeta_{aqr} \sin(\omega_q t + \phi_{qr} - k_q(x \cos \psi_r + y \sin \psi_r)) \quad (11)$$

Với chiều cao của sóng $H_s = 0.8m$; Góc đỉnh sóng $\omega_p = 0rad/s$; Hướng sóng $\psi_0 = -30^\circ$; Hệ số lan truyền $s = 2$; Số chu kỳ $N = 20$; Số hướng đồ $M = 10$; Tần số cắt sóng $\xi = 3$; Năng lượng sóng $k = 0.005$; Giới hạn hướng $\psi_{lim} = 0$. Tác động gió được thực hiện bởi:

$$\begin{aligned} V_R &= V_w \\ g_R &= \beta_w - \psi_L - \psi_H \end{aligned} \quad (12)$$

Các tham số mô phỏng gió có các giá trị: $A_L = 2.4$, $A_T = 9.34$, vận tốc gió $V_w = 2m/s$, góc gió tác động $\beta_w = 20^\circ$.

$$\begin{aligned} u_c &= V_c \cos(\beta_c - \psi_L - \psi_H) \\ v_c &= V_c \sin(\beta_c - \psi_L - \psi_H) \\ \tau_{current} &= [u_c, v_c, 0]^T \end{aligned} \quad (13)$$

Tham số dòng chảy có giá trị: $V_c = 2m/s$, hướng tàu $\beta_c = 30^\circ$, bỏ qua các giá trị tần số tác động khi Giàn quy trở $\psi_L = \psi_H = 0$.

Hình 6 là đồ thị 3D biểu diễn đầu vào và ra của bộ điều khiển Fuzzy sau khi tối ưu. Tổng hợp luật hợp thành mờ trên Bảng 1.

Bảng 1 Tổng hợp luật hợp thành

de/dt				
$\tau_x/\tau_y/\tau_\psi$				
$e(t)$		NS	ZE	PS
	NE	$NE_x/NE_y/NE_\psi$	$NSS_x/NSS_y/NSS_\psi$	$NS_x/NS_y/NS_\psi$

	NS	$NSS_X / NSS_Y / NSS_\psi$	$NS_X / NS_Y / NS_\psi$	$ZE_X / ZE_Y / ZE_\psi$
	ZE	$NS_X / NS_Y / NS_\psi$	$ZE_X / ZE_Y / ZE_\psi$	$PS_X / PS_Y / PS_\psi$
	PS	$ZE_X / ZE_Y / ZE_\psi$	$PS_X / PS_Y / PS_\psi$	$PSS_X / PSS_Y / PSS_\psi$
	PO	$PS_X / PS_Y / PS_\psi$	$PSS_X / PSS_Y / PSS_\psi$	$PO_X / PO_Y / PO_\psi$

Kết quả mô phỏng trên hình 7 thể hiện quỹ đạo di chuyển giàn trong mặt phẳng xy, so sánh 2 bộ điều khiển GA-Fuzzy và Fuzzy. Trong khi đó kết quả trên hình 8a và 8b thể hiện Vị trí thực (x, y) và hướng ψ của giàn trong điều kiện môi trường giả lập.

Để thực nghiệm kiểm chứng giải thuật, Cấu trúc mô hình giàn khoan bán tiềm thủy được thiết kế (Hình 9) và triển khai chế tạo, lắp đặt. Đặc biệt, chân vịt azimuth sử dụng cho mô hình thực nghiệm được triển khai bản vẽ kỹ thuật nhằm lắp đặt đúng kỹ thuật trên mô hình (Bảng 2), phù hợp yêu cầu và thông số của nhà cung cấp thiết bị (04 bộ Azimuth), bản vẽ trên hình 10.

Bảng 2 Các thông số hình học của bộ truyền động

Thông số	Giá trị
Đường kính cánh chân vịt	100 (mm), 4 cánh
Vật liệu trục	Nylon
Vật liệu khung	Hợp kim nhôm 7075
Độ dày khung	4 (mm)
Đường kính Nozzle	120 (mm)
Vật liệu Nozzle	Hợp kim nhôm
Tỷ số truyền	3 :1
Đường kính bánh răng	62 (mm)
Độ dày bánh răng	8 (mm)
Vật liệu bánh răng	Hợp kim đồng
Đường kính trục chính	15 (mm)
Vật liệu trục	Thép

Bằng mô phỏng, uh mờ chỉ giúp vị trí giàn ổn định trong trường hợp tác động thấp và sẽ bị rung lắc nếu tác động mạnh hơn. Trong khi đó, hướng giàn khoan sẽ biến

động mạnh tương ứng với những tác động không mong muốn. Kết quả mô phỏng đã chứng minh ưu thế của bộ điều khiển mờ-di truyền có khả năng thích ứng với tính chất phi tuyến của chuyển động của giàn khoan và chống lại các tác động môi trường thay đổi thời gian (được chỉ ra trong hình 7, 8a và hình 8b) tốt hơn bộ điều khiển mờ thông thường. Với giải thuật đề xuất, hệ thống duy trì đáp ứng giàn khoan tại các giá trị mong muốn với độ chính xác cao. Hiệu chỉnh tối ưu cấu trúc điều khiển mờ trực, nâng cao chất lượng tín hiệu điều khiển so với điều khiển mờ thông thường là luận điểm chính của nghiên cứu này. Công trình này có thể được mở rộng bằng cách sử dụng thuật toán bền vững để đảm bảo chất lượng điều khiển khi giàn khoan hoạt động trong thời gian dài và liên tục.

Phần thực nghiệm, tổng quan mô hình được thể hiện trong hình 9 (c) bao gồm Chân vịt; 2. Phao; 3. Cột; 4. Sàn khoan; 5. Lang cang; 6. Nhà quản lí; 7. Cầu; 8. Tháp định hướng; 9. Thuyền cứu hộ; 10. Thanh giằng; 11. Sân bay. Mô hình được trang bị 4 chân vịt azimuth. Kích thước mô hình được thu nhỏ theo tỉ lệ 1: 100 so với Stena Don. Kích thước mô hình thực nghiệm được thể hiện trong bảng 3.

Bảng 3 Thông số mô hình với tỉ lệ 1:100

STT	Bộ phận	Kích thước tổng thể (mm)
1	Chân vịt	155x130x228
2	Phao	1620x330x210
3	Cột	190x170x360
4	Sàn khoan	1240x1150x195
5	Lan cang	1000x10x50
6	Nhà quản lí	704x247x233.5
7	Cầu	450x140x780
8	Tháp định hướng	350x170x570
9	Thuyền cứu hộ	281x105x107
10	Thanh giằng	580x185x185
11	Sân bay	462x400x105
12	Giàn khoan	1620x

Với các thiết kế nổi bật và đáp ứng được nhu cầu sử dụng để khai thác dầu khí các vùng nước sâu. Hoạt động ngoài vùng biển sau đòi hỏi cấu trúc giàn khoan bán tiềm thủy được kế cấu chặt chẽ chắc chắn với cấu trúc nửa chìm giàn khoan bán tiềm thủy ít chịu tác động từ môi trường hơn là các tàu nổi thông thường. Và với trang bị hệ thống đẩy là các chân vịt azimuth nhờ đó giàn khoan trở nên linh hoạt và có tính cơ động hơn trong quá trình hoạt động. Bản vẽ và tính toán chân vịt trong hình 10, mô hình với 04 chân vịt điều khiển thông qua các bộ lái hướng kết nối với bộ điều khiển trung tâm và máy tính (hình 11), kết cấu chân vịt được thiết kế bằng phần mềm Autodesk Inventor 2022. Chân vịt là một loại thiết bị đẩy phổ biến nhất, dùng trong tàu biển (tàu vận chuyển hàng hóa, tàu vận chuyển hành khách, tàu chiến), ngư lôi, có hình giống như cánh quạt máy bay, chong chóng hay cánh quạt điện, dùng để biến năng lượng của động cơ tàu biển... thành công có ích để tàu di chuyển. Chân vịt chuyển động trong nước giống như một chiếc đinh ốc quay trong một vật. Chân vịt thường gồm từ 2 đến 6 cánh gắn vào bầu chân vịt (boss). Các cánh của chân vịt hoạt động tạo nên lực đẩy theo các nguyên lý vật lý và lập thành một góc nhất định với mặt phẳng quay. Các thông số chính của chân vịt bao gồm: đường kính, bước chân vịt (pitch - là khoảng cách mặt chân vịt tiến được sau một vòng quay), tỷ lệ giữa diện tích cánh và diện tích đĩa chân vịt... Chân vịt có nhiều loại: biến bước (controllable-pitch propeller), chân vịt đồng trục, chân vịt bước cố định... Nguyên liệu làm chân vịt thường là đồng thỏi, đồng thanh, chất dẻo, thép hàn, thép hợp kim... phù hợp với thiết kế của giàn khoan. Chân vịt có thể có trọng lượng lên đến hàng chục tấn. Chân vịt có thể thay đổi từ ba, bốn, thậm chí là năm cánh. Tuy nhiên, hầu hết ngày nay mọi người sử dụng loại ba đến bốn cánh. Hiện nay có hai phương án truyền động của chân vịt bầu xoay, tùy theo vị trí của động cơ: Truyền động cơ giới, trong đó động cơ nằm bên trong giàn khoan nối với quả bầu bằng hệ thống bánh răng. Động cơ có thể thuộc loại diesel hay diesel-điện. Tùy theo cách bố trí trục mà chân vịt bầu xoay truyền động cơ giới có thể phân thành hai loại: truyền động chữ L (L-drive) và truyền động chữ Z (Z-drive). Thiết bị đẩy truyền động chữ L có một trục vào thẳng đứng và một trục ra nằm ngang và một hộp bánh răng vuông góc. Còn thiết bị đẩy truyền động chữ Z có một trục vào nằm ngang, một trục thẳng đứng và một trục ra nằm ngang và hai hộp bánh răng vuông góc. Truyền động điện, trong đó một động cơ điện nằm ngay trong quả bầu được nối trực tiếp với chân vịt không cần bánh răng. Điện trên giàn khoan do máy phát

diesel hay turbin khí cung cấp. Như đã nói ở trên, hệ truyền động của mô hình giàn khoan bán tiềm thủy sử dụng 4 bộ chân vịt azimuth có thể quay 360° để vận hành.

Trung tâm điều khiển: Vi điều khiển Nucleo-STM32F746ZG hoạt động dựa trên lõi ARM Cortex-M7 đem lại hiệu suất cao khi thực thi chương trình từ Flash hay bộ nhớ ngoài với mức tiêu thụ năng lượng thấp. Nucleo-STM32F746ZG hỗ trợ giao tiếp dữ liệu đa dạng bao gồm nhiều chuẩn truyền đem lại khả năng linh động và ứng dụng cao. Trong mô hình thực nghiệm giàn khoan tự nâng, Nucleo-STM32F746ZG đảm nhiệm xử lý các thông tin truyền nhận dữ liệu đến các khối chức năng khác như: Khối ESP32 truyền nhận dữ liệu đến trạm giám sát qua mạng, nhận dữ liệu từ cảm biến góc nghiêng (IMU MPU6050) và vị trí giàn, và xuất tín hiệu điều khiển cho động cơ DC để nâng hạ giàn khoan.

Thành phần chính của mô hình giàn bán tiềm thủy thực nghiệm bao gồm hệ thống cơ khí (hệ thống phao nổi, thân giàn, hệ thống chân vịt azimuth), hệ thống điện điều khiển, và trạm giám sát điều khiển qua mạng. Giải thuật điều khiển trên phần mềm Matlab (máy tính) được nhúng xuống bộ xử lý trung tâm Nucleo-STM32F746ZG, sau đó bộ xử lý trung tâm thu thập dữ liệu vị trí giàn và độ nghiêng thân giàn so sánh với giá trị lệnh đặt đưa ra tín hiệu điều khiển đến các động cơ DC hoạt động dịch chuyển giàn. Bên cạnh đó, dữ liệu hoạt động của mô hình thực nghiệm được truyền đến trạm giám sát điều khiển qua mạng và nhận lại giá trị điều khiển. Trong sang chế này, tổng quan về giao thức giao tiếp Phần mềm – Card – Cảm biến – Mô hình bao gồm 3 phần chính:

- Giao tiếp giữa Matlab/Simulink với bộ xử lý trung tâm Nucleo-STM32F746ZG qua giao thức USB.
- Truyền dữ liệu vị trí và hướng giàn đến bộ xử lý trung tâm Nucleo-STM32F746ZG qua giao thức SPI.
- Truyền dữ liệu từ bộ xử lý trung tâm Nucleo-STM32F746ZG đến trạm giám sát trên bờ thông qua sóng RF 2.4Ghz.

Nghiên cứu thiết kế cấu hình tổng thể mô hình đa chân vịt cho giàn khoan bán tiềm chạy thực nghiệm các giải thuật. Trong nghiên cứu lần này tác giả đề xuất giải thuật tối ưu di truyền nhằm tối ưu tốc độ quá trình di chuyển và trong trạng thái làm việc cố định thông qua khối xử lý trung tâm Nucleo-STM32F746ZG giám sát dữ liệu trên bờ thông qua sóng Radar. Với giải thuật được đề xuất ở trên tín hiệu đầu vào được

nhận từ bộ cảm biến gồm la bàn phản hồi hướng và LiDAR phản hồi vị trí của giàn khoan (Hình 13). Trong đó, sơ đồ đặt cảm biến radar để định vị giàn khoan bao gồm cảm biến radar nằm trên giàn khoan. Mỗi cảm biến radar cung cấp một giá trị chuỗi của vị trí giàn. Vì vậy, việc sử dụng tổng hợp dữ liệu cho chuỗi dữ liệu của cảm biến radar. Khoảng cách kết quả từ giàn đến vị trí làm việc được biểu thị bằng r_k . Do đó, phương trình khoảng cách từ giàn đến vị trí làm việc được đưa ra như sau:

$$\begin{aligned}\eta_k(t+1) &= T(t)\eta_k(t) + W_K(t) \\ r_k(t) &= H_k(t)\eta_k(t) + v_K(t)\end{aligned}\tag{14}$$

Trong đó $\eta_k \in R_n$ là trạng thái t_{th} . Việc thử nghiệm xem xét trong điều kiện lý tưởng, vì vậy $W_K(t) = 0$ biểu thị cho nhiễu tiếng ồn trắng. r_k giá trị đo lường của cảm biến k_{th} trong thời gian t_{th} , và $v_K(t) = 0$ là tiếng ồn đo. $T(t)$ là ma trận chuyển tiếp $N \times N$ truyền trạng thái $\eta_k(t)$ từ t sang $t+1$; $H_k(t)$ là mô hình đo lường hoặc ma trận động cảm biến. Mạng cảm biến trên giàn bao gồm cảm biến radar được thiết lập ở trung tâm của giàn để xác định vị trí tương đối của giàn. Ngoài ra, tổng hợp các tín hiệu cảm biến la bàn chỉ ra tiêu đề và tín hiệu cảm biến góc nghiêng giúp cải thiện độ chính xác của vị trí giàn và ngăn va chạm khi giàn tiếp cận vị trí làm việc

Chương trình nhúng thực nghiệm giải thuật Fuzzy (hình 14) và GA-Fuzzy (hình 15), Chương trình thực nghiệm trên phần mềm Matlab được thiết lập sử dụng Kit Nucleo – STM32F746ZG làm bộ xử lý trung tâm, để biên dịch những thuật toán từ khối Matlab/Simulink xuống bộ xử lý trung tâm nhóm đã sử dụng bộ công cụ GNU Tools for ARM Embedded Processors được cung cấp bởi ARM hỗ trợ cả ngôn ngữ C/C++. Ngoài ra còn có khả năng chạy trên nhiều nền hệ điều hành, như Linux, Windows. Đối với Matlab/Simulink bộ công cụ GNU Tools for ARM Embedded Processors được tích hợp sẵn trên phần mềm cung cấp trình biên dịch GCC để phát triển phần mềm nhúng từ môi trường Matlab/simulink để nhúng vào kit STM32F746ZG. Để đáp ứng được chạy thời gian thực với tài nguyên bộ nhớ giới hạn của bộ xử lý trung tâm STM32F746ZG gói gọn 1Mbyte, nhóm nghiên cứu đã sử dụng ert.tlc trên gói thông số Simulink để tối ưu nhất về tốc độ và bộ nhớ. Bên cạnh đó còn tối ưu hóa nâng cao để kiểm soát chính xác các chức năng, tệp và dữ liệu được tạo. Những tối ưu hóa này cải thiện hiệu quả mã và tạo điều kiện tích hợp loại dữ liệu và thông số hiệu chuẩn. Ngoài ra, nó cung cấp các gói hỗ trợ với trình điều khiển thiết bị

và tối ưu hóa nâng cao cho phần cứng cụ thể và có thể được biên dịch và thực thi trên bất kỳ bộ xử lý nào.

Thử nghiệm trên mô hình giàn khoan bán tiềm thủy có thông số chi tiết: bốn bộ chân vịt azimuth đẩy nước để tạo ra các lực di chuyển giàn tiến hoặc lùi. Các bánh lái và bộ đẩy giàn làm cho giàn quay trở, và hướng giàn được điều khiển bởi động cơ servo. Dựa trên dữ liệu của mạng cảm biến, một bộ vi điều khiển trung tâm sẽ được tổng hợp vị trí hiện tại của giàn. Bên cạnh đó, mạng cảm biến cũng cung cấp các thông số hoạt động giàn về bộ điều khiển trung tâm trên bờ thông qua giao tiếp không dây.

Xây dựng thuật toán điều khiển Fuzzy: Mờ hóa ngõ vào: Hai tín hiệu ngõ vào là sai số tín hiệu điều khiển điện áp e và tích phân sai số $\int e$. Đặt biến ngôn ngữ cho sai số điện áp e .

Bảng 4 Biến ngôn ngữ cho sai số e

e	Khoảng Giá trị	Biến ngôn ngữ	Dạng hàm liên thuộc
Ne	$(-10) - (-7) - (-3,5)$	Âm lớn	Hình thang
NSS	$(-7) - (-3,5) - (0)$	Âm vừa	Hình tam giác
NS	$(-3,5) - (0)$	Âm nhỏ	Hình tam giác
Ze	$(-3,5) - (0) - (3,5)$	Điểm zero	Hình tam giác
PS	$(0) - (3,5) - (7)$	Dương nhỏ	Hình tam giác
PSS	$(3,5) - (7) - (10)$	Dương lớn	Hình tam giác

Đặt biến ngôn ngữ đầu vào cho tích phân sai số e .

Bảng 5 Tích phân sai số e

$\int e$	Khoảng Giá trị	Biến ngôn ngữ	Dạng hàm liên thuộc
NS	$(-1e) (+05) (+5e) (-04)$	Âm	Hình tam giác
Ze	$(-5e) (+04) 0 (+5e) (+04)$	Zero	Hình tam giác
PS	$(+5e) (+04) (+1e) (+05)$	Dương	Hình tam giác

Đặt biến ngôn ngữ cho tín hiệu điều khiển: tau

Bảng 6 Biến ngôn ngữ đầu ra

tau	Giá trị	Biến ngôn ngữ	Dạng hàm liên thuộc
POO	4	Dương rất lớn	Hằng số
PO	3	Dương lớn vừa	Hằng số
PS	2	Dương hơi lớn	Hằng số
PSS	1	Dương lớn	Hằng số
Zee	0	Zero	Hằng số
Ne	-1	Âm ít	Hằng số
NSS	-2	Âm vừa	Hằng số
NS	-3	Âm lớn	Hằng số

Luật mờ như sau:

Bảng 7 Luật mờ tác động

tau		e						
		Ne	NSS	NS	Ze	PS	PSS	P0
$\int e$	NS	Nee	Ne	NSS	NS	Ze	PS	PSS
	Ze	Ne	NSS	NS	Ze	PS	PSS	P0
	PS	NSS	NS	Ze	PS	PSS	P0	P00

Hệ thống thực nghiệm điều khiển vị trí giàn khoan được thực hiện bằng mô hình lập trình nhúng trên môi trường Matlab. Trong đó, chương trình thực nghiệm đọc và giải mã tín hiệu điện áp cho bộ điều khiển mờ thích nghi tương tác được chia thành 2 phần như sau:

- Chương trình nhận tín hiệu điện áp phản hồi đầu ra giàn khoan;
- Chương trình chỉnh định tín hiệu vị trí giàn khoan bán tiềm thủy.

Nguyên lý tương tác: Ta lấy tín hiệu đầu ra của bộ điều khiển chính, sau đó cấp cho đầu vào của khối mô hình. Tín hiệu đầu ra của mô hình được so sánh với tín hiệu phản hồi, tín hiệu sai số này cấp cho đầu vào bộ fuzzy thứ hai, tín hiệu ra của bộ fuzzy

thứ hai này tương tác với tín hiệu đặt, sau đó cộng vào tín hiệu đầu ra của bộ fuzzy chính làm tín hiệu điều khiển chung (Hình 15).

Tiến hành thiết lập trạm giám sát điều khiển từ xa: Giao diện giám sát được thiết lập dựa trên ngôn ngữ lập trình Python, giao diện điều khiển được cung cấp từ mô đun nRF24L01 về vị trí và hướng của giàn khoan để vẽ đồ thị giám sát. Bên cạnh đó, lệnh điều khiển từ giao diện giám sát truyền không dây. Sau đó nRF24L01 truyền cho Bộ xử lý trung tâm STM32F746ZG vận hành. Các dữ liệu đầu vào của Giàn khoan bao gồm: Lệnh thay đổi vị trí Giàn (từ Giàn chính – điều khiển từ xa), các tín hiệu phản hồi cảm biến vị trí tại các trục, tốc độ động cơ truyền động chân vịt, tín hiệu về tình trạng ổn định của mạng điều khiển, tín hiệu phản hồi vị trí và hướng tới bộ điều khiển thời gian thực.

Đánh giá kết quả thực nghiệm:

- Biên độ dao động của trục thấp: trường hợp 1 là 0.3m (5%), trường hợp 2 là 0.3cm (5%). Đạt yêu cầu chất lượng đề ra 6%.
- Thời gian đáp ứng lần lượt cho trường hợp 1 là 40 giây, trường hợp 2 là 30 giây. Biên độ đáp ứng biến đổi đều theo thời gian, không xảy ra dao động đột ngột. Qua đó, cho thấy tính chính xác của mô hình thực nghiệm và hiệu quả giải pháp điều khiển phù hợp với điều kiện thực tế.
- Thời gian đáp ứng tối thiểu hết dao động đạt giá trị cân bằng là 30 giây đến 40 giây trong các trường hợp thực nghiệm trong giới hạn cho phép (45 giây).

Thực nghiệm điều khiển không dây: Thông số vận hành của mô hình thực nghiệm được cập nhật trực tuyến lên trên bờ thông qua mô đun nRF24L01. Trạm giám sát điều khiển sẽ truy xuất dữ liệu liên tục để tổng hợp thành biểu đồ giám sát trực tuyến, và đặt lệnh điều khiển vị trí giàn khoan. Thí nghiệm giám sát và điều khiển qua cũng được thực hiện trong 2 trường hợp tương tự như *Nội dung 4.5* nhằm kiểm tra sự hiệu quả của thuật toán đã được đề. Kết quả đạt được tương ứng cho 2 trường hợp thử nghiệm sử dụng giải thuật di truyền cho hệ đa chân vịt cho thấy:

- Biên độ dao động của trục thấp: trường hợp 1 là 0.24m (4%), trường hợp 2 là 0.27cm (4.5%). Đạt yêu cầu chất lượng đề ra 6%.
- Thời gian đáp ứng lần lượt cho trường hợp 1 là 10 giây, trường hợp 2 là 25 giây. Biên độ đáp ứng biến đổi đều theo thời gian, không xảy ra dao động đột ngột.

Qua đó, cho thấy tính chính xác của mô hình thí nghiệm và hiệu quả giải pháp điều khiển phù hợp với điều kiện thực tế.

- So sánh kết quả đạt được về biên độ dao động và thời gian đáp ứng giữa thử nghiệm giải thuật fuzzy (hình 16, hình 18) với giải thuật di truyền GA (hình 17 và hình 19) trong các trường hợp có giá trị tương đương. Qua đó cho thấy sự hiệu quả của giải thuật di truyền vượt trội hơn.
- Tiến hành thực nghiệm điều khiển giám sát tại mô hình kết hợp với phương thức điều khiển giám sát từ xa vẫn đảm bảo chất lượng đáp ứng, đã minh chứng tính khả thi của giải pháp điều khiển giàn khoan đề xuất.

Mô hình thí nghiệm giàn khoan cần kiểm chứng nhiều hơn trong các chế độ làm việc khác nhau nhằm chứng minh hiệu quả giải pháp đề xuất. Tuy giải thuật mới lai ghép di truyền mờ cho thấy ưu điểm so với giải thuật kinh điển Fuzzy, tuy nhiên kết quả thực tế đạt được vẫn còn hạn chế về tính ổn định, và có những nhược điểm nhất định trong đáp ứng đầu ra.

Theo một phương án, sáng chế đề xuất phần cứng sử dụng bộ xử lý tín hiệu số STM32F746ZG. Tác giả cũng tiến hành viết chương trình phù hợp để có thể truyền thông với máy tính, và có thể điều khiển, lựa chọn thông số, và quan sát điện áp đầu ra máy phát thông qua phần mềm Matlab trên máy tính. Ưu điểm của phương pháp này là có thể tùy chỉnh các thuật toán hoặc các luật điều khiển, cũng như các tham số khác để điều khiển thích nghi, tùy biến.

Trên đây, sáng chế đã được mô tả chi tiết theo các phương án ưu tiên thực hiện, và có thể kèm theo các phương án thay thế hoặc tương đương hoặc các ví dụ cụ thể, sử dụng các mô tả và thuật ngữ phù hợp để người có hiểu biết trung bình về lĩnh vực kỹ thuật này có thể hiểu và thực hiện được giải pháp theo sáng chế. Vì vậy, người có hiểu biết trung bình về lĩnh vực kỹ thuật tương ứng có thể dễ dàng tạo ra các thay đổi, cải biến, hoặc thay thế tương đương dựa vào các nội dung và phương án được mô tả. Do đó, các thay đổi, cải biến, hoặc thay thế tương đương này được coi là không nằm ngoài phạm vi của sáng chế, và phạm vi bảo hộ của sáng chế hiển nhiên là không bị giới hạn bởi các nội dung và phương án được mô tả mà được xác định trong yêu cầu bảo hộ dưới đây.

Yêu cầu bảo hộ

1. Phương pháp lai ghép giải thuật di truyền – mờ trong hệ thống tự động điều khiển và giám sát chuyển động của mô hình giàn khoan bán tiềm thủy nhiều thiết bị đẩy được thực hiện bởi hệ thống điều khiển tại giàn khoan bán tiềm thủy, phương pháp bao gồm các bước:

tính toán vị trí của giàn khoan bán tiềm thủy dựa vào tín hiệu từ cảm biến LiDAR và hướng của giàn khoan dựa vào tín hiệu từ cảm biến la bàn;

tính toán các giá trị sai lệch của vị trí và hướng so với vị trí đặt đầu vào của giàn khoan;

thực hiện tính toán các tham số điều khiển dựa trên thuật toán điều khiển di truyền mờ, bước này bao gồm các bước cụ thể sau:

bộ điều khiển mờ thứ nhất tính toán các tham số điều khiển cho quá trình điều khiển mờ (fuzzy) dựa trên lô gic suy luận mờ thứ nhất;

bộ điều khiển mờ thứ 2 được tối ưu bởi giải thuật di truyền (GA) theo các bước cơ bản, trong đó có 2 giai đoạn, trong đó giai đoạn 1 xác định thông số tối ưu bộ điều khiển mờ và giai đoạn 2 là điều chỉnh tham số mờ tối ưu, bộ GA sẽ hiệu chỉnh các tập mờ với véc tơ hệ số điều chỉnh $\lambda (\lambda_1, \lambda_2, \lambda_3, \lambda_4)$;

trong đó, mô hình chuyển động của giàn bán tiềm thủy (1) được định nghĩa là:

$$\dot{\eta} = J(\psi)v \quad (1)$$

$$M\dot{v} + Dv = \tau - \tau_{en} \quad (2)$$

và (2) là mô hình tổng quát mô tả chuyển động của giàn bán tiềm thủy, trong đó tọa độ vị trí tàu (x, y) và hướng tàu (ψ) liên hệ bởi véc tơ $\eta = (x, y, \psi)^T$ và véc tơ $v = (u, v, r)^T$ mô tả vận tốc chuyển động của tàu trong hệ quy chiếu tương đối bao gồm các vận tốc SSP theo hướng tịnh tiến - tăng vọt, trôi dạt - lắc lư và xoay - lệch hướng, tâm của hệ tọa độ tương đối XYZ đặt tại tâm trọng trục quay trở của giàn khoan, véc tơ điều khiển τ được bộ điều khiển sử dụng để điều khiển hoạt động của chân vịt giàn và hệ thống đẩy, véc tơ τ_{envi} là đại lượng biểu thị cho sự ảnh hưởng của các yếu tố môi trường gồm sóng, gió và dòng chảy được thể hiện bởi:

$$\tau_{envi} = \tau_{wave} + \tau_{wind} + \tau_{current}$$

ma trận chuyển đổi $J(\psi)$, ma trận quán tính M , và giảm chấn D được cho bởi công thức sau:

$$J(\psi) = \begin{bmatrix} \cos(\psi) & -\sin(\psi) & 0 \\ \sin(\psi) & \cos(\psi) & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \quad (3)$$

$$M = \begin{bmatrix} m - X_u & 0 & 0 \\ 0 & m - Y_v & mx_G - Y_r \\ 0 & mx_G - N_v & I_z - N_r \end{bmatrix} \quad (4)$$

$$D = \begin{bmatrix} -X_u & 0 & 0 \\ 0 & -Y_v & mu_0 - Y_r \\ 0 & -N_v & mx_G u_0 - N_r \end{bmatrix}$$

Trong đó m là khối lượng của giàn; I_z là mô men quán tính đối với trục Z trong hệ quy chiếu cố định; x_G tọa độ của G ; u_0 vận tốc của giàn khoan;

kết hợp giá trị đầu ra của quá trình điều khiển và giá trị đầu ra của quá trình suy luận mờ tương tác làm giá trị điều khiển đầu vào của khối điều khiển tại giàn khoan, bằng cách đó làm cho giá trị đầu ra quá trình bám theo giá trị đặt được tối ưu hóa.

2. Phương pháp theo điểm 1, trong đó phép suy luận mờ thứ nhất của bộ điều khiển mờ thứ nhất dựa trên sai lệch giữa giá trị đặt với giá trị phản hồi vị trí và giá trị tích phân của sai lệch.

3. Phương pháp theo điểm 2, trong đó các quy tắc suy luận mờ thứ nhất có thể được lựa chọn theo kinh nghiệm hoặc theo quá trình đo thực tế.

4. Phương pháp theo điểm 1, trong đó phép suy luận mờ thứ hai dựa trên sai lệch δ đầu ra giữa giá trị đặt và giá trị đo thực tế và tốc độ thay đổi của sai lệch theo thời gian $d\delta/d(t)$.

5. Phương pháp theo điểm 4, trong đó quy tắc suy luận mờ thứ hai được lựa chọn theo giải thuật di truyền, chỉnh định giá trị ban đầu theo quá trình đo thực tế.

6. Hệ thống điều khiển và giám sát hoạt động giàn khoan bán tiềm thủy, hệ thống bao gồm:

máy tính điều khiển từ xa và giám sát hoạt động, có bộ nhớ lưu trữ các lệnh của trình điều khiển matlab và các lệnh chương trình mà khi máy tính thực thi lệnh các

lệnh này sẽ thực hiện truyền thông với hệ thống điều khiển tại giàn khoan, thực hiện điều khiển từ xa và giám sát hoạt động của giàn khoan bán tiềm thủy;

hệ thống điều khiển tại giàn khoan bao gồm:

khối cảm biến được bố trí trên giàn khoan gồm cảm biến LiDAR để xác định vị trí của giàn khoan và cảm biến la bàn để xác định hướng của giàn khoan;

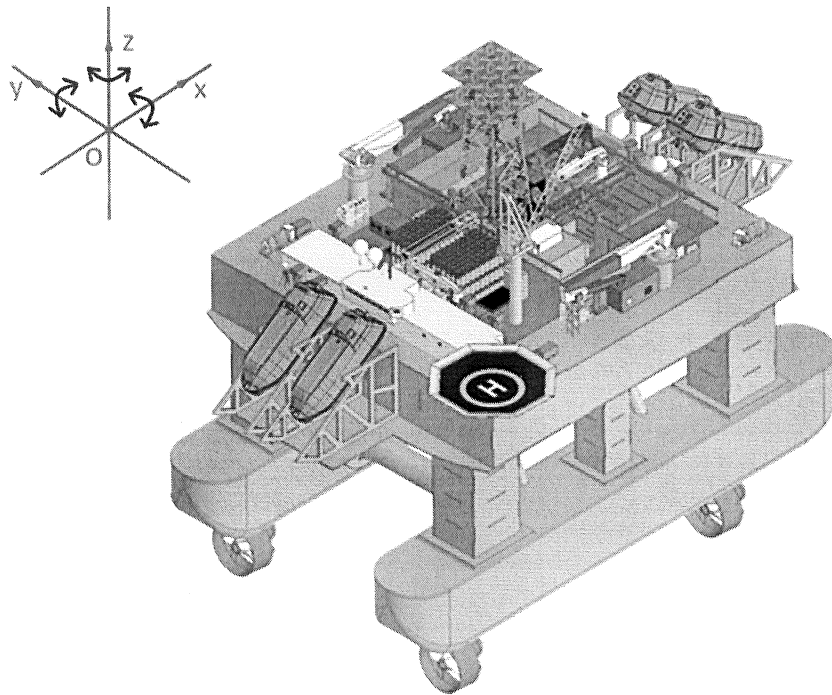
khối truyền thông được tạo cấu hình để truyền thông không dây giữa máy tính điều khiển từ xa và giám sát hoạt động với khối điều khiển giàn khoan

khối điều khiển tại giàn khoan được bố trí trên giàn khoan được tạo cấu hình để điều khiển các chân vịt thông qua các động cơ lái hướng cho chân vịt, trong đó, khi chương trình được thực thi, bộ điều khiển có thể thực hiện phương pháp theo điểm bất kỳ trong các điểm từ 1 đến 5;

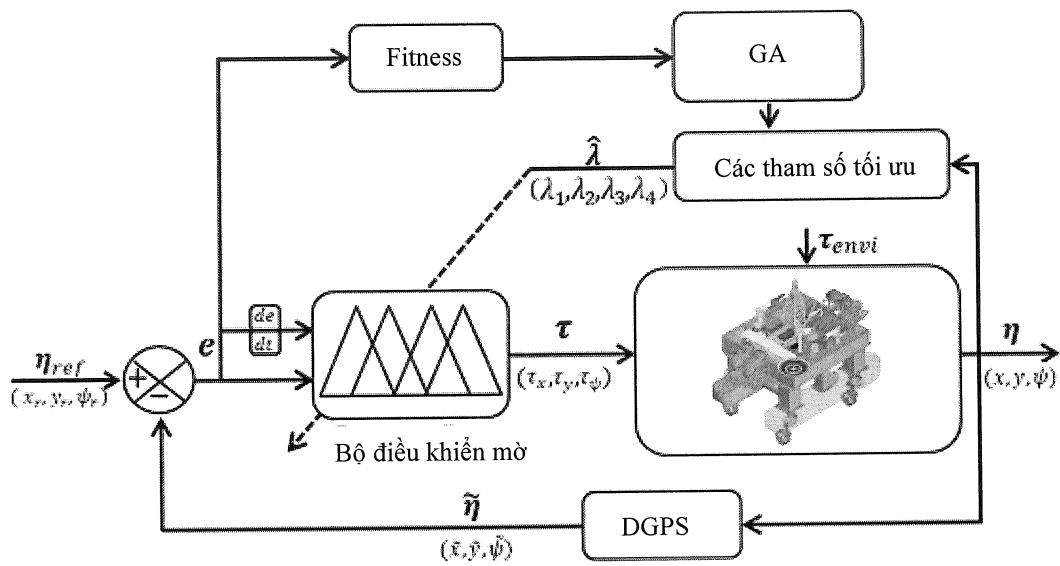
khối phản hồi tín hiệu, để nhận hồi tín hiệu đầu ra, chuyển đổi tín hiệu phù hợp để đưa vào khối điều khiển;

khối nguồn nuôi để cung cấp nguồn nuôi cho hệ thống.

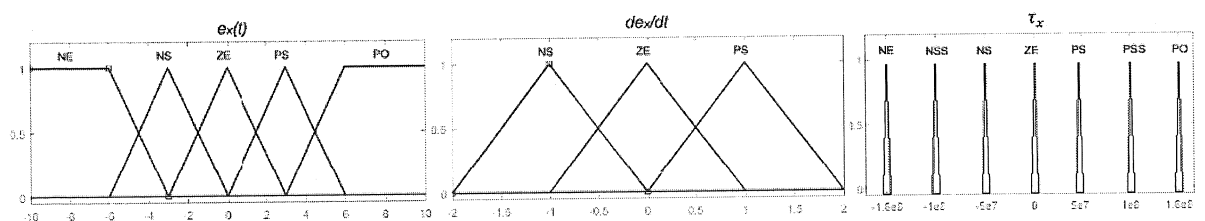
Hình 1



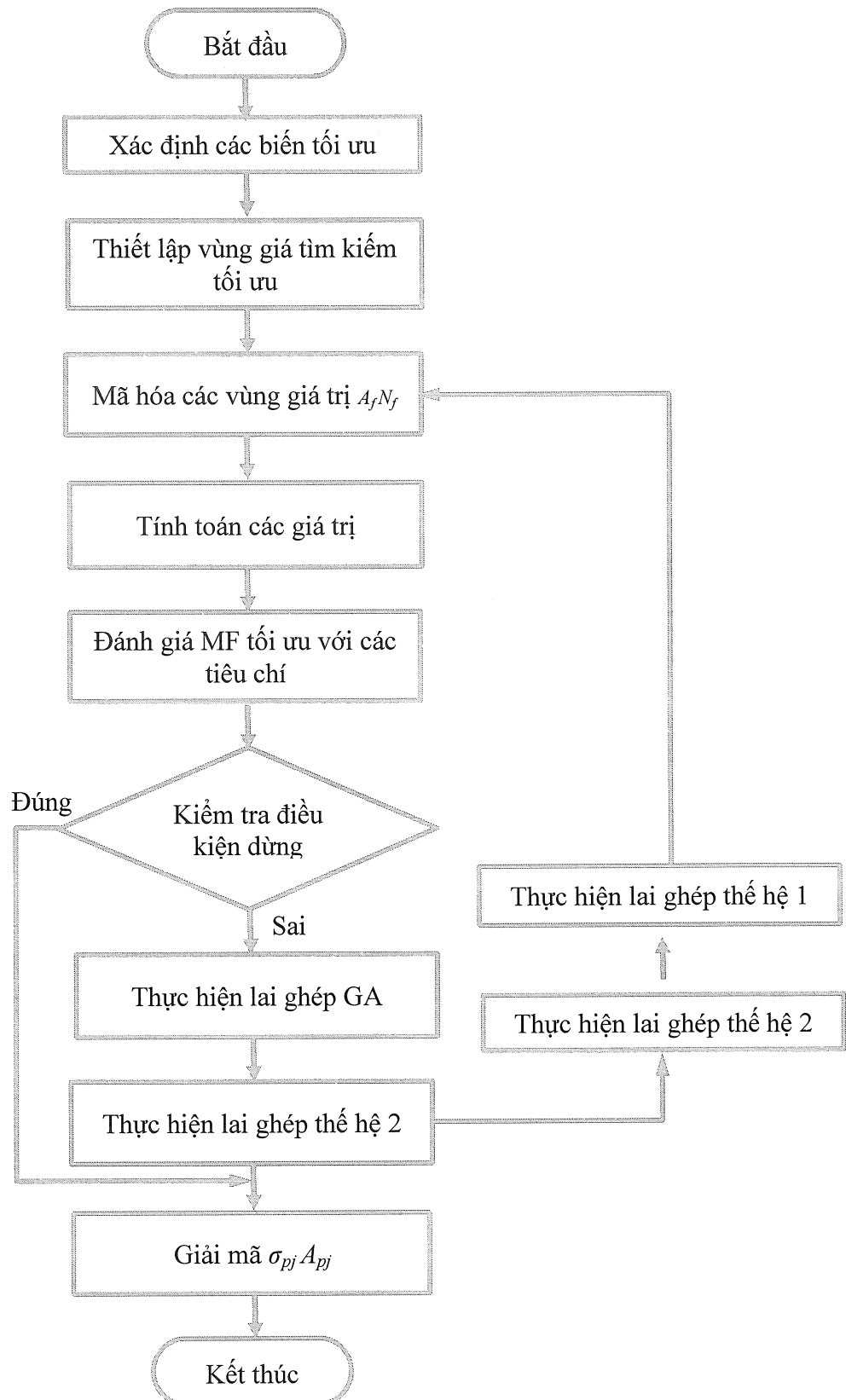
Hình 2



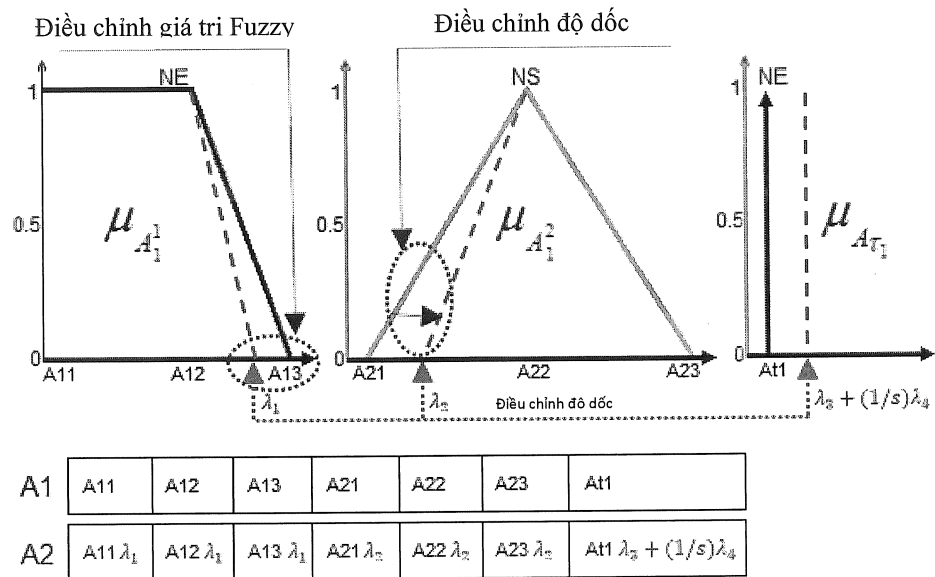
Hình 3



Hình 4

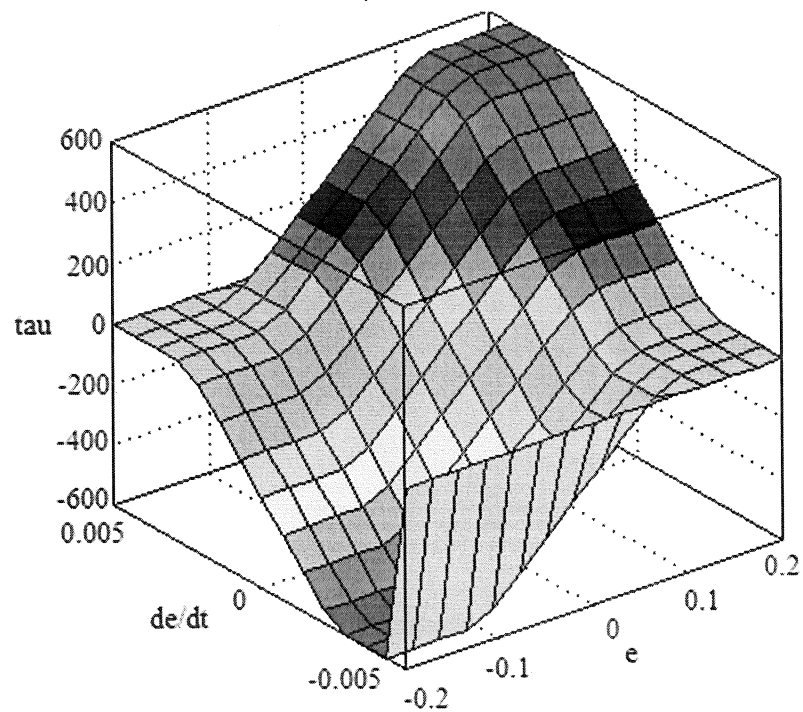


Hình 5

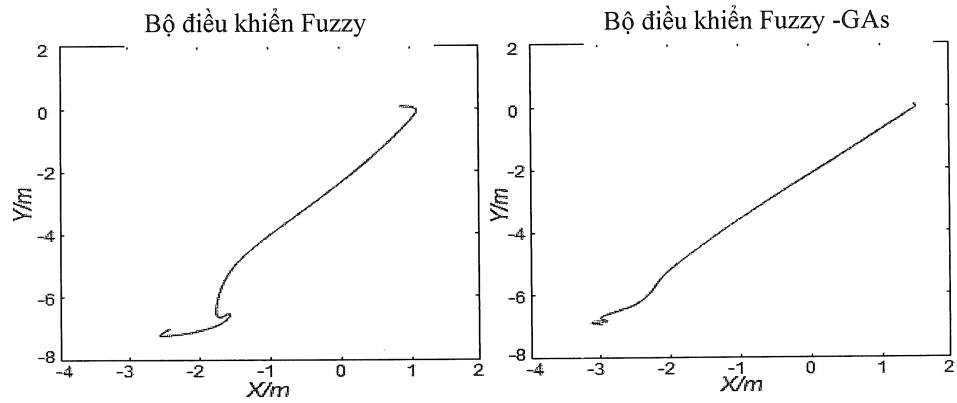


Hình 6

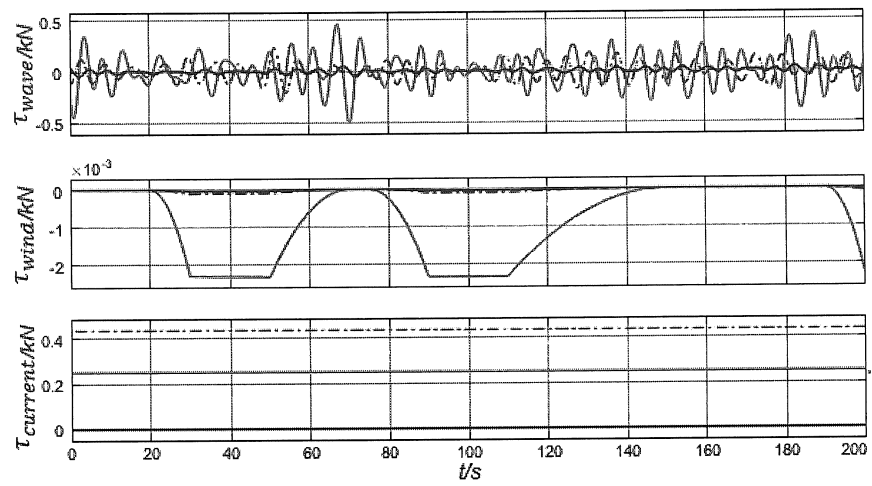
Bộ điều khiển mờ



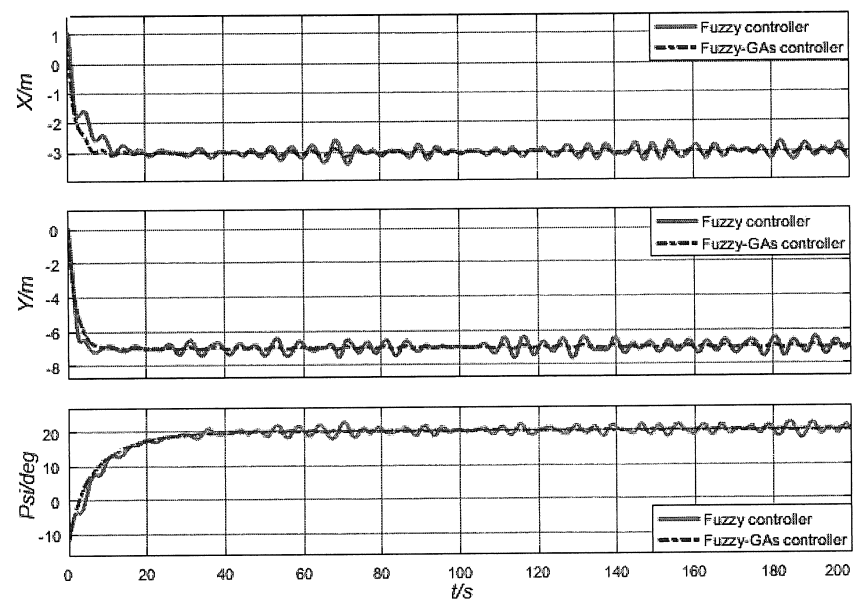
Hình 7



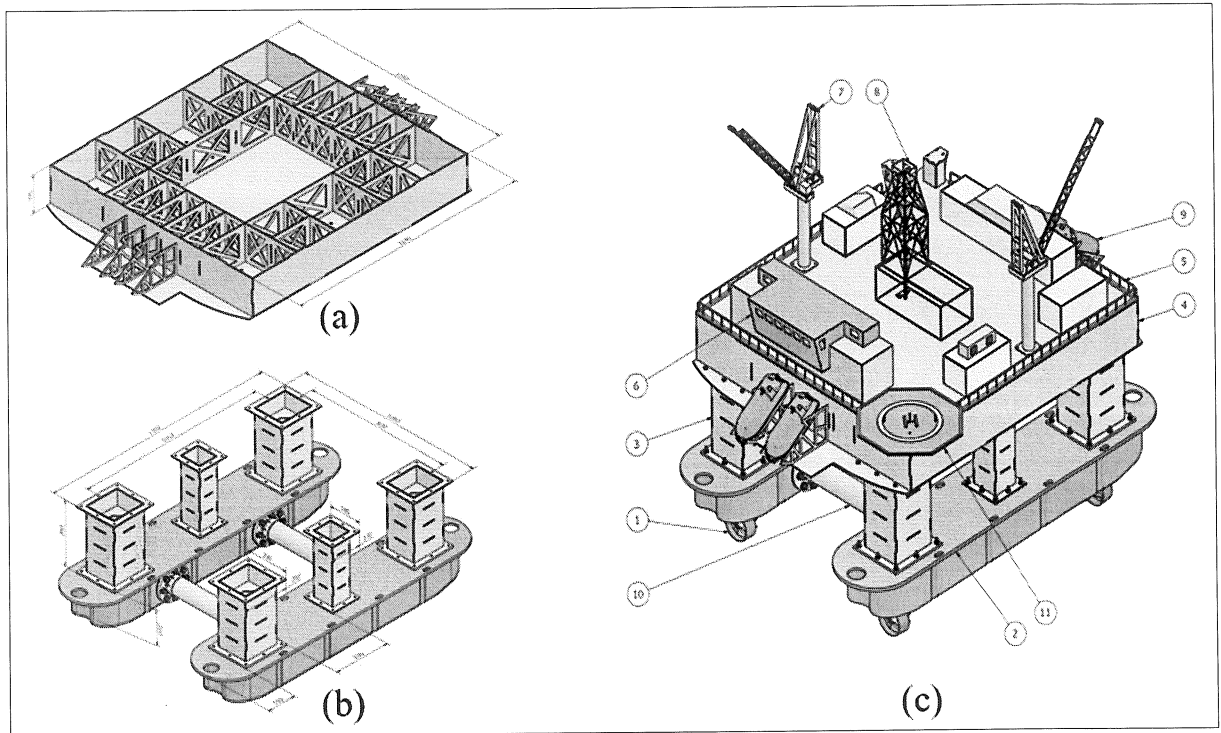
Hình 8a



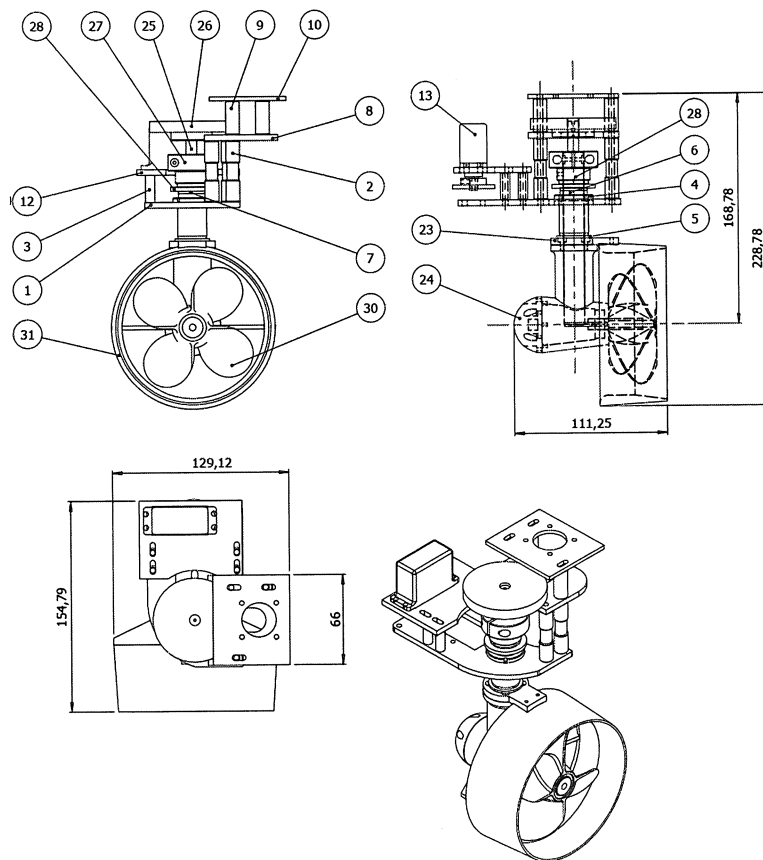
Hình 8b



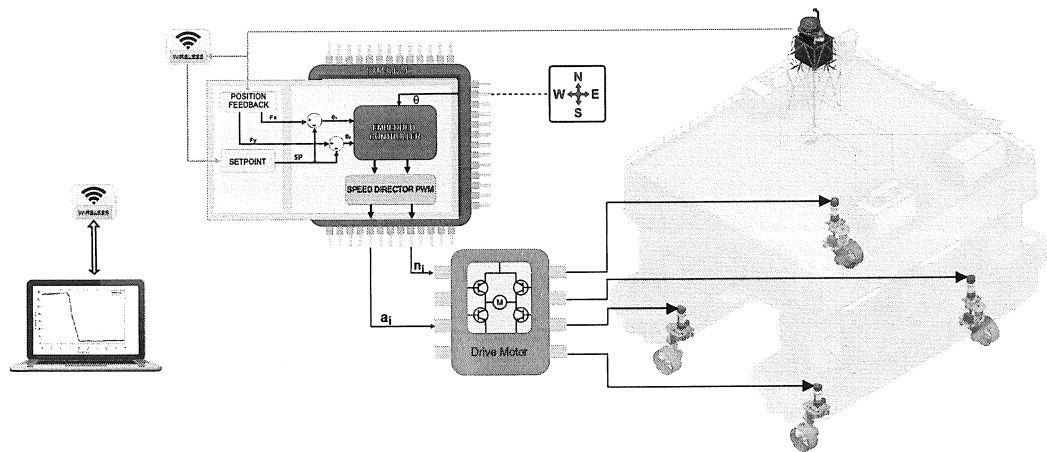
Hình 9



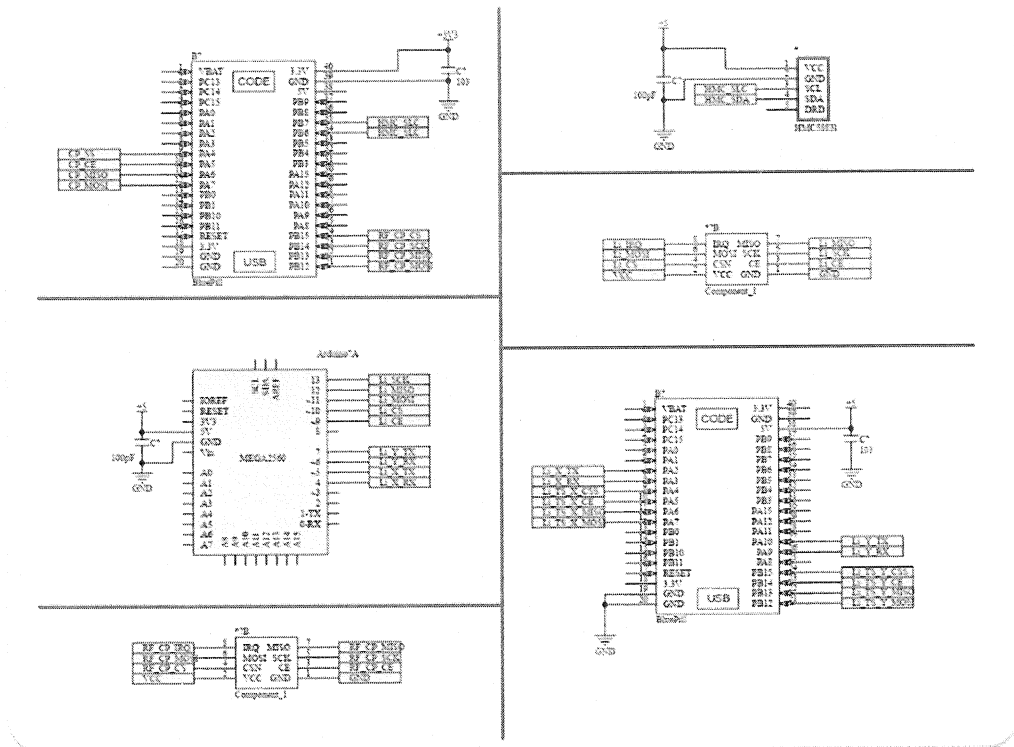
Hình 10

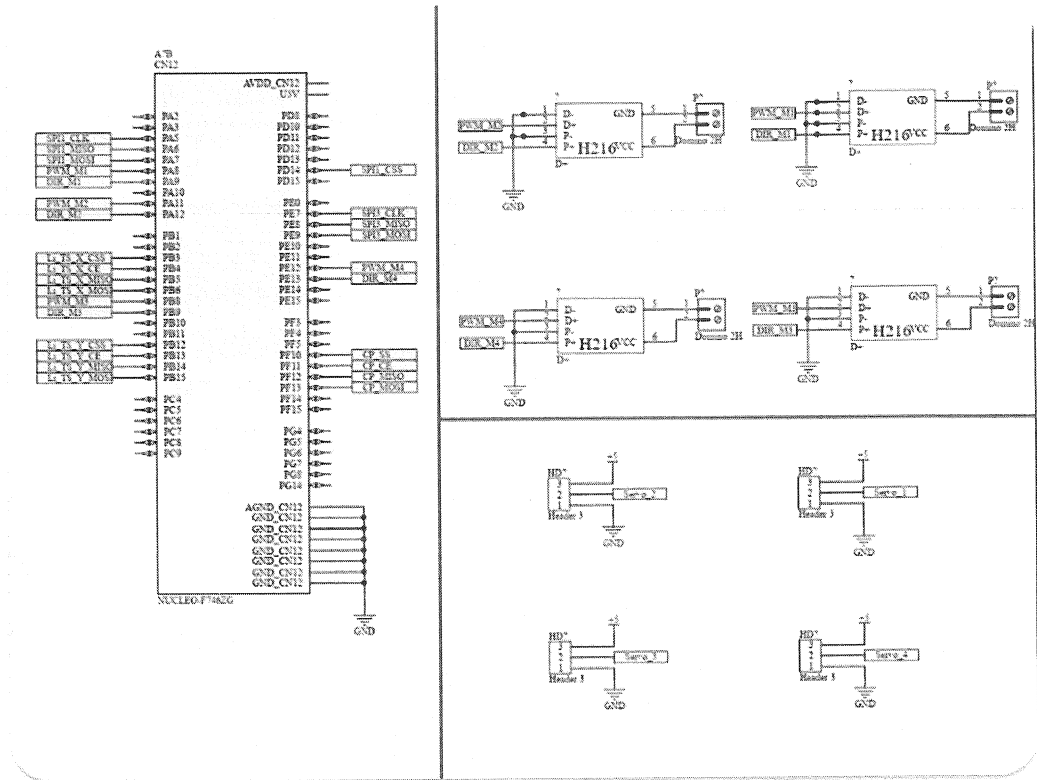


Hình 11

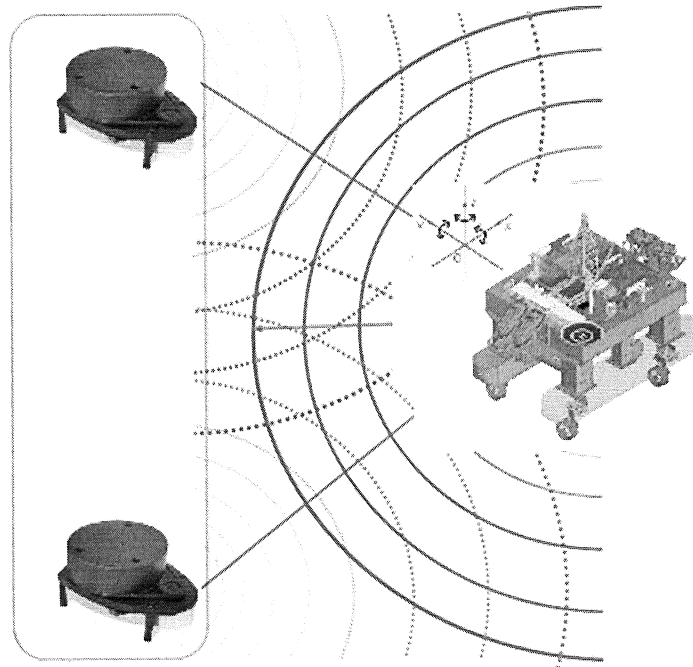


Hình 12

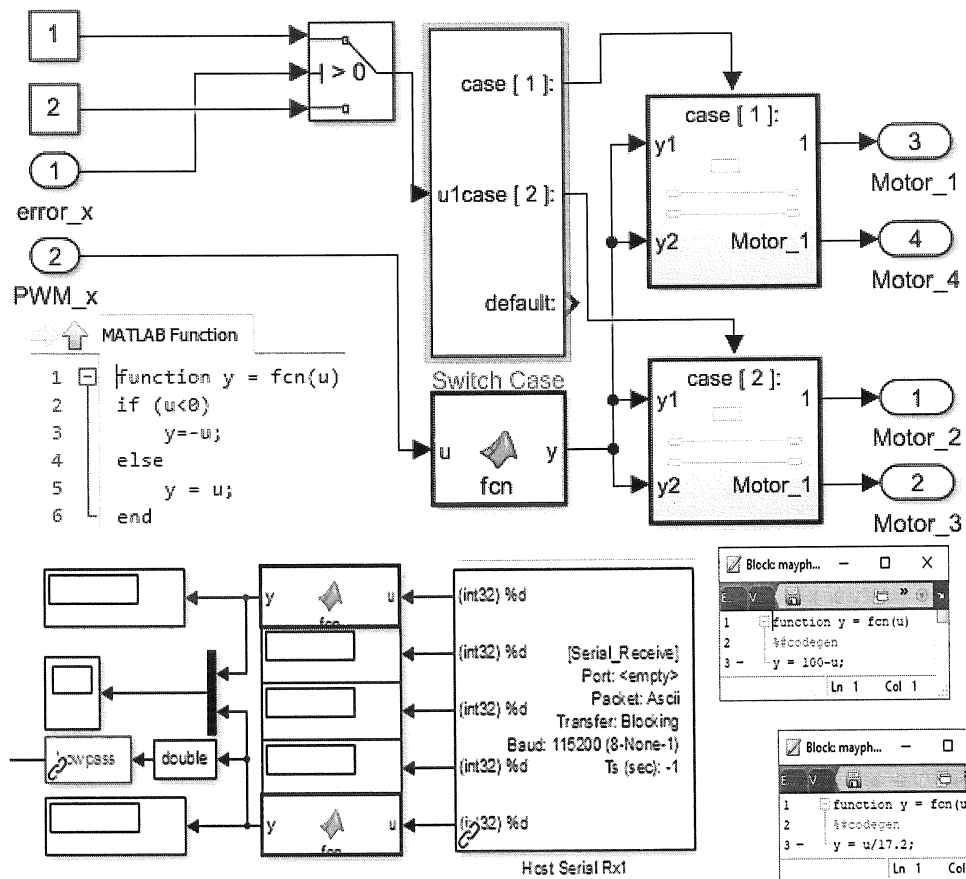




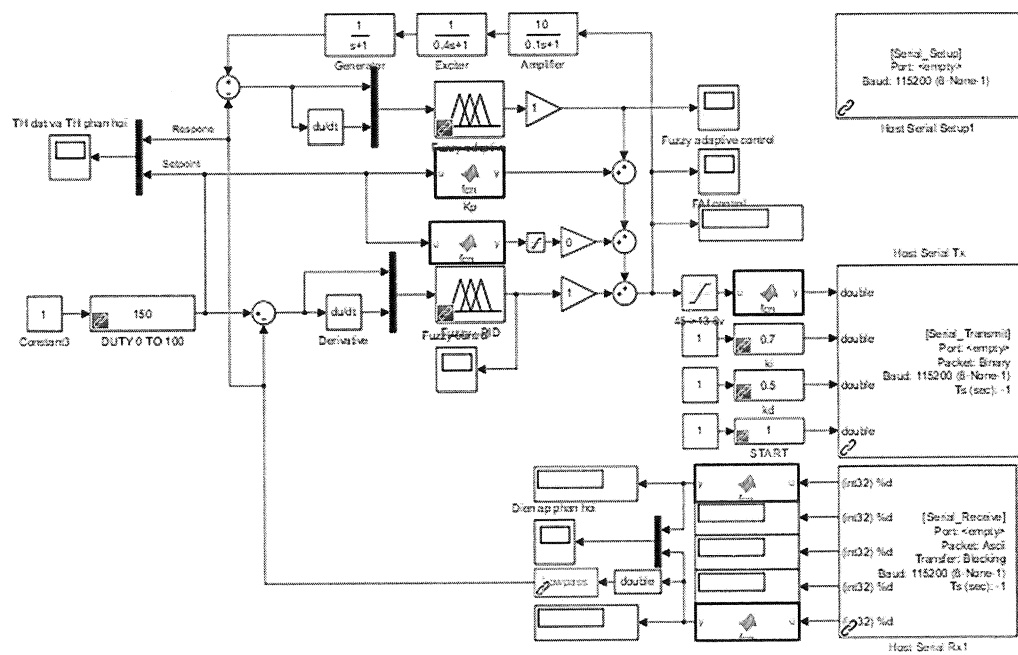
Hình 13



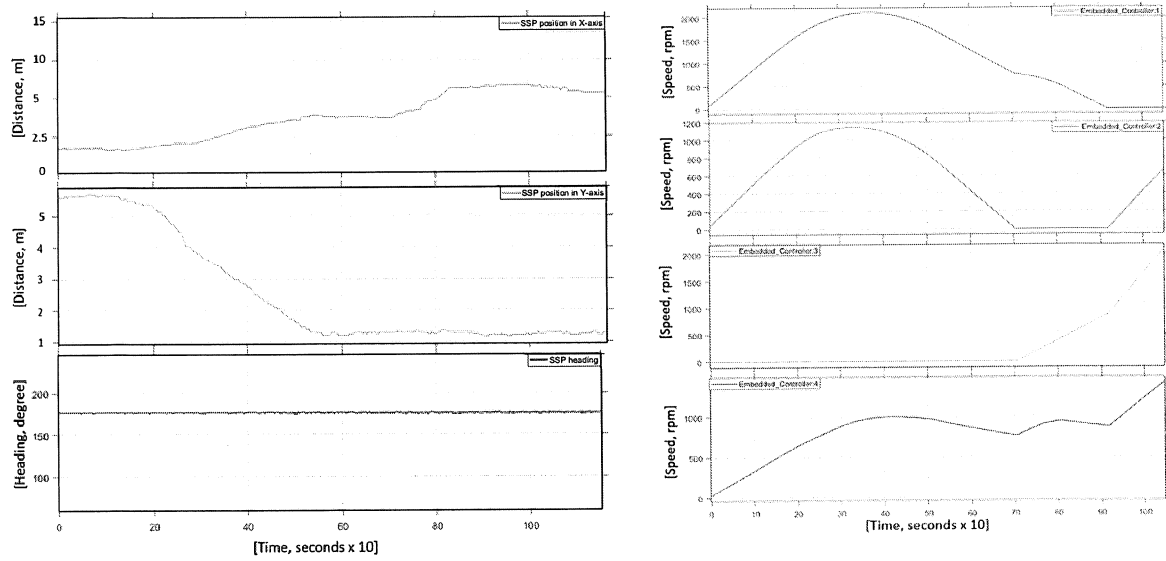
Hình 14



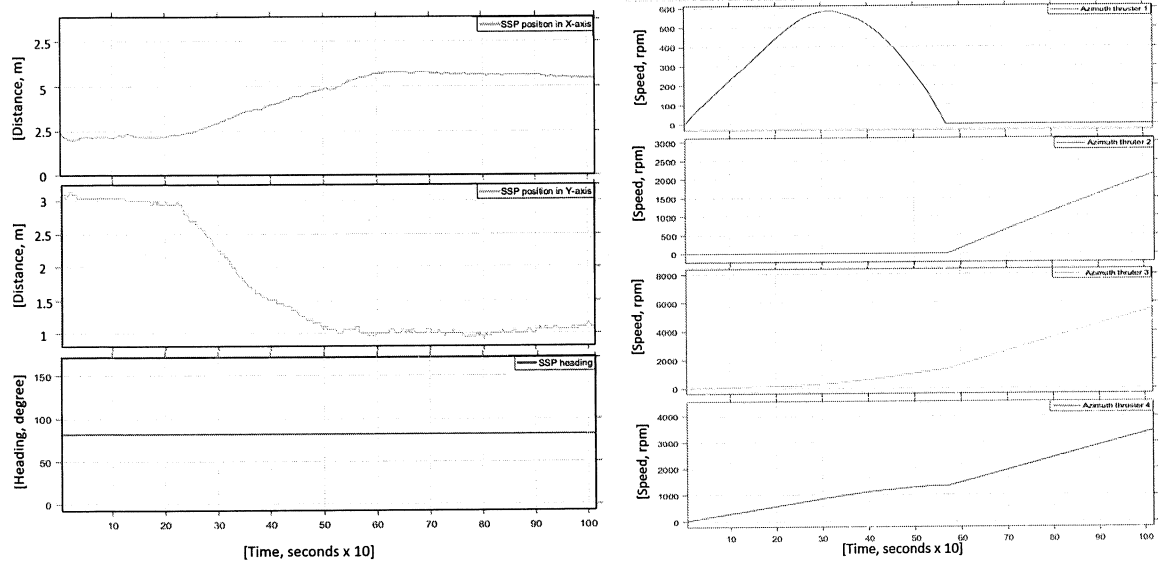
Hình 15

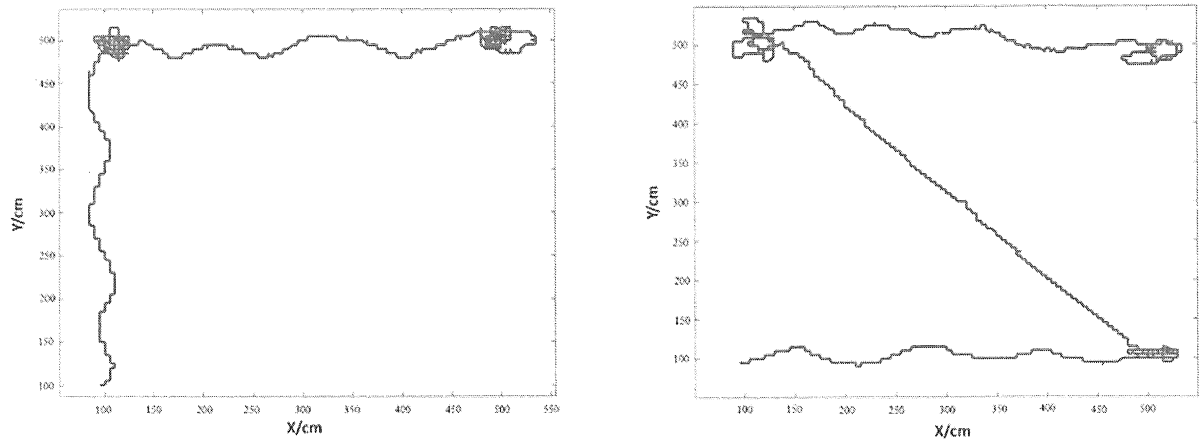


Hình 16



Hình 17



Hình 18**Hình 19**