



(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)



1-0042220

(51)⁷ G06F 17/5009; G05B 17/00

(13) B

(21) 1-2019-03457

(22) 28/06/2019

(45) 27/01/2025 442

(43) 25/09/2019 378A

(73) Tập đoàn Công nghiệp - Viễn thông Quân đội (VN)

Số 1 đường Trần Hữu Dực, phường Mỹ Đình 2, quận Nam Từ Liêm, thành phố Hà Nội

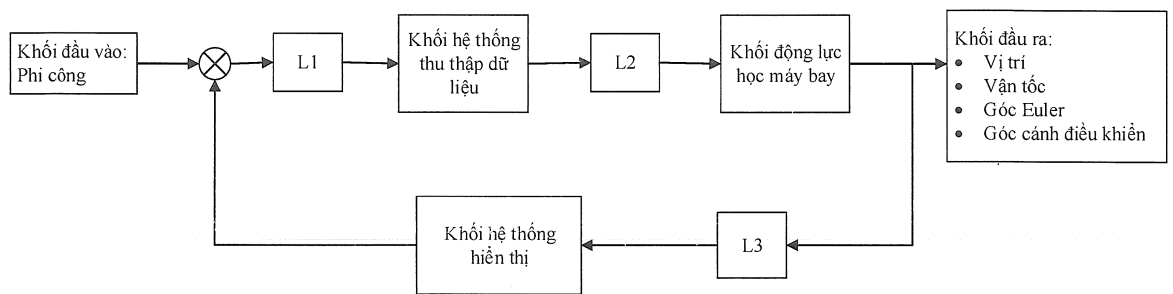
(72) Đào Huy Thương (VN); Nguyễn Tiến Đạt (VN); Trần Ngọc Sơn (VN).

(74) Công ty TNHH Tư vấn Quốc Dân (NACILAW)

(54) HỆ THỐNG TỐI ƯU HÓA THAM SỐ ĐIỀU KHIỂN VÀ THAM SỐ ĐÁP ỨNG
TRONG THIẾT BỊ MÔ PHỎNG BAY

(21) 1-2019-03457

(57) Sáng chế đề cập đến hệ thống tối ưu hóa tham số điều khiển và tham số đáp ứng trong thiết bị mô phỏng bay. Hệ thống được sử dụng gồm hai môđun chính bao gồm: môđun phân tích và xử lý dữ liệu hộp đen, môđun thống kê và đánh giá cảm giác phi công. Môđun phân tích dữ liệu hộp đen tiếp nhận dữ liệu về trạng thái của máy bay và các hành vi của người lái để đưa vào khối lọc dữ liệu. Khối này có nhiệm vụ lọc và phân đoạn tập lớn dữ liệu bay ra thành các đoạn nhỏ, xử lý, tối ưu tham số, sau đó tập các tham số này được chọn để đưa vào bảng tra các hệ số tối ưu về độ trễ đáp ứng của các thiết bị chấp hành và khối động lực học vật bay. Môđun thống kê và đánh giá cảm giác lái của phi công nhận đầu vào là các trạng thái của máy bay, thao tác của phi công, qua quá trình xử lý và tính toán bằng xác suất thống kê, tìm phân bố chuẩn, để sinh ra được hệ thống bản tra cho hệ thống hiển thị của hệ thống mô phỏng bay.



Hình 1: Sơ đồ hoạt động của thiết bị mô phỏng bay

Lĩnh vực kỹ thuật được đề cập

Sáng chế đề cập đến hệ thống tối ưu hóa các tham số điều khiển và tham số đáp ứng của mô hình máy bay trong lĩnh vực mô hình hóa mô phỏng dựa trên các đặc tính về hình học, thông số của máy bay, điều khiển đối với từng loại máy bay, cảm giác của phi công trong thực tế.

Tình trạng kỹ thuật của sáng chế

Hệ thống tối ưu hóa tham số điều khiển trong thiết bị mô phỏng bay được sử dụng để tính toán các thông số đáp ứng của máy bay, cụ thể ở đây là các loại độ trễ của hệ thống ảnh hưởng đến chất lượng và mức độ phản ánh tính chân thực của thiết bị mô phỏng bay. Sơ đồ hoạt động của hệ thống mô phỏng bay nói chung được minh họa như hình 1. Trong đó, L1 là thời gian trễ của tín hiệu truyền qua các cơ cấu chấp hành điều khiển các cánh điều khiển trên máy bay; L2 là độ trễ đại diện cho quá trình thu thập tín hiệu, chuyển đổi tín hiệu tương tự sang số, và quá trình tính toán trong khối động lực học máy bay; L3 là thời gian trễ trong quá trình tái tạo hình ảnh (bản đồ, model 3D, địa hình...) và truyền những hình ảnh này tới màn chiếu hiển thị cho phi công quan sát. Trong thiết bị mô phỏng bay, phi công tác động lên cần lái để điều khiển máy bay thông qua các cánh điều khiển. Vị trí các cánh điều khiển được thu thập bởi các cảm biến, chuyển đổi tín hiệu tương tự sang tín hiệu số, sau đó các tín hiệu này được truyền tới khối động lực học máy bay. Khối này có nhiệm vụ mô hình hóa máy bay thông qua các phương trình vi phân trên cơ sở các chương trình tính toán thể hiện các môđun cấu tạo lên hệ thống mô phỏng bay: môđun khí động, môđun động cơ, môđun càn máy bay, môđun điều khiển, môđun khí tượng và các thông số hình học để tính toán vị trí, vận tốc, các góc quay của máy bay từ đầu vào là những tác động của phi công trong buồng lái ở trên. Các thông số về vị trí, góc hướng, vận tốc của máy bay được truyền tới khối hệ thống hiển thị trong mô phỏng bay để kết hợp với dữ liệu về bản đồ, mô hình 3D, thay đổi mô hình máy bay theo các chương trình tính toán ở trên giúp phi công quan sát được những hình ảnh như trong thực tế trên màn hình hiển thị. Các chương trình tính toán trong khối động lực

học máy bay và khối hệ thống hiển thị được xây dựng, thiết kế và tính toán bằng code C++ và chạy trên vi xử lý của máy tính.

Thông thường, các hệ số về thời gian trễ và các hệ số tạo cảm giác tính chân thực của thiết bị mô phỏng bay thường được tính toán theo phương pháp giản đơn như hình 2. Trong đó, các hệ số L1 và L3 phụ thuộc chủ yếu vào tín hiệu được truyền và xử lý trong các cơ cấu chấp hành: hệ thống lái bằng thủy lực, hệ thống hiển thị. Do đó, chúng được xác định bằng các khảo sát về đặc tính làm việc của các thiết bị chấp hành đại diện cho toàn bộ dải bay. Hệ số L2 phụ thuộc vào quá trình làm việc của các thiết bị thu thập dữ liệu, hệ số này được xác định bằng cách khảo sát các thiết bị thu thập dữ liệu, phân tích, đồng thời tính thêm độ trễ của các chương trình tính toán trong khối động lực học máy bay với một tín hiệu bước nhảy đầu vào. Tuy nhiên, nhược điểm của phương pháp giản đơn này là thông số về độ trễ đối với từng bước sẽ cố định. Điều này sẽ dẫn tới hai nhược điểm lớn: 1) là không đảm bảo độ trễ đáp ứng của hệ thống bay sẽ tương đương với máy bay thật trong toàn dải bay, 2) do việc chia nhỏ các độ trễ ra thành nhiều thành phần, sẽ dẫn tới việc khó kiểm soát, và hiệu chỉnh đáp ứng của máy bay, đối với nhiều dải bay, cũng như nhiều người lái khác nhau.

Bản chất kỹ thuật của sáng chế

Mục đích của sáng chế là đề xuất hệ thống tối ưu tham số điều khiển và tham số đáp ứng cho các thiết bị mô phỏng bay trên toàn dải bay, đảm bảo tính toán chính xác về đáp ứng điều khiển và cảm nhận của đối tượng được huấn luyện/đào tạo dưới tác động ngoại cảnh.

Hệ thống tối ưu hóa tham số điều khiển và tham số đáp ứng cho các thiết bị mô phỏng bay bao gồm: môđun phân tích dữ liệu hộp đen; môđun thống kê và đánh giá; khối động lực học máy bay; khối hệ thống hiển thị, trong đó:

Môđun phân tích dữ liệu hộp đen có dữ liệu đầu vào là các dữ liệu liên quan đến trạng thái máy bay, và các dữ liệu liên quan đến hành động, thao tác của phi công, thực hiện xây dựng bảng tra các hệ số tối ưu về độ trễ đáp ứng của thiết bị chấp hành và môđun động lực học vật bay và truyền đến khối động lực học máy bay; môđun này bao

gồm khối lọc dữ liệu hộp đen và khối vòng lặp kiểm tra, trong đó khối vòng lặp kiểm tra có chứa mô hình động lực học máy bay và bộ điều khiển; đầu ra khối vòng lặp kiểm tra được so sánh với trạng thái thực của máy bay.

Khối động lực học máy bay bao gồm các chương trình tính toán để phân tích, tính toán các thành phần lực, mômen tác dụng lên máy bay trong quá trình vận hành; đầu vào của khối động lực học máy bay là dữ liệu từ bảng tra độ trễ đáp ứng tương ứng với L ở trên đối với toàn bộ dải vận hành của máy bay trong hệ thống mô phỏng, đầu ra của khối động lực học máy bay là các trạng thái của máy bay gồm dữ liệu về vị trí, vận tốc, góc hướng và các góc cánh điều khiển, khối động lực học máy bay được kết nối trực tiếp với khối hệ thống hiển thị.

Môđun thống kê và đánh giá cảm giác phi công tính toán hệ số trễ và tạo cảm giác lái cho phi công liên quan đến khối hệ thống hiển thị, đầu vào của môđun này là các trạng thái đáp ứng của máy bay được tính toán từ khối động lực học máy bay, thực hiện xây dựng cơ sở dữ liệu liên quan đến các độ trễ cho quá trình hiển thị hình ảnh, từ phiếu khảo sát đánh giá chất lượng của phi công tiến hành phân tích thống kê để tìm ra những phân bố chuẩn về thời gian trễ tối ưu khi truyền tín hiệu từ màn hình hiển thị đến phi công cho những bài bay cụ thể, hiệu chỉnh các thông số tối ưu để tạo cho phi công cảm giác lái chân thực nhất, các hệ số tối ưu về thời gian ảnh hưởng đến cảm giác lái của phi công sẽ được tổng hợp vào một bảng tra $L3$ cho toàn bộ dải bay của thiết bị mô phỏng.

Hệ thống tối ưu hóa tham số điều khiển và tham số đáp ứng cho các thiết bị mô phỏng bay theo sáng chế đề xuất trong đó tại môđun phân tích dữ liệu hộp đen:

Khối lọc dữ liệu hộp đen có nhiệm vụ lọc, phân đoạn và trích xuất tập dữ liệu bay ra thành các đoạn nhỏ trong dải 10 đến 15 giây cho các bài bay cụ thể; khối vòng lặp kiểm tra bao gồm mô hình động lực học máy bay, bộ điều khiển để tìm ra điểm cân bằng (gia tốc tịnh tiến và gia tốc góc bằng không) và tuyến tính hóa quanh điểm cân bằng tại những độ cao và vận tốc cụ thể, phục vụ cho việc thiết kế bộ điều khiển, bộ điều khiển có nhiệm vụ giữ vận tốc, bay bằng, bay theo quỹ đạo cho trước, sau đó, bộ điều khiển sẽ xuất tín hiệu trực tiếp đến cánh điều khiển để điều khiển máy bay theo các yêu cầu.

Hệ thống tối ưu hóa tham số điều khiển và tham số đáp ứng cho các thiết bị mô phỏng bay theo sáng chế đề xuất trong đó quá trình tối ưu để tìm ra tập các tham số điều khiển sao cho sai lệch giữa trạng thái máy bay trong mô hình và trạng thái máy bay thật với cùng hành vi lái của phi công, cụ thể là quá trình tối ưu tham số L1 và L2 đại diện chung bằng hệ số L được lặp đi lặp lại cho tới khi sai lệch trong ngưỡng $< 5\%$, tập các tham số này được chọn để đưa vào bảng tra các hệ số tối ưu về độ trễ đáp ứng của các thiết bị chấp hành.

Mô tả vắn tắt các hình vẽ

Các đặc trưng và ưu điểm của sáng chế được giới thiệu trong phần bản chất kỹ thuật của sáng chế, phần này sẽ mô tả cụ thể phương án, trong đó:

Hình 1: Sơ đồ hoạt động của hệ thống mô phỏng bay.

Hình 2: Sơ đồ phương pháp tính toán hệ số giản đơn.

Hình 3: Sơ đồ phương pháp tối ưu hệ số điều khiển.

Hình 4: Sơ đồ môđun phân tích dữ liệu hộp đen.

Hình 5: Sơ đồ môđun thống kê và đánh giá cảm giác phi công.

Mô tả chi tiết sáng chế

Theo chiếu hình 3, hệ thống tối ưu hóa tham số điều khiển và tham số đáp ứng trong thiết bị mô phỏng bay theo sáng chế đề xuất bao gồm: môđun phân tích dữ liệu hộp đen; môđun thống kê và đánh giá; khối động lực học máy bay; khối hệ thống hiển thị. Trong đó:

Đầu vào của hệ thống được lấy từ dữ liệu hộp đen, bao gồm: dữ liệu về trạng thái máy bay và dữ liệu về hành vi người lái.

Môđun phân tích dữ liệu hộp đen có dữ liệu đầu vào là các dữ liệu liên quan đến trạng thái máy bay, và các dữ liệu liên quan đến hành động, thao tác của phi công. Môđun này thực hiện xây dựng bảng tra các hệ số tối ưu về độ trễ đáp ứng của thiết bị chấp hành và môđun động lực học vật bay.

Môđun phân tích dữ liệu hộp đen bao gồm: khối lọc dữ liệu hộp đen và khối vòng lặp kiểm tra. Trong đó, khối lọc dữ liệu hộp đen có nhiệm vụ lọc, phân đoạn và trích xuất tập dữ liệu bay ra thành các đoạn nhỏ trong dải 10 đến 15 giây cho các bài bay cụ thể. Khối vòng lặp kiểm tra bao gồm mô hình động lực học máy bay, bộ điều khiển để tìm ra điểm cân bằng (gia tốc tịnh tiến và gia tốc góc bằng không) và tuyến tính hóa quanh điểm cân bằng tại những độ cao và vận tốc cụ thể, phục vụ cho việc thiết kế bộ điều khiển. Trong đó, bộ điều khiển có nhiệm vụ giữ vận tốc, bay bằng, bay theo quỹ đạo cho trước. Sau đó, bộ điều khiển sẽ xuất tín hiệu trực tiếp đến cánh điều khiển để điều khiển máy bay theo các yêu cầu. Đầu ra của mô hình động lực học máy bay với bộ điều khiển tương ứng được so sánh với trạng thái thực của máy bay. Đây chính là bài toán tối ưu để tìm ra tập các tham số điều khiển sao cho sai lệch giữa trạng thái máy bay trong mô hình và trạng thái máy bay thật với cùng hành vi lái của phi công là nhỏ nhất. Quá trình tối ưu tham số L1 và L2 đại diện chung bằng hệ số L được lặp đi lặp lại cho tới khi sai lệch trong ngưỡng $< 5\%$. Sau đó tập các tham số này được chọn để đưa vào bảng tra các hệ số tối ưu về độ trễ đáp ứng của các thiết bị chấp hành trong sơ đồ tổng quan hình 3.

Khối động lực học máy bay bao gồm các chương trình tính toán để phân tích, tính toán các thành phần lực, mômen tác dụng lên máy bay trong quá trình vận hành. Đầu vào của khối động lực học máy bay là dữ liệu từ bảng tra độ trễ đáp ứng tương ứng với L ở trên đối với toàn bộ dải vận hành của máy bay trong hệ thống mô phỏng. Đầu ra của khối động lực học máy bay là các trạng thái của máy bay gồm dữ liệu về vị trí, vận tốc, góc hướng và các góc cánh điều khiển. Khối động lực học máy bay được kết nối trực tiếp với khối hệ thống hiển thị.

Môđun thống kê và đánh giá cảm giác phi công tính toán hệ số trễ và tạo cảm giác lái cho phi công liên quan đến khối hệ thống hiển thị. Đầu vào của môđun này là các trạng thái đáp ứng của máy bay được tính toán từ khối động lực học máy bay.

Môđun này có nhiệm vụ chính là xây dựng cơ sở dữ liệu liên quan đến các độ trễ cho quá trình hiển thị hình ảnh, được sử dụng trong khối hiển thị hình ảnh. Đầu vào của môđun này là các trạng thái đáp ứng của máy bay được tính toán từ khối động lực học máy bay theo các bài bay cụ thể kết hợp với phiếu khảo sát đánh giá chất lượng của phi

công sau khi hoàn thành các bài bay đó. Sau đó, chúng được tính toán, phân tích, đánh giá trên cơ sở phương pháp xác suất thống kê để xác định các độ trễ tối ưu. Các hệ số này được tổng hợp thành bảng tra dữ liệu để đưa vào khối hệ thống hiển thị. Các phiếu khảo sát đánh giá chất lượng của phi công liên quan chủ yếu đến các hệ thống tạo chuyển động 6 bậc tự do và các đặc trưng của hệ thống hiển thị như trường nhìn, tốc độ cập nhật hình ảnh. Phiếu khảo sát phi công dùng để đánh giá cảm giác lái của thiết bị mô phỏng, hiện tượng say mô phỏng (simulator sickness), cảm giác lái chân thực trên thiết bị mô hình so với chuẩn từ các thiết bị thực tế. Những bài khảo sát, đánh giá này cần được tiến hành từ những phi công có kinh nghiệm với số giờ bay cần đáp ứng những yêu cầu cho trước và thực hiện trong nhiều lần. Từ những phiếu khảo sát đó, ta tiến hành phân tích thống kê để tìm ra những phân bố chuẩn về thời gian trễ tối ưu khi truyền tín hiệu từ màn hình hiển thị đến phi công cho những bài bay cụ thể, hiệu chỉnh các thông số tối ưu để tạo cho phi công cảm giác lái chân thực nhất. Các hệ số tối ưu về thời gian ảnh hưởng đến cảm giác lái của phi công sẽ được tổng hợp vào một bảng tra L3 cho toàn bộ dải bay của thiết bị mô phỏng. Sau đó, bảng tra này được sử dụng là đầu vào cho khối hệ thống hiển thị để tính toán và truyền các hình ảnh đến màn chiếu quan sát trên phi công như minh họa ở sơ đồ 3. Các chương trình thực hiện các chương trình tính toán, tái tạo hình ảnh quan sát cho phi công được thực hiện trên hệ thống các máy tính có kết nối tương tác qua lại với nhau, tạo thành các luồng dữ liệu hoàn chỉnh trong chương trình mô phỏng bay.

Khối hệ thống hiển thị bao gồm màn hình hiển thị và được kết nối trực tiếp với các môđun trong hệ thống tối ưu hóa tham số điều khiển và tham số đáp ứng.

Tương ứng với hệ thống được đề xuất nêu trên, hoạt động vận hành của hệ thống tối ưu hóa tham số điều khiển và tham số đáp ứng trong thiết bị mô phỏng bay được thể hiện như sau:

Hệ thống tối ưu hóa tham số điều khiển và tham số đáp ứng trong thiết bị mô phỏng bay theo sáng chế đề xuất có đặc điểm vận hành như sau. Trước tiên, các dữ liệu liên quan đến trạng thái máy bay bao gồm vị trí, vận tốc, góc hướng, góc của các cánh điều khiển (cánh liệng, cái lái hướng, cánh lái lên xuống, cánh tà trước, cánh tà sau) và các dữ liệu liên quan đến hành động, thao tác của phi công gồm vị trí của cần điều khiển,

tay ga, bàn đạp sẽ là dữ liệu đầu vào cho môđun phân tích dữ liệu hộp đen được sử dụng để xây dựng bảng tra độ trễ đáp ứng tương ứng với L ở trên đối với toàn bộ dải vận hành của máy bay trong hệ thống mô phỏng. Dữ liệu về độ trễ trong bảng tra đó được truyền tới khối động lực học máy bay, khối này bao gồm các chương trình tính toán để phân tích, tính toán các thành phần lực, mômen tác dụng lên máy bay trong quá trình vận hành. Đầu ra của khối động lực học máy bay là các trạng thái của máy bay gồm dữ liệu về vị trí, vận tốc, góc hướng và các góc cánh điều khiển. Các dữ liệu trạng thái này được cập nhật và truyền tới góc nhìn của phi công thông qua khối hệ thống hiển thị. Tọa độ máy bay, vị trí các cánh điều khiển sẽ được đồng bộ hóa với cơ sở dữ liệu về địa hình, mô hình 3D và bản đồ tại khối hệ thống hiển thị để tạo các hình ảnh truyền tới màn hình quan sát. Khối hệ thống hiển thị có nhiệm vụ tính toán, hiệu chỉnh thời gian trễ $L3$ do quá trình cập nhật và tái tạo hình ảnh để truyền và hiển thị hình ảnh trên màn chiếu phù hợp với trạng thái chuyển động của máy bay. Do đó, môđun đánh giá phân tích thống kê cảm giác lái lấy dữ liệu bằng phương pháp xác suất thống kê với đầu vào là những bài bay huấn luyện phi công khác nhau, kết hợp với các dữ liệu khảo sát từ phi công để sinh ra bảng tra về độ trễ tín hiệu $L3$ giữa hệ thống hiển thị hình ảnh và phi công. Các bảng tra này được truyền tới các khối hệ thống hiển thị của thiết bị mô phỏng bay để tạo ra cảm giác chính xác, chân thực nhất cho thiết bị mô phỏng bay.

Các bài bay này lại được trích xuất ứng với mỗi dải độ cao và vận tốc của máy bay vì đặc tính động lực học vật thể bay là phi tuyến đối với những thay đổi lớn về độ cao và vận tốc khác nhau. Tiếp theo dữ liệu hành vi của người lái được đưa vào mô hình động lực học máy bay, để tìm ra điểm cân bằng (gia tốc tịnh tiến và gia tốc góc bằng không) và tuyến tính hóa quanh điểm cân bằng tại những độ cao và vận tốc cụ thể, phục vụ cho việc thiết kế hệ thống điều khiển. Đầu ra của mô hình với bộ điều khiển tương ứng được so sánh với trạng thái thực của máy bay. Đây chính là bài toán tối ưu để tìm ra tập các tham số điều khiển sao cho sai lệch giữa trạng thái máy bay trong mô hình và trạng thái máy bay thật với cùng hành vi lái của phi công là nhỏ nhất. Quá trình tối ưu tham số $L1$ và $L2$ đại diện chung bằng hệ số L được lặp đi lặp lại cho tới khi sai lệch trong ngưỡng $< 5\%$. Sau đó tập các tham số này được chọn để đưa vào bảng tra các hệ số tối ưu về độ trễ đáp ứng của các thiết bị chấp hành trong sơ đồ tổng quan hình 3.

Yêu cầu bảo hộ

1. Hệ thống tối ưu hóa tham số điều khiển và tham số đáp ứng cho các thiết bị mô phỏng bay bao gồm: môđun phân tích dữ liệu hộp đen; môđun thống kê và đánh giá; khối động lực học máy bay; khối hệ thống hiển thị, trong đó:

môđun phân tích dữ liệu hộp đen có dữ liệu đầu vào là các dữ liệu liên quan đến trạng thái máy bay, và các dữ liệu liên quan đến hành động, thao tác của phi công, thực hiện xây dựng bảng tra các hệ số tối ưu về độ trễ đáp ứng của thiết bị chấp hành và môđun động lực học vật bay và truyền đến khối động lực học máy bay; môđun này bao gồm khối lọc dữ liệu hộp đen và khối vòng lặp kiểm tra, trong đó khối vòng lặp kiểm tra có chứa mô hình động lực học máy bay và bộ điều khiển; đầu ra khối vòng lặp kiểm tra được so sánh với trạng thái thực của máy bay;

khối động lực học máy bay bao gồm các chương trình tính toán để phân tích, tính toán các thành phần lực, mômen tác dụng lên máy bay trong quá trình vận hành; đầu vào của khối động lực học máy bay là dữ liệu từ bảng tra độ trễ đáp ứng tương ứng với L ở trên đối với toàn bộ dải vận hành của máy bay trong hệ thống mô phỏng, đầu ra của khối động lực học máy bay là các trạng thái của máy bay gồm dữ liệu về vị trí, vận tốc, góc hướng và các góc cánh điều khiển, khối động lực học máy bay được kết nối trực tiếp với khối hệ thống hiển thị;

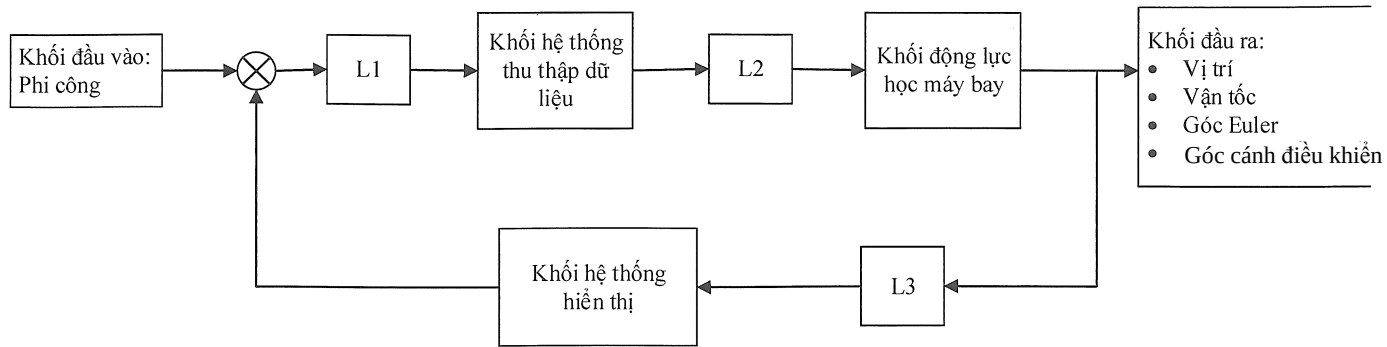
môđun thống kê và đánh giá cảm giác phi công tính toán hệ số trễ và tạo cảm giác lái cho phi công liên quan đến khối hệ thống hiển thị, đầu vào của môđun này là các trạng thái đáp ứng của máy bay được tính toán từ khối động lực học máy bay, thực hiện xây dựng cơ sở dữ liệu liên quan đến các độ trễ cho quá trình hiển thị hình ảnh, từ phiếu khảo sát đánh giá chất lượng của phi công tiến hành phân tích thống kê để tìm ra những phân bố chuẩn về thời gian trễ tối ưu khi truyền tín hiệu từ màn hình hiển thị đến phi công cho những bài bay cụ thể, hiệu chỉnh các thông số tối ưu để tạo cho phi công cảm giác lái chân thực nhất, các hệ số tối ưu về thời gian ảnh hưởng đến cảm giác lái của phi công sẽ được tổng hợp vào một bảng tra $L3$ cho toàn bộ dải bay của thiết bị mô phỏng.

2. Hệ thống tối ưu hóa tham số điều khiển và tham số đáp ứng cho các thiết bị mô phỏng bay theo điểm 1, trong đó tại môđun phân tích dữ liệu hộp đen:

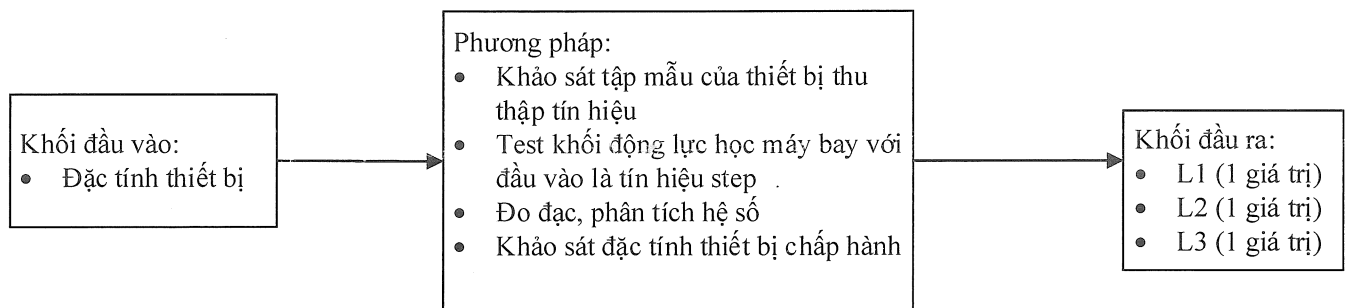
khối lọc dữ liệu hộp đen có nhiệm vụ lọc, phân đoạn và trích xuất tập dữ liệu bay ra thành các đoạn nhỏ trong dải 10 đến 15 giây cho các bài bay cụ thể; khối vòng lặp kiểm tra bao gồm mô hình động lực học máy bay, bộ điều khiển để tìm ra điểm cân bằng (gia tốc tịnh tiến và gia tốc góc bằng không) và tuyến tính hóa quanh điểm cân bằng tại những độ cao và vận tốc cụ thể, phục vụ cho việc thiết kế bộ điều khiển, bộ điều khiển có nhiệm vụ giữ vận tốc, bay bằng, bay theo quỹ đạo cho trước, sau đó, bộ điều khiển sẽ xuất tín hiệu trực tiếp đến cánh điều khiển để điều khiển máy bay theo các yêu cầu.

3. Hệ thống tối ưu hóa tham số điều khiển và tham số đáp ứng cho các thiết bị mô phỏng bay theo điểm 2 trong đó quá trình tối ưu để tìm ra tập các tham số điều khiển sao cho sai lệch giữa trạng thái máy bay trong mô hình và trạng thái máy bay thật với cùng hành vi lái của phi công, cụ thể là quá trình tối ưu tham số L1 và L2 đại diện chung bằng hệ số L được lặp đi lặp lại cho tới khi sai lệch trong ngưỡng $< 5\%$, tập các tham số này được chọn để đưa vào bảng tra các hệ số tối ưu về độ trễ đáp ứng của các thiết bị chấp hành.

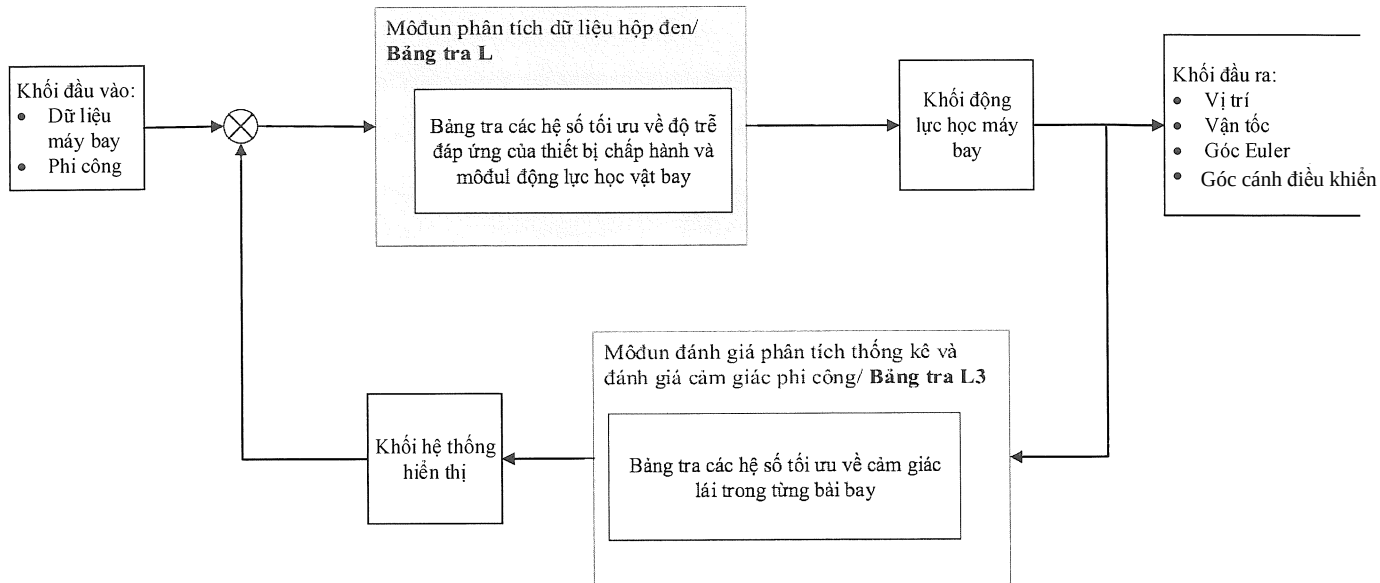
Hình vẽ



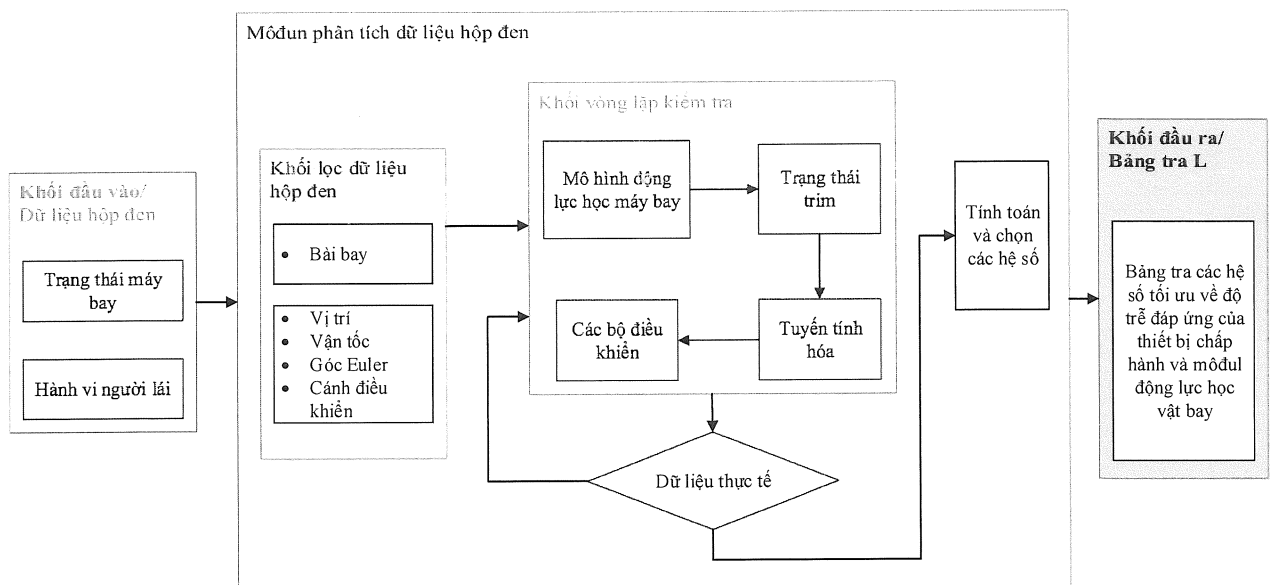
Hình 1: Sơ đồ hoạt động của thiết bị mô phỏng bay



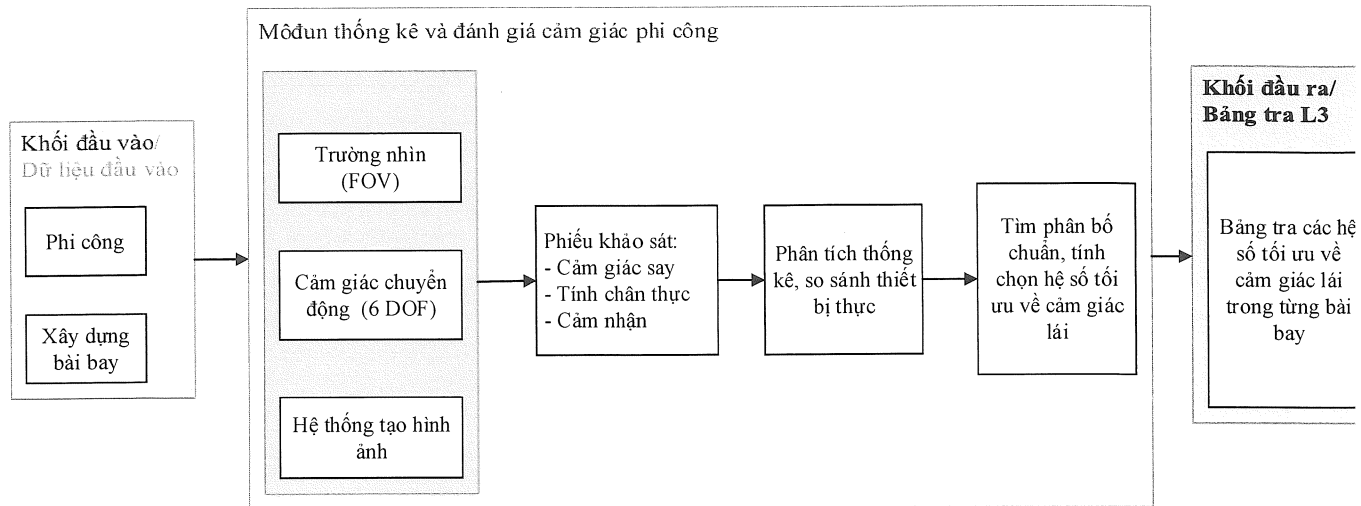
Hình 2: Sơ đồ phương pháp tính toán hệ số giản đơn



Hình 3: Sơ đồ phương pháp tối ưu hệ số điều khiển



Hình 4: Sơ đồ môđun phân tích dữ liệu hộp đen



Hình 5: Sơ đồ module đánh giá phân tích thống kê cảm giác phi công