

TRANG THÔNG TIN LUẬN ÁN TIẾN SĨ CỦA NCS. HOÀNG ĐỨC QUỲNH

Tên đề tài luận án tiến sĩ: Ứng dụng lọc Kalman mở rộng (EKF) trong điều khiển dự báo cho một lớp đối tượng phi tuyến

Chuyên ngành: Kỹ thuật Điều khiển và Tự động hóa

Mã số: 62.52.02.16

Khóa đào tạo: 2011 - 2015

Họ và tên NCS: Hoàng Đức Quỳnh

Họ và tên người hướng dẫn khoa học:

1. GS. TS. Nguyễn Doãn Phước

2. PGS.TS. Nguyễn Như Hiền

Đơn vị đào tạo: Trường Đại học Kỹ thuật Công nghiệp

Cơ sở đào tạo: Đại học Thái Nguyên.

NHỮNG KẾT QUẢ MỚI CỦA LUẬN ÁN

Luận án đã có những đóng góp mới sau:

1. Trình bày lại được các phương pháp lọc Kalman mở rộng (EKF) và lọc UKF cho hệ phi tuyến dưới dạng thuật toán chi tiết. Thêm nữa luận án cũng đã bổ sung phương pháp ứng dụng Kalman tuyến tính (KF) để quan sát từng đoạn hệ phi tuyến theo nguyên lý tối ưu. Phương pháp đề xuất thêm này đã được luận án xây dựng chi tiết thành: Thuật toán 2.1 để quan sát trạng thái hệ song tuyến và Thuật toán 2.2 để quan sát trạng thái hệ phi tuyến.
2. Xây dựng được phương pháp điều khiển dự báo phản hồi trạng thái hệ phi tuyến trên cơ sở sử dụng mô hình dự báo tuyến tính từng đoạn với cửa sổ dự báo hữu hạn. Cụ thể, luận án đã xây dựng được các thuật toán: 2.3 và 2.4 để điều khiển hệ song tuyến, 2.5 và 2.6 để điều khiển hệ phi tuyến. Khả năng áp dụng của các thuật toán trên vào thực tế cũng đã được luận án mô phỏng với: Hệ con lắc ngược và con lắc ngược quay. Kết quả mô phỏng thu được đã xác nhận chất lượng tốt của bộ điều khiển dự báo phi tuyến sử dụng mô hình dự báo tuyến tính từng đoạn này, đúng như nhận định từ lý thuyết.
3. Xây dựng được bộ điều khiển dự báo phản hồi đầu ra theo nguyên lý tách trên cơ sở ghép chung bộ quan sát trạng thái Kalman và bộ điều khiển dự báo phản hồi trạng thái do luận án đề xuất. Đưa ra điều kiện đủ để bộ điều khiển dự báo phản hồi đầu ra làm hệ ổn định ISS (ổn định thực tế). Khả năng áp dụng của thuật toán trên vào thực tế cũng đã được luận án mô phỏng thành công trên: Hệ con lắc ngược và con lắc ngược quay. Kết quả mô phỏng thu được cũng đã khẳng định tính khả dụng cao của phương pháp vào thực tế công nghiệp.
4. Tiến hành thí nghiệm kiểm chứng chất lượng của bộ điều khiển đề xuất trên mô hình thực: đối tượng con lắc ngược quay tại Phòng thí nghiệm Đo lường – Điều khiển của Trường Đại học Kỹ thuật Công nghiệp. Kết quả thí nghiệm đã kiểm chứng tính đúng đắn của các thuật toán đề xuất trong luận án đồng thời khẳng định tính khả dụng vào thực tế của phương pháp đề xuất và hoàn toàn phù hợp với nhận định lý thuyết.

CÁC ỨNG DỤNG, KHẢ NĂNG ỨNG DỤNG TRONG THỰC TIỄN VÀ NHỮNG VẤN ĐỀ CẦN TIẾP TỤC NGHIÊN CỨU

*** Các ứng dụng và khả năng ứng dụng thực tiễn:**

Cung cấp được các bộ điều khiển dự báo (cụ thể bằng các thuật toán) cho các đối tượng phi tuyến trong công nghiệp.

Thiết kế và kiểm chứng chất lượng các bộ điều khiển dự báo phản hồi đầu ra trên cơ sở ứng dụng các bộ lọc Kalman mở rộng cho các đối tượng: Con lắc ngược và con lắc ngược quay.

- Kết quả nghiên cứu là tài liệu tham khảo hữu ích cho đào tạo và nghiên cứu của cán bộ, giảng viên, sinh viên khi nghiên cứu về điều khiển dự báo phản hồi đầu ra cho các đối tượng phi tuyến trong công nghiệp.

*** Vấn đề bỏ ngỏ cần tiếp tục nghiên cứu:**

- Mặc dù chất lượng bám ổn định tốt của những bộ điều khiển dự báo phản hồi đầu ra trên cơ sở sử dụng lọc Kalman mở rộng và bộ điều khiển dự báo phản hồi trạng thái nhờ tuyến tính hóa từng đoạn mô hình dự báo phi tuyến đã được khẳng định thông qua thực nghiệm mô phỏng với một số đối tượng phi tuyến, song vẫn còn thiếu phần chứng minh lý thuyết chặt chẽ cho nó. Bởi vậy vấn đề tồn tại này sẽ là một trong các hướng nghiên cứu tiếp theo của NCS.

- Từ kết quả của thuật toán 2.5 và thuật toán 2.6 cho lớp đối tượng phi tuyến (2.39), (2.43), NCS nhận thấy hai thuật toán này hoàn toàn có thể mở rộng được cho cả lớp đối tượng phi tuyến trễ đầu vào. Đó cũng là hướng nghiên cứu tiếp theo nữa của tác giả luận án trong tương lai.

- Lớp đối tượng phi tuyến mà luận án đề cập đều là không liên tục có nhiều cộng tính trong mô hình, trong khi đối tượng công nghiệp luôn tồn tại ở dạng liên tục theo thời gian. Việc lượng tử hóa mô hình liên tục theo thời gian để có mô hình không liên tục tương ứng phục vụ việc thiết kế bộ điều khiển không thể tránh khỏi sự ảnh hưởng của sai lệch mô hình đối với chất lượng điều khiển. Vì vậy trong tương lai, NCS sẽ nghiên cứu phát triển tiếp các thuật toán điều khiển đã được luận án xây dựng để có thể áp dụng trực tiếp được cho hệ liên tục có nhiều lan truyền phi tuyến trong mô hình nhằm nâng cao được hơn nữa chất lượng điều khiển trong thực tế công nghiệp.

INFORMATION OF DOCTORAL DISSERTATION OF PH.D CANDIDATE HOANG DUC QUYNH

Dissertation title: Application of Extended Kalman Filter (EKF) in predictive control for a class of nonlinear object

Speciality: Control Engineering and Automation

Code: 62.52.02.16

Ph.D candidate: Hoang Duc Quynh

Training course: 2012 - 2016

Scientific supervisors: Prof. Nguyen Doan Phuoc, PhD.

Assoc. Prof. Nguyen Nhu Hien, PhD,

Training institution: College of Technology - Thai Nguyen University.

THE NEW SCIENTIFIC FINDINGS

The dissertation has the following new contributions:

1. Re-presented extended Kalman filtering methods (EKF) and UKF for the nonlinear system in the detailed algorithm form. Furthermore, the dissertation also supplemented the linear Kalman application method (KF) for observing each nonlinear system segment by optimality principle. This additionally proposed method has been built in detail by the dissertation into: Algorithm 2.1 for observing the bilinear system state and Algorithm 2.2 for observing the nonlinear system state.

2. Built the state feedback predictive control method of the nonlinear system on the basis of using each segment linear predictive model with the finite predictive window, specifically built algorithms: Algorithm 2.3 and Algorithm 2.4 for controlling the state feedback of the bilinear system. Algorithm 2.5 and Algorithm 2.6 for controlling the state feedback of the nonlinear system.

The applicability of the above algorithms to the practice has also been tested simulation by the dissertation with: Inverted pendulum system and rotary inverted pendulum system. The gained simulation result confirmed the good quality of the nonlinear predictive controller using this each segment linear predictive model, right as the judgment from the theory.

3. Built the output feedback model predictive controller by separation principle on the basis of coupling Kalman state observer and the state feedback model predictive controller proposed by the dissertation. Propose a condition that is enough for the output feedback model predictive controller is Algorithm 2.7 as ISS stability coefficient (actual stability) (Theorem). The applicability of the above algorithm to the practice was also tested simulation successfully by the dissertation on: Inverted pendulum system and rotary inverted pendulum system. The gained simulation result also affirmed the high availability of the method to the industrial practice.

4. Conducted the theoretical verification test on the actual model: rotary inverted pendulum at the Measuring – Control Laboratory of Thai Nguyen University of Technology. The test result verified the correctness of the algorithms proposed in the dissertation, at the same time affirmed the availability to the practice of the proposed method and completely suitable to the theoretical judgment.

APPLICATIONS, PRACTICAL APPLICABILITY AND THE NEEDS FOR FURTHER STUDIES

* Applications and applicability in practice:

- Providing model predictive controllers (specifically by algorithms) to non-linear objects in the industry.

- Designing and testing the quality of output feedback model predictive controllers on the basis of applying extended Kalman filters to the objects: inverted pendulum and rotary inverted pendulum.

- The findings are useful references for training and research of staff, faculty and students in learning about model predictive controllers to non-linear objects in the industry.

*** Issues needing for further studies:**

- Although the good stable tracking quality of the output feedback model predictive controllers on the basis of using extended Kalman filter and the state feedback model predictive controller owing to the linearization of each nonlinear predictive model segment that has been affirmed through the simulation experiment with some nonlinear objects, but still lack of close theoretical proof for it. Therefore, these shortcomings will be one of the next research directions of the dissertation author.

- From the result of Algorithm 2.5 and Algorithm 2.6 for the nonlinear object class (2.39), (2.43), the research student realized that these two algorithms can completely extend for the input delay nonlinear object class. This is also the next research direction of the dissertation author in the future.

- The nonlinear object class mentioned by the dissertation is discontinuous (4.1) has interference additivity in the model, meanwhile the industrial object always exists in the continuous form by the time. The continuous model quantization by the time to have respective discontinuous model to serve the controller design can not avoid the influence of model error for control quality. Thus, in the future, the research student will continue to research and develop the control algorithms built by the dissertation in order to be able to apply directly to the continuous system with nonlinear spreading interference in the model to further improve the control quality in the industrial practice.

Scientific supervisor 1



Prof. Dr. Nguyen Doan Phuoc

Scientific supervisor 2



Assoc. Prof. Nguyen Nhu Hien

4/5/2019 in Thai Nguyen
PhD. Candidate



Hoang Duc Quynh