

TRANG THÔNG TIN LUẬN ÁN

Tên đề tài luận án: **Lý thuyết và ứng dụng của giải tích phân thứ cho hệ động lực mờ**

Ngành: Toán giải tích

Mã số ngành: 9460102

Họ tên nghiên cứu sinh: Ngô Văn Hòa

Khóa đào tạo: 2021

Người hướng dẫn khoa học:

1. PGS.TS. Nguyễn Đình Phú

2. PGS.TS. Lý Kim Hà

Cơ sở đào tạo: Trường Đại học Khoa học Tự nhiên, ĐHQG.HCM

1. TÓM TẮT NỘI DUNG LUẬN ÁN:

Trong luận án, chúng tôi tiến hành xây dựng lý thuyết của giải tích phân thứ mờ và nghiên cứu tính chất định tính của một số lớp phương trình vi phân và hệ động lực mờ dưới đạo hàm phân thứ. Cụ thể, luận án được chia thành bốn (04) chương chính với nội dung được tóm tắt như sau:

Chương 1: Trình bày một số kiến thức làm nền tảng cho việc nghiên cứu các nội dung chính của luận án trong các chương sau.

Chương 2: Chúng tôi xây dựng cơ sở lý thuyết cho phép biến đổi Laplace phân thứ mờ nhằm sử dụng cho việc giải nghiệm phương trình vi phân mờ dưới đạo hàm phân thứ Caputo tổng quát. Ngoài ra, sự tồn tại, tính duy nhất nghiệm và phương pháp giải nghiệm xấp xỉ của bài toán phi tuyến cũng được trình bày.

Chương 3: Chúng tôi xây dựng các bất đẳng thức của đạo hàm phân thứ Riemann-Liouville và Caputo tổng quát nhằm nghiên cứu tính ổn định của một vài hệ động lực mờ dưới khái niệm đạo hàm phân thứ. Công cụ chính cho việc chứng minh kết quả là lý thuyết ổn định Lyapunov. Cụ thể, các vấn đề được nghiên cứu trong chương này bao gồm:

- Tính ổn định mũ Mittag-Leffler và ổn định tiệm cận của hệ động lực mờ nửa tuyến tính với đạo hàm phân thứ Riemann-Liouville tổng quát.
- Tính ổn định mũ Mittag-Leffler và ổn định tiệm cận của hệ động lực mờ nửa tuyến tính có yếu tố xung tức thời với đạo hàm phân thứ Caputo tổng quát.

Ngoài ra, chúng tôi cũng tiến hành ổn định hóa các hệ trên thông qua việc đề xuất các bộ điều khiển phản hồi tuyến tính nhằm mục đích điều khiển các trạng thái không ổn định của hệ.

Chương 4: Chúng tôi xây dựng các bất đẳng thức của đạo hàm phân thứ Caputo tổng quát bậc ngẫu nhiên nhằm khảo sát tính ổn định của hệ động lực phân thứ mờ nửa tuyến tính với bậc ngẫu nhiên. Bài toán ổn định hóa hệ động lực dựa vào bộ điều khiển phản hồi tuyến tính cũng được trình bày. Công cụ chính cho việc chứng minh kết quả là lý thuyết ổn định Lyapunov.

2. NHỮNG KẾT QUẢ MỚI CỦA LUẬN ÁN:

Trong luận án, chúng tôi thu được các kết quả mới sau:

- Đối với phương trình vi phân mờ dưới đạo hàm phân thứ Caputo tổng quát: chúng tôi chứng minh được sự tồn tại và tính duy nhất nghiệm của bài toán nửa tuyến tính thông qua việc sử dụng định lý điểm bất động Banach. Một phương pháp mới được đề xuất để tìm nghiệm của bài toán phi tuyến. Tiếp cận này là sự kết hợp giữa phép biến đổi Laplace phân thứ tổng quát và phương pháp phân rã Adomian nhằm mang lại một nghiệm xấp xỉ của bài toán phi tuyến dưới dạng một dãy vô hạn của nghiệm các phương trình tuyến tính, và dãy này hội tụ đến nghiệm chính xác của bài toán phi tuyến.
- Đối với hệ động lực mờ dưới khái niệm đạo hàm phân thứ Riemann-Liouville tổng quát và hệ động lực mờ có yếu tố xung tức thời với đạo hàm Caputo tổng quát: chúng tôi nghiên cứu được các điều kiện đủ nhằm đảm bảo tính ổn định mũ Mittag-Leffler và ổn

định tiệm cận của hệ. Hơn nữa, bài toán ổn định hóa của hệ trên cũng được nghiên cứu thông qua bộ điều khiển phản hồi tuyến tính.

- Đối với hệ động lực mờ dưới đạo hàm phân thứ Caputo bậc ngẫu nhiên: chúng tôi đề xuất các điều kiện đủ nhằm đảm bảo tính ổn định mũ Mittag-Leffler và ổn định tiệm cận của hệ. Ngoài ra, bài toán ổn định hóa của hệ trên cũng được nghiên cứu.
- Trong các bài toán được nghiên cứu, chúng tôi đưa ra các ví dụ số để minh họa cho các kết quả lý thuyết.

3. CÁC ỨNG DỤNG/ KHẢ NĂNG ỨNG DỤNG TRONG THỰC TIỄN HAY NHỮNG VẤN ĐỀ CÒN BỎ NGỎ CẦN TIẾP TỤC NGHIÊN CỨU

Trên cơ sở tiếp thu các kết quả đã đạt được trong luận án, chúng tôi xin nêu những vấn đề có thể nghiên cứu và phát triển tiếp như sau:

- Phát triển lý thuyết giải tích phân thứ mờ bậc cao nhằm ứng dụng để khảo sát các lớp bài toán phương trình vi phân và hệ động lực bậc cao.
- Nghiên cứu giải tích phân thứ mờ bậc biến nhằm ứng dụng để khảo sát các hệ động lực bậc biến. Bởi vì việc ứng dụng đạo hàm bậc biến trong hệ động lực cho phép mô hình hóa và phân tích chính xác hơn các hệ thống phức tạp và không tuyến tính. Nó cung cấp một cách linh hoạt để mô phỏng và điều khiển các hệ thống có tính chất thay đổi theo thời gian, và mở rộng khả năng xử lý tín hiệu phức tạp. Các ứng dụng của đạo hàm bậc biến trong hệ động lực bao gồm điều khiển tự động và xử lý tín hiệu. Trong công việc tương lai của chúng tôi, việc khảo sát tính ổn định của hệ động lực phân thứ bậc biến có tầm quan trọng lớn trong nhiều khía cạnh.

NGHIÊN CỨU SINH

Ngô Văn Hòa

Xác nhận của Cán bộ hướng dẫn chính

Xác nhận của Cán bộ hướng dẫn phụ

PGS. TS. Nguyễn Đình Phú

PGS.TS. Lý Kim Hà

**XÁC NHẬN CỦA CƠ SỞ ĐÀO TẠO
HIỆU TRƯỞNG**

THESIS INFORMATION

Thesis title:

Theory and applications of fractional calculus to fuzzy dynamical systems

Speciality: Mathematical Analysis

Code: 9460102

Name of PhD Student: Ngo Van Hoa

Academic year: 2021

Supervisor:

1. Assoc. Prof. Dr. Nguyen Dinh Phu

2. Assoc. Prof. Dr. Ly Kim Ha

At: VNUHCM - University of Science

1. SUMMARY:

In the thesis, we establish the theory of fuzzy fractional calculus and investigate the qualitative properties of some classes of fuzzy differential equations and fuzzy dynamical systems with fractional order derivatives. Specifically, the thesis is divided into four (04) main chapters with content summarized as follows:

Chapter 1: Presenting some foundational knowledge for the study of the main contents of the thesis presented in the following chapters.

Chapter 2: We construct a theoretical foundation for the fractional fuzzy Laplace transform to be utilized in solving fuzzy differential equations under the generalized Caputo fractional derivative. Additionally, the existence, uniqueness of solutions, and the method to seek approximate solutions for nonlinear problems are presented.

Chapter 3: We establish new inequalities for the generalized Riemann-Liouville and Caputo fractional derivatives to investigate the stability properties of fuzzy fractional dynamical systems. The primary tool for proving the results is the Lyapunov stability theory. Specifically, the issues studied in this chapter include:

- The stability analysis involves studying the Mittag-Leffler stability and asymptotic stability of a fuzzy semi-linear dynamical system with the generalized Riemann-Liouville fractional derivative.
- The Mittag-Leffler stability and asymptotic stability of a semi-linear fuzzy dynamical system with instantaneous impulsive factor involving the generalized Caputo fractional derivative.

Additionally, we proceed to investigate the stabilization problem of the above dynamical systems. The objective of this analysis is to design a linear feedback controller that can stabilize the unstable states of the system.

Chapter 4: We formulate new inequalities for the random-order Caputo fractional derivative to investigate the stability of a semi-linear fractional fuzzy dynamical system. The stabilization problem is addressed through the application of linear feedback control to stabilize the dynamical system. The primary tool for proving the results is the Lyapunov stability theory.

2. NOVELTY OF THESIS:

In this thesis, we obtain the following new results:

- For the fuzzy differential equation under the generalized Caputo fractional derivative, we establish the existence and uniqueness of solutions for the semi-linear problem using the Banach fixed-point theorem. A novel approach is proposed to find solutions for the nonlinear problem. This approach combines the generalized fractional Laplace transform with the Adomian decomposition method to provide an approximate solution for the nonlinear problem in the form of an infinite series of solutions to linear equations. This series converges to the exact solution of the nonlinear problem.
- For fuzzy dynamical systems under the concept of the generalized Riemann-Liouville fractional derivative and fuzzy dynamical systems with instantaneous impulsive factor

using the generalized Caputo fractional derivative, we investigate sufficient conditions to ensure Mittag-Leffler stability and asymptotic stability of the systems. Furthermore, the stabilization problem for these systems is also studied through the application of linear feedback control.

- For fuzzy dynamical systems under the random-order Caputo fractional derivative, we propose sufficient conditions to ensure Mittag-Leffler stability and asymptotic stability of the systems. Additionally, the stabilization problem for these systems is also investigated.
- In the studied problems, we provide numerical examples to illustrate the theoretical results.

3. APPLICATIONS/ APPLICABILITY/ PERSPECTIVE

Based on the obtained results in the thesis, we would like to propose the following potential research directions:

- Developing the theory of high-order fuzzy fractional calculus to apply it in investigating classes of high-order differential equations and dynamical systems.
- Developing variable-order fuzzy fractional calculus for applications in studying variable-order dynamical systems. Utilizing variable-order derivatives in dynamical systems allows for more accurate modeling and analysis of complex and nonlinear systems. It provides a flexible way to simulate and control systems with time-varying characteristics, expanding the capability to handle complex signal processing. Applications of variable-order derivatives in dynamical systems include automatic control and signal processing. In our future work, investigating the stability of variable-order fractional dynamical systems will be of significant importance in various aspects.

PhD STUDENT

Ngo Van Hoa

SUPERVISOR 1

SUPERVISOR 2

Assoc. Prof. Dr. Nguyen Dinh Phu

Assoc. Prof. Dr. Ly Kim Ha

**CERTIFICATION UNIVERSITY OF SCIENCE
PRESIDENT**