

**Ministry of Higher Education and  
Scientific Research  
University of Mosul  
College of Computer Science and  
Mathematics  
Department of Mathematics**



# **Design of Dynamic Systems Inspired by the Jerk Differential Equation and its Electrical Circuits**

**A Thesis Submitted to the Council of College of  
Computer Sciences and Mathematics**

**University of Mosul**

**as a partial Fulfillment of The Requirements  
for the Degree of Master of Science**

**In**

**Mathematics/ Computational Mathematics**

**By**

**Ammar Mohammed Younis Mohammed Saleh khadir**

**Supervised by**

**Prof. Dr. Saad Fawzi Jasim Saeid**

---

**2025 A.D.**

**1447 A.H.**

## **Abstract**

Higher-order differential equations play an important role in modeling many complex dynamic systems, such as vibrations of three-dimensional structures, stability analysis in advanced control systems, and the study of physical phenomena such as fluid motion and nonlinear vibrations. Due to their complexity, these equations require sophisticated solution techniques, along with additional initial conditions to accurately determine solutions.

In this study, dynamic systems proposal from third- and fourth-order special differential equations with a single independent variable are proposed using the jerk and hyperjerk functions, respectively, and with the fewest possible terms to generate chaotic behavior. Both systems are studied in different cases and compared, discussing their most important dynamical properties, including equilibrium points, stability, exponentials, and the Lyapunov dimension. The nature of these systems is also classified as dissipative or conservative, depending on some of their parameters.

The study also included the application aspect of the proposed systems in the field of electronic circuits using the NI Multisim 14.3 program. These proposed systems were converted into electronic systems containing resistors, capacitors, an amplifier, and a power supply, and the paths were obtained using an oscilloscope. The study demonstrated good agreement with the numerical simulation results using MATLAB R2021b, confirming the efficiency and effectiveness of the proposed systems.



وزارة التعليم العالي والبحث العلمي

جامعة الموصل

كلية علوم الحاسوب والرياضيات

قسم الرياضيات

# تصميم أنظمة ديناميكية مستوحاة من معادلة jerk التفاضلية ودوائرها الكهربائية

رسالة مقدمة

الى مجلس كلية علوم الحاسوب والرياضيات في جامعة الموصل

كجزء من متطلبات نيل شهادة ماجستير علوم في الرياضيات /

الرياضيات الحاسوبية

من قبل

عمار محمديونس محمدصالح خضر

باشرف

أ.د. سعد فوزي جاسم سعيد

## المستخلص

تلعب المعادلات التفاضلية من الرتبة العليا دورًا مهمًا في نمذجة العديد من الأنظمة الديناميكية المعقدة، مثل اهتزازات الهياكل ثلاثية الأبعاد، وتحليل الاستقرار في أنظمة التحكم المتقدمة، ودراسة الظواهر الفيزيائية كحركة الموائع والاهتزازات غير الخطية. ونظرًا لتعقيدها، تتطلب هذه المعادلات تقنيات حل متطورة، إلى جانب شروط ابتدائية إضافية لتحديد الحلول بدقة.

في هذه الدراسة تم اقتراح أنظمة ديناميكية مشتقة من معادلات تفاضلية خاصة من الرتبة الثالثة والرابعة بمتغير مستقل واحد وذلك بالاستعانة بدالتي jerk و hyperjerk على التوالي وباقل عدد ممكن من الحدود لتوليد السلوك الفوضوي. وتم دراسة كلا النظامان في حالات مختلفة والمقارنة بينهما من خلال مناقشة أهم الخصائص الديناميكية لهذه الأنظمة، والتي تشمل نقاط التوازن والاستقرارية والأس وبعد ليابونوف بالإضافة إلى تصنيف طبيعة هذه الأنظمة من حيث كونها أنظمة مبددة أو محافظة اعتمادًا على بعض معالماتها.

وتضمنت الدراسة أيضًا الجانب التطبيقي للأنظمة المقترحة في مجال الدوائر الإلكترونية باستخدام برنامج NI Multisim 14.3، إذا تم تحويل هذه الأنظمة المقترحة إلى أنظمة إلكترونية تحتوي على مقاومات (Resistors)، مكثفات (capacitors)، مضخم (Amplifier)، ومجهر الطاقة (Power supply). والحصول على المسارات من خلال قارئ الذبذبات (oscilloscope). وقد أظهرت توافقًا جيدًا مع نتائج المحاكاة العددية باستخدام برنامج MATLAB R2021b، مما يؤكد كفاءة وفعالية الأنظمة المقترحة.