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

# Design of High-Dimensional Systems with Multiple Attractors and Its Applications

**A Thesis Submitted to the Council of the College of
Computer Science and Mathematics
University of Mosul
as a Partial Fulfillment of Requirements
for the Degree of Doctor of Philosophy in
Mathematics/ Computational Mathematics**

**By**

**Zaidoon Shamil Hashim Muhammad Saleem**

**Supervised by**

**Assist. Prof. Dr. Saad Fawzi Jasim**

---

**2023 A.D.** **1445 A.H.**

# Abstract

The high-dimensional nonlinear dynamic systems play a vital role in the development and promotion of many contemporary applications, especially in the fields of engineering and securing communications, due to the complex and unpredictable behaviors that these systems show.

In this thesis, two groups of hyperchaotic dynamical systems are generated. The first group includes expansion of 6D system derived from the 5D Lorenz system. While the second group includes a sequential control design from a 3D Liu chaotic system to a simple 7D hyperchaotic system by using the state feedback strategy and its combination with the coupling method. The most important dynamic properties of these systems are discussed, which include equilibrium points, stability, exponent and Lyapunov dimension, phase space, and the concept of coexistence. In addition to classifying the nature of these systems in terms of being dissipative or conservative systems depending on some of their parameters.

The efficiency of these proposed systems is evaluated through concrete engineering applications as follows:

- The first group: The proposed 6D system is applied in this group to control the robotic hand by the Inertial Measurement Unit (IMU). The working principle of this unit depends on measuring the degree of deviation of the sensor by a three-axis accelerometer. The problem faced by researchers in this field is determining the initial position (the zero position) that the IMU sensor encounters and reducing the impact of sensor reading deviation due to the sensor itself or a change in usage method. This problem is addressed by relying on the solution set of the equations of the dynamical system that enables the system to set the initial point and thus determining the position of the accelerometer and achieve four different movements on the robotic hand.
- The second group: Equivalent electronic circuits have been designed and implemented for the proposed systems in this group. The comparison of the results obtained through the oscilloscope reader by using the NI Multisim 14 program with the results of numerical simulations in the MATLAB R2021a program showed the effectiveness of these proposed systems.

Finally, the validity of the analytical results was confirmed by their compatibility with the numerical simulation using the Wolf Algorithm with the MATLAB R2021a program.

وزارة التعليم العالي والبحث العلمي
جامعة الموصل
كلية علوم الحاسوب والرياضيات
قسم الرياضيات

# تصميم أنظمة عالية الأبعاد مع جواذب متعددة وتطبيقاتها

اطروحة مقدمة
الى مجلس كلية علوم الحاسوب والرياضيات في جامعة الموصل
كجزء من متطلبات نيل شهادة دكتوراه فلسفة في
الرياضيات/ الرياضيات الحاسوبية

من قبل
زيدون شامل هاشم محمد سليم

بإشراف
أ. م. د. سعد فوزي جاسم

١٤٤٥هـ ٢٠٢٣ م

# المستخلص


تلعب الأنظمة الديناميكية غير الخطية عالية الابعاد دوراً مهماً في تطوير وترقية العديد من التطبيقات المعاصرة خصوصاً في المجالات الهندسية وتأمين الاتصالات، لما تبديه هذه الأنظمة من سلوكيات معقدة لا يمكن التنبؤ بها.

في هذه الدراسة، تم توليد مجموعتين من الأنظمة الديناميكية شديدة الاضطراب، تتضمن المجموعة الأولى توسيع نظام سداسي الابعاد مشتقاً من نظام لورينز خماسي الابعاد، بينما تتضمن المجموعة الثانية تصميمًا متسلسلًا للتحكم من نظام ليو الفوضوي ثلاثي الأبعاد إلى نظام تشعبي بسيط سباعي الأبعاد باستخدام استراتيجية التغذية الراجعة ودمجها مع طريقة الاقتران. قد تمت مناقشة أبرز الخصائص الديناميكية لهذه الأنظمة، والتي تشمل: نقاط الاتزان، الاستقرارية، أسية وبعد ليبانوف، فضاء الطور ومفهوم التعايش. فضلاً عن تصنيف طبيعة هذه الأنظمة من حيث كونها أنظمة تبددية او محافظة بالاعتماد على بعض معلمات هذه الأنظمة.

تم تقييم كفاءة هذه الأنظمة المقترحة من خلال التطبيقات الهندسية الملموسة على النحو الاتي:

- المجموعة الأولى: تم تطبيق النظام السداسي المقترح في هذه المجموعة للتحكم في اليد الألية بواسطة وحدة قياس القصور الذاتي (IMU)، يعتمد مبدأ عمل هذه الوحدة على قياس درجة انحراف المستشعر من خلال استخدام مقياس التسارع (ACC) ثلاثي المحاور, تكمن مشكلة الباحثين في هذا المجال بتحديد الموضع الاولي (الموضع الصفري) التي تواجه حساس (IMU) وتقليل تأثير انحراف قرأة المستشعر بسبب المستشعر نفسه او تغيير طريقة الاستخدام، وتمت معالجة هذه المشكلة بالاعتماد على مجموعة الحلول لمعادلات النظام الديناميكي التي تمكن النظام من تعيين النقطة الأولية وبالتالي تحديد موضع مقياس التسارع (الموقع الصفري) وتحقيق اربع حركات مختلفة على اليد الالية.
- المجموعة الثانية: تم تصميم وتنفيذ دوائر الكترونية مكافئة للأنظمة المقترحة في هذه المجموعة، أظهرت مقارنة النتائج التي تم الحصول عليها عبر قارئ الذبذبات بواسطة برنامج (NI Multisim 14) مع نتائج المحاكاة العددية في برنامج (MATLAB R2021a) فعالية هذه الأنظمة المقترحة.

اخيراً، تم التأكد من صحة النتائج التحليلية من خلال تطابقها مع المحاكاة العددية باستخدام خوارزمية الذئب (Wolf Algorithm) مع برنامج (MATLAB R2021a).