

**University of Mosul**  
**College of Computer Science**  
**and Mathematics**



# **Diagnosis and Control of Chaos in Nonlinear Dynamical Systems with Application**

**Dalya Mahmood Merie Altaee**

**M.Sc. Thesis**

**Mathematics/Computational Mathematics**

**Supervised by**

**Asst. prof. Dr. Maysoon Mal Allah Aziz**

**2020 A.D**

**1441 A.H**

## **Abstract**

In this thesis, continuous-time dynamical systems are presented, the first is a three-dimensional system and the second is a new four-dimensional system. The basic characteristics of these systems were analyzed by equilibrium points, stability analysis, dissipativity, waveform analysis, Lyapunov exponent and Kaplan-Yorke dimension. From these characteristics it turns out that these dynamical systems are unstable and hyperchaotic.

Chaos was handled in two ways: Chaos control and Chaos synchronization, where an optimal controller was created using Adaptive Control technique with an unknown parameter, showing that the results are good as the tracks of the dynamical systems have become stable as well as the theoretical results and graphs of the two dynamical systems before and after control were compared.

Adaptive synchronization was illustrated for the three-dimensional and four-dimensional systems, and the results showed that the adaptive synchronization phenomenon achieved good results.

As an application to the three dimensional system, an electronic circuit was designed consisting of resistors, capacitors, voltages and operational amplifiers. Following the results obtained from MultiSIM10, it was found that the designed circuit simulated the theoretical model well.



جامعة الموصل

كلية علوم الحاسوب والرياضيات

تشخيص الفوضى والسيطرة عليها  
في الأنظمة الديناميكية اللاخطية مع التطبيق

داليا محمود مرعي الطائي

رسالة ماجستير

الرياضيات / الرياضيات الحاسوبية

بإشراف

الاستاذ المساعد

الدكتور ميسون مال الله عزيز

٢٠٢٠ م

١٤٤١ هـ

## المُلخَص

في هذه الرسالة تم تقديم أنظمة ديناميكية مستمرة الزمن (Continuous-time dynamical systems) الأولى ثلاثي الأبعاد والثاني نظام جديد رباعي الأبعاد. تم تحليل الخصائص الأساسية لهذه الأنظمة عن طريق نقاط الاتزان (Equilibrium points)، وتحليل الاستقرار (Stability analysis)، التبدد (Dissipativity)، تحليل شكل الموجة (Waveform analysis)، أسية لايبينوف (Lyapunov exponent) وبعُد كابلان-يورك (Kaplan-Yorke dimension). اتضح من هذه الخصائص أن هذه الأنظمة الديناميكية غير مستقرة وفوضوية للغاية.

تم معالجة الفوضى بطريقتين هما السيطرة على الفوضى (Chaos control) و تزامن الفوضى (Chaos synchronization)، حيث تم انشاء وحدة تحكم مثالية باستخدام استراتيجيات التحكم التكيفي (Adaptive control) مع معلمة غير معروفة، تبين ان النتائج جيدة حيث مسارات الأنظمة الديناميكية اصبحت مستقرة كذلك تمت مقارنة النتائج النظرية والرسومات البيانية للنظامين الديناميكيين قبل وبعد السيطرة.

تم توضيح التزامن التكيفي (Adaptive synchronization) للنظامين ثلاثي الأبعاد و رباعي الأبعاد وبينت النتائج ان ظاهرة التزامن التكيفي حققت نتائج جيدة.

كتطبيق على النظام الثلاثي، صممت دائرة الكترونية تتكون من مقاومات، مكثفات، فولتيات ومضخمات تنفيذية. وتبعاً للنتائج المستحصل عليها من MultiSIM10 تبين أن الدائرة المصممة تحاكي النموذج النظري بشكل جيد.