UNIVERSITY OF MOSUL
COLLEGE OF COMPUTER SCIENCES
AND MATHEMATICS

Treatment of Chaos Phenomena in Nonlinear Dynamical Systems

Saad Fawzi Jasim Al-Azzawi

Ph.D./Thesis

Mathematics/ Computational

Supervised by

Assist. Prof. Dr. Maysoon M. Aziz

1439 A.H. **2018 A.D.**

Abstract

Chaos phenomenon and its treatments is done through two main methods. Treatment is based on namely, Chaos control and chaos synchronization.

First treatment:(Chaos control) use five different strategies:

- Linear feedback control
- Nonlinear feedback control
- Nonlinear controller
- Active control
- Adaptive control

These strategies have been applied to several different dynamic systems.

In the first strategy, (linear feedback control), which includes three sub-strategies (ordinary, dislocate, enhancing), in addition to speed strategy, which all depend on the Routh-Hurtiz method in the extraction of positive feedback coefficient. We dealt with two problems, the first problem is the contradiction problem in the results of the previous works. And intensive studied have been done to identified the causes of contradiction and the difference identifying the best sub-strategy. The result is through the parameters play important role in determining best strategy.

The second problem is a failure to achieve suppression in spite of the availability of its conditions. We have proposed a new method that determines the possibility of suppression or not when a positive feedback coefficient is available. The proposed method was applied to six different systems of three- and four-dimensional, and the results confirmed the accuracy and effectiveness of this method.

In the nonlinear feedback control strategy, we found the cause of the weakness in the performance of this strategy and work to reduce it, which improved this strategy and made it equivalent to the first strategy (liner feedback control).

In the nonlinear control strategy, which deals with known and unknown parameters, and do not depend on a fixed rule in the design of control, we have worked a survey and research to demystify how to choose the kind of parameters whether known or unknown. We found through the research that the proposed control and the Q matrix derived from the Lyapunov function is

the fundamental role in determining the quality of the parameters. The unknown parameters are used when a Q is an identity or diagonal matrix, while the known parameters are used in case the matrix Q is a non-diagonal. The test was applied to hyperchaotic systems four and five-dimension. The results show the validity and efficiency of this test.

In the phase of first treatment, we also used the Active and Adaptive Control strategies to make the study comprehensive and we compare between the five strategies and clarify the strengths and weaknesses of each strategy.

Second treatment: (Chaos synchronization), we discuss the most important schemes in the synchronization:

- Complete synchronization
- Anti-synchronization
- Hybrid synchronization

In the complete synchronization scheme, we focused on the third strategy (nonlinear control), and we suggested to use the Cardano method to achieve synchronization in addition to using the Lyapuov method which it adopted in all previous works in order to compare and verify between the two methods.

The results show that the Cardano method is the best for achieved synchronization, since the stability Lyapunov method need to construct an auxiliary function (Lyapunov function), and may need to update this function sometimes. At other times it is difficult for us to create a suitable auxiliary function which leads to the failure of this method, thus, making the failure and success of the method dependent on the additional auxiliary factor, in addition to the control factor, while, the Cardano method dispense for this auxiliary factor, which gives it extra strength compression of the stability of Lyapunov method.

Due to the success of the Cardano method to realize full synchronization, it used and applied in schemas of anti-asynchronous and hybrid synchronization, The results proved their efficiency and their comparability compared to the stability of Lyapunov.

جامعة الموصل
كلية علوم الحاسوب والرياضيات

معالجة ظواهر الجيشان في الانظمة الديناميكية غير الخطية

سعد فوزي جاسم العزاوي

أطروحة دكتوراه

رياضيات / حاسوبية

بإشراف

أ.م.د. ميسون مال الله عزيز

1439 هـ

2018 م

الخلاصة

في هذه الأطروحة تم التطرق لظاهرة الجيشان والتركيز على سبل معالجتها ، اذ تتم المعالجة من خلال طريقتين رئيسيتين هما سيطرة الجيشان (Chaos control) وتزامن الجيشان (Chaos synchronization).

في المعالجة الاولى : (سيطرة الجيشان) قمنا باستخدام خمسة استراتيجيات مختلفة هي:

- سيطرة التغذية العكسية الخطية Linear feedback control
- سيطرة التغذية العكسية غير الخطية Nonlinear feedback control
- السيطرة غير الخطية Nonlinear controller
- السيطرة الفعالة Active control
- السيطرة الملائمة Adaptive control

وتم تطبيق تلك الاستراتيجيات على أنظمة ديناميكية متنوعة.

في الاستراتيجية الاولى (liner feedback control) والتي تتضمن بدورها ثلاث استراتيجيات فرعية هي (ordinary, dislocate, enhancing)، اضافة الى استراتيجية السرعة speed ، والتي تعتمد جميعها على طريقة Routh-Hurtiz في استخراج معامل التغذية العكسية الموجب (positive feedback coefficient) ، عالجنا مشكلتين ، المشكلة الاولى هي مشكلة التناقض في نتائج الاعمال السابقة، اذ قمنا بدراسة مكثفة عن اسباب التناقض والاختلاف في تحديد الاستراتيجية الفرعية الافضل وتوصلنا الى ان للبارامترات دور هام وفاعل بالإضافة الى النظام نفسه في تحديد الافضل من تلك الاستراتيجيات .

المشكلة الثانية هي مشكلة عدم تحقيق القمع بالرغم من توفر شروطه ، اذ قمنا باقتراح طريقة جديدة تحدد امكانية القمع من عدمها عند توفر معامل التغذية العكسية الموجب (positive feedback coefficient)، طبقت الطريقة المقترحة على ستة انظمة مختلفة الابعاد ثلاثية ورباعية واكدت النتائج دقة الطريقة وفاعليتها .

في استراتيجية (nonlinear feedback control)، تم ايجاد سبب الضعف في اداء هذه الاستراتيجية والعمل للحد منه مما ادى الى تحسين الاستراتيجية وجعلها مكافئة للاستراتيجية الاولى (liner feedback control).

اما في استراتيجية (nonlinear control) والتي تتعامل مع البارامترات المعلومة والغير المعلومة ، والتي لا تعتمد على قاعدة ثابتة في تصميم السيطرة (control)، فقد عملنا على استقصاء وبحث لإزالة الغموض عن كيفية اختيار كون البارامترات معلومة ام غير معلومة

ووجدنا من خلال البحث ان للسيطرة المقترحة (proposed controller) والمصفوفة Q الناتجة من مشتقة دالة ليبانوف الدور الاساسي في تحديد نوعية البارامترات. اذ تستخدم البارامترات الغير المعلومة عند كون مصفوفة Q احادية او قطرية ، في حين تستخدم البارامترات المعلومة في حالة كون مصفوفة Q مصفوفة غير قطرية . طبق الاختبار على انظمة كثيرة الاضطراب رباعية وخماسية وبينت النتائج صحة هذا الاختبار وكفاءته . وفي طور المعالجة الاولى قمنا ايضا بتطبيق استراتيجيتي السيطرة الفعالة (Active control) والسيطرة الملائمة (Adaptive control) بهدف جعل الدراسة شامله مما اتاح لنا اجراء مقارنة بين الاستراتيجيات الخمس وتوضيح نقاط الضعف والقوة في كل استراتيجية.

في المعالجة الثانية : تزامن الجيشان (Chaos synchronization)

تم التطرق الى اهم المخططات في تزامن الجيشان وهي:

- التزامن الكامل (Complete synchronization)
- عدم التزامن (Anti-synchronization)
- التزامن الهجين (Hybrid synchronization) .

في مخطط التزامن الكامل قمنا بالتركيز على الاستراتيجية الثالثة (nonlinear control)، وتم اقتراح استخدام طريقة كاردانو لتحقيق التزامن اضافة لاستخدام طريقة ليبانوف المعتمدة في جميع الاعمال السابقة ، بهدف المقارنة والتمحيص بين الطريقتين، وقد اظهرت النتائج افضلية طريقة كاردانو لتحقيق التزامن، حيث ان طريقة استقراريه ليبانوف تحتاج لتكوين دالة مساعدة (دالة ليبانوف التربيعية)، كما انها قد تحتاج الى تحديث هذه الدالة احيانا ، وفي احيان اخرى يصعب علينا تكوين دالة مساعدة مناسبة مما يؤدي الى فشل هذه الطريقة، مما يجعل فشل ونجاح الطريقة معتمدا على عامل مساعد اضافي، اضافة الى عامل السيطرة control، في حين تستغني طريقة كاردانو عن هذا العامل المساعد الاضافي مما يعطيها قوة وافضلية عن طريقة استقرارية ليبانوف. كما تم التطرق لمسالة البارامترات المعلومة والغير المعلومة.

بسبب نجاح طريقة كاردانو في اجراء التزامن الكامل فقد تم استخدام هذه الطريقة وتطبيقها في مخططي عدم التزامن والتزامن الهجين وقد اثبت النتائج كفاءتها وجدارتها مقارنة بطريقة استقرارية ليبانوف.