



پایان نامه کارشناسی

عنوان:

طراحی رویتگر اغتشاش بر مبنای روش کنترل  
لغزش برای سیستم‌های آشوب  
عدم قطعیت و ورودی غیرخطی

استاد راهنما : دکتر صالح مبین

نگارنده : دونیا مرادی

تابستان ۹۶

الف

با تشکر از مادر و پدر عزیزم که در تمام مراحل زندگی همراه و یاور من بوده‌اند ، خواهر عزیزم که وجودش آرامش زندگی من است.

از استاد گرامی جناب آقای دکتر صالح مبین بسیار سپاسگذارم، چرا که بدون راهنمایی‌ها و صبر و شکیبایی ایشان امکان گردآوری این پایان‌نامه میسر نمی‌شد.

در نهایت، کمال تشکر را از جناب دکتر دارویی که همواره مشوق و پشتیبان من بوده و جناب دکتر نظری که همیشه راهنمایی‌های بی‌دریغشان شامل حال من بوده است، دارم.

## چکیده

این پایان نامه شامل کنترل کننده مد لغزشی برای پایداری سیستم‌های آشوبناک دارای عدم قطعیت و ورودی غیر خطی و تغییر پذیر با زمان است. قانون کنترلی ارائه شده در این تحقیق بر پایه ی تئوری پایداری لیاپانوف بوده که شرایط پایداری مجانبی را فراهم می کند و در دوفاز مورد بررسی قرار می گیرد و در زمان محدود رفتارهای نوسانی سیستم را پایدار می کند. در این تحقیق سعی بر این است که تفاوت روش‌های مختلف کنترلی بررسی شده و معایب و برتری‌های آنها نسبت به یکدیگر مشخص گردد. نتایج شبیه سازی که در این پایان نامه ارائه شده است نشان دهنده ی کارایی و صحت روش‌های پیشنهاد شده می باشد که تفاوت روش‌ها را به خوبی نمایش داده است.

## فهرست مطالب

۱	فصل اول : مقدمه.....
۲	۱-۱ اشوب چیست؟.....
۳	۱-۲ تئوری اشوب.....
۴	۳-۱ سیستم‌های اشوبناک.....
۶	۴-۱ کنترل اشوب.....
۹	۱-۵ روش‌های کنترل اشوب.....
۱۰	۱-۶ تعاریف ریاضی اشوب.....
۱۱	۷-۱ همزمان سازی سیستم‌های اشوب.....
۱۴	فصل دوم : کنترل حالت لغزشی.....
۱۵	کنترل حالت لغزشی یا SMC.....
۱۷	کنترل حالت ترمینال لغزشی یا TSMC.....
۱۸	کنترل حالت ترمینال لغزشی سریع یا FTSMC.....
۱۹	کنترل حالت ترمینال لغزشی سریع و جدید یا NFTSMC.....
۲۱	فصل سوم : فرمول‌بندی مسئله.....
۲۲	فرمول‌بندی مسئله.....
۲۴	فصل چهارم : نتایج اصلی.....
۲۵	نتایج اصلی.....
۳۶	فصل پنجم: نتایج شبیه سازی.....
۳۷	نتایج شبیه‌سازی.....
۴۳	فصل ششم: نتیجه گیری.....
۴۵	مراجع و منابع.....

# فصل اول

## مقدمه

## ۱- آشوب چیست؟

آشوب یکی از مفاهیم جدید و بنیادین علم نوین است که افق درک ما نسبت به هستی را بسیار گسترش داده است و همانطور که از نامش پیداست رفتاری به ظاهر تصادفی و بی‌نظم است که در بسیاری از پدیده‌های دنیای واقعی رخ می‌دهد. آشوب به مفهوم دقیق و ریاضی آن پدیده ایست به ظاهر تصادفی و پیچیده که در باطن طبیعتی قطعی دارد که این موضوع آن را به پدیده‌های جالب در زمینه‌های علمی و تکنولوژی تبدیل کرده است [۱]. پدیده‌های معروفی چون اثر پروانه‌ای از ویژگی‌های خاص پدیده‌ی آشوب است که در ادامه به بررسی آن خواهیم پرداخت. آشوب در لغت به معنی بی‌نظمی و هرج و مرج است و رفتار طولانی مدت و غیرپریودیک یک سیستم با شرایط اولیه را نشان می‌دهد. در سال‌های اخیر، آشوب به یکی از مفاهیم بنیادین علم نوین تبدیل شده است که با وجود این که پدیده‌ای غیرخطی می‌باشد منتهی می‌توان از آن استفاده‌های مفید و کاربردی داشت، برای مثال از این پدیده در ارتباطات امن و در دستگاه‌هایی با کارایی بالا استفاده می‌شود.

می‌دانیم که ابزار تحلیل پدیده‌های طبیعی برای فیزیک‌دانان و مهندسان و سایر علومی که نیاز به مدلسازی و تحلیل آن پدیده‌ها با استفاده از آن مدل دارند، معادلات دیفرانسیل است. پدیده‌ی آشوب و طراحی روی‌تگر اغتشاش نیز بر مبنای همین اصل است به عبارت دیگر معادلات دیفرانسیل می‌توانند رفتارهای آشوبناک و پیچیده‌ی سیستم‌های آشوب را مشخص کنند و از یک معادله‌ی دیفرانسیلی ساده می‌توان رفتارهای پیچیده‌ای را انتظار داشت. قابل ذکر است که رفتارهای آشوبناک برای سیستم‌های مرتبه سه و بالاتر رخ می‌دهد و ابزارهای ریاضی و

کنترلی مختلفی برای تحلیل این موضوع وجود دارد که در ادامه به بررسی آن‌ها خواهیم پرداخت. از ویژگی‌های دیگر آشوب، طیف فرکانسی پیوسته است. می‌دانیم اگر سیستمی دارای رفتار تناوبی باشد دارای طیف گسسته‌ای خواهد بود اما در سیستم‌های آشوبی دارای طیف پیوسته است.

## ۲- تئوری آشوب

نظریه‌ی آشوب به بررسی رفتار آشوبناک سیستم‌های دینامیکی می‌پردازد. نظریه‌ی آشوب با در نظر گرفتن تمام آثاری که فیزیکدانان آنها را تا پیش از این از محاسبات خویش حذف می‌کردند، توانست جلوه‌ی دیگری از طبیعت را آشکار سازد. البته نباید از این موضوع غافل شد که نظریه‌ی آشوب غالباً در سیستم‌هایی حاکم است که حساسیت فوق‌العاده نسبت به شرایط اولیه دارند. هدف از نظریه‌های آشوب و کاربردهای آن مطالعات سیستم‌های دینامیکی غیرخطی می‌باشد تا بتوان با انجام کارهایی بر روی این سیستم‌ها، سیستم‌ها را پایدار و قاعده‌مند کرد و رفتارهای نوسانی آنها را کنترل کرد. به دلیل دینامیک پیچیده و بی‌نظمی ذاتی سیستم آشوبی، ایده‌ی کنترل آن به طوری که رفتار مورد نظر را از خود نشان دهد ابتدا غیرممکن می‌نمود اما با این حال نشان داده شده است که سیستم‌های آشوبی قابلیت کنترل شوندگی دارند. این پدیده‌ی علمی در سال‌های اخیر در شاخه‌های مختلف علم از قبیل فیزیک، ریاضی، شیمی و اقتصاد مورد توجه زیادی قرار گرفته است. سیستم‌های آشوبناک قابلیت پایدارشوندگی دارند و اهداف متفاوتی از کنترل کردن آنها وجود دارد که در ادامه به بررسی آن‌ها می‌پردازیم. نظریه‌ی آشوب

برپایه‌ی علم ریاضی، فیزیک و حتی فلسفه استوار است. در نظریه‌ی آشوب نوعی شباهت بین اجزاء و کل قابل تشخیص است، بدین ترتیب که هر جزء از الگو همانند و مشابه کل می‌باشد [۲].

### ۳- سیستم‌های آشوبناک

سیستم‌های آشوبناک، سیستم‌های دینامیکی غیرخطی می‌باشند که مهمترین خصوصیات آنها حساسیت بسیار زیاد آنها به شرایط اولیه می‌باشد به گونه‌ای که تفاوتی بسیار کوچک و ناچیز در شرایط اولیه آن‌ها باعث تفاوت بسیار زیادی در رفتار لحظات بعدی آن می‌شود و نرخ افزایش این تفاوت متناسب با اصل **lyapunovexponent** می‌باشد. این حساسیت نسبت به شرایط اولیه به عنوان (اثر پروانه‌ای) شناخته می‌شود که در صفحات قبلی هم به عنوان مهم‌ترین خصوصیت سیستم‌های آشوبی یاد شد. از منظر پیچیدگی سیستم‌های آشوبناک را به سه دسته‌ی زیر تقسیم می‌کنند [۶]:

۱. آشوب معمولی

۲. فوق آشوب

۳. آشوب فضا-زمانی

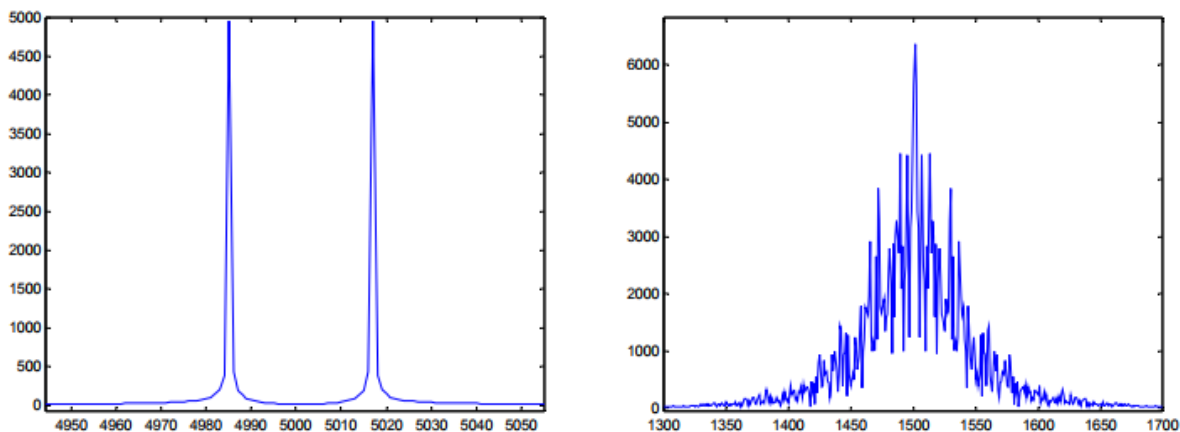


بزرگترین شاخص تمایز دهنده بین سیستم‌های آشوب معمولی و فوق آشوب وجود حداقل دو نمای لیاپانوف مثبت در این سیستم‌هاست. سیستم‌های فوق آشوب دارای حساسیت زیادی به هر نوع تغییراتی در پارامترهای سیستم هستند و وجود عوامل غیرخطی‌ساز در مسیر ورودی‌های غیرکنترلی باعث می‌شود که کارایی کنترل‌کننده‌های طراحی شده برای این سیستم‌ها، تا حد زیادی کارایی خود را از دست بدهند و در برخی از حالت‌ها، این موضوع منجر به ناپایداری سیستم فوق آشوب همراه با کنترل‌کننده می‌شود. اگر سیستم دارای رفتار آشوبی باشد، نوسانات آشوبی غیر قابل قبولی خواهد داشت که حذف این چنین رفتاری نیازمند کنترل‌کننده‌ی پایدارساز می‌باشد.

تفاوت سیستم‌های آشوبناک و غیرآشوبناک در این است که سیستم‌های آشوبناک دینامیکی با سرعت و به صورت نمایی از هم جدا می‌شوند و منظور از رفتار غیر پریودیک آنها این است که در این سیستم‌های دینامیکی مسیرهایی وجود دارد که این مسیرها با افزایش زمان و میل آنها به بی‌نهایت نمی‌توانند به نقاطی ثابت منتهی شوند. آشوب در بسیاری از موارد مضر و ناخواسته است و محققان بسیاری سعی کرده‌اند با روش‌های مختلف سیستم آشوبناک را وادار به یک رفتار منظم کنند [۵]. از آنچه که تا کنون گفته شد، چنین برمی‌آید که پدیده‌ی آشوب در اغلب موارد ناخواسته و نامطلوب است و لذا کنترل آشوب به منظور ایجاد رفتار منظم در سیستم، به کار گرفته می‌شود.

## ۴- کنترل آشوب

همانطور که گفته شد سیستم های آشوبناک ، قابلیت پایداری شوندگی دارند و می توان آنها را کنترل کرد و اهداف کنترلی متفاوتی برای آنها ذکر شد. روش های متفاوتی برای کنترل آشوب وجود دارد که در بعضی از این روش ها از ویژگی های ذاتی سیستم آشوبناک استفاده می شود و در بعضی دیگر از روش های تئوری و کلاسیک کنترلی بهره گرفته می شود. مفهوم کنترل آشوب این است که بتوان توسط یک کنترل کننده رفتار انحرافی و ناپایدار سیستم را پایدار کرد هدفی که در این پروژه به بررسی آن می پردازیم ، پایدار سازی سیستم آشوبناک حول یک محور اصلی و یک نقطه تعادل است. [۱]



شکل (۱): مقایسه رفتار متناوب (تصویر سمت چپ) و رفتار آشوبی (تصویر سمت راست)

دانشجویان محترم:

جهت دسترسی به متن کامل پایان نامه‌ها به کتابخانه دانشکده مهندسی و یا آزمایشگاه پروژه گروه برق مراجعه فرمایید.

## فصل ششم

## نتیجه‌گیری

همانطور که در طول تحقیق چندین بار اشاره شد، هدف از این پایان نامه بررسی روش های متفاوت کنترل و بررسی تفاوت های حاصل در نتایج استفاده از سطح لغزش فراگیر (گلوبال) می باشد SMC روش کنترلی لغزش همانطور که با استفاده از نتایج شبیه سازی مشاهده شد روش کنترل لغزش با استفاده از سطح لغزش فراگیر توانمندی بیشتری در خصوص برآوردن اهداف مختلف کنترلی دارا بوده و زمان پایداری پارامترهای کنترلی را به طرز قابل توجهی کاهش داده است و همانطور که میدانیم هرچقدر زمان کمتری برای رسیدن سیستم به همگرایی و پایداری سیستم صرف شود، بهتر است. بنابراین می توان ادعا کرد که روش پایداری سطح لغزش فراگیر در این تحقیق مفیدتر واقع گشته و نتایج مطلوب توسط این روش محقق گشته اند، بنابراین روش، روش اثربخش این تحقیق معرفی می گردد.

- [1] Mobayen, Saleh, and Fairouz Tchier. "Composite nonlinear feedback control technique for master/slave synchronization of nonlinear systems." *Nonlinear Dynamics* 87.3 (2017): 1731-1747.
- [2] Mona Afshari, Saleh Mobayen, Rahman Hajmohammadi, Dumitru Baleanu. "Global sliding mode control via LMI approach for uncertain chaotic systems with input nonlinearities and multiple delays."
- [3] Adloo, Hassan, Navid Noroozi, and Paknosh Karimaghaee. "Observer-based model reference adaptive control for unknown time-delay chaotic systems with input nonlinearity." *nonlinear dynamics* 67.2 (2012): 1337-1356.
- [4] Mobayen, Saleh, and Fairouz Tchier. "Synchronization of A Class of Uncertain Chaotic Systems with Lipschitz Nonlinearities Using State-Feedback Control Design: A Matrix Inequality Approach." *Asian Journal of Control* (2017).
- [5] Li, Yongqiang, and Zhongsheng Hou. "Data-driven asymptotic stabilization for discrete-time nonlinear systems." *Systems & Control Letters* 64 (2014): 79-85.
- [6] Mobayen, Saleh, and Fairouz Tchier. "An LMI approach to adaptive robust tracker design for uncertain nonlinear systems with time-delays and input nonlinearities." *Nonlinear Dynamics* 85.3 (2016): 1965-1978.
- [7] Rehan, Muhammad, Keum-Shik Hong, and Shuzhi Sam Ge. "Stabilization and tracking control for a class of nonlinear systems." *Nonlinear Analysis: Real World Applications* 12.3 (2011): 1786-1796.
- [8] Shokri-Ghaleh, Hamid, and Alireza Alfi. "Optimal synchronization of teleoperation systems via cuckoo optimization algorithm." *Nonlinear Dynamics* 78.4 (2014): 2359-2376.
- [9] Pai, Ming Chang. "Design of adaptive sliding mode controller for robust tracking and model following." *Journal of the Franklin Institute* 347.10 (2010): 1837-1849.

- [10] Wu, Hansheng. "Adaptive robust tracking and model following of uncertain dynamical systems with multiple time delays." *IEEE Transactions on Automatic Control* 49.4 (2004): 611-616.
- [11] Ting, Huan-Chan, Jeang-Lin Chang, and Yon-Ping Chen. "Output feedback integral sliding mode controller of time-delay systems with mismatch disturbances." *Asian Journal of Control* 14.1 (2012): 85-94.
- [12] Vaidyanathan, S. "Analysis and Adaptive Synchronization of Two Novel Chaotic Systems with Hyperbolic Sinusoidal and Cosinusoidal Nonlinearity and Unknown Parameters." *Journal of Engineering Science & Technology Review* 6.4 (2013).
- [13] Rao, DMKK Venkateswara, and Nandan Kumar Sinha. "A sliding mode controller for aircraft simulated entry into spin." *Aerospace Science and Technology* 28.1 (2013): 154-163.
- [14] Vaidyanathan, Sundarapandian, and Sivaperumal Sampath. "Global chaos synchronization of hyperchaotic Lorenz systems by sliding mode control." *Communications in Computer and Information Science* 205 (2011): 156-164.
- [15] Mobayen, Saleh. "Design of LMI-based global sliding mode controller for uncertain nonlinear systems with application to Genesio's chaotic system." *Complexity* 21.1 (2015): 94-98.
- [16] Roh, Young-Hoon, and Jun-Ho Oh. "Sliding mode control for robust stabilization of uncertain input-delay systems." *ICASE* 2.2 (2000): 98-103.