چکیده

در این پایان‌نامه، به سنکرون‌سازی یکسان، غیر یکسان و تصویری در شبکه‌های عصبی آشوبگونه دارای تأخیر پرداخته شده است. در سنکرون‌سازی یکسان از کنترل‌کننده فیدبک با بهره‌گیری از تکنیک LMI برای سنکرون‌سازی دو شبکه استفاده شده است. در ادامه، سنکرون‌سازی غیر یکسان شبکه‌های عصبی آشوبگونه با روش کنترل‌کننده لغزشی انتگرالی و با بهره‌گیری از تابع لیاپانوف کراسوفسکی و تکنیک LMI ارئه‌شده است و به منظور بهبود سنکرون‌سازی در حضور پارامترهای ناشناخته و متغیر با زمان، یک روش کنترل تطبیقی برای تنظیم پارامترهای کنترل‌کننده لغزشی انتگرالی استفاده‌شده است که در آن پارامترهای سیستم پیرو ناشناخته فرض‌شده است. برای غلبه بر چنین تغییرات در پارامتری در سنکرون‌سازی، یک کنترل‌کننده لغزشی انتگرالی تطبیقی نیز پیشنهاد شده است که قوانین تطبیق بر اساس تئوری لیاپانوف استخراج‌شده است. روش پیشنهادی به‌خوبی برای هدف سنکرون‌سازی غیر یکسان کارآمد بوده است.

در بخش بعد سنکرون‌سازی تصویری بر اساس سه روش ارائه‌شده است. در روش اول سنکرون‌سازی تصویری بر مبنای رویتگر غیرخطی برای دو شبکه عصبی آشوبی یکسان و غیر یکسان ارائه‌شده است و در ادامه یک کنترل‌کننده تطبیقی برای سنکرون‌سازی شبکه‌های عصبی تأخیردار غیر یکسان مبتنی بر رویتگر غیرخطی با فرض اینکه پارامترهای سیستم پایه در کنترل‌کننده ناشناخته باشد، پیشنهاد شده است. روش دوم سنکرون‌سازی تصویری، مبتنی بر فیدبک غیر خطی است که با فرض ناشناخته بودن پارامترهای سیستم پایه، یک کنترل‌کننده تطبیقی مبتنی بر فیدبک غیرخطی ارئه شده است و در نهایت در روش سوم، با بکارگیری کنترل‌کننده لغزشی تطبیقی و بدون حل هیچ‌گونه LMI و با فرض اینکه تمام پارامترهای سیتم پایه و پیرو درکنترل‌کننده پیشنهادی ناشناخته باشد، به سنکرون‌سازی تصویری شبکه‌های عصبی آشوبگونه رسیده‌ایم. در هر سه روش سنکرون‌سازی تصویری قوانین تطبیق بر اساس تئوری لیاپانوف استخراج شده است. نتایج شبیه‌سازی‌های انجام شده، کارآمدی روش‌های پیشنهادی در سنکرون‌سازی شبکه‌های عصبی آشوبگونه نشان می‌دهد.

واژه‌های کلیدی: شبکه عصبی آشوبگونه با تأخیر آمیخته، سنکرون‌سازی یکسان، سنکرون‌سازی غیر یکسان، سنکرون‌سازی تصویری.

فهرست مطالب

فصل ۱ مقدمه ۱

۱-۱ آشوب ۲
۱-۲ سنکرون‌سازی ۲
۱-۳ روش‌های سنکرون‌سازی ۳
۱-۴ کنترل‌کننده تطبیقی ۴
۱-۵ هدف و ساختار پایان‌نامه ۴

فصل ۲ انواع شبکه‌های عصبی آشوبی و مرور مطالعات گذشته ۶

۲-۱ مقدمه ۷
۲-۲ شبکه عصبی ۷
۲-۲-۱ پتانسیل عمل ۸
۲-۲-۲ سیناپس ۹
۲-۲-۳ تأخیر در شبکه عصبی زیستی ۱۱
۲-۳ انواع شبکه عصبی آشوبی تأخیردار ۱۱
۲-۳-۱ شبکه عصبی هاپفیلد ۱۱
۲-۳-۲ شبکه عصبی سلولار ۱۳
۲-۳-۳ شبکه عصبی کوهن گراسبرگ ۱۷
۲-۴ مروری بر مطالعات گذشته ۱۸

فصل ۳ سنکرون‌سازی یکسان و غیر یکسان ۲۰

۳-۱ مقدمه ۲۱
۳-۲ سنکرون‌سازی دو شبکه عصبی آشوبگونه یکسان با روش کنترل فیدبک ۲۱
۳-۳ شبیه‌سازی ۲۴
۳-۴ کنترل‌کننده لغزشی انتگرالی تطبیقی برای هدف سنکرون‌سازی دو شبکه غیر یکسان ۲۷
۳-۴-۱ کنترل‌کننده لغزشی انتگرالی ۲۹
۳-۴-۲ کنترل‌کننده لغزشی انتگرالی تطبیقی ۳۳
۳-۵ شبیه‌سازی ۳۶

فصل ۴ سنکرون‌سازی تصویری ۴۹

۴-۱ مقدمه ۵۰
۴-۲ طراحی کنترل‌کننده بر مبنای رویتگر ۵۰
۴-۲-۱ کنترل‌کننده تطبیقی برمبنای رویتگر ۵۴
۴-۳ شبیه‌سازی ۵۶
۴-۴ طراحی کنترل‌کننده بر مبنای فیدبک غیر خطی ۷۰

۴-۴-۱ طراحی کنترل‌کننده تطبیقی بر اساس روش کنترل فیدبک غیرخطی ۷۶
۴-۵ شبیه‌سازی ۷۹
۴-۶ سنکرون‌سازی تصویری با استفاده از کنترل‌کننده لغزشی تطبیقی ۹۲
۴-۷ نتایج شبیه سازی ۱۰۰

فصل ۵ جمع‌بندی و پیشنهادها **۱۰۷**

۵-۱ نتیجه‌گیری ۱۰۸
۵-۲ پیشنهادها ۱۰۹

مراجع **۱۱۰**

فهرست شکل ها

شکل (۲-۱) شمای کلی یک سلول عصبی..... ۷
شکل (۲-۲) نحوه ایجاد پتانسیل عمل ۸
شکل (۲-۳) مدل‌سازی غشای آکسون..... ۹
شکل (۲-۴) نحوه عملکرد سیناپس شیمیایی و الکتریکی..... ۱۰
شکل (۲-۵) مدل جمعی سلول عصبی..... ۱۲
شکل (۲-۶) شبکه عصبی سلولار..... ۱۴
شکل (۲-۷) همسایگی در شبکه عصبی سلولار..... ۱۴
شکل (۲-۸) شمای کلی شبکه عصبی سلولار ۱۵
شکل (۲-۹) تابع عمل در شبکه عصبی سلولار..... ۱۵
شکل (۳-۱) جاذب آشوب شبکه عصبی پایه..... ۲۵
شکل (۳-۲) جاذب آشوبی شبکه عصبی پیرو..... ۲۵
شکل (۳-۳) رفتار حالت‌ها با روش کنترل فیدبک..... ۲۶
شکل (۳-۴) خطاهای سنکرون‌سازی روش کنترل فیدبک a) خطای سنکرون‌سازی x_1 و y_1، b) خطای سنکرون‌سازی x_2 و y_2..... ۲۶
شکل (۳-۵) قانون کنترل فیدبک اعمال‌شده برای سنکرون‌سازی..... ۲۷
شکل (۳-۶) رفتار آشوبگونه سیستم‌ها a) سیستم پایه، b) سیستم پیرو..... ۳۷
شکل (۳-۷) رفتار حالت‌ها در وضعیت بدون اغتشاش و عدم قطعیت..... ۳۸
شکل (۳-۸) نتایج سنکرون‌سازی با کنترل‌کننده لغزشی انتگرالی بدون هیچ عدم قطعیت و اغتشاشی a) ورودی کنترل، b) خطای سنکرون‌سازی..... ۳۹
شکل (۳-۹) رفتار حالت‌ها در وضعیت با اغتشاش..... ۳۹
شکل (۳-۱۰) نتایج سنکرون‌سازی با کنترل‌کننده لغزشی انتگرالی با اغتشاش a) ورودی کنترل، b) خطای سنکرون‌سازی..... ۴۰
شکل (۳-۱۱) رفتار حالت‌ها در وضعیت با وجود عدم قطعیت..... ۴۰

شـکل (۳–۱۲) نتایج سنکرون‌سازی با کنترل‌کننده لغزشی انتگرالی باوجود عدم قطعیت a) ورودی کنترل، b) خطای سنکرون‌سازی..... ۴۱
شکل (۳–۱۳) رفتار حالت‌ها با اعمال کنترل‌کننده تطبیقی..... ۴۲
شـکل (۳–۱۴) نتایج سـنکرون‌سـازی با اعمال کنترل‌کننده تطبیقی :a) قانون کنترل، b) خطای سـنکرون‌سـازی، c) همگرایی ماتریس پارامتر $\hat{L}$و d) همگرایی ماتریس پارامترهای $\hat{M},\hat{N}$..... ۴۲
شکل (۳–۱۵) رفتار حالت‌ها با اعمال کنترل‌کننده تطبیقی با وجود تغییر ناگهانی در پارامتر..... ۴۳
شکل (۳–۱۶) نتایج سنکرون‌سازی با اعمال کنترل‌کننده تطبیقی باوجود تغییرات ناگهانی:a) قانون کنترل، b) خطای سنکرون‌سازی، c) همگرایی ماتریس پارامتر $\hat{L}$و d) همگرایی ماتریس پارامترهای $\hat{M},\hat{N}$..... ۴۴
شـکل (۳–۱۷) رفتار حالت‌ها با عمال کنترل‌کننده لغزشـی انتگرالی تطبیقی بدون هیچ‌گونه عدم قطعیت و اغتشاشی. ۴۵
شکل (۳–۱۸) نتایج سنکرون‌سازی با اعمال کنترل‌کننده لغزشی انتگرالی تطبیقی بدون هیچ عدم قطعیت و اغتشاشی: a) قانون کنترل، b) خطای سنکرون‌سازی، c) همگرایی ماتریس پارامتر $\hat{L}$و d) همگرایی ماتریس پارامترهای $\hat{M},\hat{N}$ ۴۵
شکل (۳–۱۹) رفتار حالت‌ها با اعمال کنترل‌کننده لغزشی انتگرالی تطبیقی باوجود اغتشاش..... ۴۶
شـکل (۳–۲۰) نتایج سـنکرون‌سازی با اعمال کنترل‌کننده لغزشی انتگرالی تطبیقی باوجود اغتشاش:a) قانون کنترل، b) خطای سنکرون‌سازی، c) همگرایی ماتریس پارامتر $\hat{L}$و d) همگرایی ماتریس پارامترهای $\hat{M},\hat{N}$..... ۴۶
شکل (۳–۲۱) رفتار حالت‌ها با اعمال کنترل‌کننده لغزشی انتگرالی تطبیقی باوجود عدم قطعیت..... ۴۷
شـکل (۳–۲۲) نتایج سـنکرون‌سـازی با اعمال کنترل‌کننده لغزشی انتگرالی تطبیقی با وجود قطعیت:a) قانون کنترل، b) خطای سنکرون‌سازی، c) همگرایی ماتریس پارامتر $\hat{L}$و d) همگرایی ماتریس پارامترهای $\hat{M},\hat{N}$..... ۴۷
شکل (۴–۱) جاذب آشوب شبکه‌های عصبی یکسان a) سیستم پایه، b) سیستم پیرو..... ۵۷
شکل (۴-۲) ردیابی حالت‌ها برای $\alpha=1$..... ۵۸
شکل (۴–۳) نتایج شبیه‌سازی برای $\alpha=1$ a) خطای سنکرون‌سازی، b) قانون کنترل..... ۵۹
شکل (۴–۴) ردیابی حالت‌ها برای $\alpha=-1$ ۵۹
شکل (۴–۵) نتایج شبیه‌سازی برای $\alpha=-1$ a) خطای سنکرون‌سازی b) قانون کنترل..... ۶۰
شکل (۴–۶) ردیابی حالت‌ها برای $\alpha=3$..... ۶۰

شکل (۴–۷) نتایج شبیه‌سازی برای $\alpha=3$ a) خطای سنکرون‌سازی b) قانون کنترل..... ۶۱
شکل (۴–۸) جاذب آشوب شبکه‌های عصبی غیر یکسان a) سیستم پایه b) سیستم پیرو ۶۲
شکل (۴–۹) ردیابی حالت‌ها برای $\alpha=1$ ۶۳
شکل (۴–۱۰) نتایج شبیه‌سازی برای $\alpha=1$ a) خطای سنکرون‌سازی b) قانون کنترل..... ۶۳
شکل (۴–۱۱) ردیابی حالت‌ها برای $\alpha=-1$ ۶۴
شکل (۴–۱۲) نتایج شبیه‌سازی برای $\alpha=-1$ a) خطای سنکرون‌سازی b) قانون کنترل..... ۶۴
شکل (۴–۱۳). ۶۵
شکل (۴–۱۴) نتایج شبیه‌سازی برای $\alpha=0.5$ a) خطای سنکرون‌سازی b) قانون کنترل..... ۶۵
شکل (۴–۱۵) ردیابی حالت‌ها برای $\alpha=1$ ۶۷
شکل (۴–۱۶) a) خطای سنکرون‌سازی b) قانون کنترل c) تخمین پارامترهای $\hat{A},\hat{B}$ و d) تخمین پارامتر $\hat{D},\hat{C}$ زمانی که $\alpha=1$ می‌باشد..... ۶۷
شکل (۴–۱۷) ردیابی حالت‌ها برای $\alpha=-1$ ۶۸
شکل (۴–۱۸) a) خطای سنکرون‌سازی b) قانون کنترل c) تخمین پارامترهای $\hat{A},\hat{B}$ و d) تخمین پارامتر $\hat{D},\hat{C}$ زمانی که $\alpha=-1$ می‌باشد..... ۶۸
شکل (۴–۱۹) ردیابی حالت‌ها برای $\alpha=0.5$ ۶۹
شکل (۴–۲۰) خطای سنکرون‌سازی b) قانون کنترل c) تخمین پارامترهای $\hat{A},\hat{B}$ و d) تخمین پارامتر $\hat{D},\hat{C}$ زمانی که $\alpha=0.5$ می‌باشد..... ۶۹
شکل (۴–۲۱) جاذب آشوب شبکه‌های عصبی یکسان a) سیستم پایه، b) سیستم پیرو..... ۷۹
شکل (۴–۲۲) ردیابی حالت‌ها برای $\alpha=1$ ۸۰
شکل (۴–۲۳) نتایج شبیه‌سازی برای $\alpha=1$ a) خطای سنکرون‌سازی b) قانون کنترل..... ۸۱
شکل (۴–۲۴) ردیابی حالت‌ها برای $\alpha=-1$ ۸۱
شکل (۴–۲۵) نتایج شبیه‌سازی برای $\alpha=-1$ a) خطای سنکرون‌سازی b) قانون کنترل..... ۸۲
شکل (۴–۲۶) ردیابی حالت‌ها برای $\alpha=3$ ۸۲
شکل (۴–۲۷) نتایج شبیه‌سازی برای $\alpha=3$ a) خطای سنکرون‌سازی b) قانون کنترل..... ۸۳
شکل (۴–۲۸) جاذب آشوب شبکه‌های عصبی یکسان a) سیستم پایه، b) سیستم پیرو..... ۸۴

شکل (۴-۲۹) ردیابی حالت‌ها برای $\alpha=1$. ۸۵
شکل (۴-۳۰) نتایج شبیه‌سازی برای $\alpha=1$ a) خطای سنکرون‌سازی b) قانون کنترل. ۸۵
شکل (۴-۳۱) ردیابی حالت‌ها برای $\alpha=-1$. ۸۶
شکل (۴-۳۲) نتایج شبیه‌سازی برای $\alpha=-1$ a) خطای سنکرون‌سازی b) قانون کنترل. ۸۶
شکل (۴-۳۳) ردیابی حالت‌ها برای $\alpha=0.5$. ۸۷
شکل (۴-۳۴) نتایج شبیه‌سازی برای $\alpha=0.5$ a) خطای سنکرون‌سازی b) قانون کنترل. ۸۷
شکل (۴-۳۵) ردیابی حالت‌ها برای $\alpha=1$. ۸۹
شکل (۴-۳۶) خطای سنکرون‌سازی b) قانون کنترل c) تخمین پارامترهای $\hat{A},\hat{B}$ و d) تخمین پارامتر $\hat{D},\hat{C}$ زمانی که $\alpha=1$ می‌باشد. ۸۹
شکل (۴-۳۷) ردیابی حالت‌ها برای $\alpha=-1$. ۹۰
شکل (۴-۳۸) خطای سنکرون‌سازی b) قانون کنترل c) تخمین پارامترهای $\hat{A},\hat{B}$ و d) تخمین پارامتر $\hat{D},\hat{C}$ زمانی که $\alpha=-1$ می‌باشد. ۹۰
شکل (۴-۳۹) ردیابی حالت‌ها برای $\alpha=0.5$. ۹۱
شکل (۴-۴۰) خطای سنکرون‌سازی b) قانون کنترل c) تخمین پارامترهای $\hat{A},\hat{B}$. و d) تخمین پارامتر $\hat{D},\hat{C}$ زمانی که $\alpha=0.5$ می‌باشد. ۹۱
شکل (۴-۴۱) ردیابی حالت‌ها برای $\alpha=1$. ۱۰۱
شکل (۴-۴۲) نتایج شبیه‌سازی برای $\alpha=1$ a) خطای سنکرون‌سازی b) قانون کنترل. ۱۰۲
شکل (۴-۴۳) نتایج شبیه سازی برای $\alpha=1$ a) تخمین پارامترهای $\hat{A},\hat{C},\hat{N}$ b) تخمین پارامترهای $\hat{K},\hat{B}$ c) تخمین پارامترهای $\hat{M},\hat{L}$ و d) تخمین پارامتر $\hat{P},\hat{Q},\hat{R},\hat{D}$ ۱۰۲
شکل (۴-۴۴) ردیابی حالت‌ها برای $\alpha=-1$. ۱۰۳
شکل (۴-۴۵) نتایج شبیه‌سازی برای $\alpha=-1$ a) خطای سنکرون‌سازی b) قانون کنترل. ۱۰۳
شکل (۴-۴۶) نتایج شبیه سازی برای $\alpha=-1$ a) تخمین پارامترهای $\hat{A},\hat{C},\hat{N}$ b) تخمین پارامترهای $\hat{K},\hat{B}$ c) تخمین پارامترهای $\hat{M},\hat{L}$ و d) تخمین پارامتر $\hat{P},\hat{Q},\hat{R},\hat{D}$ ۱۰۴
شکل (۴-۴۷) ردیابی حالت‌ها برای $\alpha=3$. ۱۰۴
شکل (۴-۴۸) نتایج شبیه‌سازی برای $\alpha=3$ a) خطای سنکرون‌سازی b) قانون کنترل. ۱۰۵

شـــکل (۴-۴۹) نتایج شـــبیه ســـازی برای $\alpha = 3$ a) تخمین پارامترهای $\hat{A}, \hat{C}, \hat{N}$ b) تخمین پارامترهای $\hat{K}, \hat{B}$ c) تخمین پارامترهای $\hat{M}, \hat{L}$ و d) تخمین پارامتر $\hat{P}, \hat{Q}, \hat{R}, \hat{D}$ ۱۰۵

فهرست نمادها

مشتق ماتریس x نسبت به زمان	$\dot{x}(t)$
ترانهاده ماتریس A	A^T
نامساوی ماتریسی خطی	LMI
مجموعه اعداد حقیقی	R
اپراتور قدر مطلق	$\|.\|$
نرم اقلیدسی	$\|\|.\|\|$

فصل ۱

مقدمه

۱-۱ آشوب

آشـــوب، بـه‌عنوان یکی از مفـاهیم بنیـادی علوم نوین ازجملـه علوم طبیعی و علوم اجتمـاعی، در زمینه‌های مختلف ریاضـی، فیزیک، شـیمی، اقتصـاد، زیسـت‌شناسی و کاربردهای مهندسی مشاهده‌شده است[۱]. این پدیده سبب بروز رفتار تصـادفی و آشفته در سیستم‌های مذکور می‌شود درحالی‌که در باطن پدیده‌ایی قطعی[1] است که شدیداً نسبت به شـرایط اولیه حسـاس بوده و یک تغییر کوچک در شـرایط اولیه موجب تغییرات بسـیار گسـترده در آن می‌شود[۲]. بنابراین پیش‌بینی درازمدت رفتار این سـیسـتم‌ها در حقیقت غیرممکن اسـت. این سـیسـتم‌ها دارای نوعی خود-مانایی[2] (هر جزئی از الگو همانند و مشـابه کل هسـت) هسـتند که این امر به‌خوبی در جاذب‌های فرکتالی[3] (اجزای کوچک تشکیل‌دهنده در ساختار بزرگ تکرار می‌شود) آن‌ها مشهود هست[۳] .

در اوایل دهه نود نشـان داده‌شـده اسـت که سیستم‌های آشوبناک قابلیت کنترل شوندگی دارند و مهم‌ترین مطالعات انجام شـده، در راستای تبدیل رفتار آشوبی به سیکل حدی و یا حذف رفتار آشوبی و پایدارسازی به نقطه تعادل بوده اسـت [۴]. در صـورت مطلوب فرض نمودن رفتار آشـوبناک، کنترل آشـوب در چارچوب سـنکرون‌سـازی محقق می‌گردد[۵]. اولین بار مفهوم سـنکرون‌سازی آشوب توسط Pecora و Carrol در سال ۱۹۹۰ ارائه‌شده است که در آن دو سیستم آشوبناک یکسان با شرایط اولیه متفاوت، سنکرون[4]شده‌اند[۶].

۱-۲ سنکرون‌سازی

تجزیه‌وتحلیل پدیده سنکرون‌سازی در سیستم‌های دینامیکی از گذشته‌های خیلی دور به‌عنوان یک موضوع اساسی و مهم در فیزیک موردتوجه بسیاری از دانشمندان بوده است[۷]. درواقع تحقق این مفاهیم با یافته‌های محقق هلندی ، هایجنز[5] آغاز گردید[۷, ۸]. وی مشـاهده نمود که دو سـاعت پاندولی که از یک مکان آویزان شـده و تزویج بسـیار ضـعیفی میان آن‌دو برقرار بوده، در فاز سـنکرون شـده‌اند. در سـال‌های بعد نمونه‌های فراوانی از این پدیده ارائه‌شـده است[۹] .

[1] Deterministic
[2] Self-similarity
[3] Fractal
[4] Synchronization
[5] Huygens

مفهوم کنترل آشـوب در چارچوب سنکرون‌سازی، به دلیل کاربردهای ممکن آن در حوزه‌های مختلف شامل: پردازش اطلاعات، محاسـبات توزیع‌شـده، تولید نوسـان هماهنگ، علوم نور، مخابرات امن، سیستم‌های شیمیایی و بیولوژیکی، طراحی مولد آشـوب، تنظیم ضربان قلب انسان، علوم اجتماعی، حفاظت سیستم قدرت و غیره، موردتوجه دانشمندان بسـیاری قرارگرفته اسـت[۱۰, ۱۱] . نکته بسـیار مهم در این بخش آن اسـت که سـیسـتم‌های آشـوبناک به دلیل حساسیت شدیدشان به شرایط اولیه با این پدیده به‌طور ذاتی مقابله می‌کنند.

۱-۳ روش‌های سنکرون‌سازی

- **سنکرون‌سازی یکسان**: در این حالت دو سیستم جفت شده مانند هم بوده و دامنه و فاز یکسان دارند. در واقع فقط شرط اولیه متفاوت دارند. هدف سنکرون‌سازی $\lim_{t\to\infty}\|u(t)-v(t)\|\to 0$ می‌باشد [۱۲].
- **سنکرون‌سازی غیریکسان:** در این نوع سنکرون‌سازی برخلاف نوع یکسان، دامنه و فاز متفاوت است[۱۰، ۱۲، ۱۳].
- **سنکرون‌سازی تصویری:** در این سنکرون‌سازی سیستم‌های پایه و پیرو با یک مقیاس مشخص با یکدیگر تزویج می‌شوند. متغیرهای حالت دو سیستم در این حالت نسبتی از یکدیگر خواهند بود. درواقع هدف $\lim_{t\to\infty}\|\alpha u(t)-v(t)\|\to 0$ می‌باشد. برای اولین بار در سال ۱۹۹۹ توسط Mainieri و Rehace برای دو سیستم یکسان انجام‌شده است که این نوع سنکرون‌سازی می‌تواند برای مخابرات دیجیتالی در مخابرات امن برای دستیابی به ارتباط سریع‌تر استفاده شود. واضح است که با درنظرگرفتن به ترتیب $\alpha=1$ و$\alpha=-1$، سنکرون‌سازی کامل[1] و ضد سنکرون‌سازی[2] به‌عنوان حالات خاص سنکرون‌سازی تصویری ایجاد می‌شوند[۱۴-۲۲].
- **سنکرون‌سازی پیش‌بین:** در این سنکرون‌سازی سیستم پیرو مسیرهای سیستم پایه را پیش‌بینی می‌کند که به معنی $\lim_{t\to\infty}\|u(t)-v(t+\tau)\|\to 0$ می‌باشد [۲۳].
- **سنکرون‌سازی فاز:** در سنکرون‌سازی فاز، فازهای نوسانات دو سیستم آشوبناک با یک تزویج کوچک قفل می‌گردد. درحالی‌که دامنه‌ها غیر همبسته است و قیدی بر روی انها وجود ندارد[۲۴]. و رابطه میان حالت‌ها به‌صورت $\left|m_1\varphi_v - m_2\varphi_u\right| \prec const$ می‌باشد.

[1] Complete Synchronization
[2] Anti-Synchronization

- **سنکرون‌سازی تأخیریافته:** دو سیستم آشوبناک از لحاظ فاز و دامنه یکسان ولی از لحاظ زمانی بین دو سیستم تأخیر وجود دارد، بنابراین هدف $\lim_{t\to\infty}\|u(t-\tau)-v(t)\|\to 0$ می‌باشد[۲۵].

در این راستا، برای سنکرون‌سازی شبکه‌های عصبی پر هرج و مرج، از روش‌های کنترل مؤثر جدید بهره گرفته‌شده است مانند کنترلر ضربه ایی[۲۶]، کنترل حالت فیدبک جزئی (SFC)[۲۷]، کنترلر مد لغزشی[۱۰, ۱۲]، روش کنترل تطبیقی[۱۰, ۲۳, ۲۸].

۱-٤ کنترل‌کننده تطبیقی

به خاطر پیچیدگی ذاتی جهان واقعی، سیستم‌های بیولوژیکی مانند شبکه‌های عصبی پر هرج‌ومرج در معرض تغییرات ناگهانی هستند. بدون شک، این عدم قطعیت بر روی مکانیسم هماهنگ‌سازی اثر می‌گذارد. متعاقباً، چگونگی هماهنگ‌سازی شبکه‌های عصبی پر هرج‌ومرج برای مقابله با عدم قطعیت و تعیین پارامترهای ناشناخته در کنترل‌کننده قابل‌توجه و چالش‌برانگیزاست[۲۱] .

کلمه تطبیق، به معنای تغییر رفتار برای سازگاری با وضع جدید است. پایه و اساس کنترل‌کننده تطبیقی، آماده‌سازی یک سری روش‌های کارآمد برای تنظیم خودکار پارامترهای متغیر کنترل‌کننده به‌منظور حذف اثر عدم قطعیت‌ها و اغتشاشات است[۱۰] . بنابراین با به‌کارگیری کنترل‌کننده تطبیقی مناسب، می‌توان اثر این عدم قطعیت‌ها را حذف نمود.

روش‌های کنترل تطبیقی به دو نوع مستقیم و غیرمستقیم تقسیم می‌شوند. در روش تطبیقی مستقیم که مبتنی بر لیاپانوف است، قوانین تطبیق به‌منظور بروز کردن پارامترهای کنترل‌کننده طراحی می‌شوند ولی در روش غیر مستقیم که مبتنی بر شناسایی است، قوانین تطبیق برای بروز کردن پارامترهای پلنت[1] طراحی می‌شوند.

۱-۵ هدف و ساختار پایان‌نامه

فصل اول: آشنایی با برخی مفاهیم شامل آشوب، سنکرون‌سازی و انواع روش‌های سنکرون‌سازی است.

فصل دوم: مروری بر انواع شبکه‌های عصبی آشوبناک، بررسی دلایل تأخیر در آن و روش کنترل انجام‌شده بر روی آن بررسی‌شده است.

[1] plant

فصل سوم: به دو روش سنکرون‌سازی یکسان و غیر یکسان اشاره‌شده است. در بخش اول، سنکرون‌سازی دو شبکه عصبی یکسان با شرایط اولیه متفاوت بررسی‌شده است و برای رسیدن به هدف سنکرون‌سازی یکسان کنترل‌کننده فیدبک پیشنهادشده است و در آن بهره فیدبک با توجه به حل نامساوی ماتریسی خطی به‌دست آمده است. در بخش دوم این فصل، یک روش جدید برای هماهنگ‌سازی غیر یکسان از شبکه‌های عصبی آشوبی با تأخیر در حضور اغتشاش و عدم قطعیت کران‌دار در سیستم پیرو ارائه گردیده است که پارامترهای سیستم پیرو ناشناخته فرض شده است. در ابتدا، یک کنترل‌کننده لغزشی انتگرالی برای سنکرون‌سازی شبکه‌های عصبی آشوبی تأخیر دار بکار گرفته‌شده است و در ادامه، یک قانون تطابق مناسب برای تنظیم پارامتر در کنترل‌کننده لغزشی انتگرالی به‌منظور مقابله با نوسانات در پارامترهای شبکه عصبی پر هرج‌ومرج ارائه‌شده است. روش کنترل فوق درحالی‌که برخی پارامترها در سیستم پایه تغییر می‌کند و نیز زمانی که سیستم از حالت آشوبی به حالت نوسانی تغییر وضعیت می‌دهد، اعمال می‌شود و درنهایت، روش کنترل‌کننده لغزشی انتگرالی تطبیقی به‌عنوان یک طرح جامع کنترل باقابلیت بالا برای نشان‌دادن مقاومت بالا در برابر اثرات اغتشاش ، عدم قطعیت و تغییرات پارامتر ارائه‌شده است و درنهایت با شبیه‌سازی یک مثال، امکان‌سنجی و اثربخشی کنترل‌کننده لغزشی انتگرالی تطبیقی پیشنهادی نشان داده است.

فصل چهارم: سنکرون‌سازی تصویری دو شبکه عصبی آشوبگونه با تأخیر آمیخته مبتنی بر سه روش ارائه‌شده است. در این فصل، در گام اول، سنکرون‌سازی تصویری دو شبکه عصبی آشوبگونه تأخیردار بر مبنای رویتگر برای دو شبکه عصبی یکسان و غیر یکسان ارائه‌شده است و در گام بعدی، اعمال کنترل‌کننده تطبیقی مستقیم برای آن مدنظر قرار داده‌شده است. هدف از انتخاب این روش آن‌است که اغلب روش‌های سنکرون‌سازی بر مبنای تعیین تابع لیاپانوف مناسب عمل می‌کنند و این مسئله، استفاده از این روش‌ها را محدود و کمی دشوار می‌کند اما روش سنکرون‌سازی بر مبنای رویتگر، بدون هیچ محدودیتی روی ساختار سیستم تحت کنترل و بدون هیچ نیازی به حل تابع لیاپانوف، به‌سادگی منجر به سنکرون‌سازی می‌شود [۱۸]. روش دوم ارائه‌شده در این بخش، روشی مبتنی بر تابع لیاپانوف و با استفاده از فیدبک غیرخطی است که در ادامه آن، کنترل‌کننده تطبیقی مستقیم برای غلبه بر نامعینی‌ها با در نظر گرفتن پارامترهای ناشناخته در کنترل‌کننده ارائه‌شده است. در روش سوم، سنکرون‌سازی تصویری برمبنای کنترل‌کننده لغزشی تطبیقی بدون حل هیچ‌گونه LMI ارائه‌شده است و تمام پارامترهای سیستم پایه و پیرو در کنترل‌کننده ناشناخته فرض شده است.

فصل پنجم: در این بخش نتایج تحقیق و ایده‌هایی جهت ادامه این پایان‌نامه ارائه خواهد شد.

فصل ۲

انواع شبکه‌های عصبی آشوبگونه و مرور

مطالعات گذشته