بسم الله الرحمن الرحيم

دانشکده برق و رباتیک

گروه کنترل

عنوان رساله:

طراحی رویتگر مود لغزشی به‌منظور تشخیص و جداسازی خطا در سیستم‌های دینامیکی غیرخطی

دانشجو: جواد عزیزآبادی

استاد راهنما

دکتر محمد علی صدرنیا

استاد مشاور

دکتر محمد مهدی فاتح

پایان نامه ارشد جهت اخذ درجه کارشناسی ارشد

ماه و سال انتشار: شهریور ۱۳۹۳

کپی صورت جلسه

تقدیم به

همه کسانی که دوستشان دارم

تقدیر و تشکر

با تقدیم احترام و سپاس

از پروردگار دادار هور و گرداننده آسمان ها و زمین ها که به من عمر مکفی داد تا بتوانم این پایان نامه را در قلم پیاده سازی کنم، را شکرگذارم. و تا آنجایی که استخوان کتفم اجازه دهد؛ دستان خالی خود را به سوی آسمانی که طراحی و ساخت آن از طراحی و ساخت بدن انسان هم پیچیده تر است، بلند می‌کنم و امید به اعتلا و ارتقای سطح ایران عزیز را دارم.

در اینجا بر خود لازم می‌دانم که از استاد بهترین و شایسته خودم؛ جناب اقای **دکتر محمد علی صدرنیا** و نیز جناب آقای **دکتر محمد مهدی فاتح** سپاس و قدردانی بی اندازه ای داشته باشم، چرا که در طول این مدت در هیچ زمینه ای برای من کمبودی قرار ندادند و همیشه تکیه گاه علمی و فکری من بودند.

جواد عزیزآبادی

شهریور ۱۳۹۳

تعهد نامه

اینجانب **جواد عزیزآبادی** دانشجوی دوره کارشناسی ارشد رشته **برق** دانشکده **برق و رباتیک** دانشگاه صنعتی شاهرود نویسنده پایان نامه **طراحی رویتگر مود لغزشی به‌منظور تشخیص و جداسازی خطا در سیستم‌های دینامیکی غیرخطی** تحت راهنمائی دکتر **محمد علی صدرنیا** متعهد می شوم .

- تحقیقات در این پایان نامه توسط اینجانب انجام شده است و از صحت و اصالت برخوردار است .
- در استفاده از نتایج پژوهشهای محققان دیگر به مرجع مورد استفاده استناد شده است .
- مطالب مندرج در پایان نامه تاکنون توسط خود یا فرد دیگری برای دریافت هیچ نوع مدرک یا امتیازی در هیچ جا ارائه نشده است .
- کلیه حقوق معنوی این اثر متعلق به دانشگاه صنعتی شاهرود می باشد و مقالات مستخرج با نام « دانشگاه صنعتی شاهرود » و یا « Shahrood University of Technology » به چاپ خواهد رسید .
- حقوق معنوی تمام افرادی که در به دست آمدن نتایج اصلی پایان نامه تأثیرگذار بوده اند در مقالات مستخرج از پایان نامه رعایت می گردد.
- در کلیه مراحل انجام این پایان نامه ، در مواردی که از موجود زنده (یا بافتهای آنها) استفاده شده است ضوابط و اصول اخلاقی رعایت شده است .
- در کلیه مراحل انجام این پایان نامه، در مواردی که به حوزه اطلاعات شخصی افراد دسترسی یافته یا استفاده شده است اصل رازداری ، ضوابط و اصول اخلاق انسانی رعایت شده است .

تاریخ

امضای دانشجو

مالکیت نتایج و حق نشر

- کلیه حقوق معنوی این اثر و محصولات آن (مقالات مستخرج ، کتاب ، برنامه های رایانه ای ، نرم افزار ها و تجهیزات ساخته شده است) متعلق به دانشگاه صنعتی شاهرود می باشد . این مطلب باید به نحو مقتضی در تولیدات علمی مربوطه ذکر شود .
- استفاده از اطلاعات و نتایج موجود در پایان نامه بدون ذکر مرجع مجاز نمی باشد.

*** متن این صفحه نیز باید در ابتدای نسخه های تکثیر شده پایان نامه وجود داشته باشد .**

چکیده:

با افزایش روزافزون تقاضای مشتریان بزرگ و کوچک صنعتی برای تولید محصولات با کیفیت‌تر و پربازده‌تر، نوعی کنترلر ناظر تحت عنوان تشخیص و شناسایی خطا بوجود آمد. روش‌های پیشرفته تشخیص و شناسایی خطا نیز بیشتر بر مبنای ریاضیات سیگنالی و مدل‌های تحلیلی است که از راه تحلیل تئوری سیستم و گاها شبیه‌سازی‌هایی است که از طریق افراد خبره و متخصص امر به‌دست می‌آید. در این پایان نامه به ترتیب به معرفی انواع خطا، روش‌های شناسایی خطا، سپس به معرفی مشاهده‌گر مود لغزشی و پیاده سازی ان برای تشخیص خطا روی آورده‌ایم. ایده بکار گرفته شده پیاده سازی **الگوریتم بهینه سازی** بر روی مشاهده‌گر مود لغزشی مبتنی بر **شبکه عصبی** به‌منظور تشخیص خطا، بدون انجام خطی سازی است. برای بررسی صحت و کارایی ایده؛ مقایسه ای بین خطای تخمین حالات، خطای تخمین خطا، تخمین حالات و تخمین خطا انجام شده است.

کلمات کلیدی: شناسایی و تشخیص خطا، مود لغزشی، مشاهده گر، شبکه‌های عصبی

فهرست مطالب

فصل اول: مقدمه ای بر لزوم، تاریخچه و روشهای شناسایی خطا..... ۱

۱- آشنایی با خطا و اصطلاحات خطا ۲

۱-۱- تعریف خطا ۲

۱-۱-۱-تمیز دادن خطا ۲

۱-۲-تاریخچه خطا..... ۵

۱-۳-لزوم شناسایی خطا ۷

فصل دوم: معرفی و مرور روش های تشخیص و جداسازی خطا..... ۸

۲-۱- نگاه اتوماسیونی به خطا و روش های اتوماسیونی تشخیص خطا..... ۹

۲-۱-۱- فرآیندهای اتوماسیونی و فرآیندهای نظارت ۹

۲-۱-۲-تشخیص خطا در سطح اتوماسیون صنعتی ۱۱

۲-۱-۳-نگاه نموداری جامع به تشخیص خطای اتوماسیونی ۱۳

۲-۲-تشخیص و جداسازی خطا مبتنی بر مشاهدات چشمی..... ۱۴

۲-۲-۱-تشخیص و جداسازی خطا مبتنی بر بررسی تغییرات سنسورها ۱۴

۲-۲-۲- تشخیص و جداسازی خطا مبتنی بر تحلیل فرکانسی..... ۱۴

۲-۳- تشخیص و جداسازی خطا مبتنی بر مدل‌ها و سیگنال‌ها.....۱۶

۲-۳-۱ تشخیص و جداسازی خطا مبتنی بر مشاهده گرها..... ۱۹

۲-۳-۲- تشخیص و جداسازی خطا مبتنی بر معادلات برابری ۲۰
۲-۳-۳- تشخیص و جداسازی خطا مبتنی بر مشاهده گر مود لغزشی ۲۱
۲-۳-۴- تشخیص و جداسازی خطا مبتنی بر شبکه های عصبی ۲۱
۲-۳-۵- تشخیص و جداسازی خطا مبتنی بر منطق فازی ۲۴
فصل سوم: معرفی و طراحی مشاهده گر مود لغزشی برای تشخیص و جداسازی خطا ۲۵
۳-۱- تاریخچه و معرفی مشاهده‌گرهای مود لغزشی ۲۶
۳-۲-مفاهیم رایج در مشاهده‌گرها ۲۶
۳-۳-مشاهده‌گر اوتکین ۲۶
۳-۴-اصلاح مشاهده‌گر اوتکین ۲۹
۳-۵-مشاهده‌گر والکت و زاک ۳۰
۳-۶-همسان‌سازی مشاهده‌گرهای گسسته ۳۲
۳-۷-قالب همراه مشاهده‌گر والکت و زاک ۳۵
۳-۸-طراحی مشاهده‌گر برای شناسایی خطا ۴۲
۳-۹-الگوریتم گام به گام طراحی مشاهده‌گر مود لغزشی ۴۳
۳-۱۰-فرم همراه مشاهده‌گر مود لغزشی ۴۴
۳-۱۱-بازسازی سیگنال خطای محرک ۴۵
۳-۱۲-مثال پاندول معکوس ۴۶

فصل چهارم:طراحی مشاهده‌گر مود لغزشی، مبتنی بر شبکه های عصبی تابع پایه شعاعی برای تشخیص و جداسازی خطای محرک ۵۳

۴-۱-مقدمه و معرفی شبکه های عصبی ۵۴

۴-۲-تاریخچهٔ شبکه‌های عصبی ۵۵

۴-۳- سلول عصبی مصنوعی ۵۵

۴-۳-۱-توابع تحریک ۵۶

۴-۴-شبکه های عصبی پایه شعاعی..... ۵۷

۴-۵-بیان مسئله و مقدمات لازم ۵۸

۴-۶-طراحی مشاهده گر مود لغزشی ۵۹

۴-۶-۱-پایداری مشاهده‌گر.....۶۱

۴-۷-مثال ربات تک لینکی ۶۳

۴-۸-ایده اصلی پایان نامه، پیاده‌سازی الگوریتم بهینه سازی **PSO** ۶۶

۴-۸-۱-معرفی الگوریتم بهینه سازی **PSO**.....۶۶

۴-۸-۴- مقادیر همگرا شده بهینه سازی(در حالت خطای سینوسی-مثلثی) ۶۷

۴-۸-۵- نتایج حاصل از ایده اصلی پایان نامه، مقایسه خطای تخمین(در حالت خطای سینوسی-مثلثی) ۶۹

۴-۹-نتیجه‌گیری ۷۳

۴-۱۰-پیشنهادهایی برای آینده ۷۴

۴-۱۱-منابع و مراجع ۷۵

فهرست اشکال و جداول

شکل (۲-۱) طرح ساده شده ای از فرآیندهای اتوماسیون ۱۰

شکل(۲-۲) طرحی برای تشخیص خطا بههمراه مدلهای سیگنال ۱۲

شکل(۲-۳)طرحی برای تشخیص خطا بههمراه مدلهای فرآیند ۱۲

شکل(۲-۴) نمودار جامع روشهای تشخیص خطا ۱۳

شکل(۲-۶) تشخیص خطا بهصورت حلقه بسته در قسمت های مختلف رخدادی ۱۴

شکل(۲-۷) شناسایی خطا مبتنی بر آستانههای تطبیقی در یک دستگاه سروو هیدرولیک ۱۵

شکل(۲-۸) مکانهای بروز خطا در یک سیستم و اثرات مخرب خطا ۱۷

شکل(۲-۹) بررسی شناسایی خطا، از دیدگاه زمان ورود به سیستم ۱۸

شکل(۲-۱۰) بررسی شناسایی خطا از دیدگاه نوع مدلی ورودی به سیستم ۱۸

شکل(۲-۱۱) مدلهای قابل دستیابی به مانده در یک سیستم نامی ۱۹

شکل(۲-۱۶) نمایش سیستم به همراه مدل ریاضی آن، بهمنظور تولید مانده ۲۰

شکل(۲-۱۸)شناسایی خطا مبتنی بر شبکه عصبی ۲۲

شکل(۳-۱) مدل بلوکی مشاهدهگر مود لغزشی به منظور تشخیص و جداسازی خطا ۴۶

شکل(۳-۲) خطا محرک و خطای بازسازی شده آن ۴۸

شکل(۳-۳) نمایش هم زمان حالات واقعی (X) و حالات تخمین زده شده(X) ۴۹

شکل(۳-۴) نمایش هم زمان حالات واقعی (X) و حالات تخمین زده شده(X) ۵۰

شکل(۳-۵) خطای محرک و شکل بازسازی شده آن(نقطه چین) ۵۱

شکل(۳-۶) بلوک دیاگرام بازسازی خطا با استفاده از مشاهدهگر مود لغزشی ۵۱

شکل(۴-۱) نمایش یک سلول عصبی واقعی ۵۴
شکل (۴-۲) مدل یک شبکه عصبی مصنوعی..... ۵۵
شکل(۴-۳) توابع محرک(فعالساز) شبکههای عصبی..... ۵۶
شکل(۴-۴) ساختار شبکه RBF ۵۷
شکل(۴-۵) شکل روبات تک لینکی ۶۳
شکل(۴-۶) موقعیت روبات و تخمین آن..... ۶۵
شکل(۴-۷) سرعت لینک روبات و تخمین آن ۶۵
شکل(۴-۸) خطا و تخمین خطا(نقطه چین)..... ۶۵
شکل(۴-۹) نمایش همگرا شده بهینه مقادیر اولیه انتگرال گیرها..... ۶۷
شکل(۴-۱۰) نمایش همگرا شده بهینه مقادیر مراکز توابع تحریک شبکه عصبی..... ۶۷
شکل(۴-۱۱) نمایش همگرا شده بهینه مقدار شعاع توابع تحریک شبکه عصبی..... ۶۸
شکل(۴-۱۲) نمایش همگرا شده بهینه سازی شده گام آموزش شبکه عصبی..... ۶۸
شکل(۴-۱۳) نمایش همگرا شده بهینه مقادیر اولیه و نهایی شبکه عصبی..... ۶۸
شکل(۴-۱۴) نمایش همگرا شده بهینه سازی شده بهره مشاهده گر جهت قطبها..... ۶۹
شکل(۴-۱۵) خطای تخمین بازسازی خطا در حالت خطای سینوسی- مثلثی و بدون عمل بهینه سازی ۷۰
شکل(۴-۱۶) خطای تخمین بازسازی خطا در حالت خطای سینوسی- مثلثی و با عمل بهینه سازی ۷۰
شکل(۴-۱۷) خطای تخمین موقعیت روبات با عمل بهینه سازی..... ۷۰
شکل(۴-۱۸) خطای تخمین موقعیت روبات بدون عمل بهینه سازی ۷۱

شکل(۴-۱۹) خطای تخمین سرعت روبات با عمل بهینه سازی..... ۷۱
شکل(۴-۲۰) خطای تخمین سرعت روبات بدون عمل بهینه سازی..... ۷۱
شکل(۴-۲۱) نمایش موقعیت روبات و تخمین موقعیت روبات با عمل بهینه سازی ۷۲
شکل(۴-۲۲) نمایش سرعت روبات و تخمین موقعیت روبات با عمل بهینه سازی ۷۲
شکل(۴-۲۳) نمایش خطای رخدادی و خطای بازسازی شده با عمل بهینه سازی..... ۷۲

جدول(۳-۱) مقادیر پارامترهای معادلات سیستم پاندول معکوس ۴۷
جدول(۴-۱) مقادیر پارامترهای ربات تک لینکی.....۶۴

فصل اول:

مقدمه ای بر لزوم، تاریخچه و روش‌های شناسایی خطا

۱- آشنایی با خطا و اصطلاحات خطا

قبل از وارد شدن به مقوله خطا و اصطلاحات خطا، لازم بود که برای بحث شناسایی و تشخیص خطا؛ ادبیات درخور شأنی تهیه ببینیم که اهداف ما از مفاهیم این حوزه از علم را تحت پوشش قرار دهد.

به نظر شاید کمی دشوار به نظر برسد که واقعا چه تفاوتی بین خطا، شکست، بدعمل کردن، اشتباه و نیز از نگاهی دیگر چه تفاوتی بین تشخیص، جداسازی، شناسایی و شناخت وجود دارد؟ در اینجا بود که اصطلاحات و مفاهیمی تعریف شد تا تمایزی بین این مفاهیم برقرار شود[1]

۱-۱- تعریف خطا

خطا(Fault) : انحراف حداقل یک مشخصه و یا پارامتر سیستم از مقدار مطلوب یا شرایط استاندارد.

۱-۱-۱-تمیز دادن خطا

بر اساس مشخصه سیگنالی

خطا(Fault) : انحراف حداقل یک مشخصه و یا پارامتر سیستم از مقدار مطلوب یا شرایط استاندارد.

شکست(Failure) : وقفه دائمی یک سیستم در حال کار، که توانایی انجام یک عملکرد مطلوب در یک شرایط عملیاتی مشخص را دارد. که این نامطلوبی معمولا با خاموشی و صدای ناگهانی همراه است.

بدعمل کردن(Malfunction) : بی نظمی متناوب در تحقق انجام یک عمل مطلوب در سیستم است، که این نامطلوبی معمولا همراه با صداهای اهسته و متناوب قابل شنیدن هم هست.

اشتباه(Error) : به انحراف بین مقدار اندازه گیری شده یا مقدار محاسبه شده یک متغیر خروجی از میزان صحیح نظری که معمولا حاصل محاسبات روی کاغذ یا محیط شبیه سازی است، گفته می‌شود.

اغتشاش(Disturbance) : ورودی ناخواسته ای از جنس دینامیک مدل نشده که در فرکانس های پایین نمود پیدا می‌کند و غیر قابل کنترل بوده، نیز خروجی مشخصی هم ندارد.

اختلال(Perturbation): نوعی ورودی کنشی به سیستم است که موجبات خروج موقتی سیستم را از حالت جاری و فعلی خودش را رقم بزند.

مانده(Residual): به نوعی اشاره گر خطاست، که مبتنی بر میزان انحراف مقادیر عملی اندازه گیری شده و محاسبات معادلات مدلی سیستم است.

بر اساس مشخصه تابعی

تشخیص خطا(Fault detection) : اشاره به وجود خطا در سیستم را دارد، و یا به نوعی معرف این مهم است که آیا در سیستم خطا رخ داده است یا نه؟

جداسازی خطا(Fault isolation) : تعیین آن مکان یا قسمت از سیستم است که در آنجا خطایی رخ داده است. که این در دنباله تشخیص خطا است.

تعیین خطا(Fault determination): معرف مدت زمانی است که سیستم با خطا مواجه بوده و نیز بیانگر میزان دامنه خطای رخدادی است.

شناسایی خطا(Fault diagnosis) : معرف نوع، مکان، میزان و زمان خطایی است که رخ داده است.

که این مرحله در امتداد تشخیص، جداسازی و تعیین خطا است.

بازسازی خطا(Fault reconstructions): اخرین مرحله از فرآیند این مقوله است، و شکل نموداری خطا را که معرف تمام ویژگی‌های خطا است را به‌ما معرفی می‌کند.

بر اساس مشخصه مطلوبیتی

اطمینان پذیری(Reliability): توانایی سیستم برای انجام یک عملکرد مورد نیاز تحت شرایط معلوم، در یک دامنه داده شده و مشخص، و نیز در طول یک دوره زمانی معین و مشخص.

ایمنی(Safety) : توانایی سیستم از بابت این مهم که خطر و تهدیدی برای افراد انسانی، محیط و تجهیزات نداشته باشد.

دسترس پذیری(Availability) : امکان این مهم که سیستم یا تجهیزات مربوطه، در هر لحظه از زمان عملکردی سیستم؛ رضایت مندی و مفید بودن را برای ما به ارمغان می‌آورد.

اعتمادپذیری(Dependability): در واقع نوعی از دسترس پذیری بوده که ملاک ها و نیاز های مورد نیاز عملکردی معین، در طول دوره زمانی کارکرد سیستم را تأمین می‌کند.

بر اساس مشخصه زمانی خطا

خطای ناگهانی(Abrupt fault): خطای مدل شده ای است که شبیه تابع پله بوده و بیانگر خرابی در قسمتی از سیستم بوده و نیز نشان‌دهنده تنظیم نامناسب است.

خطای نرم(Incipient fault): خطای مدل شده ای است که شبیه تابع شیب بوده و نشان‌دهنده رانش در سیگنال مطلوب است.

خطای موقتی(Intermittent fault): خطای مدل شده ای که شبیه تابع پالس بوده و نیز متناوب است.

۱-۲-تاریخچه خطا

در حدود سال ۱۹۶۰، تاثیر عملکرد اتوماسیون‌های صنعتی و طراحی پردازنده‌های صنعتی به‌طور گسترده و روزافزونی افزایش یافت. این گسترش روندِ در حال توسعه‌ی اتوماسیونی شدن، دلیلی برای تقاضای افزایش عملکرد پردازش یا کیفیت محصولات بود، که خود خواهان استقلال انجام عملکرد پردازش از حضور انسان(پردازش بدون حضور انسان) است؛ و چون گزینه انسان به‌شکل مستقیم حضور نخواهد داشت؛ لذا این عدم وابستگی به انسان، هر چند که مزیت رهایی کاربرها از انجام وظایف و کارهای یک‌نواخت و نیز کاهش دست‌مزدها را در بردارد، اما موجبات وجود خطا را افزایش می‌داد.

پیاده‌سازی آنلاین(روی خط) فرآیندهای کامپیوتری عملی در سال ۱۹۶۰، راهی نوین برای بهبود و پیشرفت در روش‌های نظارت را باز کرد، مانند روند تجزیه وتحلیل در امر نظارت. در سال ۱۹۶۸ کنترلرهای قابل برنامه‌ریزی منطقی به‌منظور جایگزینی از رله‌های الکترومکانیکی به کنترلرهای سخت‌افزاری معرفی شدند. که این موجب تحقق سیستم‌های حفاظی آسان‌تر شد. ظهور و پیدایش میکروکنترلرها در سال ۱۹۷۱ و افزایش کارایی آنها در مرکز زدایی فرآیند سیستم‌های اتوماسیونی در سال ۱۹۷۵، شروعی بر محاسباتی

شدن هرچه بیشتر نرم‌افزارهای مبتنی بر نظارت و الگوریتم‌های تشخیص خطا بود. نخستین انتشاراتی که بر فرآیندهای مبتنی بر مدل و روش‌های تشخیص خطا منتشر شد، در خصوص ارتباطات سیستم‌های هوافضا بود،[۲] وطرح‌های دارویی و شیمیایی بود. تعدادی از این مفاهیم اولیه را می‌توان به‌عنوان روش‌های رابط برابری طبقه‌بندی کرد، که این روش‌ها می‌توانند شامل بررسی سازگاری وسایل استفاده شده و توازن مواد باشند. این توازن مواد که گاها باعث تولید مانده وزن(عدم دقت در وزن) می‌شوند، برای مثال می‌توانند برای تشخیص نشتی در یک خط لوله استفاده شود،[۳].

روش‌های مبتنی بر مشاهده‌گر حالت به‌منظور تولید مانده در خروجی مانند مشاهده‌گر حالت توسط لوئن‌برگر [۴] و فیلتر کالمن [۵] به سرعت گسترش یافتند، بعدها به‌علت بروز تحلیل‌های مازاد و رو به افزونی که بین تعدادی اقدامات برای تشخیص خطای سنسورها به‌وجود آمد، بانکی از مشاهده‌گرها مورد تأیید و استفاده قرار گرفته[۶]و بعدها به‌منظور جبران ورودی‌های اندازه‌گیری نشده در یک سیستم، مشاهده‌گرهای ورودی ناشناخته یا مشاهده‌گرهای خروجی نیز گسترش یافتند،[۷].

استفاده از تخمین پارامترها، از دیگر روش‌های تشخیص خطا است، که برای اولین بار در [۸] انتشار یافت؛ که در زمینه توربین جت بود. و بعدها برای فرآیندهای عمومی مانند پمپ‌های در گردش، موتورهای DC و موتورهای الکتریکی مورد استفاده واقع شد [۹].

علاوه بر موارد ذکر شده در بالا چندین کتاب ارزشمند در زمینه تشخیص خطا،و خلاصه هایی از کارهای انجام شده در [۱۰]، [۱۱]، [۱۲]، [۱۳]، آورده شده اند.لازم به ذکر است که کتاب‌های یاد شده بیشتر بر زمینه روش‌های مبتنی بر مدل و مبتنی بر فرایند فعالیت داشته و عکس‌های مناسبی هم عرضه کرده‌اند.