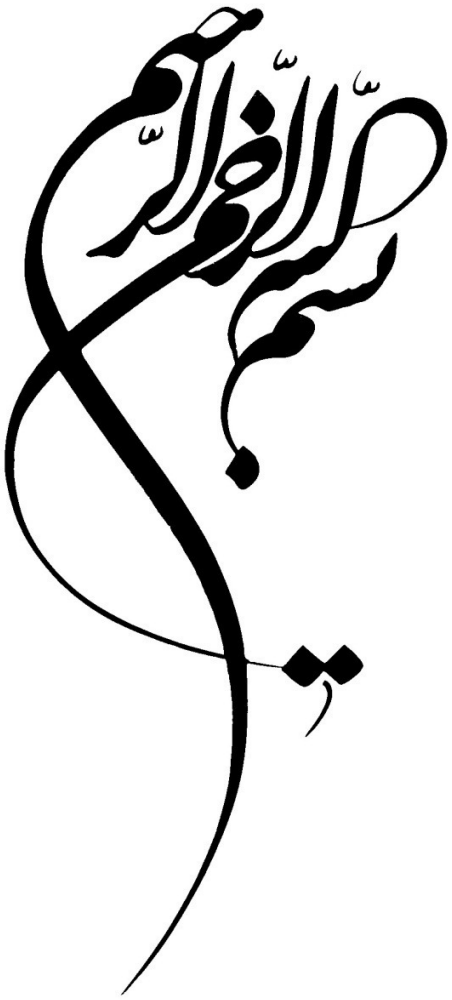

بسم الله الرحمن الرحیم

**دانشکده مهندسی برق و کامپیوتر**

**گروه مهندسی برق - کنترل**

پایان‌نامه

برای دریافت درجه کارشناسی ارشد مهندسی برق – کنترل

عنوان

# خطایابی سیستم‌های گسسته پیشامد توسط شبکه‌های پتری هیبرید

استادان راهنما

**دکتر سهراب خان‌محمدی**

**دکتر محمد علی بادامچی‌زاده**

پژوهشگر

**رویا رنگارنگی حکم‌اباد**

شهریور ماه ۱۳۹۰

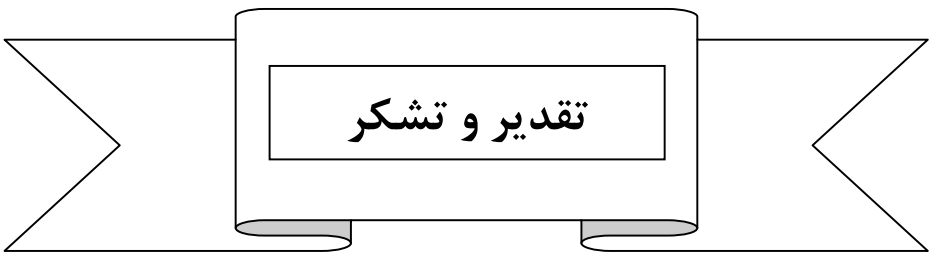
با سپاس از خداوند متعال

**تقدیم به:**

خانواده مهربانم  که هر آنچه هستم از هستی آن‌هاست

و

تمام آموزگاران زندگیم که هرگز فراموششان نخواهم کرد.



سپاس خدای را که نبات را روییدن آموخت و انسان را آموختن.

و اینک لازم می‌دانم در پایان این مقطع از تحصیلم از تمامی معلمان، مربیان و اساتیدی که چراغ هدایتم شدند سپاسگزاری کنم.

در این میان بویژه از استاد گرانقدر جناب آقای دکتر خان‌محمدی و دکتر بادامچی‌زاده که در تمامی دوران تحصیل در دانشگاه تبریز ، از تجربیات و راهنمایی‌های ارزنده ایشان بهره‌مند بودم، نهایت سپاس را دارم.

در خاتمه از تمامی عزیزانی که به نحوی در انجام پایان‌نامه مرا یاری نموده‌اند، نهایت تشکر و سپاسگزاری را دارم.

نام خانوادگی دانشجو: **رنگارنگی حکم‌اباد** نام: **رویا**

عنوان پایان‌نامه: **خطایابی سیستم‌های گسسته پیشامد با استفاده از شبکه‌های پتری هیبرید**

استادان راهنما: **پروفسور سهراب خان‌محمدی و دکتر محمدعلی بادامچی‌زاده**

مقطع تحصیلی: **کارشناسی ارشد** رشته: **مهندسی برق** گرایش: **کنترل** دانشگاه: **تبریز**

دانشکده: **مهندسی برق و کامپیوتر** تاریخ فارغ التحصیلی: ۹۰/۶/۱۶

تعداد صفحات: ۸۳

کلیدواژه‌ها: **تشخیص خطا، سیستمهای گسسته پیشامد ، شبکه‌های پتری، شبکه های پتری هیبرید و شبکه‌های عصبی**

**چکیده:**

هدف این پایان‌نامه، تشخیص خطا برای سیستم‌های گسسته پیشامد توسط شبکه‌های پتری-عصبی (NPNs) می‌باشد. در ابتدا سیستم گسسته پیشامد توسط شبکه پتری مدلسازی می‌شود. با فرض اینکه مهره‌گذاری اولیه در دسترس باشد، خطاها توسط گذرهای رویت‌ناپذیر مدلسازی می‌شود. در این پایان‌نامه مهره‌گذاری g-marking معرفی شده است که در آن محل‌ها می‌تواند تعداد مهره منفی داشته باشد و هنگامی که این واقعه رخ می‌دهد، نمایانگر این است که خطایی ممکن است در سیستم اتفاق بیفتد.

شبکه‌های عصبی(NNs) نقش بسیار مهمی در بهبود نتایج حاصله دارد. خروجی شبکه‌های عصبی در ارتباط با گذرهای رویت‌ناپذیر است و درصد تعداد خطای احتمالی مورد نظر را گزارش می‌دهد؛ بنابراین با استفاده این روش، می‌توان خطاهای احتمالی را الویت‌بندی کرده و در ابتدا اپراتور خطایی را که درصد بیشتری دارد، بررسی خواهد کرد. بعد از اینکه اپراتور اولین محل خطا را بررسی کرد، ممکن است خطای مورد نظر در این محل اتفاق افتاده باشد یا خطای مورد نظر در این محل اتفاق نیفتاده

**ادامه چکیده پایان‌نامه:**

باشد؛ در حالت اول واضح است که به بررسی رفع خطا پرداخته خواهد شد و به مقدار در صد این خطا در مرجع شبکه عصبی افزوده خواهد شد و در حالت دوم اپراتور به سراغ محل خطا با در صد بیشتر بعدی خواهد رفت و از مقدار درصد خطای اولی در مرجع شبکه عصبی کاسته خواهد شد و روند به همین ترتیب ادامه خواهد یافت؛ بنابراین با این روش می‌توان در وقت صرفه‌جویی کرد.

نتایج مدل سازی و تشخیص، بیانگر کارآیی روش‌های پیشنهادی می‌باشد. این نشان می دهد که روش‌های پیشنهادی می‌تواند با عملکرد سریع به خوبی از سیستم محافظت کرده و در صورت بروز مشکل به خوبی اپراتور را راهنمایی کند و در مقایسه با کارهای انجام شده قبلی، نتایج بهینه‌تری بدست می‌آید زیرا که در کارهای قبلی فقط احتمال بروز خطا بیان شده بود؛ در حالی‌که در روش جدید پیشنهادی می‌توان به درصد خطای احتمالی دست یافت.

## فهرست مطالب

فهرست شکل‌ها..... X
فهرست جدول‌ها..... XI
فهرست اختصارات..... XII
فهرست علائم..... XIII

## پیشینه پژوهش و بررسی منابع

**فصل اول: مقدمه** ..... ۲
۱-۱.مدلسازی و تشخیص خطا با استفاده از شبکه‌های پتری هیبرید ..... ۳

## مواد و روش‌ها

**فصل دوم: تشخیص خطا توسط شبکه‌های پتری** ..... ۹
۲-۱. معرفی شبکه‌های پتری ..... ۱۱
۲-۱-۱. مقدمه ..... ۱۲
۲-۱-۲. تاریخچه شبکه‌های پتری ..... ۱۴
۲-۱-۳. کاربردهای شبکه‌های پتری ..... ۱۵
۲-۲. مدلسازی توسط شبکه‌های پتری ..... ۱۶
۲-۲-۱. ساختار شبکه‌های پتری ..... ۱۷
۲-۲-۲.مهره‌گذاری شبکه‌های پتری ..... ۱۹
۲-۲-۳. شبیه‌سازی رفتار دینامیک سیستم توسط شبکه‌های پتری ..... ۲۰
۲-۲-۴. ماتریس تلاقی شبکه‌های پتری ..... ۲۲
۲-۲-۵. معادله حالت شبکه‌های پتری ..... ۲۲
۲-۲-۶. آتش کردن گذرهای شبکه‌های پتری ..... ۲۳

۲-۳. Generalized- Marking ..... ۲۵
۲-۴. الگوریتم تشخیص خطا توسط شبکه‌های پتری ..... ۳۰

**فصل سوم: تشخیص خطا توسط شبکه‌های پتری- عصبی ..... ۳۴**
۳-۱. معرفی شبکه‌های عصبی ..... ۳۵
۳-۱-۱. مقدمه ..... ۳۶
۳-۱-۲. کاربردهای شبکه‌های عصبی ..... ۳۷
۳-۱-۳. مزایای شبکه‌های عصبی ..... ۳۸
۳-۲. ساختار شبکه‌های عصبی ..... ۳۹
۳-۲-۱. نحوه کارکرد شبکه‌های عصبی ..... ۴۰
۳-۲-۲.مدل سلول عصبی ..... ۴۰
۳-۲-۳. آموزش شبکه‌های عصبی ..... ۴۲
۳-۳. الگوریتم پس انتشار خطا برای شبکه‌های چند لایه ..... ۴۴
۳-۴. شبکه‌های پتری- عصبی ..... ۴۹
۳-۵. تشخیص خطا توسط شبکه‌های پتری- عصبی ..... ۵۲
۳-۵-۱. مقدمه ..... ۵۳
۳-۵-۲.طراحی یک محیط شبیه‌سازی شبکه‌های عصبی ..... ۵۶
۳-۵-۳. ساختار استفاده شده برای شبکه‌های عصبی ..... ۵۷
۳-۵-۴. الگوریتم تشخیص خطا توسط شبکه‌های پتری- عصبی ..... ۵۸

## نتایج و بحث

**فصل چهارم: بررسی نتایج حاصل از تشخیص خطا توسط شبکه‌های پتری و شبکه‌های پتری- عصبی و مقایسه آنها ..... ۶۵**
۴-۱. نتایج حاصل از شبیه‌سازی یک سیستم صنعتی ..... ۶۶
۴-۲. نتایج حاصل از شبیه‌سازی یک سیستم با سه ماشین و دو اپراتور ..... ۷۴

## نتیجه‌گیری و پیشنهادات

نتیجه‌گیری و پیشنهادات ..... ۸۰
مراجع ..... ۸۲

# فهرست شکل‌ها


شکل ۲- ۱: مدلسازی توسط شبکه‌های پتری ..... ۱۳

شکل ۲- ۲: نمونه‌ای از یک شبکه پتری ..... ۱۸

شکل ۲- ۳: نمونه‌ای از آتش کردن گذر ..... ۲۱

شکل ۲- ۴: مثالی برای مدل شبکه پتری ..... ۲۷

شکل ۳- ۱: نحوه کارکرد شبکه‌های عصبی ..... ۴۰

شکل ۳- ۲: سلول عصبی چند ورودی ..... ۴۱

شکل ۳- ۳: ساختار سه لایه شبکه عصبی ..... ۴۲

شکل ۳- ۴: ساختار آموزش شبکه‌های عصبی ..... ۴۲

شکل ۳- ۵: نمونه‌ای از یک شبکه پتری- عصبی ..... ۵۱

شکل ۳- ۶: تشخیص خطا توسط شبکه‌های پتری- عصبی ..... ۵۴

شکل ۳-۷: نمونه‌ای از تابع فعال‌ساز شبکه‌های عصبی ..... ۵۷

شکل ۴- ۱: مدل شبکه پتری یک سیستم صنعتی ..... ۶۸

شکل ۴- ۲: مدل شبکه پتری- عصبی یک سیستم صنعتی ..... ۷۵

# فهرست جدول‌ها

جدول ۲ – ۱: توصیف‌های متفاوتی از مفاهیم محل‌ها و گذرها ..... ۱۷
جدول ۲ – ۲: ساختار شبکه‌های پتری ..... ۲۰
جدول ۳ – ۱: نحوه تنظیم مرجع شبکه عصبی ..... ۵۵
جدول ۴ – ۱: نتایج الگوریتم تشخیص خطا توسط شبکه پتری برای شبکه شکل (۴– ۱) ..... ۷۰
جدول ۴ – ۲: نتایج الگوریتم تشخیص خطا توسط شبکه پتری– عصبی برای شبکه شکل (۴– ۱) ..... ۷۲
جدول ۴ – ۲: نتایج الگوریتم تشخیص خطا توسط شبکه پتری– عصبی برای شبکه شکل (۴– ۲) ..... ۷۸

# فهرست اختصارات

| | |
|---|---|
| ANN | Artifical Neural Networks |
| G- marking | Generalized marking |
| NNs | Neural Networks |
| NPNs | Neural Petri Nets |
| PNs | Petri Nets |

# فهرست علائم

| نحوه نمایش | نام پارامتر |
|---|---|
| $\boldsymbol{P}$ | مجموعه محل‌ها |
| $\boldsymbol{T}$ | مجموعه گذرها |
| $\boldsymbol{I}$ | تابع ورودی |
| $\boldsymbol{O}$ | تابع خروجی |
| $\boldsymbol{C}$ | ساختار شبکه پتری |
| $\boldsymbol{\mu}$ | مهره‌گذاری |
| $\boldsymbol{C}$ | ماتریس تلاقی |
| $\boldsymbol{Pre}$ | ماتریس تلاقی قبل از آتش کردن |
| $\boldsymbol{Post}$ | ماتریس تلاقی بعد از آتش کردن |
| $\boldsymbol{u}$ | ورودی کنترل |
| $\boldsymbol{\sigma}$ | تابع حالت بعدی |
| $\boldsymbol{m}$ | مهره‌گذاری |
| $m_0$ | مهره‌گذاری اولیه شبکه پتری |
| $\boldsymbol{\acute{m}}$ | مهره‌گذاری مرحله بعدی |
| $\boldsymbol{R}$ | مجموعه‌ای از مهره‌گذاری دسترس‌پذیر |
| $\boldsymbol{\pi}$ | بردار شمارش آتش |
| $\boldsymbol{t}$ | گذر |
| $\boldsymbol{T_0}$ | مجموعه گذرهای رویت‌پذیر |
| $\boldsymbol{T_{u_0}}$ | مجموعه گذرهای رویت‌ناپذیر |
| $\boldsymbol{T_f}$ | مجموعه گذرهای خطا |
| $\boldsymbol{n}$ | تعداد گذرها |
| $\boldsymbol{n_{u_0}}$ | تعداد گذرهای رویت‌ناپذیر |
| $\boldsymbol{n_f}$ | تعداد گذرهای خطا |
| $\boldsymbol{T^*_{u_0}}$ | مجموعه تمامی توالی‌های ممکنه از واقعه‌های رویت‌ناپذیر |

| | |
|---|---|
| $\epsilon$ | توالی از گذرهای رویت‌ناپذیر |
| $W$ | وزن شبکه عصبی |
| $\eta$ | نرخ آموزش شبکه عصبی |
| $s$ | تعداد لایه شبکه عصبی |
| $\delta$ | خطای محلی شبکه عصبی |
| $X$ | بردار ورودی شبکه عصبی |
| $Z$ | مجموعه کمان‌ها مابین محل‌ها و گذرها |
| $A$ | مجموعه رابطه‌ها مابین محل‌ها و گذرها |

# پیشینه پژوهش و بررسی منابع

# پیشینه پژوهش و بررسی منابع

# فصل اول

## مقدمه

۱-۱. مدلسازی و تشخیص خطا با استفاده از شبکه‌های پتری هیبرید

# فصل اول

## بخش اول

مدلسازی و تشخیص خطا با استفاده از شبکه‌های پتری هیبرید

# فصل اول

# مقدمه

## ۱-۱. مدلسازی و تشخیص خطا با استفاده از شبکه‌های پتری هیبرید

سالم بودن و قابل اطمینان بودن عملکرد سیستم‌های تکنیکی یک امر بسیار مهم هم برای حفظ بشر و محیط و هم برای سرمایه‌گذاری اقتصادی است. عملکرد مناسب این سیستم‌ها اثر بسیار مهمی بر روی هزینه‌های تولید و کیفیت محصول می‌گذارد؛ بنابراین بایستی با تشخیص خطا مانع از رفتار غیر نرمال سیستم شده و از آسیب رسیدن به ابزار آلات و زندگی بشر جلوگیری نمود تا با این راهبرد بتوان برای عملکردهای ضروری و همچنین تعمیر وسایل آسیب دیده، یک تصمیم صحیح گرفت.

برای تشخیص خطا تحقیق‌های بسیار گسترده‌ای در مهندسی کنترل و اتوماتیک انجام گرفته است. فرایندهای اتوماتیک بسیار پیچیده و آسیب‌پذیر می‌باشند (که به عنوان مثال محدودیت‌هایی مابین نواحی کنترل انرژی[1] در سیستم‌ها وجود دارد)؛ پس بایستی تکنیک‌های تشخیص خطا در زمینه‌های مختلفی از این سیستم‌ها مورد استفاده قرار بگیرد. زمانی که یک خطا اتفاق می‌افتد، اجزای سیستم‌ها نبایستی مجبور شوند که خارج از محدودیت‌های طراحی عمل کنند؛ بنابراین قبل از اینکه خطای موجود در سیستم، آسیب زیادی برساند بایستی خطا فوراً شناسایی شود. برای دستیابی به این هدف

[1] National Electrical System (SEN)

بایستی یک هماهنگی کامل مابین اجزا برقرار باشد. تکنیک‌های تشخیص خطا در مهندسی سیستم‌ها و کنترل، هوش مصنوعی، ریاضیات و احتمالات بسیار گسترده شده است که در زمینه‌های شیمی، برق، مکانیک و مهندسی هوا و فضا کاربردهای بسیار مهمی را دارا می‌باشد.

بررسی تشخیص خطا در ابتدا برای سیستم‌های گسسته پیشامد[1] رشد و توسعه یافت. شبکه‌های پتری به عنوان ابزاری برای مدلسازی سیستم‌های گسسته پیشامد مورد استفاده قرار می‌گیرد که یک راهبرد بسیار خوب برای حل محدودیت‌هایی است که قبلاً در هنگام استفاده از روشهای قبلی کاربر را محدود می‌کردند [۱].

تشخیص خطا هم برای سیستم و هم برای اپراتور بسیار تعیین کننده می باشد. بنابراین این موضوع در زمینه سیستم‌های گسسته پیشامد از اوایل دهه ۹۰ بسیار مورد توجه قرار گرفته است. سیستمهای کنترل با انواع خطاها از جمله خطای محرک ها، خطای کنترلر و ... مواجه است. بنابراین نیاز به ابزاری قوی برای تشخیص به موقع آنها داریم.

در این پایان‌نامه الگوریتم‌های تشخیص و جداسازی خطا برای سیستم‌هایی به کار رفته‌اند که توسط شبکه‌های پتری مدلسازی شده و می‌توانند در مدهای نرمال یا خطا قرار بگیرند.

در مرجع [۲]، رویکرد جدیدی برای تشخیص خطای سیستم‌های گسسته پیشامد ارائه شده است که می‌تواند خطای سیستم را به صورت آنلاین محاسبه کند که در آن برای مدلسازی سیستم از شبکه‌های پتری استفاده شده است. همچنین برای بهبود بازدهی مدل، مقداری از محاسبات به صورت آفلاین انجام شده است که در اینصورت ضرورتی برای داشتن حافظه زیاد نخواهد بود.

در مرجع [۳]، مشکل تشخیص خطا برای سیستم‌های گسسته پیشامد در چارچوب شبکه‌های پتری بحث شده است. در اینجا فرض بر این است که مدل و مهره گذاری اولیه در دست است و خطاها به عنوان گذرهای رویت ناپذیر مدل شده است. لازم به ذکر است که روش پیشنهادی به صورت آنلاین کار می کند.

[1] Discrete event systems (DES's)

مرجع [۴]، به مدلسازی طراحی کنترل سیستم‌های مونتاژ انعطاف پذیر پرداخته است که در روش ارائه شده، در رابطه با ساختار فرایندهای مونتاژ و تشخیص خطای آنها بحث شده است که اساس آن بر روی تئوری سیستم‌های گسسته پیشامد و شبکه‌های پتری می باشد.

مرجع [۵]، در رابطه با تشخیص خطای آنلاین می باشد که در آن سیستم توسط Interpreted Petri nets(IPN) مدلسازی شده است. در این مقاله فرض بر این است که حالت‌ها و پیشامدها رویت پذیر هستند. همچنین الگوریتمی برای تشخیص خطا به صورت آنلاین، ارائه شده است.

در مرجع [۶]، فرض شده است که ساختار شبکه‌های پتری و مهره گذاری اولیه شناخته شده هستند و خطاها به عنوان گذرهای رویت ناپذیر مدل شده است. همچنین الگوریتمی ارائه شده است که به صورت آنلاین نشان می‌دهد که آیا رفتار سیستم نرمال است یا خطایی ممکن است اتفاق افتاده باشد. به علاوه ترفندهایی برای کاهش محاسبات پیشنهاد شده است.

در مرجع [۷]، روش G-MARKING برای شبکه‌های پتری استفاده شده است که توسط آن می‌توان به محل وقوع خطا در سیستم‌های گسسته پیشامد دسترسی پیدا کرد.

در مرجع [۸]، سیستم توسط شبکه‌های پتری با داده‌های ارسالی به وسیله خروجی مدلسازی شده است و همچنین به شبکه‌های پتری با سنسورهای گذر و سنسورهای محل اشاره شده است که با مشاهده یک سری از سنسورهای گذر و محل می‌تواند به خطای سیستم پی ببرد.

در مرجع [۹]، الگوریتم پیشنهادی برای شبکه‌های پتری، از اطلاعات با ساختار زمانبندی برای سرعت دادن به تخمین، بهره برده است که در این روش زمان آتش برای بدست آوردن خطای سیستم محاسبه شده است.

در مرجع [۱۰] در مورد تشخیص خطا بر روی سیستم‌های الکتریکی واقع در یکی از شهرهای کشور مکزیک بحث شده است که در آن از یک شبکه پتری برای مدلسازی حالت نرمال و از یک شبکه پتری دیگر برای مدلسازی حالت خطا استفاده شده است. اختلاف مابین این دو مدلسازی محل