



بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ



دانشگاه بین‌المللی امام خمینی (ره)

دانشکده فنی و مهندسی

پایان‌نامه کارشناسی ارشد

رشته مهندسی برق گرایش کنترل

# تشخیص عیب در سیستم‌های غیر خطی با استفاده از سیستم‌های فازی نوع دو

توسط:

طیبه سادات غیائی

استاد راهنما:

دکتر حسن زرآبادی پور

استاد مشاور:

دکتر مهدی علیاری شوره دلی

تابستان ۱۳۹۰

## تعهد نامه اصالت پایان نامه

موضوع پایان نامه:

تشخیص عیب در سیستم‌های غیر خطی با استفاده از سیستم‌های فازی نوع دو

استاد راهنما: دکتر حسن زرآبادی

استاد مشاور: دکتر مهدی علیاری

نام دانشجو: طیبه سادات غیائی

شماره دانشجویی: ۸۷۶۱۸۶۰۰۷

اینجانب طیبه سادات غیائی دانشجوی دوره کارشناسی ارشد مهندسی برق گرایش کنترل دانشکده فنی مهندسی دانشگاه بین‌المللی امام خمینی گواهی می‌نمایم که تحقیقات ارائه شده در این پایان نامه توسط شخص اینجانب انجام شده و صحت و اصالت مطالب نگارش شده مورد تأیید می‌باشد، و در موارد استفاده از کار دیگر محققان به مرجع مورد استفاده اشاره شده است. بعلاوه گواهی می‌نمایم که مطالب مندرج در پایان نامه تاکنون برای دریافت هیچ نوع مدرک یا امتیازی توسط اینجانب یا فرد دیگری در هیچ جا ارائه نشده است و در تدوین متن پایان نامه چارچوب (فرمت) مصوب دانشگاه را بطور کامل رعایت کرده‌ام.

امضاء دانشجو:

تاریخ:

این پایان نامه را به همسرو

پدر و مادر عزیزم

که تمام موفقیت‌های خود را مرهون زحمات آنان می‌دانم، تقدیم می‌نمایم.

## چکیده

وسایل کنترلی که امروزه برای بهبود عملکرد فرآیندهای صنعتی به کار می‌روند دارای پیچیدگی‌های زیادی می‌باشند، این پیچیدگی‌ها هم شامل روش‌های مشکل طراحی دیجیتال هستند و هم پیچیدگی‌های سخت افزاری (حسگرهای ورودی و خروجی، عملگرها و اجزاء و واحد پردازش) را شامل می‌گردند. این پیچیدگی احتمال بروز خرابی در سیستم را بسیار افزایش می‌دهد. در نتیجه سیستم‌های کنترلی بایستی دارای نظارت اتوماتیک بر عملکرد سیستم حلقه بسته به منظور آشکارسازی سریع و ایزولاسیون عیب باشند.

این نوشتار به بررسی آشکارسازی عیب با استفاده از سیستم‌های فازی نوع دو بازه‌ای می‌پردازد. سیستم‌های فازی نوع دو بر اساس مجموعه‌های فازی نوع دو می‌باشند. در این مجموعه‌ها درجه تعلق نیز خود مجموعه‌ای فازی است، در نتیجه دارای انعطاف پذیری بالاتر و قابلیت عملکرد بیشتری نسبت به سیستم‌های فازی نوع یک هستند.

در ابتدا سیستم‌های فازی بازه‌ای نوع یک برای آشکارسازی عیب در دو سیستم به کار گرفته شدند. این سیستم‌ها، دینامیک ساده‌ی خودرو و سیستم تعلیق فعال خودرو می‌باشند. از یک کنترل کننده مشهور برای شبیه سازی پاسخ دینامیکی سیستم تعلیق فعال استفاده گردید. سپس با استفاده از سیستم فازی بازه‌ای نوع یک، محدوده اطمینانی برای داده‌های ورودی - خروجی بدست آمد. سپس آشکارسازی عیب با استفاده از بازه‌ی اطمینان بدست آمده انجام گردید. نتایج شبیه سازی نشان داد که این روش می‌تواند، ابزار مناسبی برای ارزیابی عملکرد دینامیک ساده‌ی خودرو و سیستم تعلیق فعال خودرو باشد.

پس از آن آشکارسازی عیب با استفاده از روش جدیدی بر اساس سیستم‌های فازی نوع دو بازه‌ای برای دو سیستم، تعلیق فعال خودرو و سیستم دو-مخزن بکار گرفته شد. برای رسیدن به این هدف

در ابتدا هر دو سیستم با استفاده از سیستم فازی بازه‌ای نوع دو مدل شدند. با استفاده از مدل بدست آمده سیگنال مانده تولید شد. نتایج شبیه سازی نشان می‌دهد که سیستم‌های فازی نوع دو در مقایسه با سیستم‌های فازی نوع یک ابزار موثرتری برای آشکار سازی سریع عیب می‌باشند و در نهایت جبران عیب برای سیستم تعلیق فعال خودرو با استفاده از سیستم فازی نوع یک و دو انجام گردید.

## تقدیر و تشکر

اینک که به لطف و یاری حق تعالی کتابچه حاضر جهت پایان نامه کارشناسی ارشد اینجانب تهیه گردیده ، بر خود لازم می دانم از اساتید ارجمند جناب آقای دکتر حسن زرآبادی و جناب آقای دکتر مهدی علیاری که در تمامی مراحل انجام این پایان نامه، بنده را یاری نمودند، تشکر نمایم.



# فهرست مطالب

فصل اول: مقدمه	۱
۱-۱ مقدمه	۲
فصل دوم: آشکارسازی عیب بر اساس مدل	۷
۱-۲ مقدمه	۸
۲-۲ مدل‌سازی سیستم‌های دارای عیب	۹
۳-۲ معرفی ساختار کلی تولید کننده مانده	۱۰
۴-۲ شیوه‌های مختلف تولید مانده	۱۲
۱-۴-۲ رویکرد خروجی	۱۲
۲-۴-۲ تساوی پریتمی	۱۳
۳-۴-۲ تخمین و شناسایی پارامترها	۱۳
۴-۴-۲ منطق فازی	۱۴
۵-۴-۲ شبکه‌های عصبی	۱۵
فصل سوم: آشکارسازی عیب با استفاده از سیستم‌های فازی بازهای نوع يك	۱۶
۱-۳ مقدمه	۱۷
۲-۳ مدل‌سازی با استفاده از سیستم فازی بازهای نوع يك	۱۷
۳-۳ مدل‌سازی و آشکارسازی عیب دینامیک ساده شده خودرو با استفاده از سیستم فازی بازهای نوع يك	۲۰
۴-۳ مدل‌سازی سیستم تعلیق فعال خودرو و آشکارسازی عیب با استفاده از سیستم فازی بازهای نوع يك	۲۵
۱-۴-۳ سیستم تعلیق فعال و هدف از استفاده از آن	۲۶
۲-۴-۳ مدل دینامیکی سیستم تعلیق و تحلیل آن	۲۷
۳-۴-۳ معرفی کنترل کننده غیر خطی استفاده شده	۳۱
۴-۴-۳ مدل‌سازی با استفاده از سیستم فازی بازهای نوع يك و تشکیل سیگنال مانده	۳۵
فصل چهارم: آشکارسازی عیب با استفاده از سیستم‌های فازی نوع دو	۴۴
۱-۴ مقدمه	۴۵
۲-۴ معرفی کلی سیستم‌های فازی نوع دو	۴۶
۱-۲-۴ مجموعه‌های فازی نوع دو	۴۶
۲-۲-۴ سیستم‌های فازی نوع دو	۴۸
۳-۴ مدل‌سازی با استفاده از سیستم‌های فازی مرتبه دوم بازهای	۴۹
۴-۴ آشکارسازی عیب در سیستم تعلیق فعال خودرو با استفاده از سیستم‌های فازی نوع دو بازه ای	۵۱
۵-۴ آشکارسازی عیب در سیستم دو-مخزن	۵۹
فصل پنجم: جبران عیب	۶۵
۱-۵ مقدمه	۶۶
۲-۵ طراحی سیستم کنترل مدارا با عیب برای سیستم تعلیق فعال خودرو	۶۶

۷۶	..... فصل ششم: نتیجه‌گیری و پیشنهادات
۷۷	..... نتیجه‌گیری
۷۷	..... فهرست منابع

## فهرست شکل ها:

- شکل ۱-۱: مراحل تشخیص عیب ..... ۳
- شکل ۱-۲: سیستم کنترل مدرن ..... ۳
- شکل ۱-۳: مقایسه دو روش بیان شده برای آشکارسازی عیب ..... ۵
- شکل ۱-۲: طرحی برای آشکارسازی عیب براساس مدل ..... ۸
- شکل ۲-۲: نمایش رفتار دو عیب ناگهانی و تدریجی ..... ۱۱
- شکل ۲-۳: ساختار کلی تولیدکننده مانده ..... ۱۲
- شکل ۲-۴: تولید مانده با استفاده از شبکه عصبی ..... ۱۵
- شکل ۱-۳: نمایش استاتیکی موتور ..... ۲۱
- شکل ۲-۳: ورودی اعمال شده و تخمین سرعت با استفاده از **INFUMO** ..... ۲۲
- شکل ۳-۳: مدل استفاده شده برای تشخیص عیب با استفاده از **INFUMO** ..... ۲۳
- شکل ۳-۴: نمایش سیگنال مانده و سیگنال هشداربه ازای تغییر ناگهانی پارامتر  $\tilde{a}_2$  در لحظه  $t=400$  ..... ۲۴
- شکل ۳-۵: نمایش سیگنال مانده و سیگنال هشدار و تغییرات پارامتر  $\tilde{a}_2$  ..... ۲۵
- شکل ۳-۶: مدل نیمه خودرو با سیستم تعلیق فعال ..... ۲۸
- شکل ۳-۷: تاثیر کنترل کننده بر روی جرم فنربندی شده جلو ..... ۳۵
- شکل ۳-۸: شناسایی جابجایی جرم فنربندی شده جلو با استفاده از **INFUMO** ..... ۳۶
- شکل ۳-۹: شناسایی جابجایی جرم فنربندی شده عقب با استفاده از **INFUMO** ..... ۳۷
- شکل ۳-۱۰: شناسایی سرعت جرم فنربندی شده جلو با استفاده از **INFUMO** ..... ۳۸
- شکل ۳-۱۱: شناسایی سرعت جرم فنربندی شده عقب با استفاده از **INFUMO** ..... ۳۸
- شکل ۳-۱۲: طرح استفاده شده برای آشکارسازی عیب در سیستم تعلیق با استفاده از **INFUMO** ..... ۳۹
- شکل ۳-۱۳: سیگنال مانده و هشدار زمانی که ۱۰٪ عیب بر روی  $B_r$  وارد شده است. ..... ۳۹
- شکل ۳-۱۴: (a) سیگنال آلامر زمانی که ۲۰٪ عیب بر روی  $K_f$  وارد شده است. (b) سیگنال آلامر زمانی که ۱۰٪ عیب بر روی  $K_f$  وارد شده است ..... ۴۰

- شکل ۳-۱۵: (a) سیگنال آلامر زمانی که ۲۰٪ عیب بر روی  $B_f$  وارد شده است. (b) سیگنال آلامر زمانی که ۱۰٪ عیب بر روی  $B_f$  وارد شده است. ۴۱.....
- شکل ۳-۱۶: (a) سیگنال آلامر زمانی که ۲۰٪ عیب بر روی  $k_r$  وارد شده است. (b) سیگنال آلامر زمانی که ۱۰٪ عیب بر روی  $k_r$  وارد شده است. ۴۲.....
- شکل ۳-۱۷: (a) سیگنال آلامر زمانی که ۲۰٪ عیب بر روی  $B_r$  وارد شده است. (b) سیگنال آلامر زمانی که ۱۰٪ عیب بر روی  $B_r$  وارد شده است. ۴۲.....
- شکل ۳-۱۸: سیگنال هشدار زمانی که ۳۰٪ عیب بر روی سنسور در لحظه 4s اعمال شده است. ۴۳.....
- شکل ۴-۱: نمایش تابع تعلق مجموعه فازی نوع دو. ۴۶.....
- شکل ۴-۲: بلوک دیاگرام سیستم فازی نوع دو. ۴۸.....
- شکل ۴-۳: نمایش IT2FS. ۴۸.....
- شکل ۴-۴: ساختار سیستم فازی نوع دوم استفاده شده برای مدلسازی. ۵۱.....
- شکل ۴-۵: شناسایی جابجایی جرم فنر بندی شده جلو با استفاده از T2FNN. ۵۲.....
- شکل ۴-۶: شناسایی جابجایی جرم فنر بندی شده جلو با استفاده از T2FNN. ۵۳.....
- شکل ۴-۷: آشکارسازی عیب با استفاده از سیستم های فازی نوع دوم بازه ای. ۵۳.....
- شکل ۴-۸: سیگنال هشدار و سیگنال مانده برای عیب ناگهانی ۱۰٪ بر روی عملگر  $f_f$ . ۵۴.....
- شکل ۴-۹: سیگنال هشدار و سیگنال مانده برای عیب ناگهانی ۱۰٪ در  $B_f$  در زمان  $t=2s$ . ۵۵.....
- شکل ۴-۱۰: سیگنال هشدار و سیگنال مانده برای عیب ناگهانی ۱۰٪ در  $B_r$  در زمان  $t=3s$ . ۵۵.....
- شکل ۴-۱۱: سیگنال هشدار و سیگنال مانده برای عیب ناگهانی ۱۰٪ در  $K_r$  در زمان  $t=4s$ . ۵۶.....
- شکل ۴-۱۲: سیگنال هشدار و سیگنال مانده برای عیب ناگهانی ۱۰٪ در  $K_f$  در زمان  $t=6s$ . ۵۶.....
- شکل ۴-۱۳: سیگنال هشدار و سیگنال مانده برای عیب ناگهانی ۱۰٪ در حسگر در زمان  $t=3s$ . ۵۷.....
- شکل ۴-۱۴: نحوه تغییر پارامتر  $B_f$ ، سیگنال هشدار و سیگنال مانده برای عیب تدریجی در  $B_f$  از زمان  $t=2$ . ۵۸.....
- شکل ۴-۱۵: شمای کلی سیستم دو-مخزن. ۵۹.....
- شکل ۴-۱۶: ولتاژ پمپ الکتریکی (ورودی). ۶۰.....
- شکل ۴-۱۷: شناسایی  $y_1$  با استفاده از T2FNN. ۶۱.....
- شکل ۴-۱۸: نمایش حدود بالا و پایین بدست آمده برای  $y_1$  با استفاده از T2FNN. ۶۱.....
- شکل ۴-۱۹: سیگنال هشدار و سیگنال مانده برای وقوع عیب در مخزن ۲ در زمان  $t=10$ . ۶۲.....

شکل ۴-۲۰: سیگنال هشدار و سیگنال مانده برای وقوع عیب در مخزن 1 در زمان  $t=120s$  ..... ۶۳

شکل ۴-۲۱: سیگنال هشدار و سیگنال مانده برای وقوع عیب 20% در حسگر در زمان  $t=1$  ..... ۶۳

شکل ۵-۱: دیاگرام بلوکی سیستم کنترل تحمل پذیر عیب ..... ۶۷

شکل ۵-۲: مقایسه سیگنال جابجایی جرم فربندی جلو در حالت وقوع عیب در اجزای مختلف ..... ۶۷

شکل ۵-۳: دیاگرام بلوکی پیشنهاد شده برای مدلسازی فنر  $K_f$  در حالت وقوع عیب و تعیین درصد عیب ..... ۶۸

شکل ۵-۴: نمایش مدل فازی بازه ای تخمین زده شده زمانی که عیب در دمپر  $B_f$  اتفاق افتاده است ..... ۶۹

شکل ۵-۵: نمایش سیگنال هشدار ۲ بدست آمده از تمامی مدل های طراحی شده برای عیب ها زمانی که عیب ۳۰٪ در فنر  $K_r$  اتفاق افتاده است ..... ۷۰

شکل ۵-۶: نمایش سیگنال هشدار ۲ بدست آمده از تمامی مدل های طراحی شده برای عیب ها زمانی که عیب ۲۰٪ در فنر  $K_f$  اتفاق افتاده است ..... ۷۱

شکل ۵-۷: نمایش سیگنال هشدار ۲ بدست آمده از تمامی مدل های طراحی شده برای عیب ها زمانی که عیب ۱۰٪ در دمپر  $B_f$  اتفاق افتاده است ..... ۷۲

شکل ۵-۸: نمایش سیگنال هشدار ۲ بدست آمده از تمامی مدل های طراحی شده برای عیب ها زمانی که عیب 20٪ در دمپر  $B_r$  اتفاق افتاده است ..... ۷۳

شکل ۵-۹: مقایسه خروجی و خروجی تخمین زده شده شبکه فازی و خطای آموزش به ازای ورودی ها و خروجی مربوط به دمپر  $B_f$  ..... ۷۵

شکل ۵-۱۰: مقایسه خروجی در دو حالت اعمال کنترل مدارا با عیب و بدون زمانی که عیب ناگهانی ۳۰٪ در دمپر  $B_r$  اتفاق افتاده است ..... ۷۵

فهرست جداول:

جدول ۳-۱: نتایج آشکارسازی عیب بر روی اجزای مختلف مدل نیمه سیستم تعلیق خودرو با استفاده **INFUMO** از ..... ۴۳

جدول ۴-۱: خلاصه نتایج آشکارسازی عیب در سیستم تعلیق فعال خودرو با استفاده از **T2FNN** ..... ۶۰

جدول ۴-۲: خلاصه نتایج آشکارسازی عیب در سیستم دو-مخزن با استفاده از **T2FNN** ..... ۶۴



# فصل اول

## مقدمه

## ۱- مقدمه

سیستم‌های کنترلی که امروزه برای بهبود عملکرد فرآیندهای صنعتی به کار می‌روند، دارای تکنیکهای طراحی و سخت افزار پیچیده هستند و با پیشرفت تکنولوژی هر روز بر این پیچیدگی‌ها افزوده می‌گردد، در نتیجه احتمال از کار افتادن<sup>۱</sup> سیستم بر اثر بروز عیب افزایش می‌یابد. صرف نظر از شرایط کنترل کننده ممکن است در خود سیستم صنعتی نیز عیبی رخ دهد، یا دچار عملکرد نادرست<sup>۲</sup> گردد که منجر به توقف سیستم شود. از کار افتادن یک سیستم در فرآیندی صنعتی می‌تواند باعث توقف تولید و در نتیجه ضرر و زیان اقتصادی فراوان گردد.

برای جلوگیری از وقوع چنین مشکلاتی، سیستم کنترلی باید دارای قابلیت نظارت اتوماتیک بر سیستم حلقه بسته باشد. هدف این "سیستم نظارت" آشکار سازی سریع و ایزوله کردن عملکرد نادرست سیستم حلقه بسته است. قابل ذکر است که سرعت عمل در این پروسه بسیار مهم می‌باشد.

رخ دادن عیب<sup>۳</sup> به معنای بوجود آمدن تغییری ناخواسته در حداقل یکی از خصوصیات و یا متغیرهای سیستم می‌باشد، هر چند این تغییر منجر به از کار افتادن ظاهری سیستم نشود. سیستم نظارتی که برای آشکار سازی عیب و مشخص نمودن محل و ویژگی عیب به کار می‌رود "سیستم تشخیص عیب"<sup>۴</sup> نامیده می‌شود [۱]. وظایف این سیستم در شکل ۱-۱ نشان داده شده است. این شکل نشان می‌دهد که تشخیص عیب شامل سه مرحله آشکار سازی و ایزولاسیون و شناسایی عیب می‌باشد. در ادامه هر کدام از این مراحل معرفی خواهند شد.

- آشکار سازی عیب<sup>۵</sup>: این مرحله شامل یک تصمیم گیری دوتایی است. به این معنی که مشخص شود که آیا سیستم دارای عملکرد صحیح است یا خیر.
- ایزوله نمودن عیب<sup>۶</sup>: ایزوله کردن عیب به معنی تعیین محل وقوع عیب است. به عنوان مثال مشخص شود که، کدام سنسور دچار عیب شده است.
- شناسایی عیب: در این مرحله میزان و نوع عیبی که در سیستم رخ داده است، مشخص می‌گردد.

---

<sup>۱</sup>. failure

<sup>۲</sup>. malfunction

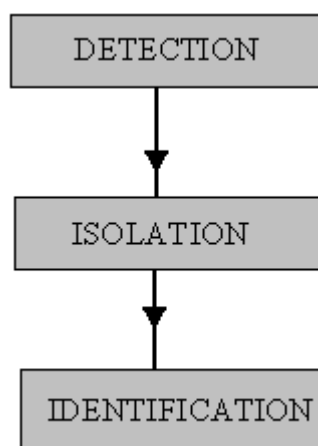
<sup>۳</sup>. fault

<sup>۴</sup>. fault diagnosis system

<sup>۵</sup>. fault detection

<sup>۶</sup>. fault isolation

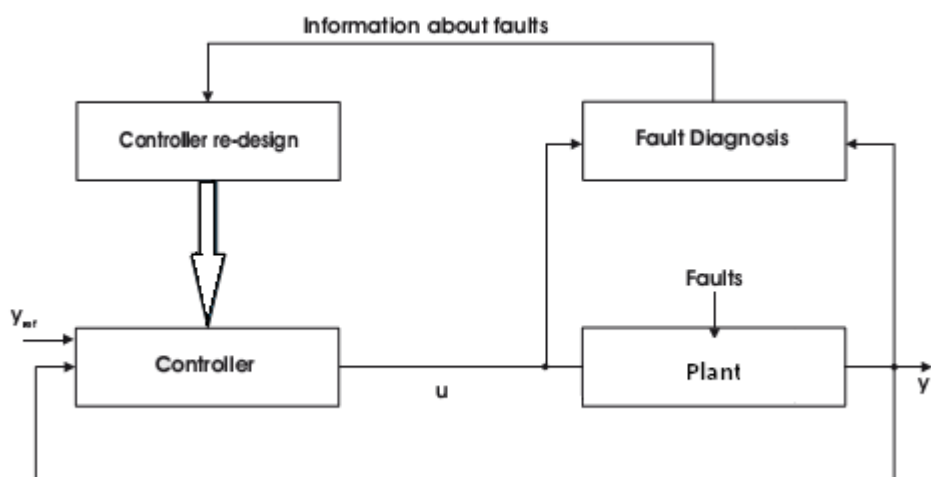




شکل ۱-۱: مراحل تشخیص عیب

یک نمونه از سیستم های کنترل مدرن که دارای امکانات آشکار سازی و ایزوله کردن و شناسایی عیب است، در شکل ۲-۱ نشان داده شده است. همان طور که این شکل نشان می دهد، عیب آشکار سازی و شناسایی شده را می توان به کنترل کننده اعلام نمود، تا کنترل کننده با ایجاد تغییراتی متناسب با عیبی که رخ داده است، اثرات عیب بر روی سیستم را به حداقل برساند.

کاملاً واضح است، که در یک سیستم تشخیص عیب، آشکار سازی عیب مرحله ای ضروری می باشد. ایزوله سازی عیب نیز تقریباً دارای ارزشی برابر با آشکار سازی است. اما در بعضی موارد ممکن است شناسایی عیب، مورد نیاز و ضروری نباشد. بنابراین سیستم تشخیص عیب ضرورتاً شامل دو مرحله آشکار سازی و ایزوله نمودن عیب (FDI<sup>۷</sup>) می باشد.



شکل ۲-۱: سیستم کنترل مدرن

از ابتدای سال ۱۹۷۰ مسئله آشکارسازی و ایزولاسیون عیب برای سیستم‌های دینامیکی بسیار مورد توجه قرار گرفت و تا به امروز تحقیقات بسیاری در این زمینه انجام شده است و کتاب‌ها و مقالات زیادی در این رابطه موجود می‌باشد [۲،۱]. در این تحقیقات روش‌های متعددی برای تشخیص عیب بیان شده است. این روش‌ها بر اساس معیارهای متفاوت به گروه‌های متعددی تقسیم‌بندی می‌شوند [۳،۲،۱].

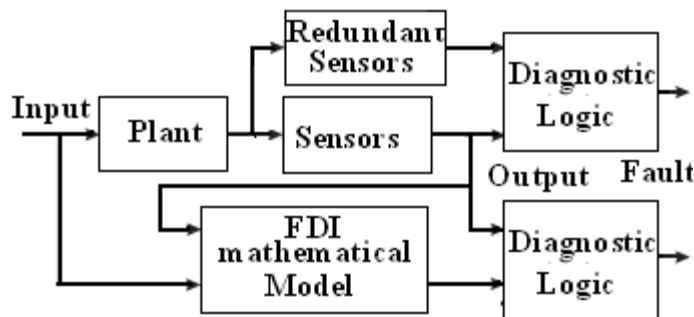
یک رویکرد قدیمی برای تشخیص عیب استفاده از سخت افزارهای اضافی است. در این روش از چندین حسگر و محرک برای کنترل و اندازه‌گیری متغیر خاص استفاده می‌شود و در نهایت برای تعیین وقوع عیب، خروجی حسگرها و محرک‌های افزوده شده، با خروجی حسگرها و محرک‌های اصلی سیستم مقایسه می‌گردد. مهمترین مشکل این روش هزینه استفاده و نگهداری از تجهیزات اضافی و همچنین فضای مورد نیاز برای آنها می‌باشد.

روش دیگر برای آشکارسازی عیب، استفاده از یک مدل ریاضی برای سیستم می‌باشد. در صورتی که عیبی در سیستم رخ دهد، سیگنال مانده که همان تفاوت بین سیگنال خروجی مدل و خروجی اصلی می‌باشد، می‌تواند برای تشخیص و ایزوله کردن عملکرد نادرست سیستم به کار رود [۲].

مزیت مهم این روش عدم نیاز به سخت افزار اضافی برای تحقق الگوریتم FDI است و این الگوریتم می‌تواند در قالب یک برنامه کامپیوتری تحقق پیدا کند. علاوه بر این در روش ذکر شده معمولاً خروجی‌های خود سیستم کافی بوده و نیاز به قرار دادن سنسور اضافی نیست.

در شکل ۱-۳ دو روش شرح داده شده مورد مقایسه قرار گرفته‌اند. در روش اول برای تولید سیگنال مانده از سخت افزارهای اضافی استفاده می‌شود. اما در روش دوم از مدل ریاضی سیستم برای تولید سیگنال مانده استفاده شده است.

دسته وسیعی از روش‌های تشخیص عیب، بر اساس مدل ریاضی یا "مدل تحلیلی سیستم" می‌باشند. در این روش‌ها فرض می‌شود مدل تحلیلی سیستم تحت نظارت موجود است. اما با توجه به اینکه سیستم‌های صنعتی اکثراً غیر خطی می‌باشند، یافتن مدل دقیق تحلیلی برای آنها معمولاً میسر نمی‌باشد و بایستی از تکنیک‌های غیر خطی FDI برای تشخیص عیب در آنها استفاده نمود. برای این منظور می‌توان از روش‌های رویتگر یا شبکه عصبی و سیستم‌های فازی کمک گرفت که در فصل‌های آینده به این روش‌ها اشاره خواهد شد [۴-۶].



شکل ۱-۳: مقایسه دو روش بیان شده برای آشکارسازی عیب

یکی از روش‌های متداول برای تشخیص عیب در سیستم‌های غیر خطی استفاده از سیستم‌های فازی است. استفاده از منطق فازی بدلیل توانایی فوق‌العاده‌ی آن، برای شرح مسائل مبهم و غیر دقیق می‌باشد. همچنین منطق فازی می‌تواند با سیستم‌هایی کار کند که دارای اطلاعات کافی نیستند. این سیستم‌ها در جایی که اندازه‌گیری‌های موجود به شرایط محیطی و نظر کاربر بستگی دارد می‌توانند مفید باشند.

روش‌های مختلفی برای کاربرد منطق فازی در FDI موجود می‌باشد. روش اول استفاده از اطلاعات فرد خبره و استخراج قواعد اگر-آنگاه فازی می‌باشد. روش دیگر استفاده از منطق فازی برای دسته‌بندی الگوهای مختلف عیب است. منطق فازی همچنین می‌تواند، برای ارزیابی مانده مورد استفاده قرار گیرد [۴]. در نتیجه سیستم‌های فازی، برای آشکارسازی و همچنین برای ایزوله نمودن و شناسایی عیب مورد استفاده قرار می‌گیرند.

در این نوشتار تشخیص عیب با استفاده از سیستم‌های فازی نوع دو مورد بررسی قرار می‌گیرد. سیستم‌های فازی نوع دو برای اولین بار توسط پرفسور لطفی زاده در سال ۱۹۷۵ معرفی شدند. تفاوت سیستم‌های فازی نوع دو با نوع یک، یعنی همان سیستم‌های فازی متداول، در این است که نوع یک دارای درجه تعلق قطعی و غیر فازی است. اما سیستم‌های فازی نوع دو دارای درجه تعلق فازی می‌باشد که این درجه تعلق را درجه تعلق ثانویه می‌نامند. زمانی که عدم قطعیت در سیستم وجود داشته باشد، این نوع نمایش می‌تواند بسیار مفید واقع شود. مانند حالتی که داده‌ها نویزی هستند و یا شرایط محیطی متغیر است.

با توجه به اینکه سیستم‌های فازی نوع دو بوسیله تابع تعلق‌هایی تعریف می‌شوند، که نسبت به نوع یک دارای پارامترهای بیشتری می‌باشد. در نتیجه دارای

پتانسیل ارتقا عملکرد می باشند. در ادامه ساختار این نوشتار بدین صورت می- باشد:

در فصل دوم مروری خواهیم داشت بر روش‌ها و اصول "تشخیص عیب بر اساس مدل". در ابتدا بر چگونگی مدل کردن عیب در یک فرآیند دینامیکی شرح مختصری داده خواهد شد. سپس مفهوم مانده و نحوه تولید آن مورد بررسی قرار خواهد گرفت و در نهایت روش‌های مختلف تولید مانده شرح داده خواهد شد.

در فصل سوم آشکار سازی عیب با استفاده از "مدل فازی نوع یک بازه ای"<sup>۸</sup> انجام می‌پذیرد. در ابتدا روابط ریاضی و نحوه مدلسازی با استفاده از سیستم فازی نوع یک بازه‌ای شرح داده می شود. سپس آشکار سازی عیب با استفاده از مدل فازی نوع یک بازه‌ای بر روی دو سیستم جداگانه پیاده‌سازی می گردد. سیستم اول دینامیک ساده شده اتومبیل و سیستم دوم سیستم تعلیق فعال اتومبیل می باشد.

در فصل چهارم، پس از معرفی مفاهیم مربوط به مجموعه‌های فازی بازه ای نوع دوم، نحوه‌ی آشکار سازی عیب با استفاده از "سیستم‌های فازی نوع دوم" معرفی می گردد. سپس شبیه سازی بر روی سیستم دو تانک و سیستم تعلیق فعال خودرو صورت می پذیرد. در نهایت، نتایج آشکار سازی عیب در سیستم تعلیق خودرو با نتایج بدست آمده در فصل قبلی مورد مقایسه قرار خواهد گرفت.

در فصل پنجم با استفاده از سیستم فازی نوع اول بازه ای ایزولاسیون عیب برای سیستم تعلیق فعال خودرو و شناسایی عیب با استفاده از سیستم فازی انجام شده و در نهایت عیب آشکار شده به کنترل کننده اعلام می گردد. این عمل را جبران سازی عیب<sup>۹</sup> می نامند.

---

<sup>۸</sup>.interval Fuzzy model

<sup>۹</sup>.Fault tolerant