بسم الله الرحمن الرحيم

**دانشگاه صنعت آب و برق (شهید عباسپور)**

**دانشکده برق- گرایش کنترل**

**پایان‌نامه کارشناسی ارشد (برق- کنترل)**

عنوان:

# عیب‌یابی با استفاده از مشاهده‌گر اغتشاش

تحقیق و تدوین :

**فاطمه خانی**

اساتید راهنما:

**جناب آقای دکتر افضلیان**

**جناب آقای دکتر نجیمی**

**آبان ۱۳۸۸**

**دانشگاه صنعت آب و برق (شهید عباسپور)**

**دانشکده برق- گرایش کنترل**

پایان‌نامه کارشناسی ارشد رشته برق – کنترل خانم فاطمه خانی

تحت عنوان

# عیب‌یابی با استفاده از مشاهده‌گر اغتشاش

در تاریخ ۸۸/۸/۳۰ توسط کمیته تخصصی زیر مورد بررسی و تصویب نهایی قرار گرفت.

۱- استاد راهنمای اول پایان‌نامه ..... .....

۲- استاد راهنمای دوم پایان‌نامه ..... .....

۳- داور داخلی ..... .....

۴- داور خارجی ..... .....

سرپرست تحصیلات تکمیلی دانشگاه ..... .....

**با تقدیر و تشکر از**

**زحمات استاد گرامی جناب آقای دکتر افضلیان و راهنماییهای**

**ارزشمند ایشان،**

**و همچنین جناب آقای دکتر نجیمی،**

**و خانواده عزیزم که همراه و حامی همیشگی‌ام بوده‌اند.**

**به نام خدا**

**تعهد نامه اصالت اثر:**

**اینجانب فاطمه خانی تأیید می‌کنم که مطالب مندرج در این پایان‌نامه، حاصل کار پژوهشی اینجانب می‌باشد و به دستاوردهای پژوهشی دیگران که در این نوشته از آنها استفاده شده است مطابق مقررات ارجاع گردیده است.**
**این پایان‌نامه قبلاً برای احراز هیچ مدرکی هم‌سطح، پایین‌تر و بالاتر ارائه نشده است.**
**کلیه حقوق مادی و معنوی این اثر متعلق به دانشگاه صنعت آب و برق (شهید عباسپور) می‌باشد.**

**فاطمه خانی**

## فهرست مطالب

### فصل اول: مروری بر روش‌های موجود در عیب‌یابی


۱-۱ مقدمه ..... ۱۲

۱-۲ خصوصیات مطلوب یک سیستم عیب‌یابی ..... ۱۴

۱-۳ مراحل عیب‌یابی در یک سیستم تشخیصی ..... ۱۶

۱-۴ انواع الگوریتمهای عیب‌یابی ..... ۱۷

۱-۴-۱ راهکارهای مبتنی‌بر مدل کمی ..... ۱۸

۱-۴-۱-۱ افزونگی ..... ۱۸

۱-۴-۱-۲ مشاهده‌گرهای تشخیصی برای سیستم‌های دینامیکی ..... ۱۹

۱-۴-۱-۳ روابط همانندی ..... ۱۹

۱-۴-۱-۴ تخمین پارامترها ..... ۲۰

۱-۴-۲ راهکارهای مبتنی‌بر مدل کیفی ..... ۲۱

۱-۴-۲-۱ مدلهای علّی مبتنی‌بر دیاگراف ..... ۲۱

۱-۴-۲-۲ درختهای عیب ..... ۲۲

۱-۴-۲-۳ فیزیک کیفی ..... ۲۳

۱-۴-۲-۴ abstraction hierarchy از دانش فرآیند ..... ۲۳

۱-۵ انواع روشهای جستجوی تشخیصی ..... ۲۴

۱-۵-۱ جستجوی توپوگرافیک ..... ۲۴

۱-۵-۲ جستجوی سمپتوماتیک ..... ۲۵

۱-۵-۲-۱ جداول جستجو ..... ۲۵

۱-۵-۲-۲ جستجوی آزمون و فرض ..... ۲۶

۱-۶ راهکار مبتنی‌بر پیشینهٔ فرآیند ..... ۲۷

۱-۶-۱ استخراج ویژگی کیفی ..... ۲۸
۱-۶-۱-۱ سیستم‌های خبره ..... ۲۸
۱-۶-۱-۲ آنالیز روند کیفی ..... ۲۸
۱-۶-۲ استخراج ویژگی کمی ..... ۲۹
۱-۶-۲-۱ استخراج ویژگی آماری از داده‌های فرآیند ..... ۲۹
۱-۷ مقایسه راهکارهای مختلف در عیب‌یابی ..... ۳۰
۱-۸ روشهای هایبرید ..... ۳۲
۱-۹ نقش عیب‌یابی در طراحی و عملکردهای دیگر فرآیند ..... ۳۳
۱-۹-۱ مکان بهینه سنسورها ..... ۳۳
۱-۹-۲ اصلاح داده ..... ۳۳
۱-۹-۳ کنترل نظارتی ..... ۳۴
۱-۱۰ زمینه‌های تحقیقاتی باز برای عیب‌یابی ..... ۳۴
۱-۱۱ خلاصه و اهداف پروژه ..... ۳۶
۱-۱۲ جمع بندی ..... ۳۷

## فصل دوم: اصول عیب‌یابی مبتنی‌بر باقیمانده و طراحی مشاهده‌گر

۲-۱ مقدمه ..... ۳۹
۲-۲ عیب‌یابی مبتنی‌بر مدل ..... ۳۹
۲-۲-۱ مدلسازی عیب ..... ۴۰
۲-۲-۲ آشکارپذیری عیوب ..... ۴۲
۲-۲-۳ تفکیک پذیری عیوب ..... ۴۳
۲-۲-۴ شناسایی عیوب ..... ۴۴
۲-۲-۵ تولید باقیمانده ..... ۴۵
۲-۲-۶ تمییز عیب از اغتشاش خارجی و عدم‌قطعیت ..... ۴۷

۲-۲-۶-۱ دکوپله‌سازی ورودی ناشناخته ..... ۴۷
۲-۲-۶-۲ تولید باقیماندهٔ مقاوم نسبت به ورودی ناشناخته و عدم‌قطعیت ..... ۴۸
۲-۲-۷ تولید باقیمانده و دکوپله‌سازی آن از اغتشاش در یک مثال ساده ..... ۴۸
۲-۳ مشاهده‌گر اغتشاش ..... ۵۵
۲-۳-۱ جبرانساز حلقه داخلی مقاوم ..... ۵۷
۲-۳-۲ آنالیز و طراحی مشاهده‌گر اغتشاش در قالب جبرانساز حلقه داخلی مقاوم ..... ۶۰
۲-۴ مشاهده‌گر حالت تعمیم‌یافته ..... ۶۳
۲-۴-۱ تعریف مشاهده‌گر حالت تعمیم‌یافته ..... ۶۴
۲-۴-۲ مشاهده‌گر حالت تعمیم‌یافته غیر خطی ..... ۶۵
۲-۴-۳ مشاهده‌گر حالت تعمیم‌یافته خطی ..... ۶۶
۲-۴-۴ کنترل حذف اغتشاش فعال خطی ..... ۶۷

## فصل سوم: عیب‌یابی با استفاده از مشاهده‌گر اغتشاش

۳-۱ مقدمه ..... ۷۰
۳-۲ رابطه بین عیب‌یابی و سیستم کنترل با تحمل خرابی ..... ۷۰
۳-۳ روش عیب‌یابی پیشنهادی با استفاده از مشاهده‌گر اغتشاش ..... ۷۲
۳-۳-۱ عیب‌یابی با استفاده از مشاهده‌گر اغتشاش در یک مدل کلی ..... ۷۳
۳-۳-۱ تفکیک عیوب در عیب‌یابی مبتنی‌بر مشاهده‌گر اغتشاش ..... ۷۸
۳-۳-۱-۱ بسط تفکیک عیوب مبتنی‌بر فضای پوچی در روش عیب‌یابی پیشنهادی ..... ۷۸
۳-۳-۱-۲ دکوپله‌سازی عیوب با استفاده از جبرانساز پیشخور ..... ۸۱
۳-۳-۲-۱ تعریف مسئله ..... ۸۱
۳-۳-۲-۲ یک نمونه از روشهای دکوپله‌سازی با جبرانساز پیشخور ..... ۸۳
۳-۴ کاربرد مشاهده‌گر اغتشاش در یک سیستم نمونه ..... ۸۵
۳-۴-۱ تعریف سیستم به همراه عیوب و مشاهده‌گرهای اغتشاش ..... ۸۵

۳-۴-۲ تفکیک عیوب ..... ۸۸
۳-۴-۳ الگوریتم عیب‌یابی ..... ۹۲
۳-۵ جمع بندی ..... ۹۳

## فصل چهارم: عیب‌یابی با استفاده از مشاهده‌گر حالت تعمیم‌یافته

۴-۱ مقدمه ..... ۹۵
۴-۲ روشهای طراحی مشاهده‌گر حالت تعمیم‌یافته ..... ۹۵
۴-۲-۱ روش اول- طراحی ESO با فرض ناشناخته بودن $f$ ..... ۹۶
۴-۲-۲ روش دوم- طراحی ESO با فرض معلوم بودن $f$ و استفاده از آن در حالت تعمیم‌یافته ..... ۹۷
۴-۲-۳ روش سوم- طراحی ESO با فرض معلوم بودن $f$ و استفاده از آن در حالت اصلی سیستم ..... ۹۷
۴-۲-۴ مقایسه سه روش مطرح شده ..... ۹۸
۴-۲-۵ مثال (۴-۱): طراحی ESO با سه روش مطرح شده برای یک سیستم غیرخطی ..... ۹۸
۴-۳ روش پیشنهادیِ عیب‌یابی با استفاده از مشاهده‌گر حالت تعمیم‌یافته ..... ۱۰۲
۴-۳-۱ مثال (۴-۲): آشکارسازی عیوب در یک سیستم نمونه ..... ۱۰۲
۴-۳-۲ مثال(۴-۳): تفکیک عیوب در یک سیستم نمونه ..... ۱۰۶
۴-۳-۳ الگوریتم عیب‌یابی در مثال مطرح شده ..... ۱۰۷
۴-۴ جمع بندی ..... ۱۰۸

## فصل پنجم: کاربردها و شبیه سازی

۵-۱ مقدمه ..... ۱۱۰
۵-۲ کاربرد مشاهده‌گر اغتشاش در عیب‌یابی سیستم‌های با تأخیر زمانی ..... ۱۱۰
۵-۲-۱ سیستم‌های با تأخیر زمانی ..... ۱۱۰
۵-۲-۲ کنترل سیستم‌های با تأخیر زمانی ..... ۱۱۲
۵-۲-۳ عیب‌یابی سیستم‌های همراه با تأخیر زمانی با استفاده از مشاهده‌گر اغتشاش ..... ۱۱۶

۵-۲-۳-۱ سیستم کنترل فشار آب ..... ۱۱۶
۵-۲-۳-۲ شبیه سازی فرآیند کنترل فشار آب ..... ۱۱۷
۵-۳ عیب‌یابی سیستم بویلر- توربین با استفاده از مشاهده‌گر حالت تعمیم‌یافته ..... ۱۱۹
۵-۳-۱ مدل سیستم بویلر- توربین ..... ۱۱۹
۵-۳-۲ طراحی ESO برای سیستم بویلر- توربین ..... ۱۲۰
۵-۳-۳ شبیه سازی راهکار مبتنی‌بر مشاهده‌گر حالت تعمیم‌یافته در کنترل و عیب‌یابی سیستم بویلر- توربین ..... ۱۲۲
۵-۴ جمع بندی ..... ۱۲۷

## فصل ششم: جمع‌بندی و پیشنهادات

۶-۱ جمع بندی ..... ۱۲۹
۶-۲ پیشنهادات ..... ۱۳۰
مراجع ..... ۱۳۳

# فهرست اشکال

## فصل اول: مروری بر روش‌های موجود در عیب‌یابی


شکل ۱-۱ : انواع عیوب از نقطه نظر زمانی، (a) عیب ناگهانی، (b) عیب صعودی، (c) عیب غیردائمی ..... ۱۴

شکل ۱- ۲ : تبدیل بین فضاها در سیستم تشخیصی ..... ۱۶

شکل ۱- ۳ : تقسیم‌بندی الگوریتم‌های تشخیصی ..... ۱۸

شکل ۱- ۴ : دیاگراف یک مخزن ساده ..... ۲۲

شکل ۱- ۵: جستجوی توپوگرافیک ..... ۲۵

شکل ۱- ۶ : تولید دنباله فرضیه‌ها و آزمودن آنها ..... ۲۶

شکل ۱- ۷: جستجوی سمپتوماتیک- حلقه بسته ..... ۲۷

شکل ۱- ۸: جستجوی سمپتوماتیک- حلقه باز ..... ۲۷

شکل ۱- ۹ : شمای اجتماع تشخیص با دیگر عملیات فرآیند ..... ۳۵


## فصل دوم: اصول عیب‌یابی مبتنی‌بر باقیمانده و طراحی مشاهده‌گر


شکل ۲-۱: سیستم به همراه عیوب محتمل در آن ..... ۴۰

شکل ۲- ۲ : تابع تبدیل از عیوب به باقیمانده در حالت ۱ ..... ۵۵

شکل ۲- ۳ : تابع تبدیل از عیوب به باقیمانده در حالت ۲ ..... ۵۶

شکل۲-۴: مشاهده‌گر اغتشاش ..... ۵۷

شکل۲-۵: سیستم فیدبک واحد جبرانسازی شده به همراه فیلتر مقدماتی ..... ۵۹

شکل۲-۶: بازسازی سیستم ..... ۶۰

شکل ۲-۷: سیستم حلقه بسته مرجع ..... ۶۱

شکل۲-۸: جبرانساز حلقه داخلی مقاوم(RIC) ..... ۶۱

شکل۲-۹: ساختار معادل RIC بر پایه رابطه (۲-۶۵) ..... ۶۳

شکل ۲-۱۰: ساختار LADRC ..... ۷۰

## فصل سوم: عیب‌یابی با استفاده از مشاهده‌گر اغتشاش

شکل۳-۱ : سیستم کنترل با تحمل خرابی فعال ..... ۷۳
شکل ۳-۲ : سیستم کنترل مبتنی‌بر مشاهده‌گر اغتشاش ..... ۷۴
شکل ۳-۳ : بکارگیری دو مشاهده‌گر اغتشاش جهت عیب‌یابی در یک مدل نمونه ..... ۷۵
شکل ۳-۴: مشاهده‌گر اغتشاش ..... ۷۶
شکل ۳- ۵ : بکارگیری دو مشاهده‌گر اغتشاش جهت عیب‌یابی در یک مدل نمونه ..... ۷۷
شکل ۳-۶ : بکارگیری دو مشاهده‌گر اغتشاش جهت عیب‌یابی در یک مدل نمونه ..... ۸۸
شکل ۳-۷ : خروجی در حالت اول ..... ۸۹
شکل ۳-۸ : خروجی در حالت دوم ..... ۸۹
شکل ۳-۹ : خروجی مشاهده‌گرهای اغتشاش نسبت به عیوب ..... ۹۰
شکل ۳-۱۰: جبرانساز دکوپله ساز ..... ۹۱
شکل ۳-۱۱: خروجی‌های جبرانساز ..... ۹۳
شکل ۳- ۱۲ : الگوریتم عیب‌یابی مثال بخش (۳-۴) ..... ۹۴

## فصل چهارم: عیب‌یابی با استفاده از مشاهده‌گر حالت تعمیم‌یافته

شکل ۴-۱: شماتیک مشاهده‌گر حالت تعمیم‌یافته در روش اول ..... ۹۸
شکل۴-۲: شماتیک مشاهده‌گر حالت تعمیم‌یافته در روش دوم ..... ۹۹
شکل ۴-۳: شماتیک مشاهده‌گر حالت تعمیم‌یافته در روش سوم ..... ۹۹
شکل ۴-۴: شماتیک سیستم کنترل با استفاده از دو ESO در سیستم (۴-۵) ..... ۱۰۱
شکل ۴-۵: ورودی‌های کنترل در سیستم به همراه ESOهای طراحی شده به روشهای اول و دوم ..... ۱۰۲
شکل ۴-۶: خروجی در سیستم به همراه ESOهای طراحی شده به روشهای اول و دوم ..... ۱۰۲
شکل ۴-۷: خروجی ESOهای طراحی شده به روشهای اول و دوم ..... ۱۰۳

شکل ۴-۸: خروجی ESO طراحی شده به روش سوم ..... ۱۰۳
شکل۴-۹: خروجی سیستم با بکارگیری ESO در مثال ۴-۲ ..... ۱۰۵
شکل ۴-۱۰: خروجی ESOهای طراحی شده با روش اول در مثال ۴-۲ ..... ۱۰۶
شکل ۴-۱۱: خروجی ESOهای طراحی شده با روش سوم در مثال ۴-۲ ..... ۱۰۶
شکل ۴-۱۲: خروجی جبرانساز دکوپله ساز ..... ۱۰۹
شکل ۴-۱۳: الگوریتم عیب‌یابی مثال (۴-۳) ..... ۱۰۹

## فصل پنجم: کاربردها و شبیه سازی

شکل ۵-۱: سیستم با تأخیر زمانی در ورودی و خروجی ..... ۱۱۳
شکل ۵-۲: سیستم معادل شکل (۵-۱) ..... ۱۱۳
شکل ۵-۳: سیستم به همراه تأخیر شبکه ..... ۱۱۴
شکل۵-۴: سیستم با تأخیر زمانی با فیدبک واحد ..... ۱۱۵
شکل۵-۵: سیستم کنترل مبتنی‌بر مشاهده‌گر اغتشاش برای سیستم با تأخیر زمانی ..... ۱۱۵
شکل۵-۶: سیستم کنترل مبتنی‌بر مشاهده‌گر اغتشاش همراه با فیلتر $\boldsymbol{Q(s)}$ برای سیستم با تأخیر زمانی ..... ۱۱۶
شکل۵-۷: سیستم کنترل مبتنی‌بر مشاهده‌گر اغتشاش با در نظر گرفتن اغتشاش خارجی ..... ۱۱۶
شکل۵-۸: تخمین اغتشاش توسط مشاهده‌گر اغتشاش در سیستم همراه با تأخیر زمانی ..... ۱۱۷
شکل۵-۹: سیستم کنترل به همراه سیستم حذف اغتشاش ..... ۱۱۷
شکل ۵-۱۰: فرآیند کنترل فشار آب ..... ۱۱۹
شکل ۵-۱۱: سیستم کنترل مبتنی‌بر مشاهده‌گر اغتشاش در فرآیند کنترل فشار آب ..... ۱۲۰
شکل ۵-۱۲: خروجی سیستم کنترل مبتنی‌بر مشاهده‌گر اغتشاش ..... ۱۲۰
شکل ۵-۱۳: خروجیDOB1 – آشکارسازی عیوب ..... ۱۲۱
شکل۵-۱۴ : سیستم کنترل بویلر- توربین ..... ۱۲۴
شکل ۵-۱۵: شبیه سازی مدل غیرخطی سیستم بویلر- توربین ..... ۱۲۵
شکل ۵-۱۶: بلوک مشاهده‌گرهای حالت تعمیم‌یافته در سیستم کنترل بویلر- توربین ..... ۱۲۶

شکل۵-۱۷: ورودی، حالتها و خروجی در سیستم بویلر- توربین با وقوع عیوب..... ۱۲۷
شکل ۵-۱۸: خروجی مشاهده‌گر در سیستم بویلر- توربین..... ۱۲۸

## چکیده

نیاز روزافزون به عملکرد بهتر سیستم‌ها و بالا بردن کیفیت تولیدات از یک سو و افزایش بازده و کاهش قیمت تولیدات از سوی دیگر موجب خودکار شدن و افزایش پیچیدگی پروسه‌های صنعتی شده است و امروزه یک مبحث مهم در سیستم‌های خودکار، ایمنی و قابلیت اطمینان در آنهاست. یک راه افزایش قابلیت اطمینان در سیستمها افزایش کیفیت و قابلیت اطمینان اجزای آن، مانند: سنسورها، عملگرها، کنترل‌کننده‌ها و .... می‌باشد ولی این امر نیز عملکرد بدون نقص در سیستم‌ها را تضمین نمی‌کند. بنابراین پایش فرآیند و عیب‌یابی آن یک امر ضروری و گریزناپذیر است.

در این گزارش روش عیب‌یابی با استفاده از مشاهده‌گر اغتشاش پیشنهاد و چگونگی آن شرح داده می‌شود. کنترل با استفاده از مشاهده‌گر اغتشاش، یک روش رایج در کنترل حرکت می‌باشد. مشاهده‌گر اغتشاش، با استفاده از ورودی، خروجی و مدل نامی سیستم، تغییرات رخ داده در سیستم را بصورت اغتشاش ورودی تخمین می‌زند که با اعمال آن به سیستم، اثر این تغییرات در خروجی جبران می‌شود. در این پروژه، هدف استفاده از اغتشاش تخمین زده شده، جهت عیب‌یابی علاوه برکنترل است. روش پیشنهادی در گروه عیب‌یابی مبتنی‌بر مدل کمی قرار دارد و در واقع، مشاهده‌گر اغتشاش یک تولیدکننده باقیمانده است، که خروجی این تولیدکننده باقیمانده، علاوه بر عیب‌یابی، جهت کنترل به سیستم اعمال می‌شود. با بکارگیری حلقه‌های مشاهده‌گرهای متعدد با توجه به تعداد خروجی‌های سیستم و اعمال خروجی مشاهده‌گرها به سیستم، با توجه به ساختار سیستم به همراه مشاهده‌گرها، اثر یک عیب می تواند توسط یک مشاهده‌گر بگونه‌ای جبران شود که مابقی مشاهده‌گرها به آن حساس نباشند. در نتیجه در واقع امکان اعمال خروجی این تولیدکننده باقیمانده به سیستم، می‌تواند در تفکیک عیوب نیز مؤثر باشد. یکی از روش‌های رایج در تفکیک عیوب در باقیمانده‌ها، استفاده از روش دکوپله‌سازی مبتنی‌بر فضای پوچی است، که برای تفکیک عیوب در عیب‌یابی با مشاهده‌گر اغتشاش نیز بسط داده می‌شود. همچنین در این گزارش امکان بهره‌گیری، از روش‌های موجود دکوپله‌سازی در کنترل، جهت تفکیک عیوب، بررسی می‌شود .

مشاهده‌گر حالت تعمیم‌یافته، در حوزهٔ فضای حالت طراحی می‌شود و با اختصاص یک حالت اضافه، قادر است علاوه بر حالتها، تغییرات سیستم نسبت به مدل طراحی (مدلی که با استفاده از آن مشاهده‌گر طراحی می‌شود) را تخمین بزند. چگونگی عیب‌یابی با این مشاهده‌گر مانند روش مطرح شده برای مشاهده‌گر اغتشاش است. یکی از کاربردهای این مشاهده‌گر کاربرد در سیستم‌های غیرخطی است که می‌تواند در عیب‌یابی این سیستم‌ها بکار گرفته شود.

یکی از مزیتهای عیب‌یابی با استفاده از مشاهده‌گر اغتشاش، استفاده از پیشرفتهای حاصل شده در این زمینه، ازجمله کاربرد در سیستم‌های با تأخیرزمانی و غیرخطی است. در این گزارش، در فصل اول تعاریف و مفاهیم عیب‌یابی و روش‌های موجود در این زمینه مرور می‌شود و فصل دوم به موارد و اصول طراحی مورد نیاز در فصول بعد اختصاص یافته است. در فصل سوم چگونگی عیب‌یابی با مشاهده‌گر اغتشاش شرح داده می‌شود و فصل چهارم به عیب‌یابی با مشاهده‌گر حالت تعمیم‌یافته، می‌پردازد. در فصل پنجم کاربرد عیب‌یابی با مشاهده‌گر اغتشاش در سیستم‌های با تأخیرزمانی بررسی می‌شود و عیب‌یابی مبتنی‌بر مشاهده‌گر حالت تعمیم‌یافته در سیستم بویلر- توربین بکارگرفته می‌شود و در آخر، جمع‌بندی و پیشنهادات، در فصل ششم ارائه می گردد.

# فصل اول

## مروری بر روش‌های موجود

## در عیب‌یابی

## ۱-۱ مقدمه

طراحی یک سیستم تشخیصی، امری پیچیده و شامل مراحل مختلف است که درک کامل تمامی مراحل این پروسه، نیازمند دانش عمیق در زمینه‌های مختلف می‌باشد. لذا در این فصل و فصل دوم سعی شده، روش‌های مختلف عیب‌یابی و مفاهیم مربوط به آن و مواردی که باید توسط طراح، مورد توجه قرار گیرد، بررسی شود. تعیین و تشخیص عیب در یک فرآیند تا زمانیکه سیستم در محدوده کنترل‌پذیر کار می‌کند، می‌تواند از پیشرفت پیشامدهای غیر عادی جلوگیری کرده و خسارت ناشی از آن را کاهش دهد. امروزه با پیچیده شدن سیستم‌ها، مدیریت پیشامدهای غیرعادی توسط اپراتور انسانی با توجه به حجم بالای اطلاعاتی که باید در نظر گرفته شود، بسیار پیچیده شده و سالانه سرمایه هنگفتی، بابت اشتباهات انسانی در این زمینه، هدر می‌رود. بنابراین خودکار کردن آن بسیار جالب توجه است، که در این رابطه راهکارهای مختلفی ارائه شده است.

دراین فصل در ابتدا راهکارهای مختلف عیب‌یابی و مفاهیم مربوطه مرور می‌شود و در انتها هدف از این پروژه، شرح داده می‌شود.

در ابتدا برای وضوح بیشتر، برخی اصطلاحات، که در منابع مختلف مکرراً آورده شده، معرفی می‌شود:

- اطلاعات و سیگنالها

عیب[1]: این ترم به معنای انحراف از محدودهٔ قابل قبول، در یک متغیر مشاهده شده یا یک پارامتر محاسبه شدهٔ مربوط به فرآیند می‌باشد، که این عیب یک حالت غیرعادی یا سمپتوم است مانند: دمای بیش از اندازه یک رآکتور یا کیفیت پایین تولیدات؛

خرابی[2] : دلیل ایجاد عیب در سیستم است که حادثه پایه[3] یا دلیل ریشه ای[4] یا کارکرد غلط[5] نیز نامیده می‌شود. مانند از کار افتادن پمپ خنک کننده؛

سیمپتوم[6]: یک تغییر در کمیت مشاهده شده از رفتار معمولش، که همان اثر قابل مشاهده عیب می‌باشد؛

باقیمانده[1]:یک شاخص عیب می‌باشد که بر پایه یک انحراف بین اندازه‌گیری‌ها و محاسبات بر پایه مدل و معادله بدست می‌آید؛

---

1 Fault
2 Failure
3 Basic event
4 Root cause
5 Malfunction
6 Symptom

- توابع

آشکارسازی عیب[۲]: آشکارسازی عیب بطور بلادرنگ، با سرعت و دقت هر چه بیشتر؛

تفکیک عیب[۳] : یافتن دلیل ریشه‌ای و تفکیک اجزایی از سیستم، که در مد نرمال کار نمی‌کنند؛

عیب‌یابی : به مجموع دو عمل آشکارسازی عیب و تفکیک عیب گفته می‌شود؛

شناسایی عیب[۴] : تخمین اندازه و نوع عیب؛

پایش[۵]: یک وظیفه پیوسته بصورت بلادرنگ، برای تعیین شرایط یک سیستم فیزیکی بوسیله ثبت اطلاعات، شناسایی و نشان دادن موارد غیر عادی در رفتار سیستم؛

- ویژگی‌های سیستم

قابلیت اطمینان[۶]: توانایی سیستم در ایجاد عملکرد صحیح در شرایط خاص؛

ایمنی[۷] : توانایی سیستم در عدم ایجاد خطر برای شخص، تجهیزات و یا محیط؛

دسترس پذیری[۸]: احتمال رضایت بخش بودن عملکرد سیستم در هر نقطه از زمان؛

نگهداری پذیری[۹] : مربوط به نیازهای سیستم به تعمیر و اینکه کدام تعمیر ساده‌تر است می‌باشد؛

- همچنین مشخصه‌هایی جهت ارزیابی یک سیستم تشخیصی تعریف شده اند که عبارتند از (در بخش۱-۲ به ویژگی‌های مطلوب یک سیستم تشخیصی بطور کامل پرداخته شده است):

آلارم‌های اشتباه[۱۰] : تشخیص اشتباه عیب، در صورتیکه عیبی در سیستم رخ نداده است؛

آشکارسازی ناقص[۱۱] : که یک عیب آشکار نشود؛

زمان آشکارسازی[۱۲] : میزان تأخیر در آشکارسازی؛

خطای تفکیک سازی[۱] : تشخیص یک کلاس اشتباه برای خطای رخ داده؛

---

1 Residual
2 Fault detection
3 Fault isolation
4 Fault identification
5 Monitoring
6 Reliability
7 Safety
8 Availability
9 Maintainability
10 False alarm
11 Missed detection
12 Detection time

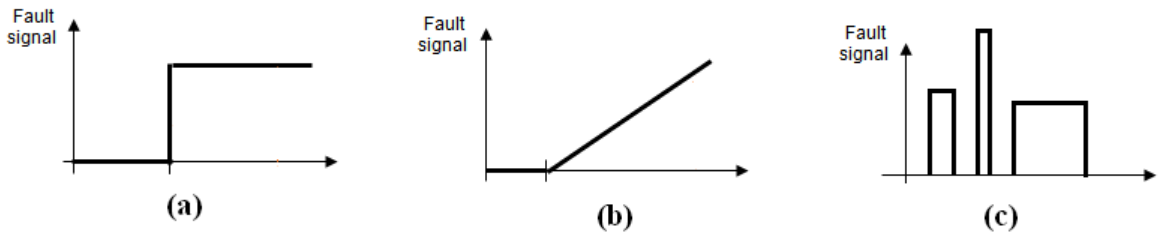
حساسیت : حداقل دامنه لازم برای عیب برای اینکه تشخیص داده شود؛

مقاومت: مقاومت سیستم تشخیصی در برابر عدم‌قطعیت در سیستم، اغتشاشات و نویز و ... ؛

بطور کلی می‌توان راهکارهای عیب‌یابی را به سه دسته تقسیم کرد:
(۱) راهکارهای مبتنی‌بر مدل کمی؛ (۲) راهکارهای مبتنی‌بر مدل کیفی؛ (۳) راهکارهای مبتنی‌بر پیشینهٔ فرآیند؛ که در این فصل بررسی می‌شوند.

در یک سیستم کنترل، سه کلاس ازعیب می‌تواند اتفاق بیفتد:
۱) عیب در عملگر؛ ۲) عیب در قسمتهای مختلف فرآیند؛ ۳)عیب در دستگاه اندازه گیری؛

عیوب را از نقطه نظر زمانی نیز می‌توان به سه دسته تقسیم کرد:
۱) عیب ناگهانی ۲) عیب صعودی ۳)عیب غیردائمی، که در شکل(۱-۱) نمایش داده شده است.




**شکل ۱-۱ : انواع عیوب از نقطه نظر زمانی، (a) عیب ناگهانی، (b) عیب صعودی، (c) عیب غیردائمی.**

## ۱-۲ خصوصیات مطلوب یک سیستم عیب‌یابی

در این قسمت برخی ویژگی‌های مطلوب یک سیستم عیب‌یابی بررسی می‌شود. لازم به ذکر است که یک سیستم تشخیصی به تنهایی تمامی این قابلیت‌ها را برآورده نمی کند.

- کشف و تشخیص سریع عیب

سیستم تشخیص باید در کشف و تشخیص عیب در فرآیند به سرعت عمل کند. سرعت در عیب‌یابی و مقاوم بودن سیستم در عملکرد نرمال با یکدیگر تناقض دارند. سیستم تشخیصی که برای شناسایی سریع عیب طراحی شده، نسبت به تغییرات فرکانس بالا و در نتیجه نویز حساس بوده و ممکن است موجب آلارم‌های اشتباه طی عملکرد نرمال سیستم شود.

---

[1] Isolation error

- قابلیت تفکیک عیوب

قابلیت تفکیک، توانایی سیستم تشخیصی در تمیز بین عیوب مختلف است در شرایط ایده آل بدون نویز و عدم‌قطعیت، سیستم تشخیصی باید قادر باشد برای هر عیب خروجی جداگانه‌ای ایجاد کند. بیشتر دسته‌بندی‌کننده‌ها بر اساس اطلاعات اضافی عمل می‌کنند، بنابراین در طراحی آنها نیز محدودیتهایی وجود دارد. همچنین بین قابلیت تفکیک و حذف عدم‌قطعیت نیز توازنی وجود دارد یعنی دسته‌بندی‌کننده‌های با قابلیت تفکیک بالا در زمینه حذف عدم‌قطعیت ضعیف عمل می‌کنند و بالعکس.

- مقاوم بودن[1]

سیستم تشخیصی باید نسبت به نویزها و عدم‌قطعیت‌های مختلف مقاوم باشد تا از تولید آلارم‌های اشتباه جلوگیری شود.

- قابلیت شناسایی عیب جدید

سیستم تشخیصی باید با در اختیار داشتن شرایط جاری سیستم تشخیص دهد که عملکرد سیستم نرمال یا غیرنرمال است و اگر غیرنرمال بود بایستی تشخیص دهد که نوع خرابی آن از انواع شناخته شده است یا خیر، که این خصوصیت "قابلیت شناسایی عیب جدید" نامیده می‌شود. معمولاً اطلاعات کافی برای مدل کردن محدودهٔ غیرنرمال فرآیند وجود نداردکه این مسئله چالش بزرگی جهت دستیابی به این ویژگی است. حتی با وجود این شرایط دشوار مطلوب است که سیستم تشخیصی بتواند وقوع عیوب جدید را تشخیص دهد و آن را جزء عملکرد نرمال عیوب شناخته شده تقسیم بندی نکند.

- تخمین خطای دسته‌بندی

یکی از ویژگی‌های مهم یک سیستم تشخیصی ایجاد اطمینان در کاربر است. که این امر می‌تواند با ارائه یک تخمین از خطای احتمالی در دسته‌بندی ایجاد شود.

- قابلیت تطبیق سیستم تشخیصی با شرایط جدید

بطور کلی فرآیند بدلیل اغتشاشات داخلی و خارجی تغییر می‌کند، که می‌تواند دلایل مختلفی مانند: تغییرات محیط، تغییرات کمی‌در تولید، تغییرات در کیفیت مواد و ... داشته باشد. سیستم تشخیصی باید با این تغییرات سازگار باشد که این امر می‌تواند با جدید کردن مدل سیستم در زمانهای مختلف صورت گیرد.

---

[1] Robustness