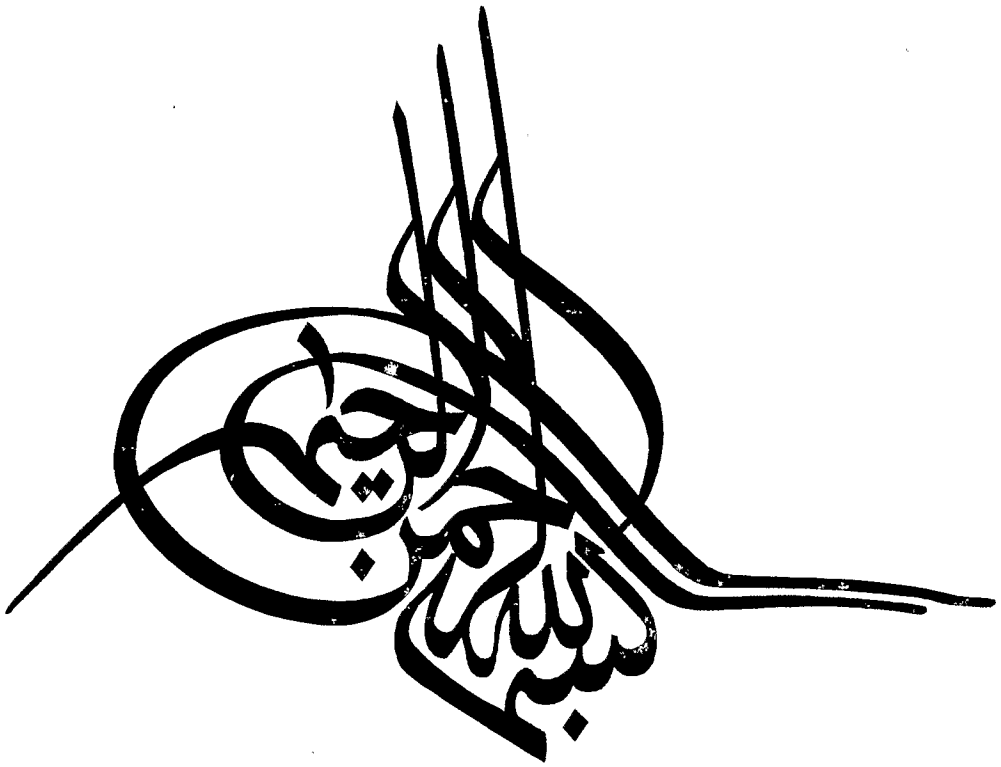

٤٦٥٠١

دانشگاه بوعلی سینا

دانشکده مهندسی

گروه مهندسی صنایع

پایان‌نامه

برای دریافت درجه کارشناسی ارشد در رشته مهندسی صنایع- سیستم‌های اقتصادی و اجتماعی

عنوان:

طراحی و شبیه‌سازی یک مدل پیشرفته تلفیقی ژنتیک-فازی برای تشخیص عیوب و شناسایی علل ریشه‌ای در فرآیندهای تولیدی چند ایستگاهی

۱۳۸۶/۱۲/۲۵

استاد راهنما:

دکتر امیرسامان خیرخواه

استاد مشاور:

دکتر وحید ابراهیمی‌پور

پژوهشگر:

یاسر غلام‌زاده جدی

شهریور ۱۳۸۶

۴۶۵۰۱

دانشگاه بوعلی سینا
دانشکده مهندسی

بسمه تعالی

تاریخ
شماره
پیوست

گواهی تصویب پایان نامه

موضوع پایان نامه : ...طراحی مدل شبیه سازی یک مدل پیش بینی تلفیقی ژنتیک - فازی برای تشخیص عیب...

بدینوسیله گواهی می شود جلسه دفاعیه پایان نامه خانم / آقای: ...[illegible]...

رشته: ...مهندسی صنایع... ورودی: ...۸۴... نیمسال انتخابی: .....

در روز ...پنج شنبه... مورخ: ...۸۶/۹/۲۵... ساعت: ...۱۱:۰۰... تحت سرپرستی:

۱- استاد راهنما: جناب آقای / سرکار خانم: ...دکتر ضیرجلاه...

۲- استاد مشاور: جناب آقای / سرکار خانم: ...دکتر ابراهیم پور...

در محل ...سمینار دانشکده مهندسی صنایع... برگزار گردید که پس از بررسی از طرف نامبردگان پایان نامه فوق با نمره ...۱۹/۸... و درجه ...عالی... در تاریخ ۸۶/۹/۲۵ به تصویب رسید.

۱۳۸۶/۱۲/۲۵

نام و نام خانوادگی و امضاء استاد راهنما: ...دکتر ضیرجلاه...

نام و نام خانوادگی و امضاء استاد مشاور: ...دکتر ابراهیم پور...

نام و نام خانوادگی و امضاء اساتید مدعو : ۱-...دکتر ...

۲-...دکتر ...

۳-.....

نام و نام خانوادگی و امضاء ناظر تحصیلات تکمیلی : ...دکتر ...

نام و نام خانوادگی مدیر گروه یا نماینده و امضاء: ...دکتر ...

مدیر گروه مهندسی : .....

نام و نام خانوادگی و امضاء : .....

دانشگاه بوعلی سینا
گروه صنایع
دانشکده مهندسی

همه امتیازهای این پایان‌نامه به دانشگاه بوعلی‌سینا تعلق دارد. در صورت استفاده از تمام یا بخشی از مطالب پایان‌نامه در مجلات، کنفرانس‌ها و یا در سخنرانی‌ها، باید نام دانشگاه بوعلی‌سینا (یا استاد یا اساتید راهنمای پایان‌نامه) و نام دانشجو با ذکر ماخذ و ضمن کسب مجوز کتبی از دفتر تحصیلات تکمیلی دانشگاه ثبت شود. در غیر این صورت مورد پیگرد قانونی قرار خواهد گرفت.

۱۳۸۶/۱۲/ ۲۵

تقدیم به پدرم و مادرم

یگانه اسطوره‌های از خودگذشتگی و ایثار در

تمامی لحظات سبز زندگیم

تقدیم به همسرم

که بدون کمک و تشویق وی مرا

یارای رفتن و رسیدن نبود

تقدیر و تشکر

«««««من لم یشکر المخلوق لم یشکر الخالق»»»»»

در ابتدا خالصانه پروردگارم را مورد حمد و ستایش قرار می‌دهم. در تمامی لحظات زندگیم با تمام وجود، عجز و ناتوانی خود را در برابرش احساس کرده‌ام و پس از اینکه این ناتوانی برایم ثابت شده است؛ دست کریم خداوند را ناظر بر تمام وجوه و رحمت وی را شامل حال این حقیر گناهکار، ملاحظه کرده‌ام. اگر موفقیتی در میان بوده، تماما آن را از آن قادر بی‌همتا دانسته‌ام. این، نه یک شعار، بلکه یقینی است که در تمام وجودم حک شده است و گذر عمر، آن را عمیق‌تر می‌کند.

به ثمر رسیدن این پایان‌نامه بدون کمک‌های بی‌پایان و انتقادات و پیشنهادات سازنده استاد ارجمند جناب آقای دکتر خیرخواه میسر نبود. در اینجا بر خود لازم می‌دانم که صمیمانه از ایشان بخاطر راهنمایی‌های ارزنده و کمک‌های بی‌دریغشان که تنها گوشه‌ای از لطف ایشان نسبت به بنده حقیر بوده، تشکر و قدرانی بسیار ویژه نمایم. موفقیت روز افزون ایشان را در تمام ابعاد زندگی و تلاش‌های علمی از خداوند متعال، مسالت دارم.

از آقای دکتر ابراهیمی‌پور که با ارائه منابع مورد نیاز، پیشنهادات سازنده در جهت هرچه مطلوبتر واقع شدن این پایان‌نامه، نقش داشتند؛ تشکر می‌نمایم. همچنین از تمام اساتید محترم گروه مهندسی صنایع دانشگاه بوعلی‌سینا که واقعا دلسوزانه و با تمام توان در جهت افزایش دانش تخصصی دانشجویان مهندسی صنایع در تلاشند و افتخار شاگردی ایشان را همواره خواهم داشت، سپاسگزاری می‌نمایم.

همچنین لازم است از اساتید گران‌قدری که تاکنون افتخار شاگردی ایشان، نصیب بنده نشده و با این‌حال، کمکهای بی دریغی را داشته‌اند، صمیمانه تشکر نمایم. پرفسور دارک کگلارک (دانشگاه ویسکانسین) که همواره در موارد بسیار گنگ روش‌های تشخیص عیب، با ارائه مقاله و پیشنهادات مفید، بدون هیچ منتی، کمک حال اینجانب بوده‌اند. همچنین پرفسور جان شی (دانشگاه میشیگان)، دکتر یو دینگ (دانشگاه تگزاس ای اند ام)، پرفسور جک هو (دانشگاه میشیگان)، دکتر ونژن هوانگ (دانشگاه ماساچوست دارتموت)، ژیگو لی (دانشجوی دکتری مهندسی صنایع در دانشگاه ویسکانسین)، در زمینه راهنمایی و ارائه مقاله در مورد تشخیص عیب فرآیندهای تولیدی و از پرفسور جیمز اسکات و پرفسور ووجتک کرزانوسکی در زمینه راهنمایی و ارائه مقاله در زمینه روش‌های تحلیل مولفه‌های اصلی، نقش بحرانی و انکارناپذیری در حل بسیاری از موانع و مشکلات این تحقیق داشته اند که سپاسگزاری ویژه‌ای از آنها می‌نمایم. همچنین از دکتر کمال منار، دکتر دراگان جورجانویچ، دکتر ژنیو کنگ، دکتر ویگو شنگ، پرفسور جانوس گرتلر، دکتر جاناتان گومز، دکتر کاتاشیرو هوندا، پرفسور ایشیهاشی هیدتومو، جهت راهنمایی مفیدشان کمال تشکر را دارم.

از تمام اعضای خانواده گرامی‌ام نیز، جهت کمک‌های بی‌پایانشان کمال تشکر و قدرانی را می‌نمایم. اینجانب، تمامی تلاش‌ها و نتایج آنها را مدیون از خودگذشتگی‌ها، فداکاری‌ها و دلسوزی‌های آنان می‌دانم و همواره از خداوند، آرزوی موفقیت و سلامت برای ایشان دارم.

در پایان، از تمام دوستان ارجمند که نقش مهمی در پیشرفت و موفقیت اینجانب و در مواردی در پیشبرد این تحقیق داشته‌اند، قدردانی می‌نمایم.

چکیده

در این تحقیق، یک روش تشخیص عیب مبتنی بر تطبیق الگو به منظور شناسایی علل ریشه‌ای عیوب در فرآیندهای تولیدی چند ایستگاهی ارائه می‌شود. روش تشخیص عیب براساس مدل فضای حالت فرآیندهای تولیدی چند ایستگاهی است که چیدمان فیکسچرهای مونتاژ و سنسورهای اندازه‌گیری را در بر می‌گیرد. مدل فضای حالت فرآیندهای تولیدی، چگونگی انتشار عیوب فیکسچر را در طول فرآیند تولیدی در ایستگاه‌های مختلف توصیف و مدلسازی می‌کند و الگوهای بالقوه عیوب فرآیند، براساس آن بدست می‌آیند. برای ایجاد بردارهای عارضه عیب از داده‌های اندازه‌گیری، روش تحلیل مولفه‌های اصلی مبتنی بر خوشه‌بندی ژنتیک-فازی پیشنهاد می‌شود. در روش خوشه‌بندی فازی، از روش خوشه‌بندی نویز و تابع فاصله‌ای مبتنی بر تابع نمایی جهت رویارویی با برون‌هشته‌ها و مجموع وزنی شاخص‌های اعتبارسنجی خوشه‌ها برای تعیین تعداد بهینه خوشه‌ها، استفاده شده است. الگوریتم ژنتیک بکار رفته در این تحقیق، مبتنی بر روش کرودینگ چند کنامی است که برای مسائل بهینه‌سازی چند وجهی توسعه یافته است. رویکرد خودتطبیقی مبتنی بر استراتژی کنترل تلفیقی برای تنظیم خودکار نرخ عملگرهای ژنتیکی بکار گرفته شده است. عملگرهای تقسیم خوشه‌ها، ادغام خوشه‌ها و جستجوی محلی مبتنی بر خوشه‌بندی c-میانگین فازی، برخی از استراتژی‌های جستجوی محلی برای تلفیق با الگوریتم ژنتیک می‌باشند. در روش تشخیص عیب برای رفع چالش نویز همبسته سنسورها از تئوری پرتورباسیون ماتریس‌ها و برای رفع چالش انحرافات ناشی از عدم‌قطعیت‌های نمونه‌گیری، از روش مقایسه بین گروهی مولفه‌های اصلی و روش شبیه‌سازی مونت کارلو استفاده شده است. در روش شبیه سازی مونت کارلو برای تولید یک ماتریس هرمیشن با درایه‌های قطری و اسپکتروم معین از الگوریتم چان-لی تعمیم یافته اقتباس شده است. روش تطبیق الگو برای شناسایی علل ریشه‌ای با بکارگیری مفهوم زاویه اصلی و محاسبه فاصله بین زیرفضای پوششی تشکیل شده از بردارهای الگوی عیب و بردارهای عارضه عیب صورت می‌گیرد. یک مطالعه موردی از فرآیند مونتاژ، روش پیشنهادی را تشریح و ارزیابی می‌کند. نتایج شبیه‌سازی، کارآیی روش پیشنهادی را در مقایسه با روش تحلیل مولفه‌های اصلی نشان می‌دهد.

کلمات کلیدی: تشخیص عیب، علل ریشه‌ای، فرآیندهای تولیدی چند ایستگاهی، خوشه‌بندی ژنتیک فازی، تحلیل مولفه-های اصلی.

فهرست مطالب

عنوان | صفحه

فصل اول: کلیات تحقیق ۱

۱-۱ مقدمه ۱

۱-۲ بیان مساله ۲

۱-۳ ضرورت تحقیق ۵

۱-۳-۱ ضرورت تحقیق از دیدگاه کنترل کیفیت ۵

۱-۳-۲ ضرورت نظری تحقیق ۶

۱-۳-۳ ضرورت کاربردی تحقیق ۷

۱-۴ اهداف تحقیق ۸

۱-۵ روش و مراحل انجام تحقیق ۸

۱-۶ سازماندهی تحقیق و محتوای فصول آتی ۱۰

فصل دوم: بررسی منابع و تحقیقات پیشین ۱۳

۲-۱ مقدمه ۱۳

۲-۲ تشخیص عیب و مدل‌های آن ۱۳

۲-۲-۱ سیستم‌های پویا و مدل فضای حالت ۱۳

۲-۲-۲ مدل‌های تشخیص عیب ۱۵

۲-۳ بررسی کلی روش‌های تشخیص عیب در فرآیندهای تولیدی چند ایستگاهی ۱۶

۲-۴ بررسی روش‌های تشخیص عیب در فرآیندهای تولیدی در دوره اول تحقیقات ۱۸

۲-۵ بررسی روش‌های طراحی و مدلسازی فرآیندهای تولیدی در دوره دوم تحقیقات ۲۳

عنوان | صفحه

۲-۵-۱ طراحی فرآیندهای تولیدی ۲۳

۲-۵-۲ مدلسازی فرآیندهای تولیدی ۲۵

۲-۶ بررسی روش‌های تحلیل قابلیت تشخیص و توزیع بهینه سنسورها در فرآیندهای تولیدی در دوره دوم تحقیقات ۳۰

۲-۶-۱ تحلیل تشخیص‌پذیری عیوب در فرآیندهای تولیدی ۳۰

۲-۶-۲ توزیع بهینه سنسورها در فرآیندهای تولیدی ۳۱

۲-۷ بررسی روش‌های تشخیص عیب در فرآیندهای تولیدی در دوره دوم تحقیقات ۳۳

۲-۷-۱ روش‌های تشخیص عیب داده گرا ۳۳

۲-۷-۲ روش‌های تشخیص عیب مبتنی بر تخمین ۳۷

۲-۷-۳ روش‌های تشخیص عیب مبتنی بر تطبیق الگو ۴۲

۲-۸ بررسی سایر منابع مرتبط ۴۷

۲-۸-۱ بررسی روش‌های خوشه‌بندی فازی ۴۷

۲-۸-۲ خوشه‌بندی مبتنی بر الگوریتم ژنتیک ۴۹

۲-۸-۳ الگوریتم‌های ژنتیک برای مسائل بهینه‌سازی چند مدی ۵۵

۲-۹ جمع بندی تحقیقات پیشین ۵۸

فصل سوم: تجزیه و تحلیل مولفه‌های اصلی مبتنی بر خوشه‌بندی ژنتیک فازی ۶۲

۳-۱ مقدمه ۶۲

۳-۲ توسعه الگوریتم خوشه‌بندی فازی ۶۲

۳-۲-۱ الگوریتم خوشه‌بندی c-میانگین فازی ۶۳

۳-۲-۲ خوشه‌بندی نویز ۶۶

۳-۲-۳ شاخص‌های اعتبارسنجی خوشه‌ها ۶۸

عنوان | صفحه

۳-۳ الگوریتم ژنتیک کرودینگ چند کُنامی ۷۵

۳-۳-۱ بهینه‌سازی چند مدی و روش‌های جستجوی کنام ۷۶

۳-۳-۲ انتخاب و جایگزینی در الگوریتم ژنتیک کرودینگ چند کنامی ۷۷

۳-۴ حل مساله خوشه‌بندی فازی با الگوریتم ژنتیک کرودینگ چند کنامی ۸۰

۳-۴-۱ توسعه رویکرد خود تطبیقی پارامترهای عملگرهای ژنتیکی ۸۰

۳-۴-۲ کدگذاری جواب‌ها در الگوریتم ژنتیک ۸۲

۳-۴-۳ تابع برازش ۸۳

۳-۴-۴ عملگر ادغام تک نقطه‌ای ۸۳

۳-۴-۵ عملگر ادغام دو نقطه‌ای ۸۵

۳-۴-۶ عملگر ادغام ریاضی ۸۶

۳-۴-۷ عملگر ترنسپوزن ۸۷

۳-۴-۸ عملگر جهش چند جمله‌ای ۸۸

۳-۴-۹ عملگر جهش سخت ۸۹

۳-۴-۱۰ عملگر معین خوشه‌بندی c-میانگین فازی ۸۹

۳-۴-۱۱ عملگر تصادفی تقسیم خوشه‌ها ۹۰

۳-۴-۱۲ عملگر تصادفی ادغام خوشه‌ها ۹۰

۳-۴-۱۳ ایجاد جمعیت آغازین ۹۱

۳-۴-۱۴ انتخاب کرودینگ ۹۲

۳-۴-۱۵ جایگزینی بدترین در بین مشابه‌ترین ۹۳

۳-۴-۱۶ مراحل الگوریتم ژنتیک کرودینگ چند کنامی برای حل مساله خوشه‌بندی فازی ۹۴

۳-۵ توسعه مدل تجزیه و تحلیل مولفه‌های اصلی مبتنی بر خوشه‌بندی ژنتیک فازی ۹۶

عنوان صفحه

فصل چهارم: توسعه مدل تشخیص عیوب فیکسچر در فرآیندهای تولیدی چند ایستگاهی ۱۰۱

۴-۱ مقدمه ۱۰۱

۴-۲ مدل فضای حالت فرآیندهای تولیدی چند ایستگاهی ۱۰۱

۴-۲-۱ فرآیند مونتاژ بدنه خودرو ۱۰۲

۴-۲-۲ دستگاه‌های اندازه‌گیری مختصات نوری ۱۰۳

۴-۲-۳ فیکسچرها و مکانیزم مکان‌یابی قطعات در فرآیند مونتاژ ۱۰۳

۴-۲-۴ تراکنش قطعه با قطعه ۱۰۴

۴-۲-۵ عوامل ایجاد تغییرات درون ایستگاهی ۱۰۵

۴-۲-۶ عوامل ایجاد تغییرات بین ایستگاهی ۱۰۶

۴-۲-۷ فرضیات مدلسازی ۱۰۷

۴-۲-۸ روابط مقدماتی برای توسعه مدل فضای حالت ۱۰۷

۴-۲-۹ استخراج مدل فضای حالت برای فرآیندهای تولیدی چند ایستگاهی ۱۱۲

۴-۳ مدل تشخیص عیوب فیکسچر و شناسایی علل ریشه ای فرآیند های تولیدی چند ایستگاهی ۱۱۸

۴-۳-۱ توسعه مدل انتشار عیوب در فرآیندهای تولیدی ۱۱۹

۴-۳-۲ تشخیص عیوب فیکسچر در حالت ایده‌آل ۱۲۲

۴-۳-۳ بررسی تاثیر نویز همبسته و عدم‌قطعیت‌های نمونه‌گیری بر نتایج تشخیص عیب ۱۲۴

۴-۳-۴ مدلسازی و برآورد انحرافات ناشی از نویز همبسته با استفاده از تئوری پرتورباسیون ماتریس‌ها .. ۱۲۶

۴-۳-۵ مدلسازی و برآورد انحرافات ناشی از عدم‌قطعیت‌های نمونه‌گیری با استفاده از روش شبیه‌سازی مونت کارلو ۱۳۲

۴-۳-۵-۱ تولید تصادفی یک ماتریس براساس مقادیر ویژه و درایه‌های قطری از قبل تعریف شده ۱۳۴

۴-۳-۵-۲ تولید تصادفی یک بردار براساس بردار میانگین و ماتریس کوواریانس از قبل تعریف شده .. ۱۳۷

عنوان | صفحه

۴-۳-۶ تشخیص عیوب فیکسچر درحالت وجود نویز همبسته و عدم‌قطعیت‌های نمونه‌گیری براساس خوشه بندی ژنتیک فازی ۱۳۸

فصل پنجم: اجرا و پیاده سازی روش پیشنهادی ۱۴۱

۵-۱ مقدمه ۱۴۱

۵-۲ ایجاد مدل فضای حالت در یک مطالعه موردی ۱۴۱

۵-۳ شبیه‌سازی انحرافات ناشی از عدم‌قطعیت‌های نمونه‌گیری ۱۴۸

۵-۳-۱ مثال عددی برای محاسبه انحرافات ناشی از عدم‌قطعیت‌های نمونه‌گیری ۱۴۸

۵-۳-۲ نتایج شبیه سازی انحرافات ناشی از عدم‌قطعیت‌های نمونه‌گیری ۱۴۹

۵-۴ شبیه‌سازی مدل تشخیص عیوب فیکسچر فرآیندهای تولیدی چند ایستگاهی ۱۵۲

۴-۴-۱ مثال عددی برای الگوریتم تشخیص عیوب فیکسچر فرآیندهای تولیدی چند ایستگاهی ۱۵۳

۵-۴-۲ اعتبارسنجی مدل تشخیص عیوب فیکسچر فرآیندهای تولیدی چند ایستگاهی ۱۵۶

فصل ششم: نتیجه‌گیری و پیشنهادات برای تحقیقات آتی ۱۵۸

۶-۱ مقدمه ۱۵۸

۶-۲ نتیجه‌گیری ۱۵۸

۶-۳ پیشنهادات برای تحقیقات آتی ۱۶۱

پیوست‌ها ۱۶۳

ضمیمه ۱ ماتریس‌های مدل فضای حالت برای مطالعه موردی ۱۶۳

ضمیمه ۲ جداول مرجع زاویه پرتورباسیون ناشی از عدم‌قطعیت‌های نمونه‌گیری ۱۶۷

مراجع و مآخذ ۱۷۳

فهرست اشکال

عنوان **صفحه**

شکل ۱-۱ طرح کلی تحقیق به صورت شماتیک ۱۲

شکل ۲-۱ دسته بندی روش های تشخیص عیب ۱۶

شکل ۲-۲ برهه‌های زمانی مهم در توسعه روش‌های SOV ۱۸

شکل ۳-۱ الگوریتم کرودینگ معین ۷۸

شکل ۳-۲ انتخاب کرودینگ ۷۹

شکل ۳-۳ جایگزینی بدترین در بین مشابه‌ترین (WAMS) ۷۹

شکل ۳-۴ الگوریتم خودتطبیقی نرخ عملگرهای الگوریتم ژنتیک ۸۲

شکل ۳-۵ کدگذاری و نحوه نمایش جواب‌ها ۸۳

شکل ۳-۶ نمایش گرافیکی عملگر ادغام تک نقطه‌ای ۸۴

شکل ۳-۷ الگوریتم ادغام تک نقطه‌ای ۸۵

شکل ۳-۸ نمایش گرافیکی عملگر ادغام دو نقطه‌ای ۸۵

شکل ۳-۹ الگوریتم ادغام دو نقطه‌ای ۸۶

شکل ۳-۱۰ الگوریتم عملگر ادغام ریاضی ۸۷

شکل ۳-۱۱ نمایش گرافیکی عملگر ترنسپوزن ۸۷

شکل ۳-۱۲ الگوریتم عملگر ترنسپوزن ۸۸

شکل ۳-۱۳ الگوریتم عملگر جهش چند جمله‌ای ۸۹

شکل ۳-۱۴ الگوریتم ایجاد جمعیت آغازین ۹۲

شکل ۳-۱۵ الگوریتم انتخاب کرودینگ ۹۳

شکل ۳-۱۶ الگوریتم جایگزینی بدترین از بین مشابه ترین ۹۴

شکل ۳-۱۷ مراحل الگوریتم ژنتیک کرودینگ چند کنامی برای حل مساله خوشه‌بندی فازی ۹۵

عنوان **صفحه**

شکل ۴-۱ نمونه یک اسکلت فلزی بدنه خودرو ۱۰۳

شکل ۴-۲ طرح چیدمان فیکسچر نوع 3-2-1 ..... ۱۰۴

شکل ۴-۳ انواع اتصالات قطعه با قطعه ۱۰۵

شکل ۴-۴ مثالی از بروز عیب فیکسچر ۱۰۵

شکل ۴-۵ انحرافات القا شده به دلیل پدیده موقعیت‌یابی مجدد ۱۰۶

شکل ۴-۶ دستگاه مختصات محلی و سراسری ۱۰۸

شکل ۴-۷ روابط انحرافات بین دو نقطه ۱۰۹

شکل ۴-۸ انحراف دستگاه مختصات محلی ۱۱۰

شکل ۴-۹ تجمع انحرافات قطعه J در ایستگاه i ۱۱۲

شکل ۴-۱۰ انحرافات القا شده از خطای فیکسچر ۱۱۳

شکل ۴-۱۱ عملکرد کلی روش های تشخیص عیب مبتنی بر تطبیق الگو ۱۲۳

شکل ۴-۱۲ تاثیر مشترک دو نوع عدم قطعیت ناشی از نویز سنسورها و نمونه‌گیری ۱۲۶

شکل ۴-۱۳ الگوریتم شبیه‌سازی زاویه اصلی انحراف بین زیرفضای پوششی ماتریس کوواریانس جمعیت و نمونه‌ای ۱۳۴

شکل ۴-۱۴ الگوریتم ایجاد ماتریسی با مقادیر ویژه معین ۱۳۴

شکل ۴-۱۵ الگوریتم چان-لی تعمیم یافته ۱۳۷

شکل ۴-۱۶ الگوریتم ایجاد ماتریس تصادفی با میانگین و واریانس از قبل تعریف شده ۱۳۷

شکل ۴-۱۷ الگوریتم تشخیص عیوب چندگانه فیکسچر در حالت وجود نویز همبسته و عدم‌قطعیت‌های ناشی از نمونه‌گیری ۱۴۰

شکل ۵-۱ هندسه مونتاژ، نقاط مکان‌یابی و اندازه‌گیری ۱۴۲

شکل ۵-۲ توالی عملیات مونتاژ و الگوی انتقال سطح مبنای مکان‌یابی ۱۴۳

شکل ۵-۳ هیستوگرام نتایج شبیه‌سازی مونت کارلو برای تعداد عیوب p=4، VR=100، TR=0.50 و $N_s = 250$ ۱۵۰

عنوان **صفحه**

شکل ۵-۴ نمودار زاویه پرتورباسیون بر حسب اندازه نمونه در حالت وجود یک عیب و نسبت واریانس‌های متفاوت ۱۵۱

شکل ۵-۵ نمودار زاویه پرتورباسیون بر حسب اندازه نمونه و تعداد عیوب متفاوت ۱۵۱

شکل ۵-۶ نمودار زاویه پرتورباسیون بر حسب اندازه نمونه در حالت چهار عیب همزمان و نسبت‌های متفاوت TR ... ۱۵۲

شکل ۵-۷ نمودار خطوط کانتور و نقشه گرافیکی کانتور برای نمایش خوشه‌ها ۱۵۴

شکل ۵-۸ رویه میزان برازش افراد در نسل‌های مختلف ۱۵۵

شکل ۵-۹ رویه تعداد خوشه‌های کدگذاری شده در افراد نسل‌های مختلف ۱۵۵

شکل ۵-۱۰ مقایسه عملکرد روش پیشنهادی و روش لی و ژو [۹] در شناسایی صحیح عیوب ۱۵۷

فهرست جداول

عنوان | صفحه

جدول ۲-۱ روش‌های اعتبارسنجی خوشه‌ها ۵۳

جدول ۲-۲ مقایسه روش‌های تشخیص عیب در فرآیندهای تولیدی ۶۳

جدول ۵-۱ مختصات نقاط مکان‌یابی در شکل ۴-۱ (واحدها بر حسب میلیمتر) ۱۴۲

جدول ۵-۲ مختصات نقاط اندازه‌گیری در شکل ۴-۱ (واحدها بر حسب میلیمتر) ۱۴۲

جدول۵-۳ رابطه بین الگوی عیوب و علل ریشه‌ای آنها ۱۴۳

جدول ۵-۴ تفسیر هندسی و نحوه بروز عیوب در ایستگاه اول مونتاژ ۱۴۳

جدول ۵-۵ نتایج شبیه‌سازی زاویه پرتورباسیون نمونه‌ای برای حالت وجود چهار عیب همزمان در فرآیند و تعداد نمونه ۵۰..۱۴۹

جدول ۵-۶ پارامترهای الگوریتم ژنتیک کرودینگ چند کنامی ۱۵۳

فصل اول: کلیات تحقیق

۱-۱ مقدمه

از دهه ۱۹۶۰، تاثیر اتوماسیون بر عملیات و طراحی فرآیندهای فنی به تدریج افزایش یافت. به دلیل افزایش نیاز به ارتقاء کارآیی فرآیند و کیفیت محصولات، مستقل‌سازی عملیات از حضور اپراتورهای انسانی، ترخیص کارکنان از وظایف روتین به دلیل هزینه‌های فزاینده دستمزد، سازمان‌ها به توسعه سیستم‌های مکانیزه روی آوردند. بعد از سال ۱۹۷۵ و ظهور میکروکامپیوترها، درجه اتوماسیون شدیداً رو به فزونی نهاد. این پیشرفتها به موازات توسعه سنسورها و رباتها همراه بود که نتیجه آن، پیشرفتهای قابل توجهی در زمینه تئوری کنترل سیستم‌ها و تشخیص عیوب بود. کشف و تشخیص زودهنگام عیوب در فرآیندهایی که نیاز به دقت، ایمنی، کیفیت، کارآیی و بهره وری بالا دارند؛ یک مساله با اهمیت و در عین حال، مساله دشواری است. در سیستم‌های پیچیده و بزرگ، هزینه‌های ناشی از تولید محصولات نامنطبق و توقف ناگهانی فرآیندها و اختلال در سیستم، بسیار بالا و در اکثر موارد باعث صدمات جبران‌ناپذیری به اپراتورها ، تجهیزات و محیط زیست می‌شود. بنابراین، کنترل فرآیند به صورت کاملا سیستماتیک، ضرورتی انکارناپذیر است. این سیستم کنترلی بایستی قابلیت پایش دائمی و لحظه به لحظه فرآیند را داشته باشد؛ زیرا شناسایی و تشخیص به موقع، یکی از عوامل کلیدی موفقیت در زمینه کنترل سیستم‌ها می‌باشد. در ادبیات تئوری کنترل، سه وظیفه اصلی برای سیستم‌های تشخیص عیب، تعریف شده است[۱]: (۱) کشف عیب[1]؛ (۲) تفکیک عیوب[2]؛ (۳) شناسایی عیب[3]. نکته مهم در این دسته‌بندی، این است که بایستی بین کشف عیوب و تشخیص عیوب تمایزی قائل شد. کشف عیب، رخ دادن یا ندادن وضعیت غیرطبیعی را شناسایی می‌کند ولی تشخیص عیب، محل و زمان رخ دادن عیب (علت ریشه‌ای) را می‌یابد. روش‌های کشف عیب بر پایه مدل‌های ریاضی فرآیند و تئوری سیستم‌ها در جهت تعیین عارضه‌های عیب[4] می‌باشند. روش‌های تشخیص عیوب از ارتباط علت و معلولی بین عارضه عیب و عیب، روش-های آماری پیشرفته، هوش مصنوعی و محاسبات نرم[5] استفاده می‌کنند.

---

[1] Fault Detection
[2] Fault Isolation
[3] Fault Identification
[4] Symptom
[5] Soft Computing

۱-۲ بیان مساله

در دهه گذشته، با ظهور تکنولوژی ماشین‌های اندازه‌گیری مختصات نوری (OCMM[1]) برای اندازه‌گیری ابعاد محصول بدون هیچ گونه تماس فیزیکی با آن، فرصت جدیدی در شناسایی علل ریشه ای در فرآیندهای تولیدی چند ایستگاهی (MMP[2]) بوجود آمده است. این ماشین‌ها در هر لحظه از زمان ، حجم بسیار بالایی از داده‌ها را از کیفیت محصول و وضعیت فعلی فرآیند در اختیار قرار می‌دهند. هیو[3] و ویو[4] [۲] در دانشگاه میشیگان برای اولین بار، یک رویکرد تشخیص و شناسایی علل ریشه‌ای فرآیند ساخت بدنه خودرو را براساس داده‌های اندازه‌گیری درون-خط بدست آمده از OCMM و با استفاده از روش‌های آماری چند متغیره (تجزیه و تحلیل مولفه‌های اصلی[5])، پیشنهاد دادند. ساخت بدنه خودرو، فرآیند مونتاژ ورقه‌های فلزی[6] بسیار پیچیده‌ای است که در ایستگاه‌های مونتاژ بوسیله مکان‌یابهای فیکسچر[7]، انجام می‌شوند. منظور از مکان‌یابهای فکیسچر، اجزای نگهدارنده قطعات در فیکسچر هستند که وظیفه ثابت نگه داشتن و مکان‌یابی قطعات را بر عهده دارند. مهمترین منبع ایجاد عدم انطباق ابعادی به خاطر ویژگی عملکردی ایستگاه‌های مونتاژ، مربوط به خرابی مکان‌یابها و فیکسچرهای مورد استفاده در ایستگاه مونتاژ می‌باشد. بنابراین، تجزیه و تحلیل و تشخیص عیوب فیکسچر، مساله بسیار مهمی برای کیفیت بدنه خودرو می باشد. در چنین سیستم‌های تولیدی که برای تولید یک محصول پیچیده از بیش از یک ایستگاه کاری یا عملیات استفاده می‌شود؛ تغییرات ایجاد شده در هر ایستگاه کاری بر روی هم تجمع یافته و بر تغییرات در ایستگاه‌های بعدی، تاثیر می‌گذارند به طوریکه تغییرات محصولات نهایی، مجموعی از تغییرات در تمامی مراحل تولیدی است. بنابراین همبستگی بسیار بالایی بین داده‌های مشخصه‌های کیفی محصول در ایستگاه‌های تولیدی مختلف وجود دارد. توصیف و مدلسازی نحوه انتشار تغییرات در هر ایستگاه تولیدی و بین ایستگاه‌ها با یک رویکرد سیستمی و همچنین تحلیل آماری انتشار تغییرپذیری در MMP، جهت کنترل تغییرات محصول و بهبود کیفیت ضروری است. معمولا در صنایع، استراتژی اندازه‌گیری مبتنی بر بازرسی محصول، برای اطمینان از کیفیت محصول استفاده می‌شود. در این استراتژی، اندازه‌گیری‌ها مستقیما از محصولات نهایی یا محصولات میانی گرفته می‌شود و سپس با اندازه‌های اسمی طراحی محصول مقایسه می‌شود. این نوع

---

[1] Optical Coordinate Measurement Machine
[2] Multi-station Manufacturing Process
[3] Hu
[4] Wu
[5] Principal Component Analysis
[6] Sheet Metal
[7] Fixture

استراتژی اندازه‌گیری، به تنهایی نمی‌تواند منجر به شناسایی علل ریشه‌ای محصولات معیوب شود. مساله شناسایی علل ریشه‌ای، به خصوص برای MMP به خاطر نیاز به اطلاعات زیاد و انتشار پیچیده تغییرات در طول فرآیند تولیدی مساله‌ای بسیار دشوار و پیچیده ای است. جریان اطلاعات کیفی در سیستم تولیدی چند مرحله‌ای و تراکنش متقابل بین عیوب فرآیند و مشخصه‌های کیفی محصول بسیار پیچیده است. این جریان اطلاعاتی در MMP، به خاطر ماهیت انتشار تغییرپذیری در طول ایستگاه‌های کاری شبیه به جریان آب در یک رودخانه است. این شباهت منجر به واژه «جریان تغییرات[1]» (SOV) شده است. تحلیل جریان تغییرات در یک MMP، کار بسیار سختی است زیرا عیوب کیفی که در ایستگاه فعلی کشف می‌شوند؛ ممکن است با انتقال تغییرات[2] و تجمع آنها از ایستگاه‌های قبلی بوجود آمده باشند. تئوری کنترل بهینه برای تحلیل داده‌های خودهمبسته‌ای که از اندازه‌گیری مشخصه‌های کیفی محصول درایستگاه‌های مختلف بدست آمده‌اند، ابزار مناسبی است. تاکنون چندین مدل SOV معرفی شده است[۳، ۴]: مدل تبدیل حالت[3]، مدل خودهمبستگی مرتبه اول، مدل فضای حالت[4]. روش‌های مختلفی نیز برای تشخیص عیب MMP با استفاده از مدل فضای حالت از جمله روش برآورد مولفه‌های واریانس[5] و روش‌های تطبیق الگو[6] توسعه داده شده است. در روش‌های تطبیق الگو، ابتدا الگوهای عیوب[7] فرآیند براساس مدل فضای حالت MMP، به صورت برون–خط[8] بدست می‌آید. این الگوها، نحوه تاثیر یک نوع عیب خاص بر روی تغییرات ابعادی قطعه معینی به صورت یک بردار نمایش می‌دهد. در هنگام اجرای فرآیند، قطعات و زیرمونتاژ در عبور از ایستگاه‌های اندازه‌گیری، توسط ماشین‌های OCMM مورد پایش قرار می‌گیرند. سنسورهای OCMM، «مشخصه‌های کلیدی کنترل» قطعات را اندازه‌گیری کرده و این اطلاعات را به سیستم مرکزی ارسال می کنند. در سیستم مرکزی، داده‌های اندازه‌گیری درون–خط از فرآیند، مورد پردازش قرار گرفته و بردارهای عارضه عیب استخراج می‌شود. سپس براساس روش‌های تطبیق الگو، بردارهای عارضه عیب با الگوهای عیوب معلوم که از مدل فضای حالت ایجاد شده‌اند، مقایسه می‌شود و بدین ترتیب، علت ریشه‌ای عیوب در فرآیند، شناسایی می‌شود.

[1] Stream of Variation
[2] Variation Transmission
[3] State Transition
[4] State Space
[5] Variance Component Estimation
[6] Pattern Matching
[7] Fault Pattern
[8] Off-line

در تحقیقات گذشته، روشی نسبتا ساده، پرکاربرد و مناسب برای استخراج عارضه‌های عیب بکار رفته است. این روش، روش «تجزیه و تحلیل مولفه‌های اصلی» (PCA) است. این روش برای تجزیه و تحلیل داده‌هایی که همبستگی زیادی بین داده‌ها وجود دارد، استفاده می‌شود. در این روش، داده‌های همبسته تحت انتقالات برداری و روش‌های آماری قرار می‌گیرد و متغیرهای پنهان[1] ایجاد می‌شوند. به این متغیرهای جدید، مولفه‌های اصلی گفته می‌شوند که دو ویژگی دارند: اولا ناهمبسته می‌باشند و ثانیا جهت بیشترین واریانس موجود در داده‌ها را نشان می‌دهند. از آنجا که تغییرات ابعادی قطعه در هر ایستگاه وابسته به ایستگاه‌های قبلی بوده و همچنین تغییرات ابعادی هر قطعه بر روی قطعات دیگر تاثیر می‌گذارد؛ بنابراین مجموعه داده‌های MMP، همبسته است که روش PCA، روش مناسبی برای استخراج جهت بیشترین تغییرپذیری ابعادی قطعات (عارضه‌های عیب) به نظر می رسد. روش‌های اخیر، پایایی بالایی در مقابل نویزهای بدون ساختار مشخص و عدم قطعیت‌های ناشی از نمونه‌گیری دارند. با این وجود، همه این روش‌ها از یک محدودیت خاص رنج می‌برند و آن، استفاده از PCA برای استخراج الگو از داده‌ها می‌باشد. روش PCA در واقع، روشی برای تعیین جهت بیشترین واریانس موجود در داده‌ها و تبدیل داده‌های همبسته به متغیرهای ناهمبسته است. استفاده از این روش در حالتی که داده‌ها همراه با نویز و برون‌هشته‌ها[2] باشد، ممکن است تصمیم گیری صحیح در مورد تشخیص جهت بیشترین واریانس را مختل سازد. هدف این تحقیق، بررسی محدودیت‌های روش PCA، در استفاده به عنوان ابزار طبقه‌بندی و ارائه یک روش تلفیقی مناسب برای رفع معایب آن ارائه می باشد.

با توجه اینکه الگوریتم خوشه‌بندی[3]، برای تفکیک ساختارهای موجود در داده‌ها رویکرد بسیار مناسبی است؛ می تواند گزینه مناسبی برای رفع ضعف PCA در تفکیک پذیری داده ها باشد. روش‌های مختلفی برای خوشه‌بندی ارائه شده است. الگوریتم خوشه‌بندی k-میانگین[4]، نوعی روشی تخصیص است که هر داده را به یکی از اعضای مجموعه معینی تحت عنوان خوشه ها، نسبت می‌دهد. با توجه به اینکه عملا ممکن است همپوشانی زیادی بین خوشه‌ها وجود داشته باشد و هر داده با درجه عضویت معینی به هریک از خوشه‌ها متعلق باشد؛ روش‌های خوشه‌بندی c-میانگین فازی[5] (FCM) توسعه یافتند. بنابراین مناسب به نظر می‌رسد از روش خوشه‌بندی فازی برای رفع ضعف تفکیک‌پذیری PCA استفاده کرد. اما در مورد روش‌های

[1] Latent Variables
[2] Outlier
[3] Clustering
[4] K-means Clustering
[5] Fuzzy C-means