بسم الله الرحمن الرحیم

دانشکده :عمران و معماری

گروه :عمران

عنوان رساله دکتری:

بهینه یابی سازه های خرپایی با استفاده از الگوریتم ژنتیک تعمیم یافته تحت قید قابلیت اعتماد اعضا و کل سازه

دانشجو : پوریا منصوریان

استاد راهنما :

دکتر وحیدرضا کلات جاری

رساله دکتری جهت اخذ درجه دکتری

ماه و سال انتشار :

مهرماه-۱۳۹۰

تقدیم به پدر و مادر عزیزم

آنانکه وجودم برایشان همه رنج بود و وجودشان برایم همه مهر.

توانشان همه رفت تا به توانایی برسم و مویشان سپید گشت تا رویم سپید بماند.

آنانکه فروغ نگاهشان گرمی کلامشان و روشنی رویشان سرمایه های جاودانی من است.

آنانکه راستی قامتم در شکستگی قامتشان تجلی یافت.

در برابر وجودشان زانوی ادب بر زمین می نهم و با دلی مملو از عشق و محبت و خضوع بر دستانشان بوسه می زنم.

سر و وجوشان همیشه سرسبز و استوار باد.

تشکر و قدردانی

با سپاس از زحمات و الطاف استاد بزرگوار جناب آقای دکتر کلات جاری که به رغم کلیه مشکلات موجود در زمان انجام این تحقیق، دلسوزانه و بردبارانه مرا یاری و راهنمایی فرمودند و نیز آقایان پرفسور علی کاوه و دکتر سعید محمدزاده که از مشاوره با ایشان بهره مند بوده ام.

همچنین از آقایان مهندس امین قربانی و محمد حسین طالب پور صمیمانه قدردانی مینمایم.

تعهد نامه

اینجانب **پوریا منصوریان** دانشجوی دوره **دکتری** رشته **عمران - سازه** دانشکده **عمران و معماری** دانشگاه صنعتی شاهرود نویسنده رساله **بهینه یابی سازه های خرپایی با استفاده از الگوریتم ژنتیک تعمیم یافته تحت قید قابلیت اعتماد واعضا و کل سازه** تحت راهنمائی دکتر وحیدرضا کلات جاري متعهد می شوم:

- تحقیقات در این رساله توسط اینجانب انجام شده و از صحت و اصا لت برخوردار است.
- در استفاده از نتایج پژوهشهای محققان دیگر به مرجع مورد استفاده استناد شده است.
- مطالب مندرج در پایان نامه / رساله تا کنون توسط خود یا فرد دیگری برای دریافت هیچ نوع مدرکی 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 افراد که در به دست آوردن نتایج اصلی پایان نامه / رساله تاثیر گذار بوده اند در مقالات مستخرج از پایان نامه / رساله رعایت شده است.
- در کلیه مراحل انجام این پایان نامه / رساله ، 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 / رساله ، در مواردی که به حوزه اطلاعات شخصی افراد دسترسی یافته یا استفاده شده است اصل رازداری ، ضوابط و اصول اخلاقی انسانی رعایت شده است.

تاریخ:

امضای دانشجو

مالکیت نتایج و حق و نشر

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

✳ **متن این صفحه نیز باید در ابتدای نسخه های تکثیرشده پایان نامه / رساله وجود داشته باشد.**

چکیده

در اکثر تحقیقات انجام شده بهینه یابی سازه ها بصورت قطعی و بدون درنظر گرفتن عدم قطعیت های موجود در عوامل دخیل می باشد. در سالهای اخیر مسأله قابلیت اعتماد سیستم های سازه ای در امر بهینه سازی مورد توجه طراحان قرار گرفته است. لیکن با توجه به زمان بر بودن تحلیل قابلیت اعتماد سیستم های سازه ای و بهینه سازی بر اساس آن، بسیاری از محققین با استفاده از فرضیات محافظه کارانه و ساده کننده، احتمال خرابی سیستم سازه ای را با توجه به احتمال خرابی اعضا تخمین زده اند که این امر منجر به نتایج نامطلوب اقتصادی شده است.

هدف این رساله بهینه یابی مقاطع خرپاهای فولادی سه بعدی، مستقل از هرگونه آیین نامه طراحی و با درنظر گرفتن عملکرد سیستم سازه ای، اثر همبستگی متغیرهای تصادفی و نوع توزیع واقعی آنها است، بطوریکه وزن سازه تحت تراز ایمنی خاص کمترین مقدار ممکن را داشته باشد. در این بهینه سازی که نوعی طراحی تراز IV (4th Level) از تئوری قابلیت اعتماد می باشد، قید قابلیت اعتماد سیستم سازه ای جایگزین قیود متداول مانند تنش مجاز اعضا می شود.

در این تحقیق به منظور تسریع در بهینه یابی و تحلیل قابلیت اعتماد سیستم های سازه ای از روش الگوریتم ژنتیک جزیره ای تعمیم یافته، پردازش موازی، روش تعمیم یافته تحلیل جبری نیروها و سیستم چند عاملی مبتنی بر تکنیک های هوش مصنوعی استفاده شده است. همچنین با استفاده از قوانین احتمال و روابط تئوری قابلیت اعتماد، روش شاخه و کرانه که یکی از روشهای مبتنی بر مسیرهای خرابی است، توسعه داده شده است.

با استفاده از راهکارهای پیشنهادی در این رساله، بهینه یابی سازه های خرپایی تحت قید قابلیت اعتماد سیستم سازهای که تاکنون بدون نیاز به فرضیات ساده کننده فوق الذکر امری بسیار زمان بر و تقریباً غیر عملی بوده، در زمان قابل قبول صورت پذیرفته است.

کلمات کلیدی: بهینه یابی تحت قید قابلیت اعتماد، الگوریتم ژنتیک موازی جزیره ای، احتمال خرابی سیستم سازه ای، روش جبری بهبود یافته نیروها، روش شاخه و کرانه ، هوش مصنوعی.

لیست مقالات مستخرج از رساله

1- V. Kalatjari, A. Kaveh, P. Mansoorian “System reliability assessment of redundant trusses using improved algebraic force method and artificial intelligence ”**ASIAN JOURNAL OF CIVIL ENGINEERING (BUILDING AND HOUSING)** VOL. 12, NO. 4 (2011), pp. 523-550

2- V. Kalatjari, P. Mansoorian “Sizing and Topology Optimization of Trusses by Development of Algebraic Force Method and Parallel Genetic Algorithm ”**6th National Congress on Civil Engineering, April 26-27, 2011, Semnan University, Semnan, Iran.**

3- V. Kalatjari, P. Mansoorian “Bi-level Reliability-Based Optimization of Trusses via Competitive Distributed Genetic Algorithm ”**6th National Congress on Civil Engineering, April 26-27, 2011, Semnan University, Semnan, Iran.**

فهرست مطالب

فصل اول : مقدمه ۱

فصل دوم : تئوری قابلیت اعتماد

۲-۱- مقدمه ۱۰
۲-۲- تئوری قابلیت اعتماد ۱۰
۲-۳- تحلیل قابلیت اعتماد عضو منفرد سازه ای ۱۱
۲-۴- تحلیل قابلیت اعتماد سیستم های سازه ای ۱۲
۲-۴-۱- ارزیابی قابلیت اعتماد خرپاهای معین استاتیکی ۱۶
۲-۴-۲- ارزیابی قابلیت اعتماد خرپاهای نامعین استاتیکی ۱۷
۲-۴-۲-۱- تولید خودکار توابع حالت حدی ۱۸
۲-۴-۲-۲- روش شاخه و کرانه ۲۰
۲-۴-۲-۲-۱- عملیات شاخه ای ۲۱
۲-۴-۲-۲-۲- تنظیم کران های پایین و بالا ۲۲
۲-۴-۲-۲-۳- عملیات کرانه ای ۲۳
۲-۵- تعیین شاخص قابلیت اعتماد برای متغیرهای غیرنرمال و همبسته ۲۴
۲-۵-۱- روش ماتریسی راکویتز – فیسلر ۲۵
۲-۶- تکنیکهای شبیه سازی ۲۸
۲-۷- خلاصه روابط تئوری کمانش ۳۰

فصل سوم : بهینه یابی با استفاده از الگوریتم ژنتیک

۳-۱- مقدمه و تاریخچه ۳۳
۳-۲- پردازش موازی در الگوریتم ژنتیک ۳۴
۳-۳- بهینه یابی غیر قطعی (احتمالاتی) سازه ها ۳۸

فصل چهارم : روش جبری نیروها

۴-۱- مقدمه ۴۰
۴-۲- فرمول بندی روش جبری نیروها ۴۰
۴-۳-۱- روش افراز LU ۴۲

فصل پنجم : راهکارهای پیشنهادی

۵-۱- مقدمه ۴۵
۵-۲- راهکار اول: بهبود روش های مبتنی بر مسیرهای خرابی ۴۵
۵-۲-۱- راهکار ۱- ۱ ..... ۴۵
۵-۲-۲- راهکار ۱- ۲ ..... ۵۰
۵-۲-۳- راهکار ۱- ۳ ..... ۵۲
۵-۲-۴- راهکار ۱- ۴ ..... ۵۵
۵-۳- راهکار دوم: ایجاد رقابت بین جزایر موازی در الگوریتم ژنتیک ۵۶
۵-۴- راهکار سوم: بهبود فرمول بندی روش جبری نیروها ۶۳
۵-۵- راهکار چهارم: استفاده از تکنیکهای هوش مصنوعی ۶۶
۵-۵-۱- عامل هوشمند فاز اول ۶۶
۵-۵-۲- عامل هوشمند فاز دوم ۷۱
۵-۵-۳- عامل هوشمند فاز سوم ۷۳
۵-۶- حل مسأله بهینه یابی با راهکارهای پیشنهادی و ارتباط فصول رساله ۷۷

فصل ششم : ارزیابی راهکارهای پیشنهادی با ارائه مثال

۶-۱- مقدمه ۸۰
۶-۲- مثالها ۸۰
مثال۶-۱: خرپای ۶ میله ای (راهکار ۳) ۸۰
مثال۶-۲: خرپای ۱۶ میله ای (راهکارهای ۱-۱، ۱-۲، ۳، ۴-۱) ۸۲
مثال۶-۳: خرپای ۲۵ میله ای (راهکارهای ۱، ۳، ۴-۱) ۸۴
مثال۶-۴: خرپای ۷۲ میله ای (راهکارهای ۱، ۳، ۴-۱) ۸۷
مثال۶-۵: خرپای ۱۲۰ میله ای (راهکارهای ۱، ۳، ۴-۱) ۹۰
مثال۶-۶: خرپای ۲۵ میله ای (راهکار ۴-۳) ۹۳
مثال۶-۷: خرپای ۲۵ میله ای (کلیه راهکارها) ۹۴
مثال۶-۸: خرپای ۱۲۰ میله ای (کلیه راهکارها) ۹۸
مثال۶-۹: خرپای ۲۵ میله ای (اثر کمانش) ۱۰۱

فصل هفتم : نتایج و پیشنهادها

۶-۱- مقدمه ۱۰۵
۶-۲- نتایج ۱۰۵
۶-۳- پیشنهادها ۱۱۱

مراجع ۱۱۴

فهرست جداول

جدول ۳-۱. مشخصات سیستم های کامپیوتری مورد استفاده ۳۷
جدول ۳-۲. مشخصات جزایر در پردازش موازی ۳۷

جدول۵-۱. سطح مقطع اعضای خرپای ۱۶ میله ای ۴۸
جدول ۵-۲. مسیرهای خرابی منشعب از مسیر ناقص 5→7 ..... ۴۹
جدول ۵-۳. سطح مقطع اعضای سازه بهینه با روش های SGA، DGA و CDGA ۵۹
جدول ۵-۴. مقایسه کارایی روش های SGA، DGA و CDGA ۶۰
جدول ۵-۵. زمان صرف شده در روش های مختلف (s) ۶۰
جدول۵-۶. مختصات گره ها در مثال ۵-۳ (سانتیمتر) ۶۱
جدول ۵-۷. بارهای وارد بر سازه ۱۰ گرهی و گره های نظیر ۶۱
جدول ۵-۸. گروه بندی اعضا و تنشهای مجاز کششی و فشاری نظیر ۶۱
جدول ۵-۹. سطح مقطع بهینه بدست آمده با روشهای SGA، DGA و CDGA ۶۲
جدول ۵-۱۰. مقایسه کارایی روش های SGA، DGA و CDGA ۶۲
جدول ۵-۱۱. زمان صرف شده در روش های مختلف (s) ۶۳

جدول ۶-۱. داده های آماری بار در خرپای ۶ میله ای ۸۱
جدول ۶-۲. مقایسه دو روش سختی و نرمی پیشنهادی در خرپای ۶ میله ای ۸۱
جدول ۶-۳. مقایسه دو روش سختی و نرمی در خرپای ۶ میله ای ۸۲
جدول۶-۴. سطح مقطع اعضای خرپای ۱۶ میله ای ۸۳
جدول۶-۵. تاثیر برخی راهکارهای پیشنهادی در مثال ۶-۲ ..... ۸۳
جدول۶-۶. سطح مقطع اعضای خرپای مثال ۶-۳ ..... ۸۵
جدول۶-۷. مختصات گره ها در مثال ۶-۳ (سانتیمتر) ۸۵
جدول۶-۸ . داده های آماری بارهای وارده مثال ۶-۳ (کیلوگرم) ۸۶
جدول۶-۹. تاثیر برخی راهکارهای پیشنهادی در مثال۶-۳ ..... ۸۶
جدول۶-۱۰. تاثیر راهکارهای ۱-۳ و۱-۴ در مثال ۶-۳ ..... ۸۷
جدول۶-۱۱. سطح مقطع اعضای خرپای مثال ۶-۴ ..... ۸۸
جدول۶-۱۲ . داده های آماری بارهای وارده مثال ۶-۴ (کیلوگرم) ۸۹
جدول۶-۱۳. تاثیر برخی راهکارهای پیشنهادی در مثال۶-۴ ..... ۸۹
جدول۶-۱۴. تاثیر راهکارهای ۱-۳ و۱-۴ در مثال ۶-۴ ..... ۹۰
جدول۶-۱۵. سطح مقطع اعضای گروه گنبد مثال ۶-۵ ..... ۹۱
جدول۶-۱۶. تاثیر برخی راهکارهای پیشنهادی در مثال ۶-۵ ..... ۹۲
جدول۶-۱۷. تاثیر راهکارهای ۱-۳ و۱-۴ در مثال ۶-۵ ..... ۹۲
جدول ۶-۱۸. بررسی تأثیر راهکار ۴-۳ ..... ۹۳

جدول ۶-۱۹. نتایج بهینه یابی مثال ۶-۷ و مقایسه با مراجع دیگر ۹۵
جدول۶-۲۰. تاثیر راهکارهای پیشنهادی در مثال۶-۷..... ۹۶
جدول ۶-۲۱. اثر ضرایب پراکندگی در خرپای مثال ۶-۷..... ۹۸
جدول ۶-۲۲. اثر ضرایب پراکندگی در خرپای مثال ۶-۸..... ۱۰۰
جدول ۶-۲۳. نتایج بهینه یابی مثال ۶-۹ و مقایسه با مراجع دیگر ۱۰۱
جدول ۶-۲۴. تأثیر لحاظ نمودن قید کمانش ۱۰۲

فهرست اشکال

شکل ۲-۱. سیستم سازه ای سری و مدل قابلیت اعتماد آن [۴۳] ۱۴
شکل ۲-۲. سیستم سازه ای موازی و مدل قابلیت اعتماد آن[۴۳] ۱۵

شکل ۳-۱. طرح شماتیک از روش Master - Slave ۳۴
شکل ۳-۲. طرح شماتیک از نحوه تقسیم جمعیت و مهاجرت بین جزایر ۳۵

شکل ۵-۱. طرح شماتیک از شاخه های منشعب از $i \rightarrow j$ ۴۶
شکل ۵-۲. نمایش کوچکترین اشتراک در نمودار ون ۴۶
شکل ۵-۳. خرپای ۱۶ میله ای مثال ۵-۱ ۴۸
شکل ۵-۴. قطع شاخه های منشعب از $i \rightarrow j$ براساس راهکار ۱-۲ ۵۱
شکل ۵-۵. خرپای نامعین m عضوی که در آن اعضای i، j و k دچار خرابی شده اند ۵۳
شکل ۵-۶. مسیرهای خرابی منشعب از $i \rightarrow j \rightarrow k$ و $i \rightarrow k \rightarrow j$ ۵۴
شکل۵-۷. چگونگی انتخاب جزیره مقصد ۵۷
شکل ۵-۸. سازه ی مبنای خرپای ۶ گره ای ۵۸
شکل ۵-۹. سازه بهینه برای خرپای ۶ گره ای ۵۹
شکل ۵-۱۰. سازه مبنای خرپای ۱۰ گره ای مثال ۵-۳ ۶۰
شکل ۵-۱۱. سازه بهینه خرپای ۱۰ گرهی مثال ۵-۳ ۶۲
شکل ۵-۱۲. گنبد ۱۲۰ میله ای ۶۴

شکل ۶-۱. خرپای ۶ میله ای مثال ۶-۱ ۸۰
شکل ۶-۲. خرپای ۱۶ میله ای مثال ۶-۲ ۸۲
شکل ۶-۳. خرپای ۲۵ میله ای مثال ۶-۳ ۸۵
شکل ۶-۴. خرپای ۷۲ میله ای مثال۶-۴ ۸۸
شکل ۶-۵. خرپای ۷۲ میله ای مثال۶-۵ ۹۱
شکل ۶-۶. نحوه کارکرد جزایر موازی با یکدیگر ۹۷

فصل ۱

مقدمه

هدف از بهینه یابی در مهندسی سازه بدست آوردن بیشترین بازده با صرف کمترین مصالح است. بعبارت دیگر سازه طرح شده باید از یک سو ایمن و دارای حد بهره برداری خوب باشد بطوریکه در برابر بارهای خارجی هیچیک از قیود را نقض نکند و از سوی دیگر باید از کمترین هزینه و به نوعی از کمترین مصرف مصالح برخوردار باشد.

معمولاً از دو روش در امر بهینه یابی سازه ها استفاده شده است؛ روشهای مبتنی بر مفاهیم ریاضی [۱-۶] و روشهای مبتنی بر جستجوی تصادفی[۱] (روشهای فرا اکتشافی[۲]) [۷-۱۶]. برخی از روشهای ریاضی عبارتند از: برنامه ریزی خطی[۳]، برنامه ریزی خطی همگن[۴]، برنامه ریزی پویا[۵] و برنامه ریزی غیر خطی[۶]. روشهای ریاضی بطور کلی سریع به جواب می رسند و از دقت بالایی برخوردارند لیکن استفاده از آنها معمولاً با مشکلاتی همراه است. اجرای صحیح این روشها مستلزم انجام مشتق گیری و نیز انتخاب نقطه شروع مناسب است. از طرفی نسخه های قدیمی این روشها در برخی مسائل بهینه یابی که در آنها توابع غیرمحدب در نظر گرفته می شوند دچار مشکل می شوند و از طرف دیگر استفاده از نسخه های جدید مانند برنامه ریزی پویا نیز مستلزم انجام محاسبات پیچیده است[۱۶].

روشهای مبتنی بر جستجوی تصادفی امروزه جایگزین مناسبی برای روشهای ریاضی محسوب می شوند که بدون انجام محاسبات پیچیده به سمت بهینه مطلق حرکت می کنند. برخی از معروفترین این روشها عبارتند از: الگوریتم تکاملی[۷] [۷-۹]، الگوریتم ژنتیک[۸] [۱۰-۱۱]، امپراتوری مورچگان[۹] [۱۲]، اجتماع حشرات[۱۰] [۱۳]، شبیه سازی بازپخت فلزات[۱۱] [۱۴]، الگوریتم جستجوی جاذبه ای[۱۲] [۱۵] و الگوریتم جستجوی ذرات باردار[۱۳] [۱۶-۱۸].

---

[1] Random search-based methods
[2] Meta-heuristic methods
[3] Linear programming
[4] Homogenous linear programming
[5] Dynamic programming
[6] Non-linear programming
[7] Evolutionary algorithm
[8] Genetic algorithm
[9] Ant colony optimization
[10] Particle swarm optimizer
[11] Simulated annealing
[12] Gravitational
[13] Charged system search

با اینکه تلاشهای زیادی در امر بهینه یابی سازه ها صورت پذیرفته است، لیکن در اکثر ایـن مـوارد، بهینه یابی بصورت قطعی و بدون درنظر گرفتن هرگونه عدم قطعیت انجام شده است. صـرفنظر کـردن از عدم قطعیت های موجود در پدیده هایی چون بارهای وارده، جنس مصالح، نوع اتصال واقعـی اعضـا، کیفیت اجرا و غیره به منزله انتخاب یک مدل غیر واقعی از مسأله مورد طراحـی بـوده و بـه جوابهـای نادرست منتهی می شود. از طرفی در نظر گرفتن این عوامل عـدم قطعیـت باعـث ایجـاد یـک فضـای احتمالاتی در روند تحلیل، طراحی و بهینه یابی سازه ها می شود. لذا برای اطمینان از عملکرد صـحیح یک سازه ابتدا باید چنین عواملی را که باعث ایجاد عدم قطعیت می شـوند، بـا دقـت شناسـایی کـرد. بدین منظور با استفاده از نظریه قابلیت اعتماد می توان روابط طراحی مناسب را چنان تدوین نمود که احتمال خرابی سازه طراحی شده قابل تعیین باشد.

از اوایل قرن گذشته استفاده از تئوری قابلیت اعتماد در مسائل مهندسی سازه مورد توجه طراحـان قرار گرفته است. اولین فرمولبندی ریاضی از مسائل ایمنـی سـازه هـا توسـط مـایر[۱۳] در سـال ۱۹۲۶، استرلتزکی[۱۴] در سال ۱۹۴۷ و ویرزبیکی[۱۵] در سال ۱۹۳۶ بیان گردیـده اسـت. آنهـا بـار و مقاومـت را کمیتهای احتمالاتی در نظر گرفته و در نتیجه برای هر سازه احتمال مشخصی از خرابی در نظر گرفتـه بودند. کار آنها در سال ۱۹۵۶ توسط فردنتال[۱۶] توسعه یافت. کاربرد عملی تحلیل قابلیت اعتماد امکـان پذیر نبود تا اینکه این کار توسط کرنل[۱۷] و لینـد[۱۸] در اواخـر دهـه ۱۹۶۰ و اوایـل دهـه ۱۹۷۰ انجـام گردید. کرنل یک روش لنگر دوم در تعیین شاخص قابلیت اعتمـاد را در سـال ۱۹۶۹ پیشـنهاد نمـود. هاسوفر[۱۹] و لیند خطی سازی شاخص قابلیت اعتماد را در سـال ۱۹۷۴ بیـان نمودنـد. در سـال ۱۹۷۸ یک روش عددی مؤثر برای محاسبه شاخص قابلیت اعتماد به وسیله راکویتز[۲۰] و فیسلر[۲۱] بیان شد.

1- Mayer
2- Streletzki
3- Wierzbicki
4- Freudenthal
5- Cornell
6- Lind
7- Hasofer
8- Rackwitz
9- Fiessler

در انتهای دهه ۱۹۸۰ روشهای قابلیت اعتماد به مرحلـه بلـوغ رسـیدند و روشـهایی بـرای تعیـین مسیرهای خرابی حاکم در سیستم های سازه ای و احتمال نظیر آن معرفی شـد. همچنـین روشـهایی برای بهینه یابی سازه ها در چارچوب قابلیت اعتماد ارائه شد.

در سالهای اخیر کتابهای متعددی در این زمینه، توسط افراد مختلف نوشته شده که فهرسـت آنهـا در مراجع [۱۹-۲۰] آمده است و این تئوری به صورت قابل توجهی گسترش یافته و هـم اکنـون از آن در توسعه مقررات طراحی جدید استفاده می گردد. لیکن در حال حاضر اکثر آیین نامه های مبتنی بـر نظریه قابلیت اعتماد تنها برای طراحی اعضای سازه کاربرد دارد و سیستم سازه را در طراحی مـد نظـر قرار نمی دهند. در سالهای نه چندان دور می توان انتظار داشت که روشـهای آنـالیزی مـورد اسـتفاده برای مدلهای رفتاری سیستم سازه توسعه بیشتری پیدا نمایند.

در یک روند تئوریک تحلیل قابلیت اعتماد[۲۲] احتیاج به تعریف خرابی[۲۳] است تا بتوان براسـاس آن شاخص ایمنی[۲۴] و احتمال خرابی را تعیین نمود. خرابـی در سـازه هـا معمـولاً بـه دو صـورت تعریـف می شود. در حالت اول، از کار افتادن هر یک از اعضا به منزله خرابی است. تعیین احتمال خرابی اعضـا به صرف زمان قابل توجهی احتیاج ندارد. در حالت دوم خرابی بصورت ایجاد مکانیزم در سیسـتم سـازه (فروپاشی سازه) تعریف می شود. در این حالت تـأثیر عملکـرد اعضـا بـر روی یکـدیگر در نظـر گرفتـه می شود. تعیین احتمال خرابی سیستم سازه ای در سازه هـای متعـارف مسـتلزم شناسـایی و تحلیـل تعداد بسیار زیادی از مکانیزم های خرابی و صرف زمان قابـل توجـه اسـت. روشـهای متعـددی بـرای تخمین احتمال خرابی سیستم سازه ای ارائه شده کـه از بـین آنهـا معمـولاً روشـهای شـبیه سـازی و روشهای مبتنی بر مسیرهای خرابی بیشتر مورد توجه بوده است[۲۱].

از روشهای شبیه سازی معمولاً برای تعیین احتمـال خرابـی و نیـز تأییـد نتـایج بدسـت آمـده از روشهای تحلیلی دیگر اسـتفاده مـی شـود[۲۲-۲۴]. در روش هـای شـبیه سـازی بارهـای تصـادفی و

[22] Reliability analysis
[23] failure
[24] Reliability index

مقاومت اعضا با توجه به داده های آماری نظیر آنها به دفعات شبیه سازی شده و مقادیر آنها در توابع مرزی از پیش تعیین شده قرار داده می شود. هر بار منفی شدن هر یک از این توابع مرزی به منزله انهدام سازه است. در نهایت نسبت دفعات وقوع خرابی به تعداد کل شبیه سازی ها برابر با احتمال خرابی سیستم سازه ای در نظر گرفته می شود. استفاده از این گونه روش ها بسیار ساده است لیکن در مورد مسائل متعارف که در آنها احتمال خرابی سیستم سازه ای بسیار کوچک است، نیاز به شبیه سازی با تعداد بسیار زیاد بوده و لذا استفاده از روشهای شبیه سازی در این موارد تقریباً غیر عملی است [۲۱].

در روشهای مبتنی بر مسیرهای خرابی مانند روش شاخه وکرانه[۲۵] [۲۵] و روش مسیرهای کوتاه شده[۲۶] [۲۶] ابتدا مسیرهای خرابی بصورت خودکار تولید می گردند [۲۵، ۲۷-۲۹] و سپس با توجه به تعداد بسیار زیاد این مسیرها، مسیرهای محتمل خرابی از مسیرهای کم اهمیت جدا شده و کران بالا و پایین احتمال خرابی سیستم سازه ای بر اساس مسیرهای خرابی محتمل برآورد می شود. تحقیقات زیادی به منظور امکان استفاده از مسیرهای خرابی محتمل در تعیین احتمال خرابی سیستم سازه ای صورت پذیرفته است[۳۰-۳۴].

استفاده از روشهای مبتنی بر مسیرهای خرابی با مشکلاتی همراه است که عمده ترین معایب آن، زمان زیاد لازم برای تعیین مسیرهای خرابی و اختلاف زیاد کرانهای بالا و پایین است. تلاشهایی برای رفع این مشکلات انجام شده است[۳۵]، لیکن هنوز امکان استفاده از این روشها با توجه به زمان بر بودنشان، در مسائل بهینه یابی سازه ها وجود ندارد.

در سالهای گذشته با توجه به مشکلات یاد شده تلاش های فراوانی صورت پذیرفته است تا احتمال خرابی یک سیستم سازه ای با استفاده از فرضیات ساده کننده و محافظه کارانه بطور مستقیم از روی احتمال خرابی اعضا تخمین زده شود. در مرجع [۳۶] برای ارزیابی قابلیت اعتماد سازه به ارزیابی احتمال خرابی اعضا و تاثیر هریک از آنها بر روی احتمال خرابی کل سازه پرداخته شده است. در

[25] Branch and bound method
[26] Truncated enumeration method

مراجع [۲۵، ۳۷-۴۰] بهینه یابی سازه با قید احتمال خرابی سیستم سازه ای صورت پذیرفته، لیکن مقدار این احتمال بطور بسیار محافظه کارانه برابر با مجموع احتمال خرابی اعضای سازه فرض شده است. استفاده از چنین فرضیات دست بالا به سازه های سنگین تر و گران تر از سازه بهینه واقعی منتج می شود. در مرجع [۲۱] با اعمال فرضیاتی در نوع همبستگی بین متغیرهای تصادفی مسأله و در نظر گرفتن درجات نامعینی سازه یک روش سریع برای تخمین احتمال خرابی سیستم از روی احتمال خرابی اعضای منفرد ارائه شده است. همچنین در مرجع [۴۱] به تحلیل قابلیت اعتماد قابهای دوبعدی مهارشده ضربدری تا سه طبقه در برابر زلزله پرداخته شده است. در این تحقیق برای محاسبه شاخص قابلیت اعتماد از نقش خرابی تیرها و ستونها صرفنظر شده و به این ترتیب احتمال خرابی هر طبقه بصورت موازی از خرابی بادبندهای آن و سپس احتمال خرابی سیستم بصورت سری از احتمال خرابی طبقات بدست آمده است.

تلاشها و ساده سازیهای انجام شده در این تحقیقات نشان دهنده آنست که زمان محاسبات بقدری زیاد است که عملاً بدون فرضیات ساده کننده امکان بهینه یابی سازه های متعارف وجود ندارد. بطور کلی بهینه یابی سازه تحت قید قابلیت اعتماد برای سازه های بزرگ امری بیش از حد زمان بر بوده و به همین دلیل علیرغم تلاشهای بسیار، تعداد تحقیقاتی که در آنها بصورت موفقیت آمیز به حل مثالهای عددی بزرگ پرداخته شود کم بوده و تنها قابها و خرپاهای بسیار کوچک مورد بهینه سازی قرار گرفته است [۴۲]. با توجه به آنچه بیان شد ارائه یک روش سریع برای شناسایی مسیرهای مهم انهدام می تواند کمک مهمی در زمینه تحلیل قابلیت اعتماد سیستم های سازه ای باشد.

هدف از این تحقیق مستقل از هرگونه آیین نامه طراحی، بهینه یابی مقاطع خرپاهای فولادی سه بعدی با اعضای شکل پذیر است، بطوریکه وزن سازه تحت تراز ایمنی خاص کمترین مقدار ممکن را داشته باشد. در این بهینه سازی که نوعی طراحی تراز IV (4^{th} Level) می باشد، قیود قابلیت اعتماد اعضا و قابلیت اعتماد کل سیستم سازه ای جایگزین قیود متداول مانند تنش مجاز اعضا می شود. در این تحقیق برای بهبود نتایج بهینه یابی از روش الگوریتم ژنتیک تعمیم یافته با متغیرهای گسسته

استفاده خواهد شد. همچنین بارگذاری و تحلیل سازه بصورت استاتیکی و خرابی سازه بصورت ایجاد ناپایداری موضعی یا کلی درنظر گرفته می شود. متغیرهای تصادفی موجود بصورت همبسته و با توزیع احتمال واقعی درنظر گرفته می شوند.

در فصل دوم این رساله شرحی بر تئوری قابلیت اعتماد سیستم سازه ای و روابط آن ارائه شده است. و نحوه استخراج روابط بهبود یافته برای تخمین سریع احتمال خرابی سیستم سازه ای در بخش اول فصل پنجم بیان می شود.

بهینه یابی با استفاده از الگوریتم ژنتیک همواره با مشکلاتی روبرو بوده است. در این تحقیق برای برطرف کردن معایب اصلی این الگوریتم از تکنیک های خاصی استفاده شده است. بعنوان مثال در این تحقیق از جزایر متفاوت برای بهینه یابی استفاده شده است تا از وابستگی این الگوریتم به پارامترهایش کاسته شود. همچنین برای کاهش بیشتر زمان محاسبات از پردازش موازی که انطباق بسیار مناسبی با الگوریتم مذکور دارد استفاده شده است. در این تحقیق همچنین برای بهبود عملکرد الگوریتم ژنتیک جزیره ای تکنیک های خاصی ابداع شده است. در فصل سوم مطالب یاد شده در مورد الگوریتم ژنتیک تشریح شده و در بخش دوم فصل پنجم تکنیک های ابداعی مورد بحث و بررسی قرار می گیرد.

در این تحقیق همچنین تغییراتی در فرمول بندی روش جبری نیروها[۲۷] ایجاد شده است که امکان استفاده از آن را در تحلیل قابلیت اعتماد ایجاد می کند. استفاده از روش جبری نیروها نسبت به روش مرسوم سختی دارای مزایای قابل توجهی بوده، لیکن روابط آن به گونه ای است که برای خرپاهای با توپولوژی متفاوت نمی توان از آن استفاده کرد. در این رساله تغییراتی در فرمول بندی روش نیروها ایجاد شده است که بوسیله آن می توان خرپاهای با توپولوژی متفاوت را تحلیل نمود. مختصری از مطالب مفید روش جبری نیروها در فصل چهارم و شرح نحوه پیدایش روابط توسعه یافته در بخش سوم از فصل پنجم ارائه می شود.

[27] Algebraic force method

یکی دیگر از ویژگی های این تحقیق استفاده از تکنیک های هوش مصنوعی[۲۸] در امر بهینه یابی است. از عوامل هوشمند[۲۹] در سه فاز متفاوت در این تحقیق استفاده شده است. وظیفه اصلی این عوامل جلوگیری از انجام هرگونه عملیات اضافی یا تکراری است. عامل اول از کنترل های اضافی در مورد مسیرهای خرابی تکراری در طول نسل های مختلف الگوریتم ژنتیک جلوگیری می کند. عامل دوم مسئولیت تعیین شایستگی کروموزوم های برتر که شانس حضور بیشتری دارند را بعهده دارد. عامل سوم کروموزوم های ناشایسته را در حین تحلیل شناسایی کرده و از محاسبات اضافی جلوگیری می کند. نحوه کارکرد این عوامل هوشمند در بخش چهارم از فصل پنجم مورد بررسی قرار می گیرد.

پس از معرفی کلیه راهکارهای پیشنهادی، در پایان فصل پنجم به بررسی ارتباط این راهکارها (یا بعبارتی فصول مختلف رساله) با یکدیگر پرداخته می شود و نحوه حل مسأله بهینه یابی با قید احتمال خرابی سیستم سازه ای بطور اجمالی شرح داده می شود.

در فصل ششم مثالهای بهینه یابی با استفاده از راهکارهای پیشنهادی در این رساله ارائه شده و با نتایج مراجع گذشته مورد مقایسه و بررسی قرار می گیرد. در نهایت در فصل هفتم نتایج بدست آمده و برخی پیشنهادها ارائه می شود.

[28] Artificial intelligence
[29] Intelligent agents