دانشگاه سیستان و بلوچستان

تحصیلات تکمیلی

پایان نامه دکتری در (عمران-سازه)

عنوان:

ارزیابی احتمال خرابی سازه‌ها بر مبنای روش اولین مرتبه قابلیت اعتماد با استفاده از آلگوریتم‌های بهینه‌سازی گرادیان مزدوج غیرخطی

استاد راهنما:

دکتر محمود میری

تحقیق و نگارش:

بهروز کشته گر

(این پایان نامه از حمایت مالی معاونت پژوهشی دانشگاه سیستان و بلوچستان بهره مند شده است)

شهریور ۱۳۹۲

بسمه تعالی

این پایان نامه با عنوان **ارزیابی احتمال خرابی سازه ها بر مبنای روش اولین مرتبه قابلیت اعتماد با استفاده از آلگوریتم های بهینه سازی گرادیان مزدوج غیرخطی** قسمتی از برنامه آموزشی دوره دکتری **عمران-سازه** توسط دانشجو **بهروز کشته گر** با راهنمایی استاد پایان نامه **دکتر محمود میری** تهیه شده است. استفاده از مطالب آن به منظور اهداف آموزشی با ذکر مرجع و اطلاع کتبی به حوزه تحصیلات تکمیلی دانشگاه سیستان و بلوچستان مجاز می باشد.

(نام و امضاء دانشجو)
بهروز کشته گر

	نام و نام خانوادگی	**امضاء**	**تاریخ**
استاد راهنما:	محمود میری		
استاد راهنما:			
استاد مشاور:			
استاد مشاور:			
داور:			
داور:			
داور:			
داور:			
نماینده تحصیلات تکمیلی:			

تعهدنامه اصالت اثر

اینجانب بهروز کشته گر تعهد می کنم که مطالب مندرج در این پایان نامه حاصل کار پژوهشی اینجانب است و به دستاوردهای پژوهشی دیگران که در این نوشته از آن استفاده شده است مطابق مقررات ارجاع گردیده است. این پایان نامه پیش از این برای احراز هیچ مدرک هم سطح یا بالاتر ارائه نشده است.

کلیه حقوق مادی و معنوی این اثر متعلق به دانشگاه سیستان و بلوچستان می باشد.

نام و نام خانوادگی دانشجو: بهروز کشته گر

امضاء

تقدیم به:

به مادر مهربان و دلسوزم

منت خدای را عزوجل که طاعتش موجب قربت است و به شکر اندرش مزید نعمت

قبل از هر چیز خدای خودم را شاکرم که در ظلمت ناامیدی لطف وکرمش همواره نور امید را در زندگی‌ام روشن می‌کند و پس از آن

- از مادر عزیزم و روح بزرگ پدرم که هر موفقیت من حاصل تلاش و از خودگذشتگی آنها می‌باشد.

-فرزندانم علیرضا و سحر که امید به زندگی را در من تجلی دادند.

- جناب آقای دکتر محمود میری که در این چند سال چه از لحاظ علمی چه از لحاظ اخلاقی از ایشان درس گرفتم و رهنمودهای ایشان در انجام این پایان‌نامه بسیار موثر بود.

- مهندس محسن راشکی و صادق عتدالی و حامد قوهانی عرب، دوستان بسیار عزیزم که همفکری با آنها بسیار مفید بود. همچنین کلیه دوستان دوره تحصیل، به ویژه آقایان علی سارانی، بابک دیزنگیان، منصور باقری، مهدی شهرکی، علی قدس، امیر بهشاد، احسان عدیلی، حسین شهرکی و سایر دوستان که نام آنها همیشه یادآور لحظات شیرین دوران دور از ریا و تکبر دانشجویی خواهد بود.

چکیده:

در تحلیل قابلیت اعتماد سازه‌ها تخمین مناسب شاخص سلامتی بسیار حائز اهمیت است. به علت ماهیت غیر خطی و همچنین داشتن چندین نقطه کمینه موضعی در برخی از توابع شرایط حدی، روش‌های محاسباتی قابلیت اعتماد از جمله روش هاسوفر و لیند –رکویتز و فیسلر (HL-RF)، ممکن است برآورد مناسبی از احتمال خرابی ارائه نداده و ناپایداری عددی به صورت دوشاخه‌ای شدن حل، نوسانی تناوبی و حل آشفته رخ دهد.

در این تحقیق، ابتدا آلگوریتم حل روش HL-RF جهت تعیین شاخص سلامتی ارائه شده است و سپس مشکلات همگرایی آن بررسی شده است. بر اساس روش تعدیل با استفاده از اطلاعات تکرار جدید و قبلی روش HL-RF بهبود بخشیده شده است. در این روش، ضریب تعدیل مناسبی بین صفر و یک با استفاده از اطلاعات سه نقطه طراحی در تکرارهای جدید و قبلی بر مبنای برازش مرتبه دو تعریف شده است. آلگوریتم تعدیل ارائه شده و روش HL-RF با چندین مثال متنوع به لحاظ توانایی، سرعت همگرایی، توانایی و کارایی مقایسه شده است. نتایج نشان می‌دهد که روش ارائه شده بر اساس ضریب تعدیل، کارایی و توانمندی بیشتری نسبت به روش HL-RF جهت برآورد احتمال خرابی سازه‌ها دارد.

در این تحقیق، رابطه سازی مناسب گرادیان مزدوج در تحلیل اولین مرتبه قابلیت اعتماد سازه ها جهت تعیین شاخص سلامتی، معرفی گردیده است. در این روش جهت تعیین بردار امتداد جستجو از روش گرادیان مزدوج استفاده شده و جهت محاسبه طول گام از قاعده طول گام Wolfe استفاده شده است. سرعت همگرایی و زمان تحلیل برای چندین آلگوریتم گرادیان مزدوج به کمک مثال‌های متعددی مقایسه شده است. نتایج حاصله بیانگر استفاده موفقیت‌آمیز روش گرادیان مزدوج و کارایی و سرعت همگرایی مناسب این روش، جهت محاسبه شاخص سلامتی سازه‌ها می‌باشد. متناسب با نوع مساله سرعت همگرایی و زمان تحلیل متفاوتی از روش‌های مختلف گرادیان مزدوج بدست آمده است. همچنین روش‌های ارائه شده گرادیان مزدوج که از کارایی و توانمندی پایینی برخوردار بوده‌اند با استفاده از تصحیح در بردار امتداد جستجوی مزدوج، بهبود یافته‌اند به نحوی که بتوان به طور مناسب همگرایی مسائل قابلیت اعتماد را تضمین نمایند. نتایج بدست آمده نشان می‌دهد که روش‌های جدید گرادیان مزدوج اصلاح شده، نسبت به روش‌های قدیمی با تعداد تکرار کمتری همگرا شده و از کارایی و دقت کافی جهت محاسبه احتمال خرابی سازه‌ها، برخوردار هستند.

در انتها با استفاده از روش گرادیان مزدوج، یک لوله تحت فشار داخلی با توجه به نقص خوردگی حفره‌ای ارزیابی قابلیت اعتماد شده است. یک تابع شرایط حدی برای لوله ارائه شده که شامل سه بخش: خطای مدلسازی، فشار ترکیدن لوله سالم و ضریب کاهش مقاومت به واسطه نقص لوله، می‌باشد. این مدل احتمالاتی بر مبنای ارزیابی خطا بین داده‌های پیش بینی و آزمایشگاهی بسط داده شده است. اثرات میانگین و انحراف معیار متغیرهای تصادفی لوله در تحلیل قابلیت اعتماد وابسته به زمان، بررسی شده است. نتایج حاکی از آن است که روش گرادیان مزدوج ارائه شده در تحلیل قابلیت اعتماد لوله خورده شده همگرایی پایداری داشته و احتمال خرابی لوله به عمق خوردگی حفره‌ای حساس‌تر است.

کلمات کلیدی: روش اولین مرتبه قابلیت اعتماد، شاخص قابلیت اعتماد، روش HL-RF، روش گرادیان مزدوج، طول گام Wolfe، مدل احتمالاتی لوله.

فهرست مطالب

عنوان **صفحه**

فصل اول: مقدمه ۱
۱-۱- مقدمه ۲
۱-۲- انواع عدم اطمینان..... ۲
۱-۲-۱- عدم اطمینان فیزیکی..... ۳
۱-۲-۲- عدم اطمینان آماری ۴
۱-۲-۳- عدم اطمینان در مدل ۴
۱-۳- نقش قابلیت اطمینان سازه‌ها..... ۵
۱-۴- تعاریف اولیه قابلیت اطمینان..... ۵
۱-۴-۱- تابع عملکرد یا تابع شرایط حدی..... ۵
۱-۴-۲- ناحیه خرابی و سلامتی..... ۶
۱-۴-۳- احتمال خرابی..... ۷
۱-۴-۴- شاخص قابلیت اعتماد..... ۷
۱-۴-۵- شاخص قابلیت اعتماد هاسوفر و لیند..... ۹
۱-۵- ضرورت و اهداف تحقیق..... ۹
۱-۶- محتوای فصول بعدی..... ۱۱
فصل دوم: روش‌های محاسبه اولین مرتبه شاخص سلامتی..... ۱۳
۲-۱- مقدمه..... ۱۴
۲-۲- روش شبیه سازی مونت کارلو..... ۱۴
۲-۳- روش اولین مرتبه دومین ممان (FOSM) ۱۵
۲-۴- روش دومین مرتبه قابلیت اعتماد (SORM)..... ۱۷
۲-۵- روش اولین مرتبه قابلیت اعتماد (FORM)..... ۱۸
۲-۵-۱- روش هاسوفر و لیند (HL) ۱۹
۲-۵-۲- روش رکویتز-فسلیر و هاسوفر- لیند (HL-RF)..... ۲۰
۲-۵-۳- روش گرادیان..... ۲۱
۲-۵-۴- روش‌های اصلاح شده HL-RF..... ۲۲
۲-۵-۴-۱- بهبود روش هاسوفر و لیند توسط Liu و Kiureghian ۲۳
۲-۵-۴-۲- روش تقریب های تطبیقی غیرخطی دو نقطه‌ای (TANA)..... ۲۴
۲-۵-۴-۳-روش حذف زیگزاگ..... ۲۷
۲-۵-۴-۴-روش قاعده انتخاب طول گام..... ۲۸
۲-۵-۴-۵- روش انتقال پایدار..... ۲۹

فصل سوم: بهبود توانمندی روش HL-RF ۳۳
۳-۱- مقدمه ۳۴
۳-۲- - آلگوریتم قابلیت اعتماد HL-RF ۳۴
۳-۳- بررسی همگرایی روش HL-RF ۳۵
۳-۴- بهبود روش HL-RF بر مبنای یک روش تعدیل ۳۷
۳-۴-۱- آلگوریتم روش تعدیل ارائه شده ۳۸
۳-۴-۲-بررسی همگرایی روش تعدیل ارائه شده ۴۱
۳-۵- مقایسه روش بهبود یافته HL-RF با روش HL-RF ۴۲
۳-۵-۱- معیارهای مقایسه یک آلگوریتم ۴۳
۳-۵-۲- مقایسه مثال‌ها ۴۴
۳-۵-۳- بحث و نتیجه‌گیری ۵۶
فصل چهارم: روش گرادیان مزدوج جهت تحلیل قابلیت اعتماد ۵۹
۴-۱- مقدمه ۶۰
۴-۲- روش گرادیان مزدوج ۶۲
۴-۳- رابطه سازی گرادیان مزدوج برای مسائل قابلیت اعتماد ۶۶
۴-۴- تحلیل قابلیت اعتماد سازه‌ها با استفاده از روش گرادیان مزدوج ۷۰
۴-۵- مقایسه تحلیل قابلیت اعتماد روش گرادیان مزدوج با سایر روش‌ها ۷۹
۴-۶- بهبود روش‌های گرادیان مزدوج ۸۳
۴-۷- بهبود روش HL-RF با استفاده از گرادیان مزدوج ۹۰
۴-۷-۱- محاسبه بردار امتداد جستجو مزدوج ۹۱
۴-۷-۲- طول گام روش بهبود یافته ۹۲
۴-۷-۳- مقایسه روش بهبود یافته HL-RF بر مبنای گرادیان مزدوج ۹۴
۴-۸- بحث و نتیجه‌گیری ۹۸
فصل پنجم: تحلیل قابلیت اعتماد لوله‌ها تحت خوردگی ۱۰۱
۵-۱- مقدمه ۱۰۲
۵-۲- محاسبه فشار خرابی لوله سالم ۱۰۴
۵-۲-۱- معیار جریان مصالح فولاد ۱۰۴
۵-۲-۱-۱- تئوری حداکثر تنش اصلی ۱۰۴
۵-۲-۱-۲- تئوری حداکثر برش ۱۰۵
۵-۲-۱-۳- تئوری انرژی برشی حداکثر ۱۰۵
۵-۲-۱-۴- معیار جریان میانگین تنش برشی ۱۰۵
۵-۲-۲- روابط تنش-کرنش و ارتباط آن با فشار لوله ۱۰۶
۵-۲-۲-۱- قانون سخت شوندگی لوله ۱۰۶
۵-۲-۲-۲- تنش کرنش‌های اصلی و رابطه با فشار نهایی لوله ۱۰۷
۵-۲-۲-۳- روابط تحلیلی-تجربی فشار ترکیدن لوله سالم ۱۰۸
۵-۳- روابط تخمین ظرفیت لوله‌های فلزی تحت خوردگی ۱۰۹
۵-۳-۱- روش NG-18 ..... ۱۱۱

۴-۳-۲- روش ASME-B31G ۱۱۱
۴-۳-۳- روش بهبود یافته ASME-B31G ۱۱۲
۵-۳-۴- روش RSTRENG ۱۱۳
۵-۳-۵- روش SHELL92 ..... ۱۱۴
۵-۳-۶- روش DNV RP-F101 ..... ۱۱۴
۵-۳-۷- روش PCORRC ۱۱۴
۵-۳-۸- روش Choi et.al ۱۱۵
۵-۳-۹- روش Netto et.al ۱۱۵
۵-۴- تعریف تابع شرایط حدی لوله تحت خوردگی ۱۱۶
۵-۴-۱- مروری بر قابلیت اعتماد لوله تحت خوردگی ۱۱۶
۵-۴-۲- تعریف تابع شرایط حدی لوله ۱۱۹
۵-۴-۲-۱- انتخاب مدل احتمالاتی فشار ترکیدن لوله سالم ۱۲۰
۵-۴-۲-۲- انتخاب مدل احتمالاتی فشار ترکیدن لوله خورده شده ۱۲۲
۵-۴-۲-۳- تعیین خطای مدل‌سازی ۱۲۴
۵-۴-۲-۴- خصوصیات آماری متغیرهای تصادفی تابع شرایط حدی ۱۲۵
۵-۵- تحلیل قابلیت اعتماد لوله ۱۲۷
۵-۶- بحث و نتیجه‌گیری ۱۳۳
فصل ششم: نتیجه‌گیری و پیشنهادات ۱۳۴
۶-۱- مقدمه ۱۳۵
۶-۲- بهبود روش HL-RF بر اساس آلگوریتم تعدیل ۱۳۶
۶-۳- تحلیل اولین مرتبه قابلیت اعتماد به کمک روش گرادیان مزدوج ۱۳۷
۶-۴- تحلیل قابلیت اعتماد لوله تحت خوردگی با استفاده از روش MHL-CD ۱۴۰
۶-۵- پیشنهادات ۱۴۱
فهرست لغات انگلیسی به فارسی ۱۴۳
مراجع ۱۴۵

فهرست جدول ها

عنوان جدول **صفحه**

جدول ۳-۱: خصوصیات آماری مثال ۵ ۴۸

جدول ۳-۲: مقایسه نتایج همگرایی روش‌های بهبود یافته مختلف HL-RF مثال ۵ ۴۸

جدول ۳-۳: خصوصیات آماری متغیرهای تصادفی مثال ۷ ۵۱

جدول ۳-۴: خصوصیات آماری متغیرهای تصادفی مثال ۸ ۵۳

جدول ۳-۵: خصوصیات آماری متغیرهای تصادفی مثال ۹ ۵۴

جدول ۳-۶: خصوصیات آماری متغیرهای تصادفی مثال ۱۰ ۵۵

جدول ۳-۷: مقایسه نتایج تحلیل آلگوریتم های مختلف ارائه شده ۵۷

جدول ۳-۸: مقایسه روش‌های بهبود یافته HL-RF با روش RHL-RF ۵۸

جدول ۴-۱: خصوصیات آماری متغیرهای تصادفی مثال ۴ ۷۴

جدول ۴-۲: خصوصیات آماری متغیرهای تصادفی مثال ۵ ۷۵

جدول۴-۳: مقادیر همگرا شده بردار طراحی مثال ۶ ۷۶

جدول۴-۴: مقایسه تعداد تکرار و زمان تحلیل روش‌های گرادیان مزدوج مورد بررسی ۷۸

جدول۴-۵: مقایسه تعداد تکرار روش‌های معمول با روش گرادیان مزدوج ۸۲

جدول ۴-۶: نقاط طراحی مثال ۲ برای روش‌های اصلاح شده گرادیان مزدوج ۸۴

جدول۴-۷: خصوصیات آماری متغیرهای تصادفی مثال ۷ ۸۶

جدول ۴-۸: نقاط طراحی مثال ۷ برای روش‌های اصلاح شده گرادیان مزدوج ۸۶

جدول ۴-۹: نقاط طراحی مثال ۴ برای روش‌های اصلاح شده گرادیان مزدوج ۸۷

جدول۴-۱۰: خواص آماری متغیرهای تصادفی مثال ۸ ۸۸

جدول ۴-۱۱: حساسیت تحلیل قابلیت اعتماد روش‌های MFR و MDY به پارامتر c ۹۰

جدول ۴-۱۲: مقایسه نتایج تحلیل قابلیت اعتماد روش ارائه شده اصلاحی و روش HL-RF ۹۸

جدول ۴-۱۳: مقایسه روش ارائه شده مزدوج MHL-CD با روش‌های بهبود یافته HL-RF ۱۰۰

جدول ۵-۱: مقایسه آماره های انتخاب مدل‌های پیش‌بینی فشار ترکیدن لوله سالم ۱۲۲

جدول ۵-۲: نتایج آزمایشگاهی لوله تحت نقص خوردگی با $D_o = 762\,mm$ و $t = 17.5\,mm$ ۱۲۳

جدول ۵-۳: مقایسه ضرایب کاهش مقاومت برای معادلات مختلف با $P_{Corr}^{\exp} / \hat{P}_{\text{int}}$ ۱۲۴

جدول ۵-۴: مقایسه آماره‌های انتخاب برای ضرایب زوال مقاومت لوله ۱۲۴

جدول ۵-۵: مقایسه آماره مربع کا برای توابع توزیع احتمال خطای مدل‌سازی ۱۲۵

جدول ۵-۶: بردار طراحی و حساسیت تحلیل قابلیت اعتماد لوله ۱۲۸

فهرست شکل ها

عنوان شکل **صفحه**

شکل ۱-۱: نمایش همپوشانی بار و مقاومت ۷

شکل ۱-۲: نمایش شاخص قابلیت اعتماد و توزیع احتمال خرابی [۲] ۸

شکل۱-۳: نمایش شماتیک رویه FORM در فضای حقیقی و نرمال استاندارد [۵] ۹

شکل ۲-۱: نمایش تخمین توزیع غیرنرمال به صورت نرمال [۲] ۲۰

شکل ۲-۲: تاریخچه تکرار روش HL-RF [۲۰] ۲۷

شکل ۳-۱: تاریخچه همگرایی روش HL-RF برای تابع شرایط حدی $g_1(x)$ ۳۶

شکل ۳-۲: نمایش واگرایی شاخص سلامتی نسبت به خصوصیات آماری متغیر تصادفی x_1 تابع شرایط حدی g_1 ۳۶

شکل ۳-۳: تاریخچه همگرایی روش HL-RF برای تابع شرایط حدی $g_2(x)$ ۳۶

شکل ۳-۴: نمایش واگرایی شاخص سلامتی نسبت به خصوصیات آماری متغیر تصادفی x_1 تابع شرایط حدی g_2 ۳۷

شکل ۳-۵: تاریخچه همگرایی روش RHL-RF برای تابع شرایط حدی $g_1(x)$ ۴۱

شکل ۳-۶: نمایش واگرایی شاخص سلامتی نسبت به خصوصیات آماری متغیر تصادفی x_1 تابع شرایط حدی g_1 ۴۲

شکل ۳-۷: تاریخچه همگرایی روش HL-RF برای تابع شرایط حدی $g_2(x)$ ۴۲

شکل ۳-۸: نمایش واگرایی شاخص سلامتی نسبت به خصوصیات آماری متغیر تصادفی x_1 تابع شرایط حدی g_2 ۴۲

شکل ۳-۹: مقایسه تاریخچه همگرایی برای مثال ۱ ۴۴

شکل ۳-۱۰: مقایسه تاریخچه همگرایی برای مثال ۲ ۴۵

شکل ۳-۱۱: مقایسه تاریخچه همگرایی برای مثال ۳ ۴۶

شکل ۳-۱۲: مقایسه تاریخچه همگرایی برای مثال ۴ ۴۷
شکل ۳-۱۳: مقایسه تاریخچه همگرایی برای مثال ۵ ۴۸
شکل ۳-۱۴: مقایسه تاریخچه همگرایی برای مثال ۶ ۴۹
شکل۳-۱۵: نمایش سیستم دو درجه آزادی مثال ۷ ۵۰
شکل ۳-۱۶: مقایسه تاریخچه همگرایی برای مثال ۷ ۵۱
شکل ۳-۱۷: سازه مخروطی مثال ۸ ۵۲
شکل ۳-۱۸: مقایسه تاریخچه همگرایی برای مثال ۸ ۵۳
شکل ۳-۱۹: سازه خرپایی ده عضوی مثال۹ [۳۱] ۵۴
شکل ۳-۲۰: مقایسه تاریخچه همگرایی برای مثال ۹ ۵۴
شکل ۳-۲۱: مقطع بتنی مثال ۱۰ ۵۵
شکل ۳-۲۲: مقایسه تاریخچه همگرایی برای مثال ۱۰ ۵۶
شکل۴-۱: نمایش شماتیک انواع توابع ریاضی در فضای دو بعدی ۶۱
شکل ۴-۲: بردار گرادیان سطح f در نقطه طراحی ۶۲
شکل۴-۳: تعامد بردار امتداد و بردار گرادیان در گام‌های متوالی [۳۳] ۶۵
شکل ۴-۴: مقایسه تاریخچه همگرایی برای مثال ۱ ۷۱
شکل ۴-۵: تیر یکسره مثال ۲ ۷۱
شکل ۴-۶: مقایسه تاریخچه همگرایی برای مثال ۲ ۷۲
شکل ۴-۷: مقایسه تاریخچه همگرایی برای مثال ۳ ۷۳
شکل ۴-۸: مقایسه تاریخچه همگرایی برای مثال ۴ ۷۵
شکل ۴-۹: مقایسه تاریخچه همگرایی برای مثال ۵ ۷۶
شکل ۴-۱۲: مقایسه تاریخچه همگرایی برای مثال ۶ ۷۷
شکل ۴-۱۱: مقایسه تاریخچه همگرایی شاخص سلامتی روش‌های معمول قابلیت اعتماد با روش گرادیان مزدوج برای مثال ۲ ۸۰
شکل ۴-۱۲: مقایسه تاریخچه همگرایی شاخص سلامتی روش‌های معمول قابلیت اعتماد با روش گرادیان مزدوج برای مثال ۳ ۸۰

شکل ۴-۱۳: مقایسه تاریخچه همگرایی شاخص سلامتی روش‌های معمول قابلیت اعتماد با روش گرادیان مزدوج برای مثال ۴ ۸۱

شکل ۴-۱۴: مقایسه تاریخچه همگرایی شاخص سلامتی روش‌های معمول قابلیت اعتماد با روش گرادیان مزدوج برای مثال ۶ ۸۲

شکل ۴-۱۵: مقایسه تاریخچه همگرایی شاخص سلامتی روش‌های گرادیان مزدوج با روش‌های اصلاح شده گرادیان مزدوج برای مثال ۲ ۸۵

شکل ۴-۱۶: نمایش شماتیک تیر بتن مسلح مثال ۷ ۸۵

شکل ۴-۱۷: مقایسه تاریخچه همگرایی شاخص سلامتی روش‌های گرادیان مزدوج با روش‌های اصلاح شده گرادیان مزدوج برای مثال ۷ ۸۶

شکل ۴-۱۸: مقایسه تاریخچه همگرایی شاخص سلامتی روش‌های گرادیان مزدوج با روش‌های اصلاح شده گرادیان مزدوج برای مثال ۵ ۸۷

شکل ۴-۱۹: مقایسه تاریخچه همگرایی شاخص سلامتی روش‌های گرادیان مزدوج با روش‌های اصلاح شده گرادیان مزدوج برای مثال ۴ ۸۷

شکل ۴-۲۰: نمایش صفحه مستطیلی با شرایط انتهایی ۱-۲-۳-۴ ۸۸

شکل ۴-۲۱: مقایسه تاریخچه همگرایی شاخص سلامتی روش‌های گرادیان مزدوج با روش‌های اصلاح شده گرادیان مزدوج برای مثال ۸ ۸۹

شکل ۴-۲۲: مقایسه تاریخچه همگرایی شاخص سلامتی روش‌های HL-RF و MHL-CD برای مثال ۹ ۹۵

شکل ۴-۲۳: مقایسه تاریخچه همگرایی شاخص سلامتی روش‌های HL-RF و MHL-CD برای مثال ۱۰ ۹۵

شکل ۴-۲۴: مقایسه تاریخچه همگرایی شاخص سلامتی روش‌های HL-RF و MHL-CD برای مثال ۱۱ ۹۶

شکل ۴-۲۵: مقایسه تاریخچه همگرایی شاخص سلامتی روش‌های HL-RF و MHL-CD برای مثال ۴ ۹۷

شکل ۴-۲۶: مقایسه تاریخچه همگرایی شاخص سلامتی روش‌های HL-RF و MHL-CD برای مثال ۳ ۹۸

شکل۵-۱: پارامترهای خوردگی در مقطع لوله ۱۱۰

شکل ۵-۲: نمایش شماتیک خوردگی در روش B31G ۱۱۲

شکل ۵-۳: مقایسه تحلیل قابلیت اعتماد لوله به روش HL-RF و روش MHL-CD ارائه شده ۱۲۵

شکل ۵-۴: مقایسه احتمال خرابی لوله به ازای مقادیر متفاوت طول، عمق خوردگی و فشار کاری ۱۲۹

شکل ۵-۵: مقایسه ضریب تغییرات بعضی از متغیرهای تصادفی بر احتمال خرابی ۱۳۰

۵-۶: تابع توزیع احتمال نسبت به زمان ۱۳۰

۵-۷: تابع چگالی احتمال خرابی نسبت به زمان ۱۳۰

شکل ۵-۸: مقایسه ضریب تغییرات متفاوت متغیرهای تصادفی بر احتمال خرابی لوله خورده شده ۱۳۱

شکل ۵-۹: مقایسه احتمال خرابی نسبت به زمان‌های مختلف با توجه به مقدار متغیرها ۱۳۲

فهرست علائم

علامت	نشانه	علامت	نشانه
P_f	احتمال خرابی	P_o	فشار کاری
β	شاخص قابلیت اعتماد یا سلامتی	V_r	نرخ خوردگی لوله در جهت شعاعی
$g(X)$	تابع شرایط حدی	V_a	نرخ خوردگی لوله در جهت طولی
$\nabla g()$	گرادیان تابع شرایط حدی	χ	ضریب عدم قطعیت در مدل
H	ماتریس هسیان تابع شرایط حدی	T	دوره زمانی از ابتدای خوردگی
$\phi()$	تابع چگالی احتمال نرمال استاندارد	D_o	قطر خارجی
$f_X(x^*)$	تابع چگالی احتمال متغیر تصادفی x	D_i	قطر داخلی لوله
α	طول گام	D	قطر متوسط لوله
d	بردار امتداد جستجو	σ	انحراف معیار متغیر تصادفی
θ_k	ضریب مزدوج	μ	میانگین متغیر تصادفی
S_P	مقدار فشار احاطه شده خرابی لوله	$m(U)$	تابع شایسته
S_F	تنش نهایی خرابی مصالح لوله	c	محدودیت ضریب امتداد جستجوی مزدوج
M	ضریب تحدب	θ	ضریب مزدوج
L	طول محور پوسیدگی لوله	ξ	ضریب لاگرانژ
σ_{UE}	تنش معادل خرابی مصالح فولاد	d^{MHL}	بردار امتداد جستجوی مزدوج HL-RF
σ_y	تنش جاری شدن مصالح فولاد	τ_{oct}	تنش برشی هشت وجهی

The University of Sistan & Baluchestan
Graduate School

The Dissertation of Ph.D. in civil engineering

Title:

Assessment of structural failure probability on the basis of first-order reliability method using nonlinear conjugate gradient optimization algorithms

Supervisor:
Dr. Mahmoud Miri

Research by:
Behrooz Keshtegar

Oct. 2013

ABSTRACT

Appropriate estimation of reliability index is very important in structural reliability analysis. The first order reliability methods, i.e. HL-RF, may mostly diverge in complicated problems with high nonlinear limit state functions and performance function with several local minima in the neighborhood of the most probable failure point. The essential difficulties of numerical instabilities are revealed including periodic oscillation, bifurcation and chaos of iterative solutions of the HL-RF method.

In this study, the convergence difficulties of the HL-RF method have been illustrated in reliability analysis and it has been improved based on the relaxed method to overcome these difficulties. An appropriate relaxed coefficient has been defined between 0 and 1 using the information of three points from the new and the previous iterations of the HL-RF algorithm on the basis of second-order fitting to enhance the HL-RF method. Capability, robustness and efficiency of the proposed algorithm, as compared with the HL-RF, have been studied through the comparison of the results of several examples. Results illustrated that the proposed enhanced method, is more efficient and robust in computing failure probability of structures compared to that of the HL-RF.

In this investigation, an appropriate Conjugate Gradient (CG) formulation has been established for determining the structural reliability index in first order reliability analysis. Step size and the search direction vector are computed using Wolfe line search conditions and CG methods, respectively. Computational time and global convergence of CG methods were compared based on several numerical examples to illustrate the performance of the proposed algorithm. Results demonstrated that the CG methods are successfully applied for computing the reliability index and have suitable efficiency and robustness of structural reliability analyses. Some conjugate gradient methods may diverge in some examples. Therefore, a new modified CG algorithm has been proposed for inefficient CG method with hybrid optimization algorithm. This new method ensured convergence to some of the examples. The results illustrated that the new methods of modified nonlinear conjugate gradient are converged with less number of iterations and more efficient they also brought to light appropriate convergence performance for calculating the reliability index compared with the old CG methods.

Finally, a corroded pipeline with internal load pressure was investigated using reliability algorithm of modified HL-RF method. A probabilistic model including model error, burst model of intact pipeline and remaining strength model of defect, is developed. The best burst pressure model of corroded pipeline is chosen based on some statistical comparisons which are applied for efficiency goodness-of-fit measure. Effects of the mean and standard deviation of random variables were investigated using the MHL-CD algorithm for pipeline with time-depended corrosion defect. Results illustrate that the MHL-CD algorithm was converged with stable results in this complicated example and the failure probability of pipeline is more sensitive to defect depth.

Keywords: First-order reliability method, Reliability index, HL-RF method, Conjugate gradient, Wolfe line search, Probabilistic corroded pipeline model.

فصل اول

مقدمه

۱-۱- مقدمه

در طرح سازه‌ها به صورت ذاتی، منابع زیادی موجب عدم اطمینان[1] می‌گردد که می‌توان به بار و ظرفیت بار بری اعضای سازه‌ای اشاره نمود. این پارامترها به صورت تصادفی بوده و نمی‌توانند به صورت معین در طراحی یک سازه لحاظ گردند. از اینرو اعضای سازه‌ای طراحی شده در سطح بهره‌برداری خود همراه با مقدار محدودی احتمال خرابی هستند [۱]. یک مثال مناسب برای نشان دادن تصادفی بودن یک متغیر، بار وارده بر سازه یک پل توسط خودروهای عبوری است. این بار در هر لحظه وابسته به پارامترهای متعددی از جمله: تعداد وسایل نقلیه و وزن آن‌ها می‌باشد. همچنین وزن وسایل نقلیه خود به شکل، اندازه و بار حمل شده توسط وسیله نقلیه وابسته بوده و از طرف دیگر، تعداد وسایل نقلیه روی پل نیز دستخوش تغییرات است. از آنجایی که اطلاعات کافی در مورد تعداد وسایل نقلیه عبوری از پل و نیز ابعاد و اندازه صحیح هر یک از آن‌ها موجود نیست لذا بار وارده بر سازه پل همراه با عدم قطعیت می‌باشد.

در این فصل مقدمه‌ای در مورد عدم قطعیت‌ها و نقش قابلیت اعتماد[2] در تحلیل احتمالاتی سازه‌ها، ارائه شده و انواع عدم قطعیت‌ها بررسی و معرفی شده است. مفاهیم پایه قابلیت اعتماد از جمله شاخص سلامتی، احتمال خرابی و تابع شرایط حدی تعریف شده است. همچنین ضرورت و اهداف تحقیق حاضر و محتوای فصل‌های بعدی در این رساله بیان شده است.

۱-۲- انواع عدم اطمینان

در اغلب سیستم‌های مهندسی لازم است یک مدل ریاضی جهت تحلیل و طراحی در نظر گرفته شود [۱]. این مدل در واقعیت متشکل از یک سیستم پیچیده بوده که مهندس نسبت به جنبه‌های در نظر گرفته شده و یا حذف شده مدل، تصمیم گیری نموده و طی مراحل انجام یک پروژه از جمله: طراحی، محاسبه، ساخت یا اجرا و بهره‌برداری، آن‌ها را لحاظ نماید. به طور عمده، می‌توان بیان نمود که یک سیستم مهندسی شامل عدم اطمینان‌هایی است که می‌توان به منابع طبیعی و انسانی دسته بندی شود.

الف) عدم اطمینان طبیعی شامل ۱) بارهای وارده بر سازه (بار باد، برف، یخ ، فشار آب و بارهای زنده). ۲) رفتار مکانیکی مصالح مورد استفاده جهت ساخت سازه (خصوصیات مصالح، مقاومت نهایی، تسلیم، همگنی مصالح، مدول الاسیسیته و رفتار غیر خطی) [۱].

---

[1] Uncertainty
[2] Reliability