۱۳۰۷
دانشگاه صنعتی خواجه نصیرالدین طوسی
دانشکده مهندسی نقشه برداری (ژئودزی و ژئوماتیک)

پایان‌نامه کارشناسی ارشد
در رشته مهندسی عمران- نقشه‌برداری
گرایش ژئودزی

مقایسه روش‌های کلاسیک و تکاملی در حل بهینه مسأله معکوس ژئوفیزیک

استاد راهنما:
دکتر بهزاد وثوقی

نگارش:
هانیه طباطبائی

زمستان ۱۳۹۱

تاسیس ۱۳۰۷ دانشگاه صنعتی خواجه نصیرالدین طوسی	**تأییدیه هیأت داوران**	شماره: تاریخ:

هیأت داوران پس از مطالعه پایان‌نامه و شرکت در جلسه دفاع از پایان‌نامه تهیه شده تحت عنوان :

" مقایسه روش های بهینه سازی کلاسیک و تکاملی در حل مساله معکوس ژئوفیزیک "

توسط خانم **هانیه طباطبایی** صحت و کفایت تحقیق انجام شده را برای اخذ درجه کارشناسی ارشد رشته گرایش **ژئودزی** در تاریخ **۹۱/۱۱/۲۹** مورد تأیید قرار می‌دهند.

۱- استاد راهنمای اول	جناب آقای دکتر بهزاد وثوقی	امضاء
۲- استاد راهنمای دوم	-	امضاء
۳- استاد مشاور	-	امضاء
۴- ممتحن داخلی	جناب آقای دکتر مسعود مشهدی حسینعلی	امضاء
۵- ممتحن خارجی	جناب آقای دکتر عبدالرضا صفری	امضاء
۶- نماینده تحصیلات تکمیلی دانشکده	جناب آقای دکتر محمد کریمی	امضاء

تاسیس ۱۳۰۷ دانشگاه صنعتی خواجه نصیرالدین طوسی	**اظهارنامه دانشجو**	**شماره:** **تاریخ:**

اینجانب هانیه طباطبائی **دانشجوی کارشناسی‌ارشد رشته** مهندسی عمران-نقشه برداری

گرایش ژئودزی **دانشکده** ژئودزی و ژئوماتیک دانشگاه صنعتی خواجه نصیرالدین طوسی گواهی می‌نمایم که تحقیقات ارائه شده در پایان‌نامه با عنوان

مقایسه روش های کلاسیک و لگاریتمی در حل بهینه مسائل معکوس ژئوفیزیک

با راهنمایی استاد محترم جناب آقای / سرکار خانم دکتر بهزاد وثوقی ، توسط شخص اینجانب انجام شده و صحت واصالت مطالب نگارش شده در این پایان‌نامه مورد تأیید می‌باشد، و در مورد استفاده از کار دیگر محققان به مرجع مورد استفاده اشاره شده است. بعلاوه گواهی می‌نمایم که مطالب مندرج در پایان نامه تا کنون برای دریافت هیچ نوع مدرک یا امتیازی توسط اینجانب یا فرد دیگری در هیچ جا ارائه نشده است و در تدوین متن پایان‌نامه چارچوب (فرمت) مصوب دانشگاه را بطور کامل رعایت کرده‌ام.

امضاء دانشجو:

تاریخ: ۹۱/۱۲/۲۴

فرم حق طبع ونشر و مالکیت نتایج

۱- حق چاپ و تکثیر این پایان‌نامه متعلق به نویسنده آن می‌باشد. هرگونه کپی برداری به صورت کل پایان نامه یا بخشی از آن تنها با موافقت نویسنده یا کتابخانه دانشکده مهندسی نقشه‌برداری دانشگاه صنعتی خواجه نصیرالدین طوسی مجاز می‌باشد. ضمنا متن این صفحه نیز باید در نسخه تکثیر شده وجود داشته باشد.

۲- کلیه حقوق معنوی این اثر متعلق به دانشگاه صنعتی خواجه نصیرالدین طوسی می‌باشد و بدون اجازه کتبی دانشگاه به شخص ثالث قابل واگذاری نیست.

همچنین استفاده از اطلاعات و نتایج موجود در پایان‌نامه بدون ذکر مرجع مجاز نمی‌باشد.

تقدیم به

نگاه زلال و دستان پرمهر

مادرم

که برایم زندگی، بودن و انسان بودن

را معنا کرد

تشکر و قدردانی

سپاس خدای بزرگ را که همواره از گنجینه بیکران لطف و عنایتش مرا بهره‌مند ساخته است، بی-شک این تحقیق توفیق نمی‌یافت مگر با راهنمایی‌های بی‌دریغ استاد راهنمای گرانقدر جناب آقای دکتر وثوقی ، لذا صمیمانه کمال تشکر و امتنان را از مساعدت‌ها و زحمات ایشان دارم .

از استاد مشاور محترم، آقای دکتر راست بود که پیشنهادات و نظرات ارزنده‌ای در تمام مراحل این تحقیق داشتند ، تشکر و قدردانی می‌نمایم. همچنین از پروفسور Yuri Fialko از دانشگاه San Diego به خاطر همکاری صمیمانه‌شان جهت در اختیار قرار دادن داده‌ها سپاسگزارم. در پایان از دوستان عزیزم به خاطر مساعدت‌ها و همفکریشان در هر چه بهتر شدن این پایان‌نامه، کمال تشکر را دارم.

چکیده

هدف نهایی از انجام مشاهدات ژئوفیزیکی، تعیین ساختارهای زمین شناختی از داده‌های ژئوفیزیکی است که به دلیل ساختار درونی پیچیده زمین کار مشکلی است. هدف این پایان‌نامه، به‌دست آوردن اطلاعات مربوط به پارامترهای یک گسل با استفاده از مجموعه مشاهدات تغییرشکل آن است که مسأله معکوس ژئوفیزیک نامیده می‌شود. روش‌های بهینه‌سازی بر اساس شیوه حل مسأله، به دو بخش کلاسیک و تکاملی تقسیم بندی می‌شوند. روش‌های کلاسیک از یک نقطه اولیه شروع شده و درصدد یافتن امتدادی برای رسیدن به جواب هستند. این روش‌ها در صورت عدم انتخاب مقادیر اولیه مناسب برای پارامترها در نقطه بهینه محلی همگرا می‌شوند. روش‌های تکاملی با استفاده از اپراتورهای مخصوص خود به جستجوی هوشمندانه در فضای جستجوی بزرگ‌تر ولی متناهی با استفاده از روش‌های آماری می‌پردازند. در این پایان‌نامه از روش کوادراتیک ترتیبی به عنوان روشی کلاسیک و شبکه‌عصبی مصنوعی به‌عنوان روشی تکاملی برای بازیابی پارامترهای گسل بم استفاده شد. بدین منظور ابتدا با استفاده از داده شبیه‌سازی شده، صحت نتایج و حساسیت روش کلاسیک به مقادیر اولیه و وجود نویز در داده‌ها بررسی شد. سپس از مشاهدات واقعی جابه‌جایی قائم سطحی به دست آمده از تکنیک تداخل سنجی راداری استفاده شد. با استفاده از پارامترهای به دست آمده از روش کوادراتیک ترتیبی $MSE = 2.33e-04$ متر و با استفاده از نتایج حاصل از شبکه عصبی $MSE = 2.94e-04$ متر محاسبه گردید. با قرار دادن نتایج شبکه عصبی به‌عنوان مقادیر اولیه روش کوادراتیک ترتیبی $MSE = 2.20e-04$ متر محاسبه گردید که تطابق بهتری بین مشاهدات واقعی و مدل را نشان می‌دهد و بیانگر انتخاب نادرست مقادیر اولیه پارامترها در حل مسأله با روش کلاسیک در مرحله اول است. بنابراین روش‌های کلاسیک به دلیل وابستگی به مقادیر اولیه برای حل اغلب مسائل ژئوفیزیک مناسب نیستند ولی شبکه عصبی در صورت تعیین مناسب پارامترها و آموزش صحیح، نقطه بهینه کلی را تقریب می‌زند.

واژگان کلیدی: مسأله معکوس، بهینه‌سازی کلاسیک، بهینه‌سازی تکاملی، روش کوادراتیک ترتیبی، شبکه های عصبی مصنوعی، تکنیک تداخل‌سنجی راداری

فهرست مطالب

فصل اول: مقدمه ۱

فصل دوم: مدل‌سازی تغییرشکل زمین ۶

۲-۱- گسل‌ها و انواع آن ۷

۲-۲- میدان فشار ۹

۲-۳- زمین‌لرزه‌ها و مدل‌سازی تغییرشکل ۱۰

۲-۴- مسأله مستقیم ۱۱

۲-۴-۱- مدل اکادا برای مدل‌سازی تغییرشکل گسل ۱۲

۲-۴-۲- پارامترهای ورودی و خروجی مدل اکادا ۱۲

۲-۵- مسأله معکوس ۱۳

۲-۶- استفاده از نتایج حل مسأله معکوس در پیش‌بینی زمین‌لرزه‌های بعدی ۱۴

فصل سوم: معرفی روشهای بهینه‌سازی ۱۹

۳-۱- تقسیم بندی روشهای بهینه‌سازی ۲۱

۳-۲- بهینه‌سازی نامقید با استفاده از روش‌های کلاسیک ۲۳

۳-۲-۱- روش‌های جستجوی خطی کاهشی مرتبه اول ۲۴

۳-۲-۲- روش‌های جستجوی خطی کاهشی مرتبه دوم ۲۹

۳-۲-۳- روش‌های جستجوی خطی مرتبه صفر ۳۱

۳-۳- بهینه‌سازی مقید با استفاده از روش‌های کلاسیک ۳۲

۳-۳-۱- روش‌های تابع پنالتی برای بهینه‌سازی مقید ۳۲

۳-۳-۲- روش‌های کلاسیک برای مسایل بهینه‌سازی مقید ۳۴

۳-۳-۳- برنامه نویسی کوادراتیک ۳۷

۳-۳-۴- روش‌های مدرن برای بهینه‌سازی مقید ۳۸

۳-۴- روش‌های غیرکلاسیک یا تکاملی ۴۶
۳-۴- ۱- شبکه‌های عصبی مصنوعی ۴۷
۳-۴-۲- کاربرد شبکه عصبی و نحوه اجرای آن در این پایان‌نامه ۵۴
فصل چهارم: نتایج عددی حاصل از به‌کارگیری روش‌های کلاسیک و تکاملی ۵۷
۴-۱- معرفی منطقه مورد مطالعه و ویژگی‌های آن ۵۸
۴-۲- داده‌های مورد استفاده ۶۰
۴-۳- استفاده از الگوریتم کلاسیک برای محاسبه پارامترهای گسل بم ۶۲
۴-۳-۱- اجرای الگوریتم برای داده شبیه‌سازی شده ۶۲
۴-۳-۲- بررسی حساسیت الگوریتم به مقادیر اولیه مجهولات ۶۴
۴-۳-۳- بررسی حساسیت الگوریتم به وجود نویز در داده‌ها ۶۶
۴-۳-۴- اجرای الگوریتم برای داده واقعی ۶۷
۴-۴- استفاده از الگوریتم غیرکلاسیک برای محاسبه پارامترهای گسل بم ۷۰
۴-۴- ۱- استفاده از شبکه عصبی برای طبقه بندی منبع زمین‌لرزه ۷۱
۴-۴- ۲- استفاده از شبکه عصبی برای بازیابی پارامترهای گسل ۷۵
فصل پنجم: نتیجه‌گیری‌ها و پیشنهادات ۸۱
ضمیمه الف: معرفی مدل اکادا برای منابع زمین‌لرزه نقطه‌ای و مستطیل شکل ۸۴
منابع و مراجع ۹۶

فهرست اشکال

شکل ۲- ۱- گسل امتدادلغز (Stramondo, 2007)..... ۸

شکل ۲- ۲- (الف) گسل معکوس و (ب) گسل نرمال (Stramondo, 2007)..... ۸

شکل ۲- ۳- میدان استرس اعمال شده به گسل‌ها، الف : گسل امتدادلغز؛ ب : گسل معکوس؛ ج : گسل نرمال (Stramondo, 2007)..... ۱۰

شکل ۲- ۴- تعریف مسأله مستقیم..... ۱۱

شکل ۲- ۵- هندسه مدل منبع (Okada, 1992)..... ۱۲

شکل ۲- ۶- تعریف مسأله مستقیم..... ۱۳

شکل ۲- ۷- نمایش نقطه بهینه محلی و کلی..... ۱۴

شکل ۲- ۸- سیستم مختصات مورد استفاده برای محاسبه تنش‌های کولمب روی صفحات شکست بهینه (طباطبائی و همکاران، ۱۳۹۱)..... ۱۷

شکل ۳- ۱- ساختار یک نرون مصنوعی..... ۴۸

شکل ۳- ۲- نمونه‌ای از یک شبکه عصبی پیشخور (Chakraborty, 2010)..... ۵۰

شکل ۳- ۳- نمونه‌ای از یک شبکه عصبی پسخور (Chakraborty, 2010)..... ۵۱

شکل ۳- ۴- ساختار شبکه عصبی پرسپترون چند لایه (Zilouchian, 2002)..... ۵۳

شکل ۳- ۵- نمایش محیط نرم افزار SNNS..... ۵۶

شکل ۴- ۱- موقعیت جغرافیایی گسل بم به همراه توپوگرافی منطقه..... ۶۰

شکل ۴- ۲- (الف) مولفه شرقی، (ب) مولفه شمالی و (ج) مولفه قائم میدان جابه‌جایی زمین‌لرزه بم..... ۶۱

شکل ۴- ۳- شبکه استفاده شده برای تولید داده شبیه‌سازی شده..... ۶۳

شکل ۴- ۴- میدان جابه‌جایی قائم شبیه‌سازی شده، (الف) نمایش دوبعدی و (ب) نمایش سه بعدی..... ۶۳

شکل ۴- ۵- مقایسه جابه‌جایی‌ها. (الف) جابه‌جایی‌های گسل اصلی (ب) جابه‌جایی‌های محاسبه شده از الگوریتم پس از تغییر مقادیر اولیه..... ۶۵

شکل ۴- ۶- شکل‌های الف و ج میدان جابه‌جایی قائم ناشی از زمین‌لرزه بم با استفاده از روش InSAR و شکل‌های ب و د میدان جابه‌جایی حاصل از مدل به دست آمده با روش کلاسیک..... ۶۹

شکل ۴- ۷- منحنی مشکی خطای مرحله آموزش و منحنی قرمز خطای مرحله ارزیابی را نشان می‌دهد..... ۷۳

شکل ۴- ۸- شبکه عصبی استفاده شده برای استخراج ۶ پارامتر گسل ۷۶
شکل ۴- ۹- منحنی مشکی خطای مرحله آموزش و منحنی قرمز خطای مرحله ارزیابی را نشان می‌دهد. ۷۷
شکل ۴- ۱۰- شکل‌های الف و ج: میدان جابه‌جایی قائم ناشی از زمین‌لرزه بم با استفاده از روش InSAR ؛ شکل‌های ب و د: میدان جابه‌جایی حاصل از بهترین مدل به دست آمده از روش معکوس ۸۰

فهرست جداول

جدول ۴- ۱- پارامترهای گسل دلخواه برای تولید داده شبیه‌سازی شده ۶۲
جدول ۴- ۲- محدوده مجاز تغییر پارامترهای گسل برای حل مسأله معکوس با استفاده از داده شبیه سازی شده ۶۴
جدول ۴- ۳- تغییر مقادیر اولیه پارامترهای گسل انتخابی ۶۴
جدول ۴- ۴- پارامترهای برآوردشده برای داده شبیه‌سازی شده پس از تغییر مقادیر اولیه ۶۵
جدول ۴- ۵- نتایج حاصل از اجرای الگوریتم برای داده شبیه‌سازی شده دارای نویز کم ۶۶
جدول ۴- ۶- نتایج حاصل از اجرای الگوریتم برای داده شبیه‌سازی شده دارای نویز بالا ۶۷
جدول ۴- ۷- نتایج حاصل از تحقیقات انجام شده جهت بازیابی پارامترهای گسل بم ۶۸
جدول ۴- ۸- محدوده مجاز تغییر پارامترها برای اجرای الگوریتم با استفاده از داده واقعی ۶۸
جدول ۴- ۹- پارامترهای برآورد شده الگوریتم برای مشاهدات واقعی زمین‌لرزه بم ۶۸
جدول ۴- ۱۰- محدوده تغییر پارامترهای سه نوع گسل برای تولید داده‌های آموزش و ارزیابی جهت طبقه بندی نوع گسل ۷۱
جدول ۴- ۱۱- نتایج عددی مرحله آموزش و ارزیابی شبکه برای برخی اپک ها ۷۳
جدول ۴- ۱۲- خروجی شبکه عصبی برای طبقه‌بندی نوع گسل بم ۷۴
جدول ۴- ۱۳- بازه و نرخ تغییرات پارامترهای گسل بم برای تولید داده‌های آموزش و ارزیابی ۷۵
جدول ۴- ۱۴- نتایج عددی مرحله آموزش و ارزیابی شبکه برای برخی اپک ها ۷۷
جدول ۴- ۱۵- پارامترهای حاصل از شبکه عصبی برای داده شبیه‌سازی شده ۷۸
جدول ۴- ۱۶- پارامترهای حاصل از شبکه عصبی برای داده‌های واقعی گسل بم ۷۹
جدول ۴- ۱۷- نتایج به دست آمده از روش کوادراتیک ترتیبی پس از اعمال نتایج حاصل از شبکه عصبی ۷۹

فصل اول: مقدمه

کشور ما در یک پهنه لرزه‌خیز واقع شده است و دارای گسل‌های فعال می‌باشد. بنابراین شناخت مکانیسم حرکت گسل‌ها یک موضوع مهم است. مطالعه رفتارهای لرزه‌ای از یک قرن پیش آغاز شده است. بخش مهمی از تجزیه و تحلیل زمین‌لرزه‌ها به درک فرآیند گسلش مربوط می‌شود. معکوس‌سازی جابه-جایی‌های سطحی ناشی از زمین‌لرزه نسبت به هندسه گسل از جمله روش‌هایی است که به ما اطلاعاتی درباره این فرآیندها می‌دهد. در چند دهه اخیر داده‌های مربوط به جابه‌جایی‌های سطحی ناشی از زمین-لرزه‌ها که با استفاده از روش تداخل سنجی راداری و سیستم تعیین موقعیت جهانی فراهم شده‌اند، امکان دست‌یابی به اطلاعات کامل‌تری در مورد هندسه گسل را میسر ساخته است.

مدل ارائه شده توسط اکادا در سال ۱۹۸۵ که ارتباط بین جابه‌جایی‌های سطحی و پارامترهای گسل را برای نیم فضای الاستیک هموژن بیان می‌کند (Okada, 1985)، معمولا به‌عنوان مدل مستقیم در فرآیند معکوس‌سازی مورد استفاده واقع می‌شود که یک مدل تحلیلی غیرخطی برای محاسبه جابه‌جایی‌های سطحی ناشی از یک گسل با پارامترهای هندسی و فیزیکی مشخص ارائه می‌دهد.

هدف مسأله معکوس بازیابی پارامترهای گسل با استفاده از جابه‌جایی‌های سطحی مشاهده شده است. در اغلب مسایل معکوس، ماتریس مشاهدات مسأله به علت وابسته بودن مشاهدات و عدم دسترسی به اطلاعات کافی دارای کمبود مرتبه[1] است و در نتیجه سینگولار بوده و معکوس پذیر نیست. افزایش تعداد مشاهدات نیز وجود جواب یکتا را تضمین نمی‌کند. به‌عبارت دیگر اغلب مسایل معکوس در گروه مسایل فرومعین[2] واقع می‌شوند و جواب منحصربه‌فردی ندارند. فقط در صورتی می‌توان به جواب منحصربه‌فردی دست یافت که ماتریس مشاهدات با مرتبه کامل[3] وجود داشته باشد. بنابراین از آنجایی‌که مسئله معکوس به طور مستقیم قابل حل نیست، از روش‌های بهینه‌سازی برای حل آن‌ها استفاده می‌شود. معمول‌ترین تابع هدف مورد استفاده در روش‌های بهینه‌سازی، نرم L_2 بردار اختلاف داده‌های مشاهداتی و داده‌های محاسبه شده توسط مدل است که باید مینیمم گردد. چرا که در فضای نرم‌دار با بعد متناهی و هیلبرت

[1] Rank Deficient
[2] Underdetermined Problem
[3] Full Rank

L_2 جواب یکتا وجود دارد. در واقع روش‌های بهینه‌سازی به دنبال پارامترهایی از گسل هستند که با استفاده از این پارامترها اختلاف بین جابه‌جایی‌های سطحی مشاهده شده و جابه‌جایی های سطحی به‌دست آمده از مدل کمینه گردد.

مسایل بهینه‌سازی را می‌توان در قالب دو دسته عمده تقسیم بندی نمود: کلاسیک[۱] و تکاملی[۲]. روش‌های کلاسیک برای مسایل بهینه‌سازی خطی بسیار مناسب هستند ولی برای مسایل غیرخطی نیاز به مقادیر اولیه مناسب برای پارامترها دارند. در حل مسایلی که دارای نقاط بهینه محلی زیادی هستند، استفاده نامناسب مقادیر اولیه پارامترها ممکن است منجر به نقطه بهینه محلی[۳] گردد. همچنین اغلب این روش‌ها نیاز به محاسبه گرادیان و ماتریس هسین تابع هدف دارند که برای توابع پیچیده کار مشکلی است. در مقابل روش‌های تکاملی بر مبنای قوانین تصادفی و طبیعی عمل می‌کنند و درصدد یافتن جواب بهینه کلی[۴] هستند.

تاکنون روش‌های مختلفی برای حل مسأله معکوس ژئوفیزیک و به دست آوردن پارامترهای گسل‌ها استفاده شده است. آرنادوتیر[۵] و سگال[۶] از داده‌های تداخل‌سنجی طول بازهای خیلی بلند[۷]، مشاهدات سیستم تعیین موقعیت جهانی و اندازه‌گیری‌های فاصله الکترونیکی[۸] برای بازیابی پارامترهای گسل لوماپریتا[۹] استفاده کردند و پارامترهای گسل را با استفاده از الگوریتم غیرخطی شبه نیوتن [۱۰] با فرض یک منبع مستطیل شکل محدود با لغزش یکنواخت در نیم فضای الاستیک و هموژن محاسبه نمودند (Arnadottir et al,1992). یک روش سعی و خطا نیز توسط هولداهل[۱۱] برای مدل‌سازی توزیع لغزش هم‌لرزه ناشی از زمین لرزه Prince William Sound مورد استفاده واقع شد (Holdahl and Sauber, 1994).

[1] Classical Optimization
[2] Evolutionary Optimization
[3] Local Optimal
[4] Global Optimal
[5] Arnadottir
[6] Segall
[7] Very Long Baseline Interferometry
[8] Electronic Distance Measurement
[9] Loma Prieta
[10] Quasi Newton Algorithm
[11] Holdahl

هادنات[1] و همکارانش از جابه‌جایی‌های ۶۶ ایستگاه که با استفاده از مشاهدات سیستم تعیین موقعیت جهانی قبل و بعد از زمین لرزه ۱۷ ژانویه ۱۹۹۴ در Northridge کالیفرنیا جمع آوری شده بودند، استفاده کردند و با استفاده از روش بهینه‌سازی مونته کارلو[2] پارامترهای مدل برای گسل با لغزش یکنواخت را به دست آوردند (Hudnut et al, 1996). جانسون[3] و همکاران از میدان جابه‌جایی سطحی به دست آمده از تکنیک تداخل‌سنجی راداری برای گسل بم استفاده کرده و با فرض یک گسل مستطیل شکل محدود با لغزش یکنواخت و با استفاده از روش جستجوی شبه گداختگی[4]، پارامترهای گسل را به دست آوردند (Jónsson et al, 2004). واجدیان با استفاده از الگوریتم ژنتیک پارامترهای گسل را برای یک منبع مستطیل شکل محدود با فرض لغزش یکنواخت بازیابی نمود (Vajedian et al, 2006).

در این پایان‌نامه، برای بازیابی پارامترهای گسل بم روش کلاسیک کوادراتیک ترتیبی و همچنین روش تکاملی شبکه‌های عصبی مصنوعی انتخاب شد. هدف ما در این پایان‌نامه، مقایسه‌ای بین این روش‌ها و انتخاب روش مناسب برای حل مسأله معکوس ژئوفیزیک است.

به‌منظور ارزیابی دقت و صحت پارامترهای گسل به‌دست آمده از حل مسأله معکوس ابتدا جابه‌جایی-های سطحی ناشی از یک گسل مشخص، محاسبه شد و داده شبیه‌سازی شده تولید گردید. داده‌های شبیه‌سازی شده، داده ایده آلی محسوب می‌شوند چرا که جواب مسأله مشخص است و بنابراین می‌توان مقادیر اولیه مناسب برای پارامترها انتخاب نمود و حساسیت الگوریتم را به مقادیر اولیه مجهولات و نویز با استفاده از داده شبیه‌سازی شده مورد بررسی قرار داد. سپس از داده واقعی استفاده شد و نتایج به دست آمده مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفت.

ما در این پایان‌نامه گسل بم در جنوب شرقی ایران را به‌عنوان گسل موردنظر انتخاب نمودیم. جابه-جایی‌های سطحی ناشی از زمین‌لرزه ۲۶ دسامبر سال ۲۰۰۳ بم که با استفاده از تکنیک تداخل‌سنجی راداری توسط Yuri Fialko به‌دست آمده است، به عنوان مشاهدات استفاده شد.

[1] Hudnut
[2] Monte Carlo
[3] Jansson
[4] Simulated Annealing

بازیابی پارامترهای گسل بم با استفاده از روش معکوس ساختار اصلی این پایان نامه را تشکیل می‌دهد که در زیر به آنها اشاره می‌شود:

در فصل دوم به بررسی انواع گسل‌ها پرداخته می‌شود و سپس در مورد مدل‌سازی گسل‌ها بحث شده است. همچنین مدل مستقیم و معکوس تعریف شده است.

فصل سوم به تعریف مسأله بهینه‌سازی و انواع آن پرداخته است. در این فصل حل مسایل بهینه‌سازی با استفاده از روش‌های کلاسیک و تکاملی بیان شده است. روش کوادراتیک ترتیبی نیز به عنوان روش کلاسیک مورد استفاده در این پایان‌نامه شرح داده شده است. در ادامه به شبکه‌های عصبی مصنوعی به عنوان روش غیرکلاسیک استفاده شده در این پایان‌نامه پرداخته شده است.

فصل چهارم شامل حل مسأله معکوس به منظور بازیابی پارامترهای گسل بم با استفاده از روش کلاسیک کوادراتیک ترتیبی و شبکه عصبی پرسپترون چندلایه و و ارائه نتایج عددی به دست آمده است. قبل از استفاده از داده‌های واقعی مربوط به زمین‌لرزه بم روش کلاسیک برای داده‌های شبیه‌سازی شده به کار برده شد و صحت الگوریتم و همچنین حساسیت الگوریتم به مقادیر اولیه پارامترها و داده‌های خطادار بررسی شده است.

فصل پنجم به بررسی و تحلیل نتایج به دست آمده از این پایان‌نامه پرداخته است. در نهایت پیشنهاداتی برای کارهای آتی ارائه شده است.

فصل دوم: مدل‌سازی تغییرشکل زمین

گسل به ناپیوستگی وشکست بین صفحات تکتونیکی اطلاق می‌شود که در نتیجه حرکت نسبی دو صفحه اتفاق می‌افتد. گسل‌ها پاسخ شکننده به فشار اعمال شده به پوسته زمین هستند. این شکست‌ها ممکن است به صد کیلومتر هم برسد که نمونه آن در گسل San Andreas و گسل Anatolic مشاهده شده است (Stramondo, 2006).

مشاهدات عمده که بیانگر موقعیت گسل‌ها هستند، عبارتند از:

- ناپیوستگی ساختاری
- ناپیوستگی در سنگ‌ها
- صخره‌های دگرریسی شده
- تغییرشکل‌های سطحی
- رسوبات ناشی از گسل‌ها

قابل ذکر است که تمام ناپیوستگی‌های ساختاری و سنگ‌ها نشان دهنده گسل نیستند.

۲-۱- گسل‌ها و انواع آن

صفحه گسل، صفحه نامنظم شکست است و ممکن است قائم، افقی یا مایل باشد. بر مبنای ویژگی‌های جابه‌جایی، گسل‌ها به دو دسته عمده تقسیم بندی می‌شوند:

- گسل امتدادلغز[1]: در گسل امتدادلغز، حرکت نسبی دو صفحه در امتداد گسل انجام می‌گیرد و در امتداد شیب گسل حرکتی صورت نمی‌گیرد. بر اساس امتداد حرکت صفحات، این گسل‌ها به دو دسته راست‌گرد و چپ‌گرد تقسیم بندی می‌شوند. گسل‌های امتدادلغز معمولا از روی عکس‌های هوایی و تصاویر ماهواره‌ای قابل تشخیص هستند.

[1] Strike Slip