

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ



دانشکده علوم زمین

گروه زمین شناسی زیست محیطی و آب شناسی

پهنه‌بندی زمین لغزش‌های ناشی از زمین لرزه در دامنه‌های شمالی تهران

دانشجو: محمد حسین زاده

اساتید راهنما:

دکتر ناصر حافظی مقدس

دکتر محمدرضا مهدویفر

پایان نامه ارشد جهت اخذ درجه کارشناسی ارشد

شهریور ماه ۱۳۹۳



دانشگاه صنعتی شاهرود

مدیریت تحصیلات تکمیلی

فرم شماره (۶)

باسمه تعالی

شماره: ۱۲۰۶۲

تاریخ: ۹۳/۱۷/۲۸

ویرایش:

### فرم صورت جلسه دفاع از پایان نامه تحصیلی دوره کارشناسی ارشد

با تأییدات خداوند متعال و با استعانت از حضرت ولی عصر (عج) نتیجه ارزیابی جلسه دفاع از پایان نامه کارشناسی ارشد آقای محمد حسین زاده رشته زمین شناسی گرایش زیست محیطی تحت عنوان: پهنه بندی زمین لغزش های ناشی از زمین لرزه در دامنه های شمالی تهران که در تاریخ ۱۳۹۳/۶/۲۹ با حضور هیأت محترم داوران در دانشگاه صنعتی شاهرود برگزار گردید به شرح ذیل اعلام می گردد:

قبول ( با درجه : بسیار امتیاز ۱۷ )  دفاع مجدد  مردود

۱- عالی (۲۰ - ۱۹)

۲- بسیار خوب (۱۸/۹۹ - ۱۸)

۳- خوب (۱۶ - ۱۷/۹۹)

۴- قابل قبول (۱۴ - ۱۵/۹۹)

۵- نمره کمتر از ۱۴ غیر قابل قبول

عضو هیأت داوران	نام و نام خانوادگی	مرتبه علمی	امضاء
۱- استاد راهنما	دکتر ناصر حافظی مقدس		
۲- استاد مشاور	—		
۳- نماینده شورای تحصیلات تکمیلی	دکتر عزیز الله طاهری	استاد	
۴- استاد ممتحن	دکتر محمد عطایی		
۵- استاد ممتحن	دکتر رضا خالوکا کابی	دکتر	



رئیس دانشکده: امضاء




دانشگاه صنعتی شاهرود

دانشکده علوم زمین  
گروه آبشناسی و زمین‌شناسی زیست‌محیطی

پایان نامه کارشناسی ارشد آقای محمد حسین زاده  
تحت عنوان: پهنه‌بندی زمین‌لغزش‌های ناشی از زمین‌لرزه در دامنه‌های شمالی تهران

در تاریخ ۱۳۹۳/۶/۲۹ توسط کمیته تخصصی زیر جهت اخذ مدرک کارشناسی ارشد زمین‌شناسی زیست‌محیطی مورد ارزیابی و با درجه خوب..... مورد پذیرش قرار گرفت.

امضاء	اساتید راهنما
	نام و نام خانوادگی : دکتر ناصر حافظی مقدس
	نام و نام خانوادگی : دکتر محمدرضا مهدویفر

امضاء	نماینده تحصیلات تکمیلی	امضاء	اساتید داور
	نام و نام خانوادگی : دکتر عزیزالله طاهری		نام و نام خانوادگی : دکتر محمد عطائی
			نام و نام خانوادگی : دکتر رضا خالو کاکایی

## تعهد نامه

اینجانب محمد حسین زاده دانشجوی دوره کارشناسی ارشد رشته زمین شناسی زیست محیطی دانشکده علوم زمین دانشگاه صنعتی شاهرود نویسنده پایان نامه پهنه بندی زمین لغزش های ناشی از زمین لرزه در دامنه های شمالی تهران تحت راهنمایی دکتر ناصر حافظی مقدس و دکتر محمدرضا مهدویفر متعهد می شوم.

- تحقیقات در این پایان نامه توسط اینجانب انجام شده است و از صحت و اصالت برخوردار است.
- در استفاده از نتایج پژوهشهای محققان دیگر به مرجع مورد استفاده استناد شده است.
- مطالب مندرج در پایان نامه تاکنون توسط خود یا فرد دیگری برای دریافت هیچ نوع مدرک 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 افرادی که در به دست آمدن نتایج اصلی پایان نامه تأثیرگذار بوده اند در مقالات مستخرج از پایان نامه رعایت می گردد.
- در کلیه مراحل انجام این پایان نامه ، 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، در مواردی که به حوزه اطلاعات شخصی افراد دسترسی یافته یا استفاده شده است اصل رازداری ، ضوابط و اصول اخلاق انسانی رعایت شده است .

### تاریخ

### امضای دانشجو

#### مالکیت نتایج و حق نشر

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

\* متن این صفحه نیز باید در ابتدای نسخه های تکثیر شده پایان نامه وجود داشته باشد .

## چکیده

مقایسه سوانح و بلایای روی داده در سه دهه اخیر حاکی از آن است که هر چند تعداد این مخاطرات افزایش یافته، اما پیامدهای این سوانح نسبت به گذشته کاهش اساسی پیدا کرده است. علت اصلی این اختلافها مربوط به انقلابی است که در دهه‌های اخیر روی داده است. وقوع انقلاب اطلاعات و ارتباطات در این سالها باعث شده است که در دوره معاصر بتوان با کارایی بهتری به مقابله با بلایای طبیعی شتافت. در ایران نیز که در معرض بلایای طبیعی همراه با زلزله است از سالهای نه چندان دور با استفاده از روش‌های هوشمند به بررسی پیامدهای ناشی از زلزله پرداخته شده است. یکی از این پیامدهای زلزله که سالیانه خسارات جانی و مالی فراوانی را بر جامعه تحمیل می‌نماید، زمین‌لغزش است. در این تحقیق با بهره‌گیری از روشی نوین با نام CAMEL<sup>1</sup> یا همان مدل جامع زمین‌لغزش‌های ناشی از زلزله به بررسی پراکنش زمین‌لغزش‌های ناشی از زلزله در گستره شمالی شهر تهران و بر پایه سه سناریو گسلی مشا، شمال تهران و ری پرداخته شده است. روش CAMEL روشی کیفی است که بر پایه منطق فازی و محاسبه با واژه‌ها عمل می‌نماید. با استفاده از این روش استعداد مناطق مختلف پهنه به زمین‌لغزش بررسی و این نتیجه حاصل گردید که گسل مشا دارای بیشترین اثر در ایجاد زمین‌لغزش و بیشترین قابلیت را در ایجاد تراکم زمین‌لغزش‌های چرخشی خاکی، ریزش خاکی و ریزش سنگی است. گسل شمال تهران بیشترین قابلیت را در ایجاد زمین‌لغزش‌های بهمن سنگی، چرخشی سنگی و جریان خاکی دارا می‌باشد. ارزشیابی بر اساس روش ارزش اطلاعاتی و مقایسه آن با خروجی روش CAMEL در حالت استاتیک حاکی از این است که روش ارزش اطلاعاتی با داشتن شاخص مطلوبیت ۰/۵۴ از روش CAMEL با شاخص مطلوبیت ۰/۴۶ در پهنه‌بندی زمین‌لغزش ارجعیت بیشتری دارد.

---

<sup>1</sup> Comprehensive Areal Model of Earthquake Induced Landslides

کلمات کلیدی: زمین‌لغزش ناشی از زمین‌لرزه، CAMEL، منطق فازی، محاسبه با واژه‌ها، سناریوی گسلی، ارزش اطلاعاتی.

## فهرست عناوین

### فصل اول: کلیات

<u>صفحه</u>	<u>عنوان</u>
Error! Bookmark not defined.....	۱-۱- مقدمه
Error! Bookmark not defined.....	۲-۱- موقعیت و مشخصات کلی منطقه
Error! Bookmark not defined.....	۳-۱- اقلیم و آب و هوا
Error! Bookmark not defined.....	۴-۱- ریخت شناسی
Error! Bookmark not defined.....	۱-۴-۱- البرز بلند
Error! Bookmark not defined.....	۲-۴-۱- چین‌های کناری البرز
Error! Bookmark not defined.....	۳-۴-۱- گستره کوهپایه‌ای
Error! Bookmark not defined.....	۴-۴-۱- گستره فرونشست شمال ایران مرکزی (دشت تهران)
Error! Bookmark not defined.....	۵-۱- زمین‌شناسی منطقه
Error! Bookmark not defined.....	۱-۵-۱- سازند کرج
Error! Bookmark not defined.....	۲-۵-۱- سازند هزار دره (آبرفت‌های سری A)
Error! Bookmark not defined.....	۳-۵-۱- سازند کهریزک (آبرفت‌های سری B)
Error! Bookmark not defined.....	۴-۵-۱- آبرفت‌های تهران (آبرفت‌های سری C)
Error! Bookmark not defined.....	۴-۵-۱- آبرفت‌های عهد حاضر (رسوبات سری D)
Error! Bookmark not defined.....	۷-۱- لرزه‌خیزی منطقه:
Error! Bookmark not defined.....	۱-۷-۱- گسل‌های اصلی موجود در منطقه
Error! Bookmark not defined.....	۱-۱-۷-۱- گسل مشا
Error! Bookmark not defined.....	۲-۱-۷-۱- گسل شمال تهران
Error! Bookmark not defined.....	۳-۱-۷-۱- گسل شمال ری

Error! Bookmark not defined.....	۱-۷-۱-۴-گسل جنوب ری
Error! Bookmark not defined.....	۱-۷-۲-گسل‌های متوسط (با طولی میان ۲ تا ۱۰ کیلومتر)
Error! Bookmark not defined.....	۱-۷-۳-برآورد پارامترهای لرزه‌ای منطقه
Error! Bookmark not defined.....	۱-۸-موضوع تحقیق
Error! Bookmark not defined.....	۱-۹-ضرورت و اهداف تحقیق
Error! Bookmark not defined.....	۱-۱۰-مراحل انجام پایان نامه
Error! Bookmark not defined.....	۱-۱۱-ساختار پایان‌نامه

## فصل دوم: مطالعه زمین لغزش در ایران و جهان

<u>صفحه</u>	<u>عنوان</u>
Error! Bookmark not defined.....	۱-۲- مقدمه
Error! Bookmark not defined.....	۲-۲- عوامل مؤثر بر زمین لغزش
Error! Bookmark not defined.....	۳-۲- عوامل مستعد کننده
Error! Bookmark not defined.....	۴-۲- عوامل محرک
Error! Bookmark not defined.....	۵-۲- تأثیر زلزله بر ناپایداری زمین
Error! Bookmark not defined.....	۶-۲- طبقه‌بندی حرکات توده‌ای
Error! Bookmark not defined.....	۱-۶-۲- طبقه‌بندی وارنز
Error! Bookmark not defined.....	۲-۶-۲- طبقه‌بندی کارسون و کیریبی
Error! Bookmark not defined.....	۳-۶-۲- طبقه‌بندی ارکین بر اساس درجه فعالیت
Error! Bookmark not defined.....	۷-۲- تقسیم‌بندی زمین لغزش‌های ناشی از زلزله
Error! Bookmark not defined.....	۱-۷-۲- ریزش‌ها و لغزش‌های گسسته
Error! Bookmark not defined.....	۲-۷-۲- لغزش‌های پیوسته
Error! Bookmark not defined.....	۳-۷-۲- گسترش‌های جانبی و جریان‌ها
Error! Bookmark not defined.....	۸-۲- تعداد زمین لغزش‌ها در زلزله‌های تاریخی
Error! Bookmark not defined.....	۹-۲- کوچکترین زلزله مسبب لغزش
Error! Bookmark not defined.....	۱۰-۲- بزرگای زلزله و سطح تحت تأثیر زمین لغزش



Error! Bookmark not defined.	۱۱-۲- رابطه بزرگای زلزله و حداکثر فاصله زمین لغزش از کانون سطحی و گسیختگی گسلی.
Error! Bookmark not defined.	۱۲-۲- رابطه بین تعداد زمین لغزش ها و بزرگای زلزله.
Error! Bookmark not defined.	۱۳-۲- رابطه بین زمین لغزش ها و شدت زلزله.
Error! Bookmark not defined.	۱۴-۲- رابطه بین پارامترهای لرزه ای و پراکنش زمین لغزش ها.
Error! Bookmark not defined.	۱۵-۲- خصوصیات زمین لغزش ها و محیط های زمین شناسی.
Error! Bookmark not defined.	۱-۱۵-۲- لغزش های گسسته و ریزش ها در سنگ.
Error! Bookmark not defined.	۲-۱۵-۲- لغزش های پیوسته در سنگها.
Error! Bookmark not defined.	۳-۱۵-۲- لغزش های گسسته و ریزش ها در خاکها.
Error! Bookmark not defined.	۴-۱۵-۲- لغزش های پیوسته در خاکها.
Error! Bookmark not defined.	۵-۱۵-۲- گسترش های جانبی و جریان ها در خاکها.
Error! Bookmark not defined.	۱۶-۲- روش های مختلف پهنه بندی خطر زمین لغزش.
Error! Bookmark not defined.	۷-۱۶-۲- روش کیفی.
Error! Bookmark not defined.	۸-۱۶-۲- روش کمی.
Error! Bookmark not defined.	۱۷-۲- مطالعه زمین لغزش در ایران و جهان.

## فصل سوم: آشنایی با منطق فازی و مبانی روش های مورد استفاده

<u>عنوان</u>	<u>صفحه</u>
Error! Bookmark not defined.	۱-۳- مقدمه
Error! Bookmark not defined.	۲-۳- مجموعه های فازی
Error! Bookmark not defined.	۱-۲-۳- متغیرهای فازی
Error! Bookmark not defined.	۲-۲-۳- سیستم های استنتاج فازی
Error! Bookmark not defined.	۱-۲-۲-۳- ایجاد پایگاه دانش
Error! Bookmark not defined.	۲-۲-۲-۳- موتور استنتاج فازی
Error! Bookmark not defined.	۱-۲-۲-۲-۳- اعمال روش دلالت (استنتاج مبتنی بر ترکیب قواعد)
Error! Bookmark not defined.	۲-۲-۲-۲-۳- تجمیع خروجی ها (استنتاج مبتنی بر قواعد جداگانه)
Error! Bookmark not defined.	۳-۲-۲-۳- غیر فازی ساز

Error! Bookmark not defined.....۳-۲-۳ ترکیب مقادیر ورودی برای یک قانون اگر-آنگاه

Error! Bookmark not defined.....۴-۲-۳ ترکیب چندین قانون با مقادیر خروجی یکسان

Error! Bookmark not defined.....۵-۲-۳ ترکیب قوانین با مقادیر خروجی مختلف

Error! Bookmark not defined.....۶-۲-۳ مثالی از محاسبات یک سیستم ساده فازی

Error! Bookmark not defined.....۷-۲-۳ مقدمه‌ای بر نرم‌افزار CAMEL

Error! Bookmark not defined.....۸-۲-۳ استخراج اطلاعات برای CAMEL

Error! Bookmark not defined.....۹-۲-۳ طراحی و ویژگی‌های CAMEL

Error! Bookmark not defined.....۱-۹-۲-۳ بخش امکان رخداد

Error! Bookmark not defined.....P-۱-۱-۹-۲-۳ ناهمواری دامنه

Error! Bookmark not defined.....P-۲-۱-۹-۲-۳ شدت زلزله

Error! Bookmark not defined.....P-۳-۱-۹-۲-۳ عمق خاک

Error! Bookmark not defined.....P-۴-۱-۹-۲-۳ ارتفاع دامنه

Error! Bookmark not defined.....P-۵-۱-۹-۲-۳ نوع مصالح

Error! Bookmark not defined.....P-۶-۱-۹-۲-۳ رطوبت

Error! Bookmark not defined.....P-۷-۱-۹-۲-۳ زاویه شیب

Error! Bookmark not defined.....۲-۹-۲-۳ بخش خطر

Error! Bookmark not defined.....h-۱-۲-۹-۲-۳ فاصله از رودخانه و جاده

Error! Bookmark not defined.....h-۳-۲-۹-۲-۳ رطوبت

Error! Bookmark not defined.....h-۴-۲-۹-۲-۳ شدت زلزله

Error! Bookmark not defined.....h-۵-۲-۹-۲-۳ زاویه شیب

Error! Bookmark not defined.....h-۶-۲-۹-۲-۳ پوشش گیاهی

Error! Bookmark not defined.....۱۰-۲-۳ متغیرهای خروجی-تراکم زمینلغزش

Error! Bookmark not defined.....۱۱-۲-۳ بلوک قوانین بخش خطر

Error! Bookmark not defined.....۱۲-۲-۳ بلوک قانون حساسیت استاتیکی

Error! Bookmark not defined.....۱۳-۲-۳ بلوک قانون ویرایشگرها

Error! Bookmark not defined.....۱۴-۲-۳ بلوک قانون خطر لرزه ای

Error! Bookmark not defined.....۳-۳-۳-۳ روش ارزش اطلاعاتی

## فصل چهارم: پهنه‌بندی زمین‌لغزش در پهنه مورد مطالعه

### عنوان

### صفحه

Error! Bookmark not defined.....۱-۴-۴ مقدمه

Error! Bookmark not defined.....۲-۴-۴ لایه‌های اطلاعاتی مورد نیاز برای مدل CAMEL

Error! Bookmark not defined.....۱-۲-۴-۴ ناهمواری سطحی

Error! Bookmark not defined.....۲-۲-۴-۴ شدت زلزله:

Error! Bookmark not defined.....۳-۲-۴-۴ عمق خاک

Error! Bookmark not defined.....۴-۲-۴-۴ ارتفاع دامنه

Error! Bookmark not defined.....۵-۲-۴-۴ رطوبت

Error! Bookmark not defined.....۶-۲-۴-۴ زاویه شیب

Error! Bookmark not defined.....۷-۲-۴-۴ رده مقاومتی زمین

Error! Bookmark not defined.....۸-۲-۴-۴ فاصله از رودخانه و جاده

Error! Bookmark not defined.....۹-۲-۴-۴ پوشش گیاهی

Error! Bookmark not defined.....۳-۴-۴ نقشه‌ها و اطلاعات خروجی مدل CAMEL

Error! Bookmark not defined.....۴-۴-۴ تحلیل اطلاعات مدل CAMEL

Error! Bookmark not defined.....۱-۴-۴-۴ تحلیل بهمن سنگی

Error! Bookmark not defined.....۲-۴-۴-۴ تحلیل ریزش‌های سنگی

Error! Bookmark not defined.....۳-۴-۴-۴ تحلیل ریزش‌های خاکی

Error! Bookmark not defined.....۴-۴-۴-۴ تحلیل لغزش‌های جریان خاکی

Error! Bookmark not defined.....۵-۴-۴-۴ تحلیل لغزش‌های چرخشی خاکی

Error! Bookmark not defined.....۶-۴-۴-۴ تحلیل لغزش‌های چرخشی سنگی

Error! Bookmark not defined.....۷-۴-۴-۴ مدل ارزش اطلاعاتی

Error! Bookmark not defined.....۱-۷-۴-۴ رده شیب

Error! Bookmark not defined.....	۲-۷-۴- رده مقاومت زمین
Error! Bookmark not defined.....	۳-۷-۴- طبقات ارتفاعی
Error! Bookmark not defined.....	۴-۷-۴- فاصله از رودخانه
Error! Bookmark not defined.....	۵-۷-۴- فاصله از غسل
Error! Bookmark not defined.....	۶-۷-۴- جهت
Error! Bookmark not defined.....	۸-۴- روش تجزیه و تحلیل
Error! Bookmark not defined.....	۹-۴- مقایسه روش‌های پهنه‌بندی زمین لغزش
Error! Bookmark not defined.....	۱۰-۴- ارزیابی نقشه حاصل از پهنه‌بندی به روش ارزش اطلاعاتی
Error! Bookmark not defined.....	۱۱-۴- ارزیابی نقشه حاصل از پهنه‌بندی به روش CAMEL

## فصل پنجم: بحث و نتایج

<u>صفحه</u>	<u>عنوان</u>
۱۷۲.....	۱-۵- خلاصه نتایج کسب شده
۱۷۶.....	۲-۵- افق‌های ادامه تحقیق

## فهرست شکل‌ها

<u>صفحه</u>	<u>شکل</u>
۴.....	شکل ۱-۱: موقعیت جغرافیایی محدوده مورد مطالعه
Error! Bookmark not defined.....	شکل ۲-۱: متوسط آمار بارش ۱۵ ساله محدوده مورد مطالعه
Error! Bookmark not defined.....	شکل ۳-۱: نمودار بارش در برابر ارتفاع
Error! Bookmark not defined.....	شکل ۴-۱: نقشه همبارش محدوده مورد مطالعه
Error! Bookmark not defined.....	شکل ۵-۱: نقشه واحدهای زمین‌شناسی موجود در محدوده مورد مطالعه
Error! Bookmark not defined.....	شکل ۶-۱: زمین لغزش موجود در محدوده دربند
Error! Bookmark not defined.....	شکل ۷-۱: زمین لغزش محدوده دربند
Error! Bookmark not defined.....	شکل ۸-۱: لغزش جریانی خاکی دربند
Error! Bookmark not defined.....	شکل ۹-۱: لغزش جریانی خاکی دربند

شکل ۱-۱: لغزش واژگونی در محدوده فرحزاد.....Error! Bookmark not defined.

شکل ۱-۱: ریزش خاکی در محدوده دره فرحزاد.....Error! Bookmark not defined.

شکل ۱-۱۲: الف- تصویر ماهواره‌ای زمین لغزش ولنجک. ب- زمین لغزش ولنجک.....Error! Bookmark not defined.

شکل ۱-۱۳: پهنه‌های لغزشی دره فرحزاد و شهرک مجلس.....Error! Bookmark not defined.

شکل ۱-۱۴: منازل تخریب شده در اثر لغزش در شهرک مجلس.....Error! Bookmark not defined.

شکل ۱-۱۵: نقشه فهرست زمین لغزش‌های موجود در منطقه.....Error! Bookmark not defined.

شکل ۱-۱۶: گسل‌های اصلی واقع در شعاع ۱۵۰ کیلومتری محدوده مطالعاتی.....Error! Bookmark not defined.

شکل ۱-۱۷: نقشه سائیزموتکتونیک شعاع ۱۵۰ کیلومتری محدوده مطالعاتی.....Error! Bookmark not defined.

شکل ۱-۱۸: منحنی دوره بازگشتها به سال.....Error! Bookmark not defined.

شکل ۲-۱: ریزش سنگی.....Error! Bookmark not defined.

شکل ۲-۲: واژگونی.....Error! Bookmark not defined.

شکل ۲-۳: آثار خزش در دامنه کوه.....Error! Bookmark not defined.

شکل ۲-۴: تصویر A لغزش چرخشی و تصویر B لغزش انتقالی.....Error! Bookmark not defined.

شکل ۲-۵: لغزش جریانی.....Error! Bookmark not defined.

شکل ۲-۶: طبقه بندی لغزش کارلسن و کیربی.....Error! Bookmark not defined.

شکل ۲-۷: مساحت تحت تأثیر زمین لغزش‌ها در زلزله‌هایی با بزرگای مختلف.....Error! Bookmark not defined.

شکل ۲-۸: حداکثر فاصله از رو مرکز تا زمین لغزش‌ها برای زلزله‌هایی با بزرگای مختلف.....Error! Bookmark not defined.

شکل ۲-۹: رابطه بین تعداد زمین لغزش‌ها و بزرگای زلزله.....Error! Bookmark not defined.

شکل ۲-۱۰: حداقل شدت مرکالی اصلاح شده زلزله‌های مورد مطالعه.....Error! Bookmark not defined.

شکل ۲-۱۱: طبقه بندی روش‌های پهنه بندی خطر زمین لغزش.....Error! Bookmark not defined.

شکل ۲-۱۲: بلوک لغزشی در تحلیل نیومارک.....Error! Bookmark not defined.

شکل ۳-۱: مثالی از مجموعه‌های فازی و صریح برای توصیف "نزدیک" بودن.....Error! Bookmark not defined.

شکل ۳-۲: نمونه‌ای از متغیر زاویه شیب با داشتن مقادیر "کم"، "متوسط"، و "تند".....Error! Bookmark not defined.

شکل ۳-۳: نحوه عملکرد سیستم استنتاج فازی.....Error! Bookmark not defined.

شکل ۳-۴: نحوه اعمال روش دلالت با استفاده از تابع min برای ایجاد مجموعه تغییر در خروجی فازی یکسان.....Error! Bookmark not defined.

شکل ۳-۵: نحوه عملکرد تجمیع خروجی‌ها در سیستم استنتاج ممدانی با استفاده از عملگر max.....Error! Bookmark not defined.

شکل ۳-۶: نحوه محاسبه مقدار غیر فازی با استفاده از روش مرکز جرم، مرکز مجموعه، میانگین ماکزیمم، کوچکترین

ماکزیمم و مرکز بزرگترین ماکزیمم..... Error! Bookmark not defined.

شکل ۳-۷: نمونه‌ای از انتقال مقدار درستی متغیر ورودی به مقدار درستی خروجی..... Error! Bookmark not defined.

شکل ۳-۸: مثالی کامل از یک سیستم فازی ۴ متغیره و ۴ قانونه..... Error! Bookmark not defined.

شکل ۳-۹: چارچوب دو بخشی CAMEL، از جمله بخش‌های امکان رخداد و تراکم خطر. Error! Bookmark not defined.

شکل ۳-۱۰: نمودار جریانی داده‌ها برای بخش امکان CAMEL شامل اطلاعات شاخص. Error! Bookmark not defined.

شکل ۳-۱۱: تابع عضویت برای P ناهمواری دامنه..... Error! Bookmark not defined.

شکل ۳-۱۲: تابع عضویت برای P شدت زلزله..... Error! Bookmark not defined.

شکل ۳-۱۳: حداقل شدت مورد نیاز برای وقوع دسته‌های مختلف زمین‌لغزش..... Error! Bookmark not defined.

شکل ۳-۱۴: تابع عضویت برای P عمق خاک..... Error! Bookmark not defined.

شکل ۳-۱۵: تابع عضویت برای P ارتفاع دامنه..... Error! Bookmark not defined.

شکل ۳-۱۶: توابع عضویت برای P رطوبت..... Error! Bookmark not defined.

شکل ۳-۱۷: توابع عضویت برای P زاویه شیب..... Error! Bookmark not defined.

شکل ۳-۱۸: نمودار جریانی داده‌ها برای بخش خطر..... Error! Bookmark not defined.

شکل ۳-۱۹: توابع عضویت برای h فاصله از..... Error! Bookmark not defined.

شکل ۳-۲۰: اطلاعات توصیفی معرف افزایش امکان رخداد زمین‌لغزش با توجه به کیفیت سیمان یا دوام سنگ. Error! Bookmark not defined.

شکل ۳-۲۱: توابع عضویت برای h رده زمین..... Error! Bookmark not defined.

شکل ۳-۲۲: توابع عضویت برای h رطوبت..... Error! Bookmark not defined.

شکل ۳-۲۳: توابع عضویت برای h شدت زلزله..... Error! Bookmark not defined.

شکل ۳-۲۴: توابع عضویت برای h زاویه شیب..... Error! Bookmark not defined.

شکل ۳-۲۵: اطلاعات تشدید کننده معرف افزایش تراکم زمین‌لغزش‌های ایجاد شده با افزایش زاویه شیب. Error! Bookmark not defined.

شکل ۳-۲۶: توابع عضویت برای h پوشش گیاهی..... Error! Bookmark not defined.

شکل ۳-۲۷: بلوک قانون متغیرهای لرزه‌ای برای ریزش‌ها و لغزش‌های گسسته سنگی.. Error! Bookmark not defined.

شکل ۴-۱: نقشه ناهمواری سطحی محدوده مطالعاتی..... Error! Bookmark not defined.

شکل ۴-۲: نمودار رابطه بین PGA (gal) و MMI..... Error! Bookmark not defined.

شکل ۴-۳: نقشه پهنه‌بندی لرزه‌ای گسل مشا با دوره بازگشت ۴۷۵ سال..... Error! Bookmark not defined.

Error! Bookmark not defined..... شکل ۴-۴: نقشه پهنه‌بندی لرزه‌ای گسل شمال تهران با دوره بازگشت ۴۷۵ سال

Error! Bookmark not defined..... شکل ۴-۵: نقشه پهنه‌بندی لرزه‌ای گسل ری با دوره بازگشت ۴۷۵ سال

Error! Bookmark not defined..... شکل ۴-۶: نقشه ارتفاع دامنه محدوده مطالعاتی

Error! Bookmark not defined..... شکل ۴-۷: نقشه درصد رطوبت در محدوده مطالعاتی

Error! Bookmark not defined..... شکل ۴-۸: نقشه درجه شیب محدوده مطالعاتی

Error! Bookmark not defined..... شکل ۴-۹: نقشه رده مقاومت زمین در محدوده مطالعاتی

Error! Bookmark not defined..... شکل ۴-۱۰: نقشه فاصله از عوارض خطی در محدوده مطالعاتی

Error! Bookmark not defined..... شکل ۴-۱۱: نقشه پوشش گیاهی در محدوده مطالعاتی

Error! Bookmark not defined..... شکل ۴-۱۲: نقشه لغزش ریزش سنگی با سناریو گسل شمال تهران

Error! Bookmark not defined..... شکل ۴-۱۳: نقشه لغزش بهمن سنگی با سناریو گسل شمال تهران

Error! Bookmark not defined..... شکل ۴-۱۴: نقشه لغزش چرخشی سنگی با سناریو گسل شمال تهران

Error! Bookmark not defined..... شکل ۴-۱۵: نقشه لغزش ریزش خاکی با سناریو گسل شمال تهران

Error! Bookmark not defined..... شکل ۴-۱۶: نقشه لغزش جریان خاکی با سناریو گسل شمال تهران

Error! Bookmark not defined..... شکل ۴-۱۷: نقشه لغزش چرخشی خاکی با سناریو گسل شمال تهران

Error! Bookmark not defined..... شکل ۴-۱۸: نقشه لغزش بهمن سنگی با سناریو گسل مشا

Error! Bookmark not defined..... شکل ۴-۱۹: نقشه لغزش ریزش سنگی با سناریو گسل مشا

Error! Bookmark not defined..... شکل ۴-۲۰: نقشه لغزش چرخشی سنگی با سناریو گسل مشا

Error! Bookmark not defined..... شکل ۴-۲۱: نقشه لغزش ریزش خاکی با سناریو گسل مشا

Error! Bookmark not defined..... شکل ۴-۲۲: نقشه لغزش جریان خاکی با سناریو گسل مشا

Error! Bookmark not defined..... شکل ۴-۲۳: نقشه لغزش چرخشی خاکی با سناریو گسل مشا

Error! Bookmark not defined..... شکل ۴-۲۴: نقشه لغزش بهمن سنگی با سناریو گسل ری

Error! Bookmark not defined..... شکل ۴-۲۵: نقشه لغزش بهمن سنگی با سناریو گسل ری

Error! Bookmark not defined..... شکل ۴-۲۶: نقشه لغزش چرخشی سنگی با سناریو گسل ری

Error! Bookmark not defined..... شکل ۴-۲۷: نقشه لغزش ریزش خاکی با سناریو گسل ری

Error! Bookmark not defined..... شکل ۴-۲۸: نقشه لغزش جریان خاکی با سناریو گسل ری

Error! Bookmark not defined..... شکل ۴-۲۹: نقشه لغزش چرخشی خاکی با سناریو گسل ری

- شکل ۴-۳۰: نقشه پهنه‌بندی زمین‌لغزش در محدوده مطالعاتی با سناریو گسل ری. Error! Bookmark not defined.
- شکل ۴-۳۱: نقشه پهنه‌بندی زمین‌لغزش با سناریو گسل مشا. Error! Bookmark not defined.
- شکل ۴-۳۲: نقشه پهنه‌بندی زمین‌لغزش با سناریو گسل شمال تهران. Error! Bookmark not defined.
- شکل ۴-۳۳: اطلاعات تشدید کننده معرف افزایش تراکم زمین‌لغزش‌های ایجاد شده. Error! Bookmark not defined.
- شکل ۴-۳۴: نقشه جهت شیب در محدوده مورد مطالعه. Error! Bookmark not defined.
- شکل ۴-۳۵: نقشه طبقات ارتفاعی در محدوده مورد مطالعه. Error! Bookmark not defined.
- شکل ۴-۳۶: نقشه فاصله از رودخانه. Error! Bookmark not defined.
- شکل ۴-۳۷: فاصله از گسل‌های منطقه. Error! Bookmark not defined.
- شکل ۴-۳۸: نقشه جهت شیب در منطقه. Error! Bookmark not defined.
- شکل ۴-۳۹: مقایسه درصد زمین‌لغزش‌ها در هر پهنه با درصد پیکسلس هر طبقه. Error! Bookmark not defined.
- شکل ۴-۴۰: مقایسه درصد پیکسل زمین‌لغزش‌ها در هر پهنه با درصد پیکسل هر طبقه. Error! Bookmark not defined.
- شکل ۴-۴۱: پهنه‌بندی زمین‌لغزش به روش ارزش اطلاعاتی در منطقه مورد مطالعه. Error! Bookmark not defined.
- شکل ۵-۱: مقایسه  $Q_S$  شاخص مطلوبیت بین دو نقشه پهنه‌بندی نهایی. Error! Bookmark not defined.
- شکل ۵-۲: مقایسه درصد پیکسلی هر پهنه خطر بین ۲ مدل. Error! Bookmark not defined.

## فهرست جدول‌ها

<u>عنوان</u>	<u>صفحه</u>
جدول ۱-۱: مقایسه آبرفت‌های تهران با یکدیگر از دیدگاه رین. Error! Bookmark not defined.	
جدول ۱-۲: زلزله‌های نسبت داده شده به گسل مشا. Error! Bookmark not defined.	
جدول ۱-۳: زمین‌لرزه‌های نسبت داده شده به گسل شمال تهران. Error! Bookmark not defined.	
جدول ۱-۴: نسبت زمان، مکان و بزرگی در حذف پیش‌لرزه و پس‌لرزه. Error! Bookmark not defined.	
جدول ۱-۵: داده‌های لازم برای آنالیز لرزه‌خیزی. Error! Bookmark not defined.	
جدول ۱-۶: مقادیر دوره بازگشت برای بزرگ‌های مختلف. Error! Bookmark not defined.	
جدول ۲-۱: طبقه‌بندی حرکات توده‌های. Error! Bookmark not defined.	
جدول ۲-۲: خصوصیات زمین‌لغزش‌های ناشی از زلزله. Error! Bookmark not defined.	
جدول ۲-۳: فراوانی نسبی زمین‌لغزش‌های ناشی از زلزله. Error! Bookmark not defined.	



جدول (۳-۱). انواع روش‌های غیرفازی ساز..... Error! Bookmark not defined.

جدول ۳-۲: طبقه‌بندی انواع تجمیع شده زمین‌لغزش ناشی از زلزله،..... Error! Bookmark not defined.

جدول ۳-۳: متغیرهای ورودی بخش امکان CAMEL..... Error! Bookmark not defined.

جدول ۳-۴: بلوک قوانین بخش امکان در مورد دانش موجود درباره P ناهمواری دامنه.. Error! Bookmark not defined.

جدول ۳-۵: بلوک قوانین بخش امکان در مورد دانش مربوط به P شدت زلزله..... Error! Bookmark not defined.

جدول ۳-۶: بلوک قوانین بخش امکان در مورد دانش مربوط به P عمق خاک..... Error! Bookmark not defined.

جدول ۳-۷: بلوک قوانین بخش امکان در مورد دانش مربوط به P ارتفاع دامنه..... Error! Bookmark not defined.

جدول ۳-۸: بلوک قوانین بخش امکان در مورد دانش مربوط به P نوع مصالح..... Error! Bookmark not defined.

جدول ۳-۹: بلوک قوانین بخش امکان در مورد دانش مربوط به P رطوبت..... Error! Bookmark not defined.

جدول ۳-۱۰: اطلاعات در مورد حداقل زاویه شیب مورد نیاز برای رخداد نوع خاصی از زمین‌لغزش.. Error! Bookmark not defined.

جدول ۳-۱۱: بلوک قوانین بخش امکان در مورد اطلاعات مربوط به P زاویه شیب..... Error! Bookmark not defined.

جدول ۳-۱۲: متغیرهای ورودی CAMEL- متغیرها و ویرایشگرها..... Error! Bookmark not defined.

جدول ۳-۱۳: مشخصات متغیرهای خروجی بخش خطر..... Error! Bookmark not defined.

جدول ۳-۱۴: فراوانی نسبی زمین‌لغزش‌های ناشی از ۴۰ زلزله تاریخی در سراسر جهان..... Error! Bookmark not defined.

جدول ۳-۱۵: متغیرهای ورودی در نظر گرفته شده برای هر نوع زمین‌لغزش در بخش خطر..... Error! Bookmark not defined.

جدول ۳-۱۶: بلوک قوانین حساسیت استاتیکی برای ریزش‌ها و لغزش‌های گسسته سنگی..... Error! Bookmark not defined.

جدول ۳-۱۷: بلوک قانون ویرایشگر برای ریزش‌ها و لغزش‌های سنگی گسسته..... Error! Bookmark not defined.

جدول ۴-۱: بزرگترین بزرگای محتمل به وسیله روابط تجربی بزرگا و طول (زارع، ۱۳۸۳)..... Error! Bookmark not defined.

جدول ۴-۲: پارامترهای فیزیکی واحدهای زمین‌شناسی موجود در محدوده (نصیری، ۱۳۸۴)..... Error! Bookmark not defined.

جدول ۴-۳: تراکم زمین‌لغزش در طبقات شیب منطقه مورد مطالعه..... Error! Bookmark not defined.

جدول ۴-۴: تراکم زمین‌لغزش در طبقات رده زمین منطقه مورد مطالعه..... Error! Bookmark not defined.

جدول ۴-۵: تراکم زمین‌لغزش در طبقات ارتفاعی منطقه مورد مطالعه..... Error! Bookmark not defined.

جدول ۴-۶: تراکم زمین‌لغزش در فاصله از رودخانه منطقه مورد مطالعه..... Error! Bookmark not defined.

جدول ۴-۷: تراکم زمین‌لغزش در طبقات کاربری اراضی منطقه مورد مطالعه..... Error! Bookmark not defined.

جدول ۴-۸: تراکم زمین‌لغزش در طبقات جهت منطقه مورد مطالعه..... Error! Bookmark not defined.

جدول ۴-۹: طبقه‌بندی پهنه‌های برای نقشه حاصل از روش ارزش اطلاعاتی..... Error! Bookmark not defined.

جدول ۴-۱۰: طبقه‌بندی پهنه‌های برای نقشه حاصل از روش CAMEL در حالت استاتیکی. Error! Bookmark not defined.

جدول ۴-۱۱: محاسبه مقادیر  $DR$  و  $QS$  برای نقشه پهنه‌بندی حاصل از روش ارزش اطلاعاتی. Error! Bookmark not defined.

جدول ۴-۱۲: محاسبه مقادیر  $DR$  و  $QS$  برای نقشه پهنه‌بندی حاصل از روش CAMEL در حالت استاتیک. Error! Bookmark not defined.

فصل اول

کلیات

رشد سریع و افسار گسیخته شهرها و افزایش بی سابقه جمعیت در دهه‌های گذشته موجب استفاده بیشتر بشر از منابع طبیعی شده است. کمبود منابع و ارته‌های طبیعی مناسب برای شهرسازی و اسکان جمعیت در مناطق شهری، موجب افزایش آسیب‌پذیری شهرها در برابر سوانح طبیعی به‌ویژه زمین‌لغزش و زمین‌لرزه است. براساس گزارش‌های دفتر کنترل بلایای سازمان ملل متحد و بانک جهانی توسعه، زلزله اصلی‌ترین عامل ایجاد خسارات جانی و مالی در دنیا به شمار می‌آید، که این امر در کشورمان، ایران نیز صادق است. زمین‌لغزش از مهمترین مخاطرات طبیعی همراه با زلزله می‌باشد و بخش قابل توجهی از خسارات ناشی از زمین‌لرزه را به خود اختصاص می‌دهد. ایران به دلیل دارا بودن شرایط خاص زمین‌شناسی، توپوگرافی و آب و هوایی از کشورهای مهم لغزش‌خیز در دنیا محسوب می‌شود و سالیانه خسارات قابل توجهی بر اثر بروز زمین‌لغزش گزارش می‌شود. قرارگیری شهر تهران بر روی گسل‌های با احتمال بالای لرزه‌زایی و ساخت‌وساز بر روی حریم گسل‌های لرزه‌زا، دارا بودن اقلیم‌های متفاوت، توپوگرافی نیمه و کوهستانی، احتمال رویداد این پدیده را در این منطقه دوچندان ساخته و بر طبق گزارش‌های ثبت شده رخداد زمین‌لغزش‌های ناشی از زمین‌لرزه دور از ذهن نمی‌باشد.

انجام پهنه‌بندی خطر زمین‌لغزش‌های ناشی از زلزله پیش از اقدام به برنامه‌ریزی برای ساخت و ساز در مناطق پرخطر، امری حیاتی به نظر می‌رسد. بنابراین با توجه به تبعات بسیار مخرب و هزینه‌زای این پدیده و تأثیر بسزای آن بر کیفیت محیط زیست شهروندان، تحقیق حاضر به بررسی زمین‌لغزش‌های ناشی از زلزله در گستره شمالی شهر تهران با رویکردی نوین و با سناریوی گسل‌های مشا، شمال تهران و ری می‌پردازد. در این پژوهش از روش <sup>1</sup> CAMEI استفاده شده، این مدل بر مبنای محاسبه با واژه‌ها<sup>2</sup> و منطق فازی<sup>3</sup> بنا نهاده شده است. محاسبه با واژه‌ها، در ۱۹۶۵ هم‌زمان با ایجاد منطق فازی توسط لطفی‌زاده معرفی شد. محاسبه با واژه‌ها برای فعال‌سازی محاسبات جبری با زبان انسانی به‌جای

<sup>1</sup> Comprehensive Aerial Model of Earthquake Induced Landslides

<sup>2</sup> Computing with words (CW)

<sup>3</sup> Fuzzy Logic