

((هو))

الهی! از من آهی و از تو نگاهی

الهی! عمری آه در بساط نداشتم و اینک جز آه در بساط ندارم

الهی! خوشا آن که بر عهدش استوار است و همواره محو دیدار است

الهی! آن کس تاج عزت بر سر دارد که حلقه ارادتت را در گوش دارد و طوق عبودیت را در گردن



دانشگاه یزد

دانشکده منابع طبیعی و کویر شناسی

گروه مرتع و آبخیزداری

پایان نامه

برای دریافت درجه کارشناسی ارشد

مهندسی منابع طبیعی - آبخیزداری

مقایسه روشهای تجربی پهنه بندی خطر زمین لغزش به منظور انتخاب مدل برتر
(مطالعه موردی استان قم، حوزه آبخیز فوجرد)

استادان راهنما:

دکتر علی طالبی

دکتر محمد رضا اختصاصی

استاد مشاور:

دکتر نعیم امامی

پژوهش و نگارش: هادی دهقانی

مهرماه ۸۹

به پاس تعبیر عظیم و انسانی شان از کلمه ایثار و از خودگذشتگان
به پاس عاطفه سرشار و گرمای امیدبخش وجودشان که در این سردترین روزگاران بهترین پشتیبان است
به پاس قلب های بزرگشان که فریاد رس است و سرگردانی و ترس در پناهشان به شجاعت می گراید
و به پاس محبت های بی دریغشان که هرگز فروکش نمی کند

این مجموعه را به پدر، مادر، بردار و همسر عزیزم تقدیم می کنم ...

قدردانی

آموخته که:

آموخته ام زندگی را از طبیعت بیاموزم، چون بید متواضع باشم، چون سرو راست قامت، مثل صنوبر و بلوط مقاوم و مثل رود روان، مثل خورشید با سخاوت و مثل ابر با کرامت.

آموخته ام دو نفر می توانند به یک نقطه نگاه کنند، ولی آنرا متفاوت ببینند.

آموخته ام که همه می خواهند بالای کوه زندگی کنند اما همه ی شادی ها زمانی رخ می دهند که در حال بالا رفتن از کوه هستند.

آموخته ام ایمان یعنی خواستن بدون انصراف و توکل بدون انقطاع.

آموخته ام آینده مکانی نیست که به آنجا می روم بلکه جایی است که خود آنرا بوجود می آورم.

آموخته ام آخرین کارم همیشه بهترین کارم باشد، پس جا برای تجربه شدن همیشه باز است.

آموخته ام زندگی من حاصل تمام انتخاب هایی است که داشته ام ولی این بدان معنا نیست که نمی توانم از خود تصویر جدیدی رسم کنم

شایسته است از تمام کسانی که در مراحل مختلف تهیه، تدوین و ارائه این تحقیق از همکاری و همفکری آنان بهره مند بوده ام قدردانی و امتنان داشته باشم:

اساتید راهنما جناب آقای دکتر محمدرضا اختصاصی و دکتر علی طالبی، استاد مشاور جناب آقای دکتر نعیم امامی که بخشی از این تحقیق حاصل بهره گیری از نظرات کارشناسی ایشان در این مواردی از تحقیق می باشد. پژوهشگرده مناطق خشک و بیابانی جناب آقای دکتر حمیدرضا عظیم زاده و تمامی اساتید و کارکنان دانشکده منابع طبیعی و کویر شناسی که همواره طی دوران تحصیل در این دانشکده نسبت به من لطف و محبت داشته اند، اداره کل منابع طبیعی استان قم آقایان مهندس عفتان و ابراهیمی.

برخورد لازم می دانم تشکر و قدردانی ویژه ای از دوست عزیزم، مهندس محمد ملکشاهی داشته باشم که بی دریغ من را از نظرات و تجارب ارزنده خود در انجام این تحقیق بهره مند ساختند. برای تمامی این عزیزان از درگاه خداوند متعال توفیق روز افزون خواستارم.

کسی که می ماند و نمیپرد به یک راز بزرگ آگاه گشته و آن فلسفه پرواز است.

چکیده

با توجه به توسعه روزافزون عملیات عمرانی از جمله جاده سازی، احداث تأسیسات آبی خاکی همچون سدها، مخازن، تونلها و ... نیاز به ایجاد روشهای آمایش سرزمین متناسب با مناطق مختلف بیش از پیش احساس می گردد. یکی از مخاطرات عمده در مناطق کوهستانی ایران وقوع انواع ناپایداریهای طبیعی بویژه زمین لغزشها می باشد. با توجه به شرایط زمین شناسی و توپوگرافی منطقه قم، نظیر وجود تشکیلات حساس به لغزش، شیب تند و اختلاف ارتفاع نسبتا زیاد بیش از ۲۵٪ از سطح این منطقه دارای استعداد متوسط و بالای زمین لغزش می باشد؛ با این وجود به علت عدم رخداد پدیده های محرکی چون زلزله و بارندگی های شدید، منطقه مذکور فاقد زمین لغزشهای بزرگ انتقالی گسترش جانبی و جریان می باشد. بمنظور تعیین شیوه ای مناسب جهت پهنه بندی خطر زمین لغزش در این بخش از استان قم (حوزه آبخیز فوجرد، زیر حوزه F۱۱۲۴) از بین مجموعه روشهای پهنه بندی موجود چهار روش مورا- وارسون، نیلسن، نیلسن اصلاح شده و حائری - سمیعی در حوزه آبخیز F۱۱۲۴ مورد آزمون قرار گرفت که بر اساس نتایج بدست آمده با اندکی اصلاح در نحوه کلاس بندی پهنه ها در روش مورا- وارسون، می توان از دو روش نیلسن اصلاح شده (با ضریب همگنی ۰/۳۳) و مورا- وارسون اصلاحی (با ضریب همگنی ۰/۲۳) استفاده نمود. با این حال در مناطقی که تعداد قابل توجهی لغزش فعال وجود دارد روش نیلسن اصلاح شده در اولویت بوده و در سایر مناطق سایر روش ها در اولویت قرار می گیرند.

واژه های کلیدی:

زمین لغزش، پهنه بندی، استان قم، حوزه آبخیز فوجرد، مورا - وارسون، نیلسن، نیلسن اصلاح شده، حائری - سمیعی

فهرست مطالب

فصل اول.....	۱
مقدمه و کلیات.....	۱
۱-۱- مقدمه.....	۲
۱-۱-۱- اهداف تحقیق.....	۴
۱-۲-۱- فرضیات (یا سئوالات پژوهشی) تحقیق.....	۴
۲-۱- کلیات و مفاهیم.....	۴
۱-۲-۱- تعریف اصطلاحات ناپایداری شیب و زمین لغزش.....	۴
۱-۲-۱-۱- مفهوم زمین لغزش.....	۵
۲-۲-۲-۱- تعاریف.....	۵
۳-۲-۲-۱- مبنای تقسیم بندی زمین لغزشها (حرکات توده ای).....	۵
۲-۲-۱- طبقه بندی زمین لغزشها.....	۶
۳-۲-۱- عوامل موثر در وقوع زمین لغزش.....	۹
۱-۳-۲-۱- شیب و ارتفاع دامنه.....	۹
۲-۳-۲-۱- ساخت و جنس زمین شناسی.....	۱۰
۳-۳-۲-۱- آب و هوا.....	۱۰
۴-۳-۲-۱- لرزه خیزی.....	۱۱
۵-۳-۲-۱- رفتار پوشش گیاهی در پایداری دامنه‌ها.....	۱۳
۴-۲-۱- پهنه بندی خطر زمین لغزش.....	۱۵
۱-۴-۲-۱- مفاهیم اولیه.....	۱۵
۲-۴-۲-۱- هدف و روند کلی در تهیه نقشه‌های خطر زمین لغزش.....	۱۷
۳-۴-۲-۱- جمع‌آوری اطلاعات و کمی نمودن آنها.....	۱۹
۱-۳-۴-۲-۱- مقیاس و داده‌های ورودی.....	۲۰
فصل دوم.....	۲۵
بررسی منابع.....	۲۵
۱-۲- بررسی تحقیقات انجام شده.....	۲۶
۱-۱-۲- پژوهش های انجام شده در خارج از کشور.....	۲۶
فصل سوم.....	۳۵
مواد و روش ها.....	۳۵
۱-۳- مقدمه.....	۳۶
۲-۳- روش های پهنه بندی خطر زمین لغزش مورد استفاده در این مطالعه.....	۳۷
۱-۲-۳- روش نیلسن.....	۳۸
۲-۲-۳- روش نیلسن اصلاح شده.....	۳۸
۳-۲-۳- روش مورا - وارسون.....	۳۹
۴-۳-۳- روش حائری سمیعی.....	۴۰

۴۲	.....	۲-۳- مشخصات عمومی حوزه آبخیز فوجرد.....
۴۶	.....	۳-۳- تحولات جمعیتی حوزه آبخیز فوجرد.....
۴۷	.....	۴-۳- تهیه لایه های اطلاعاتی مورد نیاز.....
۴۷	.....	۳-۴-۱- تهیه نقشه مرز حوضه.....
۴۸	.....	۳-۴-۲- نقشه شبکه آبراهه ها.....
۴۸	.....	۳-۴-۳- نقشه خطوط منحنی میزان و راهها.....
۴۹	.....	۳-۴-۴- نقشه مدل ارتفاع رقومی DEM.....
۵۰	.....	۳-۴-۵- نقشه مقدار شیب.....
۵۳	.....	۳-۴-۶- نقشه جهت شیب.....
۵۴	.....	۳-۴- مشخصات عمومی منطقه مورد مطالعه (زیر حوزه F۱۱۲۴).....
۵۶	.....	۳-۴-۱- شرایط آب و هوایی.....
۶۲	.....	۳-۴-۱-۱- بارندگی حداکثر ۲۴ ساعته با دوره بازگشتهای مختلف.....
۶۲	.....	۳-۴-۱-۲- برآورد منطقه‌ای حداکثر بارندگی ۲۴ ساعته با دوره بازگشت ۱۰۰ ساله.....
۶۳	.....	۳-۴-۱-۳- دما.....
۶۴	.....	۳-۴-۲- زمین شناسی عمومی منطقه.....
۶۷	.....	۳-۴-۳- چینه شناسی و سنگ شناسی.....
۶۸	.....	۳-۴-۱- واحدهای ولکانیکی رسوبی ائوسن.....
۷۰	.....	۳-۴-۱-۱- واحد ولکانیکی زیرین E۲.....
۷۱	.....	۳-۴-۱-۲- سری سبز زیرین E۳.....
۷۲	.....	۳-۴-۱-۳- واحد قرمز میانی E۴.....
۷۳	.....	۳-۴-۱-۴- سری سبز بالایی E۵.....
۷۳	.....	۳-۴-۲- نهشته‌های کواترنری.....
۷۳	.....	۳-۴-۴- تکتونیک، زمین ساخت و لرزه‌خیزی.....
۷۸	.....	۳-۵- پراکنش زمین لغزشها.....
۱۵	.....	فصل چهارم.....
۱۵	.....	نتایج و بحث.....
۸۶	.....	۴-۵- روش های پهنه بندی خطر زمین لغزش.....
۸۶	.....	۴-۵-۱- پهنه بندی خطر زمین لغزش به روش مورا - وارسون.....
۸۶	.....	۴-۵-۱-۱- برآورد مقدار شاخص پستی و بلندی نسبی (St).....
۹۰	.....	۴-۵-۱-۲- برآورد شاخص تاثیر لیتولوژی (SI).....
۹۰	.....	۴-۵-۱-۳- برآورد شاخص شدت لرزه ای (Ts).....
۹۲	.....	۴-۵-۱-۴- برآورد شاخص تاثیر رطوبت طبیعی خاک (Sh).....
۹۳	.....	۴-۵-۱-۵- تاثیر شدت بارندگی (Tp).....
۹۵	.....	۴-۵-۱-۶- تهیه نقشه نهایی پهنه بندی خطر زمین لغزش به روش مورا - وارسون.....
۹۸	.....	۴-۵-۲- پهنه بندی خطر زمین لغزش به روش حائری و سمیعی.....
۹۹	.....	۴-۵-۲-۱- استعداد عامل لیتولوژی (PL).....
۱۰۰	.....	۴-۵-۲-۲- استعداد عامل گسل (PF).....

- ۱۰۳.....(P_I) استعداد عامل زاویه شیب (P_I).....۳-۲-۵-۴
- ۱۰۴.....(P_R) استعداد عامل طول راه - رودخانه (P_R).....۴-۲-۵-۴
- ۱۰۵.....(P_H) استعداد عامل میزان بارندگی و رطوبت منطقه (P_H).....۵-۲-۵-۴
- ۱۰۶.....(T_P) استعداد عامل شدت بارندگی (T_P).....۶-۲-۵-۴
- ۱۰۷.....(T_E) استعداد عامل زمین لرزه (T_E).....۷-۲-۵-۴
- ۱۰۷.....تهیه نقشه نهایی پهنه بندی خطر زمین لغزش به روش حائری - سمیعی.....۸-۲-۵-۴
- ۱۰۹.....روش های نیلسن و نیلسن اصلاح شده.....۶-۴
- ۱۰۹.....نقشه پراکنش سطحی زمین لغزش.....۱-۶-۴
- ۱۰۹.....نقشه شیب.....۲-۶-۴
- ۱۱۱.....نقشه واحدهای لغزشی و غیر لغزشی.....۳-۶-۴
- ۱۱۲.....پهنه بندی به روش نیلسن.....۴-۶-۴
- ۱۱۴.....پهنه بندی به روش نیلسن اصلاح شده.....۵-۶-۴
- ۱۱۶.....مقایسه دو روش نیلسن و نیلسن اصلاح شده.....۶-۶-۴
- ۱۱۶.....ارزیابی نقشه های پهنه بندی خطر زمین لغزش.....۷-۴
- ۱-۷-۴.....ارزیابی مدلها و نقشه های حاصل از آنها با استفاده از نقشه پراکنش وضع موجود زمین لغزش ها به روش همبستگی رگرسیونی یا انطباق زوجی.....۱۱۷
- ۲-۷-۴.....ارزیابی به روش مقایسه ای نسبت تراکمی در هر یک از رده های خطر.....۱۱۹
- ۸-۴.....ارزیابی روش های پهنه بندی خطر زمین لغزش در حوزه آبخیز F۱۱۲۴.....۱۲۲
- ۱-۸-۴.....ارزیابی دقت پهنه بندی به روش نیلسن.....۱۲۲
- ۲-۸-۴.....ارزیابی دقت پهنه بندی به روش نیلسن اصلاح شده.....۱۲۲
- ۳-۸-۴.....ارزیابی دقت پهنه بندی به روش مورا- وارسون و مورا - وارسون اصلاحی.....۱۲۳
- ۳-۸-۴.....ارزیابی دقت پهنه بندی به روش حائری - سمیعی.....۱۲۳
- ۵-۸-۳.....بررسی جواب های دو روش پهنه بندی مورا- وارسون اصلاحی و حائری - سمیعی.....۱۲۳
- ۱۲۵.....فصل پنجم.....
- ۱۲۵.....نتیجه گیری و پیشنهادات.....
- ۱-۵.....نتیجه گیری.....۱۲۶
- ۲-۵.....پیشنهادات.....۱۲۷
- ۱۳۱.....منابع و ماخذ.....
- ۱۳۱.....منابع فارسی.....
- ۱۳۴.....منابع انگلیسی.....

فهرست جداول

فصل اول.....	۱
مقدمه و کلیات.....	۱
جدول ۱-۱: دسته بندی نوع مواد تشکیل دهنده توده جابجا شده.....	۵
جدول ۲-۱: دستهبندی زمینلغزشها بر مبنای طبقه بندی وارنز.....	۷
جدول ۳-۱: طبقه بندی مقیاسی و پارامترهای مؤثر در پهنه بندی خطر زمین لغزش (TC ۴ ۱۹۹۳).....	۲۰
جدول ۴-۱: مروری کلی بر داده های ورودی در پهنه بندی خطر زمین لغزش (Soters, ۱۹۹۶).....	۲۲
جدول ۵-۱: لیست علل مسبب زمین لغزشها (کرودون و وارنز ۱۹۹۶).....	۲۳
فصل دوم.....	۲۵
بررسی منابع.....	۲۵
فصل سوم.....	۳۵
مواد و روش ها.....	۳۵
جدول ۱-۳: مهمترین ارتفاعات منطقه مطالعاتی.....	۴۳
جدول ۲-۳: نحوه تقسیم بندی مطالعاتی حوزه آبخیز فوجرد و مساحت هر واحد بر حسب هکتار.....	۴۵
جدول ۳-۳: شناسنامه خرده زیر واحد هیدرولوژیک F ۱۱۲۴.....	۵۵
جدول ۴-۳: جمعیت و خانوار زیر حوزه F ۱۱۲۴، ۱۳۷۵-۱۳۵۵.....	۵۶
جدول ۵-۳: جمعیت روستاهای منطقه طرح.....	۵۶
جدول ۶-۳: مشخصات عمومی ایستگاه های منتخب در محدوده مطالعاتی.....	۵۸
جدول ۷-۳: تنوع ایستگاه های مورد بررسی به تفکیک سازمان متبوعه.....	۵۸
جدول ۸-۳: مقادیر بارندگی سالانه و ارتفاع متوسط ایستگاه های مورد استفاده در گرادیان بارندگی.....	۵۹
جدول ۹-۳: مقادیر بارندگی ماهانه و سالانه منطقه مورد مطالعه (mm).....	۶۰
جدول ۱۰-۳: حجم بارش سالانه و متوسط بارندگی منطقه مورد مطالعه.....	۶۰
جدول ۱۱-۳: ضریب برفگیری حوزه مورد مطالعه.....	۶۰
جدول ۱۲-۳: بارندگی حداکثر ۲۴ ساعته ایستگاه های منتخب با دوره بازگشت های مختلف - میلیمتر.....	۶۲
جدول ۱۳-۳: بارندگی حداکثر ۲۴ ساعته ایستگاه های منتخب با دوره بازگشت های مختلف - میلیمتر.....	۶۳
جدول ۱۴-۳: مشخصات زمین شناسی واحدهای لیتولوژی منطقه مورد مطالعه.....	۸۲
فصل چهارم.....	۸۵
نتایج و بحث.....	۸۵
جدول ۱-۴: رده بندی و مقادیر پستی و بلندی نسبی و طبقه بندی تاثیر آن در استعداد بروز زمین لغزش.....	۸۹
جدول ۲-۴: طبقه بندی تاثیر لیتولوژی و حساسیت آن در وقوع زمین لغزش (شریعت جعفری، ۱۳۷۵).....	۹۰
جدول ۳-۴: تاثیر شدت لرزه (در مقیاس مرکالی) به عنوان یک عامل محرک در ایجاد زمین لغزشها.....	۹۱
جدول ۴-۴: معادلات گرادیان بارندگی ماهانه ایستگاه های منتخب.....	۹۲
جدول ۵-۴: مقادیر بارندگی ماهانه و سالانه منطقه مورد مطالعه.....	۹۳

جدول ۴-۶: رده های مربوط به متوسط بارندگی ماهانه (فتاحی اردکانی، ۱۳۷۹).....	۹۳
جدول ۴-۷: امتیاز دهی به میزان بارش سالانه (فتاحی اردکانی، ۱۳۷۹).....	۹۳
جدول ۴-۸: تاثیر مقدار بارش به عنوان یک عامل محرک در بروز زمین لغزشها (فتاحی اردکانی، ۱۳۷۹).....	۹۴
جدول ۴-۹: طبقه بندی پتانسیل خطر زمین لغزش مشتق شده از رابطه شماره (۴-۱) (مورا- وارسون ۱۹۹۱).....	۹۶
جدول ۴-۱۰: طبقه بندی پتانسیل خطر زمین لغزش به روش مورا- وارسون اصلاح شده.....	۹۶
جدول ۴-۱۱: طبقه بندی سنگها از نظر مقاومت در برابر لغزش (حائری و سمیعی ۱۳۷۶).....	۹۹
جدول ۴-۱۲: نحوه تاثیر طول گسل در افزایش استعداد ناپایداری دامنه ها (حائری و سمیعی ۱۳۷۶).....	۱۰۰
جدول ۴-۱۳: تاثیر زاویه شیب در افزایش استعداد ناپایداری دامنه ها (حائری و سمیعی ۱۳۷۶).....	۱۰۳
جدول ۴-۱۴: ضریب طول راه - رودخانه در ناپایداری دامنه ای (حائری و سمیعی ۱۳۷۶).....	۱۰۴
جدول ۴-۱۵: طبقه بندی ضریب میانگین بارندگی ماهانه (حائری و سمیعی ۱۳۷۶).....	۱۰۵
جدول ۴-۱۶: چگونگی تاثیر ضرایب تجمعی میانگین بارندگی ماهانه در ناپایداری دامنه ها.....	۱۰۵
جدول ۴-۱۷: تاثیر شدت بارندگی در ایجاد زمین لغزشها (حائری و سمیعی ۱۳۷۶).....	۱۰۶
جدول ۴-۱۸: چگونگی تاثیر خطر نسبی زلزله در ایجاد زمین لغزشها (حائری و سمیعی ۱۳۷۶).....	۱۰۷
جدول ۴-۱۹: ضریب اهمیت نسبی (C) در استان های مازندران و گلستان (حائری و سمیعی ۱۳۷۶).....	۱۰۷
جدول ۴-۲۰: طبقه بندی میزان خطر نسبی ناپایداری دامنه ها با توجه به رابطه حائری - سمیعی.....	۱۰۷
جدول ۴-۲۱: اصول پهنه بندی خطر زمین لغزش بر اساس روش نیلسن.....	۱۱۲
جدول ۴-۲۲: اصول پهنه بندی خطر زمین لغزش بر اساس روش نیلسن اصلاح شده.....	۱۱۴
جدول ۴-۲۳: مقدار QS در روش های مختلف پهنه بندی خطر زمین لغزش در حوزه آبخیز F۱۱۲۴.....	۱۲۱
فصل پنجم.....	۱۲۵
نتیجه گیری و پیشنهادات.....	۱۲۵
منابع و ماخذ.....	۱۳۱

فهرست اشکال

- فصل اول..... ۱
- مقدمه و کلیات..... ۱
- شکل ۱-۱: اشکال مربوط به انواع حرکت های توده ای براساس طبقه بندی وارنر..... ۸
- شکل ۱-۲: لغزش دورانی در خاک به دلیل افزایش شیب دامنه سست در اثر تعریض جاده در مسیر دره هراز (۱۳۸۳)..... ۹
- شکل ۱-۳: لغزش بلوک سنگی، دره نور پیامد زمین لرزه ۲۷ اردیبهشت ماه ۱۳۸۳ در فیروزآباد کجور..... ۱۲
- شکل ۱-۴: سنگ آفت های جاده چالوس، پیامد زمین لرزه ۲۷ اردیبهشت ماه ۱۳۸۳ در فیروزآباد کجور..... ۱۳
- شکل ۱-۵: پایداری نسبی شیب در پوشش گیاهان چوبی (درختان سپیدار)..... ۱۴
- فصل دوم..... ۲۵
- بررسی منابع..... ۲۵
- فصل سوم..... ۳۵
- مواد و روش ها..... ۳۵
- شکل ۳-۱: الگوریتم نهایی پیش بینی خطر زمین لغزش با استفاده از مدل های ذکر شده در روش تحقیق..... ۴۱
- شکل ۳-۲: موقعیت حوزه در ایران و منطقه..... ۴۴
- شکل ۳-۳: مرز هیدرولوژیکی حوزه آبخیز مورد مطالعه..... ۴۷
- شکل ۳-۴: نقشه شبکه آبراهه ها..... ۴۸
- شکل ۳-۵: خطوط منحنی میزان و راهها..... ۴۹
- شکل ۳-۶: مدل ارتفاعی منطقه مورد مطالعه..... ۵۰
- شکل ۳-۷: نقشه شیب به درجه..... ۵۱
- شکل ۳-۸: نقشه شیب به درصد..... ۵۲
- شکل ۳-۹: نقشه جهت شیب (۹جهته)..... ۵۳
- شکل ۳-۱۰: نقشه جهت شیب (۵جهته)..... ۵۴
- شکل ۳-۱۱: نقاط روستایی و راه های دسترسی زیر حوزه F۱۱۲۴..... ۵۷
- شکل ۳-۱۲: گرادبان بارندگی سالانه حوزه..... ۵۹
- شکل ۳-۱۳: نقشه خطوط منحنی همباران..... ۶۱
- شکل ۳-۱۴: رگرسیون حداکثر بارندگی ۲۴ ساعته با دوره بازگشت ۱۰۰ ساله..... ۶۳
- شکل ۳-۱۵: نقشه خطوط همدمای..... ۶۴
- شکل ۳-۱۶: موقعیت زون ها، زیرزون ها و بخشهای چهارگوشه قم..... ۶۶
- شکل ۳-۱۷: لایه های ضخیم آهکی، آهکهای توفی و خاکستر توفهای در یکی از آبراهه های زیرحوزه F۱۱۲۴..... ۶۷
- شکل ۳-۱۸: زمین شناسی محدوده طرح..... ۶۹
- شکل ۳-۱۹: شیل ها و شیل های توفی رنگارنگ بیشتر به رنگ سبز در واحد E۳..... ۷۱
- شکل ۳-۲۰: ماسه سنگ توفی از واحد قرمز میانی E۴ نمونه ای از سنگهای آذر - آواری گستره آبخیز فوجرد می باشد..... ۷۲
- شکل ۳-۲۱: نمایی از چین های شمال فوجرد در نهشته های سری سبز زیرین به صورت تاقدیس و ناودیس..... ۷۵
- شکل ۳-۲۲: نقشه زمین ساخت گستره مورد مطالعه..... ۷۷

- شکل ۳-۲۳: لغزش‌های انتقالی در اثر زیرشویی رودخانه اصلی گستره طرح ۷۹
- شکل ۳-۲۴: زمین لغزش‌های تعیین شده با استفاده از تصاویر ماهواره ای گوگل ارث در محدوده مطالعاتی ۷۹
- شکل ۳-۲۵: الگوریتم تهیه نقشه پراکنش زمین لغزش‌ها با استفاده از تفسیر تصاویر گوگل ارث و برنامه های GIS ۸۰
- شکل ۳-۲۶: تفسیر و تفکیک محدوده های دارای پتانسیل زمین لغزش بر روی تصاویر ماهواره ای ۸۱
- شکل ۳-۲۷: پراکنش زمین لغزش‌های قابل مشاهده در منطقه بر اساس تفسیر بصری تصاویر گوگل ارث ۸۳
- شکل ۳-۲۸: پراکنش زمین لغزش‌های موجود در واحد های لیتولوژی منطقه مورد مطالعه ۸۳
- فصل چهارم ۸۵
- نتایج و بحث ۸۵
- شکل ۴-۱: شبکه ۱ کیلومتری برای شاخص پستی و بلندی نسبی روش مورا - وارسون ۸۷
- شکل ۴-۲: شبکه ۱ کیلومتری تصحیح شده برای شاخص پستی و بلندی نسبی روش مورا - وارسون ۸۷
- شکل ۴-۳: قرار دادن شبکه یک کیلومتری بر روی مدل ارتفاعی منطقه ۸۸
- شکل ۴-۴: اختلاف ارتفاع در شبکه ۱ کیلومتری در روش مورا - وارسون ۸۸
- شکل ۴-۵: شاخص پستی و بلندی نسبی در روش مورا - وارسون ۸۹
- شکل ۴-۶: شاخص لیتولوژی (SI) در روش مورا - وارسون ۹۱
- شکل ۴-۷: رگرسیون حداکثر بارندگی ۲۴ ساعته با دوره بازگشت ۱۰۰ ساله ۹۴
- شکل ۴-۸: حداکثر بارندگی ۲۴ ساعته با دوره بازگشت ۱۰۰ ساله ۹۴
- شکل ۴-۹: حداکثر شدت بارندگی ۲۴ ساعته با دوره بازگشت ۱۰۰ ساله ۹۵
- شکل ۴-۱۰: پهنه بندی خطر زمین لغزش به روش مورا - وارسون ۹۷
- شکل ۴-۱۱: پهنه بندی خطر زمین لغزش به روش مورا - وارسون اصلاح شده ۹۷
- شکل ۴-۱۲: استعداد عامل لیتولوژی روش سمیعی ۱۰۰
- شکل ۴-۱۳: شبکه بندی ۵۰۰ متری برای استعداد عامل گسل ۱۰۱
- شکل ۴-۱۴: طول گسل موجود در شبکه ۵۰۰ متری ۱۰۲
- شکل ۴-۱۵: استعداد عامل گسل در روش سمیعی (PF) ۱۰۲
- شکل ۴-۱۶: استعداد عامل زاویه شیب در روش سمیعی (PI) ۱۰۳
- شکل ۴-۱۷: شبکه بندی ۵۰۰ متری برای عامل رودخانه و جاده ۱۰۴
- شکل ۴-۱۸: استعداد عامل طول راه - رودخانه (PR) ۱۰۵
- شکل ۴-۱۹: استعداد عامل شدت بارندگی (TP) ۱۰۶
- شکل ۴-۲۰: پهنه بندی خطر زمین لغزش به روش حائری - سمیعی ۱۰۸
- شکل ۴-۲۱: نقشه پراکنش سطحی زمین لغزش ۱۰۹
- شکل ۴-۲۲: عامل شیب در روش نیلسن اصلاح شده ۱۱۰
- شکل ۴-۲۳: عامل شیب در روش نیلسن ۱۱۰
- شکل ۴-۲۴: نقشه زمین شناسی طرح ۱۱۱
- شکل ۴-۲۵: نقشه نهشته های لغزشی منطقه ۱۱۲
- شکل ۴-۲۶: نقشه پهنه بندی زمین لغزش به روش نیلسن ۱۱۳
- شکل ۴-۲۷: مساحت کلاسه های زمین لغزش به روش نیلسن ۱۱۳
- شکل ۴-۲۸: نقشه پهنه بندی زمین لغزش به روش نیلسن اصلاح شده ۱۱۵
- شکل ۴-۲۹: مساحت زمین لغزش‌ها به روش نیلسن اصلاح شده ۱۱۶

شکل ۴-۳۰: همبستگی درصد سطحی لغزش و درصد سطحی پهنه های خطر به روش نیلسن اصلاح شده	۱۱۷
شکل ۴-۳۱: همبستگی درصد سطحی لغزش و درصد سطحی پهنه های خطر به روش نیلسن	۱۱۷
شکل ۴-۳۲: همبستگی درصد سطحی لغزش و درصد سطحی پهنه های خطر به روش مورا - وارسون	۱۱۸
شکل ۴-۳۳: همبستگی درصد سطحی لغزش و درصد سطحی پهنه های خطر به روش مورا - وارسون اصلاحی	۱۱۸
شکل ۴-۳۴: همبستگی درصد سطحی لغزش و درصد سطحی پهنه های خطر به روش حائری - سمیعی	۱۱۸
فصل پنجم	۱۲۵
نتیجه گیری و پیشنهادات	۱۲۵
منابع و ماخذ	۱۳۱

فصل اول

مقدمه و کلیات

زمین لغزش در زمره رایج‌ترین خطرات طبیعی است که هر ساله باعث خسارات سنگین جانی و مالی در سرتاسر دنیا می‌شود. براساس مطالعات انجام‌شده توسط شبکه موضوعی ژئوتکنیکی اروپا^۱، زمین لغزش به تنهایی ۱۷٪ از بلایای طبیعی جهان را به خود اختصاص داده است و میزان تلفات جانی ناشی از این پدیده در طی سال‌های ۱۹۰۳ تا ۲۰۰۴ به ترتیب در آسیا ۲۹٪، آمریکا ۳۹٪، اروپا ۳۰٪، آفریقا ۱٪ و اقیانوسیه ۱٪ از میزان مرگ و میر را شامل می‌شود (کوه‌رست و همکاران^۲، ۲۰۰۵).

ایران با توپوگرافی عمدتاً کوهستانی، فعالیت زمین‌ساختی و لرزه‌خیزی زیاد، شرایط متنوع زمین‌شناسی و اقلیمی، عمده شرایط طبیعی را برای ایجاد طیف وسیعی از زمین لغزش‌ها داراست. زمین لغزش در ایران به عنوان یک بلای طبیعی، سالیانه خسارات جانی و مالی فراوانی به کشور وارد می‌سازد. اگر برای بلایای طبیعی دیگر احتمال وقوع هر از چندگاهی قائل شویم، پتانسیل وقوع پدیده زمین لغزش در کشور را باید هر لحظه در نظر گرفت. این پدیده همه ساله در اکثر استان‌های کشور موجب خسارت‌های اقتصادی به راه‌ها، خطوط انتقال نیرو و ارتباطات، کانال‌های آبیاری و آبرسانی، تأسیسات معدنی، سدها، دریاچه‌های مصنوعی و طبیعی، جنگل‌ها، مراتع، مزارع، مناطق مسکونی گشته یا آنها را مورد تهدید قرار می‌دهد. بر اساس گزارش کمیته بلایای طبیعی در ایران طی برنامه پنج ساله اول، خسارات ناشی از بلایای طبیعی در ایران بالغ بر ۱۰۶ میلیارد دلار بوده است که بخش اعظم آن مربوط به خسارات زمین لغزش می‌باشد (کمیته بلایای طبیعی ایران). با توجه به این واقعیتها، می‌توان طراحی و بکارگیری سیستم‌های هشداردهنده در مناطق لغزش‌خیز کشور را ضرورتی اجتناب‌ناپذیر دانست. راه‌اندازی چنین سیستم‌هایی در ایران بدون شک گامی بلند در جهت به حداقل رساندن خسارات ناشی از زمین لغزش‌ها و نقطه عطفی در مدیریت پایدار این بلای طبیعی خواهد بود.

بطور کلی به حرکت مواد تشکیل دهنده زمین اعم از خاک و سنگ که در مناطق شیب دار تحت تاثیر نیروی ثقل به طرف پایین صورت می‌گیرد حرکت توده ای گفته میشود (این تعریف انواع ریزش، لغزش، جریان و ... را شامل می‌گردد).

با وجودیکه زمین لغزشها مدیریت پذیرتر و قابل پیش بینی تر از برخی بلایای طبیعی چون زلزله، سیل، آتشفشان و ... میباشد، کمتر از یک درصد جهان نقشه های ثبتي زمین لغزشها را دارا میباشد و درصد کمتری نقشه استعداد پدیداری زمین لغزشها را تهیه نموده اند.

^۱- European Geotechnical Thematic Network

^۲- Koehorst et al

بطور کلی پهنه بندی^۱ عبارتست از تقسیم بندی سطح زمین به مناطق مجزا و رتبه بندی کردن این مناطق، بر اساس درجه واقعی یا پتانسیل خطر ناشی از بروز زمین لغزش یا دیگر حرکات توده ای روی شیبها است. اصطلاح خطر^۲ یعنی احتمال حدوث یک پدیده خطرناک بالقوه، در یک پریود زمانی خاص و در یک منطقه معین.

با توجه به شرایط زمین شناسی و توپوگرافی منطقه قم، نظیر وجود لیتولوژی های حساس به لغزش، شیب تند و اختلاف ارتفاع نسبتا زیاد بیش از ۲۵٪ از سطح این منطقه دارای استعداد متوسط و بالای زمین لغزش می باشد؛ با این وجود به علت عدم رخداد پدیده های محرکی چون زلزله و بارندگی های شدید، منطقه مذکور فاقد زمین لغزشهای بزرگ انتقالی گسترش جانبی و جریان می باشد.

در این تحقیق پس از بررسیهای منابع و روشها و مدل‌های پهنه بندی خطر زمین لغزش، نسبت به آماده سازی داده های مورد نظر طرح اقدام لازم به عمل می یابد. در این راستا با استفاده از عکسهای هوایی و نقشه زمین شناسی نقشه پراکنش زمین لغزشها و با استفاده از سایر منابع اطلاعاتی نظیر نقشه های موضوعی موجود، تصاویر ماهواره ای و نقشه های توپوگرافی اطلاعات مربوط به پارامترهای تاثیرگذار بر ناپایداری شیبها تهیه میشوند. برای مدیریت و تلفیق این اطلاعات با استفاده از سیستم اطلاعات جغرافیایی^۳، پایگاه داده های رقومی ساماندهی شده و اطلاعات بدست آمده از نقشه ها و بررسیهای صحرایی به این پایگاه منتقل می گردند.

با توجه به عوامل ایجاد کننده ناپایداری در حوزه آبخیز فوجرد بمنظور تعیین شیوه های مناسب جهت پهنه بندی خطر زمین لغزش در این حوزه از بین مجموعه روشهای پهنه بندی موجود پنج روش مورا - وارسون، مورا - وارسون اصلاح شده، نیلسن، نیلسن اصلاح شده و روش حائری مورد آزمون قرار گرفته است. براساس نتایج بدست آمده و توانایی هر یک از روشها با معیار نقشه پراکنش زمین لغزشهای منطقه، تراکم زمین لغزشها^۴ (Dr) در هر یک از رده های خطر و محاسبه مقدار^۵ (QS) برای هر نقشه پهنه بندی مورد ارزیابی قرار گرفته و مناسب ترین روش پهنه بندی خطر زمین لغزش برای منطقه مورد نظر معرفی میگردد، مراحل کار تهیه و تلفیق لایه های وزنی عوامل بوسیله نرم افزارهای سیستم های اطلاعات جغرافیایی (GIS) نظیر نرم افزار ArcGis انجام میگردد. لذا هدف از انجام این تحقیق مقایسه روشهای مختلف (روشهای تجربی) پهنه بندی زمین لغزش و تعیین بهترین و کارآمدترین روش برای مناطقی مشابه در ایران مرکزی است که استعداد لغزش را دارند و با تهیه نقشه پهنه بندی خطر زمین لغزش، می توان مناطق پر خطر را از مناطق کم

^۱. Zonation

^۲. Hazard

^۳. GIS

^۴. Density ratio

^۵. Quality Sum

خطر جدا کرده و نسبت به استفاده از آنها و گسترش سازه های عمرانی و جلوگیری از خسارات زمین لغزش برنامه ریزی و قانونگذاری نمود.

۱-۱-۱- اهداف تحقیق

- ۱- شناسایی و طبقه بندی انواع زمین لغزش ها در محدوده مطالعاتی
- ۲- معرفی عوامل اصلی و فرعی موثر در وقوع زمین لغزش ها در محدوده مطالعاتی
- ۳- استفاده از مدل های مور-وارسون، حائری-سمیعی، نیلسن، نیلسن اصلاح شده جهت پیش بینی زمین لغزش ها در محدوده مطالعاتی و بررسی کارایی مدل های مذکور در پیش بینی زمین لغزش ها
- ۴- استفاده از تکنیک های جدید سنجش از دور و سیستم های اطلاعات جغرافیایی در تهیه لایه های مورد نیاز برای پیش بینی زمین لغزش ها
- ۵- ارزیابی نسل جدید برآورد داده های GIS در نرم افزارهای مختلف از جمله ArcGIS ، WMS و ... جهت تهیه نقشه های حساسیت به زمین لغزش

۱-۲-۱- فرضیات (یا سئوالات پژوهشی) تحقیق

- ۱- با تعیین درصد تراکم مناطق لغزشی در روشهای ذکر شده و مقایسه با برداشتهای زمینی میتوان روش مناسب پهنه بندی جهت مناطق خاص را ارائه نمود.
- ۲- فرض بر این است که صحت مناسبترین روش (با توجه به این تحقیق) با نقشه تراکم مناطق لغزشی بیشترین همبستگی را نشان دهد.

۱-۲-۱- کلیات و مفاهیم

۱-۲-۱- تعریف اصطلاحات ناپایداری شیب و زمین لغزش

تعاریف متعددی با وجوه مشترک قابل توجه و یا یکسان از نظر مفهوم با محدوده های کاربردی کم و بیش مشابه توسط مولفین و محققین بکار برده شده است . از جمله اصطلاحاتی که برای تشریح و توصیف این پدیده ذکر شده ، میتوان به اصطلاحات حرکت توده ای^۱ ، حرکت شیب^۲ و زمین لغزش^۱ اشاره نمود. از بین این موارد اصطلاح زمین لغزش، تخصصی تر، کاربردی تر و بیشتر مورد استفاده قرار گرفته است.

^۱ . Mass movement

^۲ . Slope movement

۱-۱-۲-۱- مفهوم زمین لغزش

بنا به تعریف انجمن زمین شناسی مهندسی، زمین لغزش عبارت است از جابجایی به سمت پایین توده ای از مواد روی یک شیب، که نوع مواد درگیر به قرار جدول ۱-۱ است.

جدول ۱-۱: دسته بندی نوع مواد تشکیل دهنده توده جابجا شده

نوع مواد جابجا شده (توده جابجا شده)	سنگ بستر	واریزه : خاک های دانه درشت
	خاک مهندسی	خاک : حداقل پنجاه درصد ذرات تشکیل دهنده شامل ماسه سیلت و ذرات در اندازه رس هستند

۱-۲-۲-۱- تعاریف

هوازدگی^۲: تخریب سنگ بر روی سطح زمین
 حرکات توده ای^۳: انتقال مواد به پایین شیب بر اثر نیروی جاذبه
 فرسایش^۴: انتقال مواد بوسیله یک عامل منتقله مثل آب، باد، یخ

۱-۲-۲-۳- مبنای تقسیم بندی زمین لغزشها (حرکات توده ای)

حرکات توده ای بر مبنای فاکتورهای ذیل قابل تقسیم بندی است:

نوع مواد :

soil - rock – debris - mud - earth

نوع حرکت :

fall – slide – flow – creep- Solifluction

سرعت حرکت :

بسیار سریع: در حد متر در دقیقه یا ثانیه باشد. (ریزش)

سریع: در حد متر در روز

متوسط: در حد متر در ماه

کند: در حد متر در سال

بسیار کند: در حد سانتی متر یا میلی متر در سال مثل خزش

^۱ . Landslide

^۲ . Weathering

^۳ . Mass Wasting

^۴ . Erosion

۱-۲-۲- طبقه بندی زمین لغزش‌ها

جهت طبقه بندی حرکات توده‌ای از عوامل و معیارهای متفاوتی استفاده گردیده است که مهمترین آنها را می‌توان نوع مواد درگیر و یا نوع حرکت، مورفولوژی مواد حرکت یافته یا سطح حرکت و جابه‌جایی و خواص ژئوتکنیکی عنوان کرد. در این ارتباط محققین زیادی تلاش نموده و با محور قرار دادن هر یک از عوامل فوق طبقه‌بندی خاصی را ارائه نموده‌اند. از جمله این افراد می‌توان به شارپ^۱ (۱۹۳۸)، اسکمتون^۲ (۱۹۵۳)، ترزقی^۳ (۱۹۵۴)، هاپچینسون^۴ (۱۹۶۸)، اسمال^۵ (۱۹۷۲)، واتاری^۶ (۱۹۷۷)، کوتز (۱۹۷۷) و وارنز^۷ (۱۹۷۸) اشاره نمود (امامی، ۱۳۸۵). یکی از جامع‌ترین طبقه‌بندی‌هایی که مورد توافق اکثر پژوهشگران می‌باشد، طبقه‌بندی وارنز (۱۹۷۸) می‌باشد. این طبقه‌بندی در عین سادگی، بر اساس ویژگی‌هایی استوار است که پس از رویداد یک زمین لغزش نیز حفظ و با گذشت زمان کمتر دستخوش تغییر شد (جدول ۱-۲). طبقه‌بندی وارنز بر دو مبنا استوار است (وارنز، ۱۹۷۸):

۱. نوع حرکت مواد
 ۲. نوع مواد درگیر در حرکت
- معاونت آبخیزداری وزارت جهاد کشاورزی به دلایل زیر طبقه‌بندی وارنز (۱۹۷۸) را به عنوان مبنای بانک اطلاعاتی زمین لغزش‌های کشور قرار داده است:
۱. آسان و کامل‌تر بودن آن نسبت به سایر طبقه‌بندی‌ها
 ۲. توصیه گروه کاری زمین لغزش‌های انجمن بین‌المللی زمین‌شناسی یونسکو برای استفاده از آن در تشکیل بانک جهانی زمین لغزش

^۱ - Sharp
^۲ - Skempton
^۳ - Terzaghi
^۴ - Hutchinson
^۵ - Small
^۶ - Wattari
^۷ - Varnes

جدول ۱-۲: دسته‌بندی زمین‌لغزش‌ها بر مبنای طبقه‌بندی وارنز

نوع مصالح			نوع حرکت		
سنگ بستر	خاک‌های مهندسی				
	عمدتاً دانه‌درشت	عمدتاً دانه‌ریز			
سقوط سنگ (Rock fall)	سقوط واریزه (Debris fall)	سقوط خاک (Earth fall)	سقوط (Falls)		
واژگونی سنگ (Rock topple)	واژگونی واریزه (Debris topple)	واژگونی خاک (Earth topple)	واژگونی (Topples)		
لغزش دورانی در سنگ (Rock slump)	لغزش دورانی در واریزه (Debris slump)	لغزش دورانی در خاک (Earth slump)	قطعات کم	دورانی	لغزش‌ها (Slides)
لغزش بلوکی در سنگ (Rock block slide)	لغزش بلوکی در واریزه (Debris block slide)	لغزش بلوکی در خاک (Earth block slide)		انتقالی	
گسترش در سنگ (Rock spread)	گسترش در واریزه (Debris spread)	گسترش در خاک (Earth spread)	گسترش‌های جانبی (Lateral spreads)		
روانه سنگی (Rock flow)	روانه واریزه (Debris flow)	خاکروانه (Earth flow)	روانه‌ها (Flows)		
خزش عمیق (Deep creep)	خزش در خاک (Soil creep)				
مجموع دو یا چند نوع عمده حرکت			زمین‌لغزش‌های پیچیده		

اشکال مربوط به انواع حرکت‌های توده‌ای براساس طبقه‌بندی وارنز در شکل ۱-۱ نمایش داده شده است.