



دانشکده مرتع و آبخیزداری

پایان نامه جهت اخذ درجه کارشناسی ارشد در رشته آبخیزداری

بررسی عوامل مؤثر و پهنه‌بندی لغزش‌های کم عمق در زیر حوضه تول‌بنه، آبخیز زیارت گرگان

پژوهش و نگارش:

خدایچه ابراهیمی

اساتید راهنما:

دکتر علی نجفی‌نژاد

دکتر مجید اوتق

تابستان ۱۳۹۲

سَلَامٌ عَلَيْكَ يَا مُؤْتَمِرًا

تعهدنامه پژوهشی

نظر به این که چاپ و انتشار پایان نامه (رساله) های تحصیلی دانشجویان دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان مبین بخشی از فعالیت های علمی- پژوهشی بوده و همچنین با استفاده از اعتبارات دانشگاه انجام می شود، بنابراین به منظور آگاهی و رعایت حقوق دانشگاه، دانش آموختگان این دانشگاه نسبت به رعایت موارد زیر متعهد می شوند:

- قبل از چاپ پایان نامه (رساله) خود مراتب را قبلاً به طور کتبی به مدیریت تحصیلات تکمیلی دانشگاه اطلاع و کسب اجازه نمایید.
 - در انتشار نتایج پایان نامه (رساله) در قالب مقاله، همایش، اختراع و اکتشاف و سایر موارد، ذکر نام دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان الزامی است.
 - انتشار نتایج پایان نامه (رساله) باید با اطلاع و کسب اجازه از استاد راهنما صورت گیرد.
- اینجانب خدیجه ابراهیمی دانشجوی رشته آبخیزداری مقطع کارشناسی ارشد تعهدات فوق و ضمانت اجرایی آن را قبول کرده و به آن ملتزم می شوم.

نام و نام خانوادگی و امضا

خدیجه ابراهیمی

تقدیم بہ دو فرشتہ می زندگیم

پدر

و

مادر عزیزم



باسپاس از آفریدگاری که مرا نعمت بندگی بخشید

همینک جاوید از استاد راهنمای بزرگوارم جناب آقای دکتر منحنی نژاد، به پاس راهنمایی‌های بی‌دریغ علمی و سجایای اخلاقی پاسکزاری و قدردانی‌هایم. از استاد راهنمای بزرگوارم جناب آقای دکتر اونیق که در طول انجام این پژوهش از به‌مکرمی و مشاورت ایشان بهره‌برده‌ام، صمیمانه قدردانی می‌نمایم. شاکردی این دو بزرگوار برایم افتخاری است کراهنما. از استاد محترم جناب آقای دکتر گل‌گی که اداره جلسه و داوری این پایان نامه را پذیرفته و قبول زحمت نمودند، شاکرمی‌نمایم. از دوستان خوبم خانم مامندس رامیلا ساکولیان، رقیه افشاری و آقایان محمد جوادیزوی و محمد ابراهیمی که در مراحل انجام کار یاریم کردند، بسیار پاسکزارم.

سرانجام پاس ویژه خود را تقدیم می‌کنم به خانواده همیشه بهرام مخصوصاً خواهر عزیزم مریم، که پله پله یاریم نمودند.

چکیده

زمین لغزش یکی از خطرات طبیعی است که همه ساله خسارات جانی و مالی فراوانی در مناطق کوهستانی، پرباران و زلزله‌خیز به همراه دارد. در این تحقیق با استفاده از مدل پهنه‌بندی رگرسیون چند متغیره گام‌به‌گام و همچنین با توجه به آزمایشات از نمونه‌های برداشته شده از مناطق لغزش یافته و مناطق شاهد که فاقد زمین لغزش‌های کم عمق می‌باشند، اقدام به بررسی این نوع از زمین لغزش‌ها شده است. در پهنه بندی ۱۰ عامل شامل ارتفاع، شیب، جهت، بارش، فاصله از جاده، فاصله از آبراهه، فاصله از گسل، سازند، بافت خاک و کاربری اراضی مورد استفاده قرار گرفتند. که در نهایت مدل پهنه‌بندی با حذف عوامل بافت خاک، سازند، شیب و جهت بدست آمد. و پهنه‌بندی با ۶ عامل باقی‌مانده انجام شد. بر اساس نتایج حاصل از پهنه‌بندی، عامل فاصله از آبراهه بیشترین تاثیر و عامل ارتفاع کمترین اثر را در وقوع زمین لغزش‌های کم عمق زیر حوضه داشته است. که با افزایش فاصله از رودخانه احتمال وقوع خطر لغزش کاهش می‌یابد. در قسمت دوم کار، با تحلیل آزمایشات خاکشناسی

این نتایج حاصل شد که با افزایش عمق، درصد رطوبت اشباع و حدود آتربرگ افزایش می‌یابند. و همچنین، فشردگی خاک با افزایش عمق، و حضور آب به عنوان یک لایه نفوذ ناپذیر عمل کرده و لایه های رویی را به لغزش در می‌آورد. همچنین میزان ماده آلی در مناطق لغزش یافته و شاهد گویای این است که کاهش ماده آلی خاک افزایش لغزش را به همراه دارد. زیرا از تخلخل خاک کم کرده و شرایط لغزش را به وجود می‌آورد. که با کاشت درخت و حفظ کاربری جنگل در این زیر حوضه تا حدودی از این پدیده می‌توان جلوگیری کرد.

واژه‌های کلیدی: لغزش کم‌عمق، پهنه بندی خطر، حدود آتربرگ، درصد اشباع و زیر حوضه تول بنه

فهرست مطالب

صفحه	عنوان
	فصل اول
۲-۱-۱-۱	مقدمه
۳-۲-۱	مسئله تحقیق
۴-۳-۱	سوالات اساسی تحقیق
۴-۴-۱	فرضیه‌های تحقیق
۴-۶-۱	دامنه تحقیق
۶-۷-۱	تعریف زمین لغزش
۸-۸-۱	طبقه‌بندی زمین لغزش‌ها
۹-۹-۱	ویژگی‌های حوضه
۹-۱-۹-۱	موقعیت و شرایط حوضه
۱۰-۲-۹-۱	وضعیت توپوگرافی
۱۱-۳-۹-۱	زمین شناسی
۱۱-۱-۳-۹-۱	چینه شناسی
۱۱-۱-۱-۳-۹-۱	سازند خوش بیلاق
۱۲-۲-۱-۳-۹-۱	زیر واحد سازند شمشک
۱۲-۳-۱-۳-۹-۱	سازند لار
۱۳-۲-۳-۹-۱	تکتونیک
۱۴-۱-۲-۳-۹-۱	چین خوردگی
۱۴-۲-۲-۳-۹-۱	گسل‌ها
۱۴-۱-۲-۲-۳-۹-۱	گسل حاجی آباد
۱۴-۲-۲-۲-۳-۹-۱	گسل رادکان
۱۵-۳-۲-۲-۳-۹-۱	گسل تل انبار
۱۵-۴-۲-۲-۳-۹-۱	طاق‌دیس چهار باغ
۱۵-۴-۹-۱	اقلیم
	فصل دوم
۱۸-۱-۲-۱	مقدمه

- ۲-۲- مطالعات انجام شده در زمینه بررسی عوامل موثر در زمین لغزش های کم عمق ۱۸
- ۲-۱-۱-۲- مطالعات انجام شده در ایران ۱۹
- ۲-۲-۲- مطالعات انجام شده در خارج کشور ۲۳
- ۳-۲- مطالعات انجام شده در زمینه خطر زمین لغزش ۲۶
- ۲-۱-۳-۲- مطالعات انجام شده در ایران ۲۷
- ۲-۳-۲- مطالعات انجام شده در خارج از کشور ۲۹
- ۴-۲- نتیجه گیری و جمع بندی ۳۱

فصل سوم

- ۱-۳- مقدمه ۳۴
- ۲-۳- روش کار ۳۵
- ۱-۲-۳- کارهای میدانی و آزمایشگاهی ۳۵
- ۱-۱-۲-۳- مطالعات آزمایشگاهی ۳۶
- ۱-۱-۱-۲-۳- بافت خاک ۳۶
- ۲-۱-۱-۲-۳- درصد رطوبت اشباع ۳۸
- ۳-۱-۱-۲-۳- آزمایش حدود اتربرگ ۳۹
- ۴-۱-۱-۲-۳- آزمایش ماده آلی ۴۰
- ۵-۱-۱-۲-۳- تجزیه و تحلیل آماری داده ها ۴۰
- ۲-۲-۳- پهنه بندی زمین لغزش های کم عمق ۴۱
- ۱-۲-۲-۳- نقشه پراکنش زمین لغزش ۴۱
- ۲-۲-۲-۳- انتخاب عوامل موثر بر زمین لغزش ۴۱
- ۳-۲-۲-۳- نقشه سازی عوامل موثر بر زمین لغزش ۴۲
- ۴-۲-۲-۳- روش پهنه بندی خطر زمین لغزش ۴۲
- ۵-۲-۲-۳- ارزیابی مدل خطر زمین لغزش ۴۳
- ۳-۳- نتیجه گیری و جمع بندی ۴۳

فصل چهارم

- ۱-۴- مقدمه ۴۶
- ۲-۴- نقشه پراکنش زمین لغزش های کم عمق حوضه ۴۶
- ۳-۴- عوامل موثر بر زمین لغزش ۴۹

- ۴-۳-۱- پراکندگی لغزش ها نسبت به طبقات ارتفاعی ۴۹
- ۴-۳-۲- پراکندگی لغزش ها نسبت به طبقات شیب ۵۱
- ۴-۳-۳- پراکندگی لغزش ها نسبت به طبقات جهت ۵۲
- ۴-۳-۴- پراکندگی لغزش ها نسبت به طبقات سازند ۵۴
- ۴-۳-۵- پراکندگی لغزش ها نسبت به طبقات کاربری اراضی ۵۳
- ۴-۳-۶- پراکندگی لغزش ها نسبت به طبقات فاصله از جاده ۵۵
- ۴-۳-۷- پراکندگی لغزش ها نسبت به طبقات فاصله از آبراهه ۵۶
- ۴-۳-۸- پراکندگی لغزش ها نسبت به طبقات فاصله از گسل ۵۷
- ۴-۳-۹- پراکندگی لغزش ها نسبت به طبقات بارش ۵۸
- ۴-۳-۱۰- پراکندگی لغزش ها نسبت به طبقات بافت خاک ۵۸
- ۴-۳-۱۱- پهنه بندی خطر زمین لغزش های کم عمق زیر حوضه تولبته ۵۹
- ۴-۳-۱۱-۱- ارزیابی مدل پهنه بندی ۶۱
- ۴-۴- نتایج حاصل از آزمایش های خاک ۶۱
- ۴-۴-۱- نتایج نمونه های لغزش یافته و سطحی ۶۱
- ۴-۴-۲- یافته های مربوط به داده های نمونه های عمق ۶۶
- ۴-۴-۳- یافته های مربوط به داده های نمونه های سطح ۷۰
- ۴-۴-۴- تعیین رابطه بین پارامترهای اندازه گیری شده و مساحت زمین لغزش ها ۷۲
- ۴-۵- نتیجه گیری ۷۳

فصل پنجم

- ۵-۱- مقدمه ۷۶
- ۵-۲- پراکنش زمین لغزش ۷۶
- ۵-۳- انتخاب عوامل موثر بر زمین لغزش ۷۶
- ۵-۴- پهنه بندی خطر زمین لغزش ۷۷
- ۵-۵- یافته های حاصل از آزمایشات خاکشناسی ۷۹
- ۵-۶- آزمون فرضیات ۸۰
- ۵-۷- نتیجه گیری ۸۱
- ۵-۸- پیشنهادات ۸۱
- ۵-۸-۱- پیشنهادات پژوهشی ۸۱

۸۲..... ۲-۸-۵- پیشنهادات اجرایی

۸۳..... ۶- منابع

فهرست جدول ها

عنوان.....	صفحه.....
جدول ۱-۱- تقسیم بندی زمین لغزش ها بر مبنای طبقه بندی وارنز (۱۹۸۴).....	۹.....
جدول ۱-۴- مشخصات ابعاد هندسی زمین لغزش های کم عمق زیر حوضه تول بنه.....	۴۷.....
جدول ۲-۴- توزیع فراوانی مساحت و تعداد زمین لغزش های کم عمق بر حسب طبقات ارتفاعی زیر حوضه تول بنه.....	۵۰.....
جدول ۳-۴- توزیع فراوانی مساحت و تعداد زمین لغزش های کم عمق بر حسب طبقات شیب زیر حوضه تول بنه.....	۵۱.....
جدول ۴-۴- توزیع فراوانی مساحت و تعداد زمین لغزش های کم عمق بر حسب طبقات جهت زیر حوضه تول بنه.....	۵۲.....
جدول ۵-۴- توزیع فراوانی مساحت و تعداد زمین لغزش های کم عمق بر حسب طبقات سازند زیر حوضه تول بنه.....	۵۳.....
جدول ۶-۴- توزیع فراوانی مساحت و تعداد زمین لغزش های کم عمق بر حسب طبقات کاربری زیر حوضه تول بنه.....	۵۴.....
جدول ۷-۴- توزیع فراوانی مساحت و تعداد زمین لغزش های کم عمق بر حسب فاصله از جاده زیر حوضه تول بنه.....	۵۵.....
جدول ۸-۴- توزیع فراوانی مساحت و تعداد زمین لغزش های کم عمق بر حسب فاصله از آبراهه زیر حوضه تول بنه.....	۵۶.....
جدول ۹-۴- توزیع فراوانی مساحت و تعداد زمین لغزش های کم عمق بر حسب فاصله از گسل زیر حوضه تول بنه.....	۵۷.....
جدول ۱۰-۴- توزیع فراوانی مساحت و تعداد زمین لغزش های کم عمق بر حسب طبقات بارش زیر حوضه تول بنه.....	۵۸.....
جدول ۱۱-۴- توزیع فراوانی مساحت و تعداد زمین لغزش های کم عمق بر حسب طبقات خاک زیر حوضه تول بنه.....	۵۹.....
جدول ۱۲-۴- کلاس های خطر زمین لغزش زیر حوضه تول بنه.....	۶۰.....
جدول ۱۳-۴- نتایج حاصل از اندازه گیری پارامترهای خاکشناسی مورد نظر برای نمونه های لغزش یافته در ۳ عمق.....	۶۲.....
جدول ۱۴-۴- نتایج حاصل از اندازه گیری پارامترهای خاکشناسی و شیب مورد نظر برای نمونه های لغزش یافته	۶۵.....

- جدول ۴-۱۵- مقایسه میانگین نمونه‌ها در عمق a ۶۷
- جدول ۴-۱۶- مقایسه میانگین نمونه‌ها در عمق b ۶۸
- جدول ۴-۱۷- مقایسه میانگین نمونه‌ها در عمق c ۶۸
- جدول ۴-۱۸- جدول دو بعدی نمونه‌های مورد مطالعه بر حسب بافت خاکی ۷۰
- جدول ۴-۱۹- نتایج آزمون t با دو گروه مستقل جهت مقایسه میانگین متغیرهای ۷۱
- جدول ۴-۲۰- جدول دو بعدی نمونه‌های سطح بر حسب بافت خاکی ۷۲
- جدول ۴-۲۱- خلاصه مدل رگرسیون مساحت توسط متغیرهای پیش‌بین ۷۲
- جدول ۴-۲۲- نتایج تحلیل واریانس یکطرفه ۷۲
- جدول ۵-۱- جدول احتمال وقوع زمین لغزش‌های کم عمق بر اساس نتایج پهنه بندی زیر حوضه تول‌بنه ۷۹
- جدول ۵-۱- جدول احتمال وقوع زمین لغزش‌های کم عمق بر اساس نتایج آزمایشات و اندازه‌گیری‌ها ۸۰

فهرست شکل ها

عنوان	صفحه
شکل ۱-۱- نمونه‌ای از زمین لغزش کم عمق در زیر حوضه تول بنه	۷
شکل ۲-۱- موقعیت جغرافیایی زیرحوضه تول بنه در ایران و استان گلستان	۱۰
شکل ۱-۳- نمودار جریان‌ی روش تحقیق	۳۴
شکل ۲-۳- نمونه سری الک تعیین دانه بندی خاک	۳۷
شکل ۳-۳- هیدرومتر	۳۷
شکل ۴-۳- کاساگراند	۳۹
شکل ۱-۴- نقشه پراکنش زمین لغزش های زیرحوضه تول بنه	۴۶
شکل ۲-۴- نقشه طبقات ارتفاع زیرحوضه تول بنه	۵۰
شکل ۳-۴- نقشه طبقات شیب زیرحوضه تول بنه	۵۱
شکل ۴-۴- نقشه طبقات جهت زیرحوضه تول بنه	۵۲
شکل ۵-۴- نقشه طبقات سازند زیرحوضه تول بنه	۵۳
شکل ۶-۴- نقشه طبقات کاربری اراضی زیرحوضه تول بنه	۵۴
شکل ۷-۴- نقشه طبقات فاصله از جاده زیرحوضه تول بنه	۵۵
شکل ۸-۴- نقشه طبقات فاصله از آبراهه زیرحوضه تول بنه	۵۶
شکل ۹-۴- نقشه طبقات فاصله از گسل زیرحوضه تول بنه	۵۷
شکل ۱۰-۴- نقشه طبقات بارش زیرحوضه تول بنه	۵۸
شکل ۱۱-۴- نقشه طبقات بافت خاک زیرحوضه تول بنه	۵۹
شکل ۱۲-۴- نقشه پهنه بندی خطر زمین لغزش زیرحوضه تول بنه	۶۰
نمودار ۱۳-۴- مقایسه میانگین عمق a بررسی معنی داری پارامترها	۶۱
نمودار ۱۴-۴- مقایسه میانگین عمق b بررسی معنی داری پارامترها	۶۶
نمودار ۱۵-۴- مقایسه میانگین عمق C بررسی معنی داری پارامترها	۶۷
نمودار ۱۶-۴- مقایسه میانگین نمونه‌های سطحی و بررسی معنی داری پارامترها	۶۹

فصل اول

کلیات

(مبانی نظری و ویژگی‌های عمومی)

۱-۱- مقدمه

حرکات توده‌ای، از جمله پدیده‌هایی است که گه‌گاه در شیب تند تپه‌ها و مناطق کوهستانی به وقوع می‌پیوندد. خسارات وارد به مناطق مسکونی و زیربنای اقتصادی و همچنین تلفات انسانی ناشی از زمین لغزش‌ها در سراسر جهان در حال افزایش است (کلارستاقی و احمدی، ۲۰۰۸). حرکت‌های توده‌ای نقش موثری در تخریب جاده‌های ارتباطی، مراتع، مناطق کوهستانی و ایجاد فرسایش و رسوب در حوضه‌های آبخیز دارند. طی دهه ۱۹۹۰ زمین لغزش‌ها تقریباً ۹ درصد بلایای طبیعی که در سراسر جهان اتفاق افتاده‌اند را به خود اختصاص داده‌اند (گومز و کاوژگلو^۱، ۲۰۰۵).

زمین لغزش عبارت است از حرکت مواد تشکیل دهنده شیب، شامل صخره‌های طبیعی، خاک، انباشته‌های مصنوعی و یا مخلوطی از آنها که توسط نیروی ثقل به سمت پایین جابه‌جا می‌شوند (وارنز^۲، ۱۹۷۸). زمین لغزش پدیده‌ای است که تحت تاثیر حرکت سریع توده‌ها بر اثر نیروی ثقل عارض می‌شود. حرکت توده‌ای شامل ریزش، لغزش و جریان است. لغزش عبارت است از پایین افتادن یا حرکت یک پارچه و اغلب سریع حجمی از مواد رسوبی در امتداد دامنه‌ها (محمودی، ۱۳۸۲). زمین لغزش، فرآیند و پدیده‌ای مرکب، پیچیده، همه جا حاضر، هم سرشت، و خود تشدید است و با خسارات مستقیم و غیر مستقیم زیادی همراه است.

لغزش‌های کم عمق معمولاً در دامنه‌های با خاک نفوذپذیر در بالا و نفوذناپذیر در پایین و با گسیختگی دامنه در رگبارهای شدید باران که مقدار باران نیز افزایش می‌یابد اتفاق می‌افتند. این نوع از لغزش‌ها معمولاً عمق کمتر از ۲ متر، گسترش محلی و در مساحت‌های کمتر از یک هکتار دیده می‌شوند (هو^۳ و همکاران، ۲۰۱۲).

1 - Gomez & Kavzoglu

2 - Varnes

3 - Ho

۲-۱- مساله تحقیق

عوامل متعددی مانند شرایط زمین شناسی، شرایط هیدرولوژیکی، وضعیت توپوگرافی، مورفولوژی، آب و هوا و هوازدهی بر پایداری یک دامنه تاثیر گذاشته و می توانند باعث ایجاد لغزش شوند (گارفی و برونو، ۲۰۰۸).

کشور ایران به علت توپوگرافی عمدتاً کوهستانی، فعالیت های نئوتکتونیک، لرزه خیزی، شرایط جغرافیایی و سازندهای متنوع زمین شناختی، شرایط مساعدی را برای وقوع پدیده زمین لغزش، به طور بالقوه دارا می باشد. این پدیده هر ساله به خسارت های مالی و جانی، تخریب راه ها، خطوط لوله، خطوط انتقال نیرو، تاسیسات معدنی، تونل ها، نقاط مسکونی شهری و روستایی و منابع طبیعی در کشور منجر می شود.

استان گلستان به دلایل زیر از جمله مناطق بسیار مستعد زمین لغزش کشور می باشد:

مهمترین عامل، اقلیم مرطوب و پر باران استان است که به طرق مختلف اعم از مستقیم و غیر مستقیم در فراوانی وقوع حرکت توده های نقش دارد. عامل دوم شرایط زمین شناختی استان می باشد، وجود رخنمون های وسیع از سازندهای حساس به لغزش از قبیل شیست های گرگان، سازند شمشک، سازند خوش بیلاق، لس های کواترنر و همچنین خاک سطحی نسبتاً ضخیمی که بر روی سازندهای تشکیل شده موجب گردیده که سطح قابل توجهی از استان به طور بالقوه دارای شرایط وقوع حرکت توده ای باشد. در کنار این عوامل عامل انسانی نیز با استفاده نادرست از منابع طبیعی (بهره برداری بی رویه از جنگل و قطع اشجار و چرای بی رویه) تغییر کاربری و احداث جاده های متعدد روستایی و جنگلی در سطح استان حرکت های توده ای را تشدید می کند (کاردان و مصفی، ۱۳۷۷).

حوضه زیارت به دلیل دارا بودن میزان و شدت بالای بارندگی و دارا بودن سازندهای مستعد به لغزش مانند سازند شمشک به طور بالقوه مستعد وقوع حرکت های توده ای می باشد. در جاهایی که درصد شیب زیاد است و تحت تاثیر عوامل انسانی از قبیل جاده سازی و تغییر کاربری قرار داشته باشد، حرکت های توده ای تشدید شده اند.

زیر حوضه تول‌بنه با خطر شدید وقوع زمین‌لغزش‌های کم عمق به ویژه در دامنه‌ها، روبرو است. بررسی عوامل موثر در لغزش‌های کم عمق در این منطقه برای اولین بار صورت می‌گیرد. و رودخانه‌ای که در مسیرش با این زیر حوضه در تماس است، بخشی از آب شرب شهرستان گرگان را تامین می‌کند. همچنین این نوع از زمین‌لغزش‌ها می‌توانند خسارات سنگینی برای تاسیسات جاده، اراضی کشاورزی و مناطق مسکونی ایجاد نمایند، پس بررسی عوامل موثر در ایجاد این نوع از پدیده‌ها کمک شایانی در جلوگیری از خسارات احتمالی خواهند داشت.

۳-۱- سؤالات اساسی تحقیق

- ۱- کدام عامل بررسی شده بیشترین تاثیر را در وقوع لغزش‌های کم عمق در این زیر حوضه دارد؟
- ۲- آیا وجود یک لایه رسوبی غیر قابل نفوذ می‌تواند باعث لغزش‌های کم عمق در این منطقه شود؟

۴-۱- فرضیه‌های تحقیق

- ۱- نوع سازندسنگی بیشترین تاثیر را در لغزش‌های کم عمق منطقه دارد.
- ۲- وجود یک لایه رسوبی غیر قابل نفوذ باعث وقوع لغزش‌های کم عمق در این حوضه می‌شود.

۵-۱- اهداف تحقیق

- ۱- بررسی عوامل موثر در زمین‌لغزش‌های کم عمق در زیر حوضه تول‌بنه.
- ۲- تهیه نقشه خطر زمین‌لغزش‌های کم عمق در زیرحوضه تول‌بنه.

۶-۱- دامنه تحقیق

در این تحقیق مراحل کار به ترتیب زیر انجام شد:

- مطالعه پایه در مورد حوضه مورد نظر شامل نوع و میزان بارش های منطقه، سازندهای زمین شناسی و پوشش گیاهی و انتخاب عوامل کلیدی خطر وقوع زمین لغزش های کم عمق.
- تهیه نقشه های پایه که در محیط GIS^۱ انجام می شود، شامل تهیه لایه اطلاعاتی شیب، زمین شناسی، فاصله از آبراهه، جهت شیب، پوشش گیاهی و مقدار بارندگی.
- تهیه نقشه پراکنش زمین لغزش های کم عمق با استفاده از GPS^۲ و GIS که بیشتر در این مطالعه با بازدیدهای میدانی صورت می گیرد.
- کارهای میدانی شامل برداری از خاک زمین لغزش های کم عمق اتفاق افتاده، نمونه برداری از لایه نفوذناپذیر، مورفومتری لغزش های کم عمق (اندازه گیری طول، عرض، عمق و شیب زمین لغزش های کم عمق موجود در منطقه)، تعیین موقعیت پاشنه و پیشانی لغزش های کم عمق اتفاق افتاده، تعیین درصد پوشش گیاهی، جهت شیب و وضعیت کاربری بالادست لغزش های کم عمق.
- کارهای آزمایشگاهی شامل اندازه گیری رطوبت مناطق لغزش های کم عمق در بارش های اتفاق افتاده در پاییز و زمستان و مناطق عاری از لغزش های کم عمق، تعیین دانه بندی خاک، تعیین جنس لایه رسوبی نفوذناپذیر که در صورت رسی بودن تعیین نوع رس موجود، تعیین بافت خاک (درصد رس، سیلت و ماسه)، تعیین خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک و انجام آزمایشات حدود آتربرگ.
- همپوشانی نقشه های پایه تهیه شده با هم که منجر به تهیه واحدهای همگن می شود. و سپس همپوشانی با نقشه پراکنش لغزش های کم عمق، تا میزان تعداد و مساحت لغزش در هر لایه از نقشه های پایه در محیط GIS بدست بیاید.
- به منظور انجام رگرسیون چند متغیره بین عوامل مؤثر، پس از دست یابی به کدهای (ارزش عددی هر یک از کلاس ها و میزان تاثیر آنها در وقوع لغزش های کم عمق) مربوط به کلاس های مختلف هر یک از عوامل مؤثر در لغزش های کم عمق، این اطلاعات به محیط نرم افزار SPSS منتقل می شود و سپس تیمارهای مورد نظر که مربوط به عوامل مؤثر در لغزش های کم عمق می باشند در برابر واحدهای همگن قرار می گیرند و با انتخاب یکی از روش های رگرسیون چند متغیره، معنی دار بودن عوامل مورد نظر در سطح اطمینان ۹۹٪ مورد بررسی قرار می گیرد و با توجه به نتایج حاصل از تجزیه

1- Geographic Information System

2- Global Positioning System

و تحلیل رگرسیون چند متغیره عامل‌هایی که ضریب معنی‌داری کمتر از ۰.۹۹ داشته باشند حذف می‌شوند (احمدی و همکاران، ۱۳۸۲) و در نهایت با استفاده از نتایج حاصل مدلی بدست می‌آید که این مدل در کلیه واحدهای همگن اعمال می‌شود و پس از انتقال فایل جدول آن به محیط نرم افزار Excel و SPSS ترسیم رابطه بین تراکم سطح لغزش‌های اتفاق افتاده به سطح هر واحد همگن، و فراوانی پیکسل‌های مربوط به آنها منطقه از لحاظ حساسیت به زمین‌لغزش‌های کم‌عمق به تعدادی کلاس طبقه بندی می‌شود و در نهایت نقشه خطر زمین‌لغزش‌های کم‌عمق حوضه بدست می‌آید.

۱-۷- تعریف زمین‌لغزش

در زمینه پدیده زمین‌لغزش تعاریف زیادی وجود دارد که کارشناسان و متخصصان مختلف با توجه به زمینه کاری و مطالعاتی خود، تعاریف متفاوتی را ارائه نموده‌اند، که آنچه باید در این مورد به آن اذعان داشت وجوه مشترک قابل توجه در بین تعاریف مختلف می‌باشد که برخی از آنها عبارتند از: اصطلاح زمین‌لغزش گاهی برای هر نوع توده خاکی که به سمت پایین دامنه حرکت کند، به کار می‌رود و در برخی موارد، اشاره به تیپ خاصی از حرکات توده‌ای دارد و عموماً به کلیه رویدادهایی گفته می‌شود که در اثر ناپایداری در دامنه‌ها اتفاق افتاده و سبب جابه‌جایی توده‌ای از مواد در طول دامنه می‌شود (دیرک^۱، ۲۰۰۵).

بر اساس نظریه برخی از دانشمندان، زمین‌لغزه عبارتست از حرکت خاک، سنگ و واریزه‌ها که بر روی شیب‌ها صورت می‌گیرد (کوردن^۲، ۱۹۹۱). گاهی در این زمینه دانشمندان علاوه بر خاک، مواد تشکیل دهنده شیب شامل صخره‌های طبیعی، انباشته‌های مصنوعی و یا مخلوطی از آنها که توسط نیروی ثقل به سمت پایین جابه‌جا شوند را نیز جزء این دسته به شمار می‌آورند (وارنر، ۱۹۷۸). زمین‌لغزش عبارت است از کلیه حرکات و گسیختگی‌های شیبی یا دامنه‌ای نسبتاً سریع که با کاهش ناگهانی ضریب اطمینان به سطح پایین تر تحت تاثیر غلبه نیروهای مخرب؛ محرک یا مهاجم بر نیروهای مقاوم در سطح شیبدار به وقوع می‌پیوندد (شریعت‌جعفری، ۱۳۷۵).

1- Dereck

2- Curden

زمین لغزش های کم عمق در اثر بارندگی های با شدت زیاد اتفاق می افتند و معمولاً عمق ۲-۳ متر را دارند معمولاً عمق کمتر از ۲ متر را بیان می کنند. زمین لغزش های کم عمق در حدود ۲۰-۵۰ متر عرض ۱۰-۱۰۰ متر طول و ۱-۲ متر عمق دارند. این نوع از لغزش ها معمولاً فصلی می باشند و با شروع بارندگی های شدید شدت می گیرند. در خاک های لسی، شنی و مواد کوهرفتی و یخرفتی بیشتر شایع است (رنویک^۱ و همکاران، ۱۹۸۲). دونوع از حرکت های توده ای که در بارندگی های با شدت زیاد اتفاق می افتند؛ زمین لغزش های کم عمق و جریان های واریزه ای می باشند. زمین لغزش های کم عمق جز حرکت های توده ای با سرعت حرکت بالا هستند (شکل ۱-۱). این نوع از زمین لغزش ها در دامنه های طبیعی با شیب بالاتر از ۳۰ درجه رخ می دهند و اغلب خطوط جاده و راه آهن را تحت تاثیر قرار می دهند هرچند گاهی اوقات به خانه ها و سایر اموال نیز خسارت می زنند (لیبا^۲ و همکاران، ۱۹۹۹).



شکل ۱-۱- نمونه ای از زمین لغزش های کم عمق در زیر حوضه تول بنه