دانشگاه تبریز
دانشکده جغرافیا
گروه ژئومورفولوژی

رساله

برای دریافت درجه دکتری تخصصی در رشته ژئومورفولوژی

عنوان

آشکارسازی و پایش زمین لغزش‌ها به روش اینترفرومتری راداری و برآورد میزان رسوب ناشی از وقوع آنها با استفاده از مدلWEPP
مطالعه موردی: حوضه آبریز گرم چای

استاد راهنما

دکتر شهرام روستایی

اساتید مشاور

دکتر مه آسا روستایی

دکتر محمد شریفی کیا

پژوهشگر

جمشید یاراحمدی

دی ماه ۱۳۹۲

بسم الله الرحمن الرحيم

دانشگاه تبریز

دانشکده جغرافیا

گروه ژئومورفولوژی

رساله

برای دریافت درجه دکتری تخصصی در رشته ژئومورفولوژی

عنوان

آشکارسازی و پایش زمین لغزش‌ها به روش اینترفرومتری راداری و برآورد میزان رسوب ناشی از وقوع آنها با استفاده از مدلWEPP

مطالعه موردی: حوضه آبریز گرم چای

استاد راهنما

دکتر شهرام روستایی

استادان مشاور

دکتر مه آسا روستایی

دکتر محمد شریفی کیا

پژوهشگر

جمشید یاراحمدی

دی ماه۱۳۹۲

این تحقیق بامشارکت و حمایت کمیته تحقیقات شرکت آب منطقه‌ای استان آذربایجان شرقی انجام گرفته است

تشکر و قدردانی:

سپاس خدای را عز و جل که طاعتش موجب قربت است و به شکر اندرش مزید نعمت.

پروردگار متعال را شاکرم که به بنده حقیر توفیق انجام تحقیق حاضر را عنایت کرد تا از این طریق، قدم در وادی کسب دانش گذاشته و سهمی هر چند ناچیز در توسعه و اعتلای دانش جغرافیا در کشور سرفراز ایران اسلامی داشته باشم. امیداست که مقبول حق واقع گردد.

بر خود لازم می دانم که از راهنمایی‌های ارزنده علمی و اخلاقی استاد راهنمای فرهیخته‌ام جناب آقای دکتر روستایی که در تمامی مراحل تحقیق مشوق و همراه من بوده‌اند تشکر و قدردانی نمایم. از اساتید مشاور بزرگوارم، سرکار خانم دکتر مهاسا روستا و جناب آقای دکتر محمد شریفی‌کیا به خاطر مشاوره‌های صمیمانه و عالمانه‌شان صمیمانه سپاسگزاری می‌نمایم. در واقع این بزرگواران زحمات فراتر از یک مشاور در این تحقیق متحمل شدند. همچنین لازم است از زحمات ارزشمند اساتید بزرگوار جناب آقای دکتر مختاری، دکتر ضیائیان و سرکار خانم دکتر رجبی بخاطر داوری این رساله تشکر و قدردانی نمایم.

تشکر قلبی خود را از مسئولین دانشگاه تبریز و همچنین کلیه اساتید گروه جغرافیای دانشگاه تبریز که زمینه تحصیل و تحقیق حاضر را فراهم آوردند اعلام داشته و تشکر ویژه و صمیمی خود را از جناب اقای دکتر یکیجو به خاطر همکاری‌ها و همفکری‌هاشون اعلام می دارم.

از سازمان فضائی اروپا(ESA) بخاطر مشارکت و همکاریهای بی دریغشان در ارائه تصاویر راداری سنجنده‌هایPALSAR و ENVISAT ASAR و همچنین راهنمایی‌های فنی و علمی‌شان صمیمانه تشکر و قدردانی می‌نمایم. همچنین لازم است که از مشارکت و حمایت مسئولان سازمان زمین شناسی و اکتشافات معدنی کشور و دانشگاه تربیت مدرس به خاطر فراهم آوردن امکان استفاده از نرم افزارهای GAMMA و SARscape تشکر و قدر دانی نمایم.

از مسئولین محترم مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی استان آذربایجان شرقی و همه همکاران محترم بخش تحقیقات حفاظت خاک و آبخیزداری و همچنین از مسئولین و همکاران پژوهشکده حفاظت خاک و آبخیزداری کشور که زمینه ادامه تحصیل بنده را فراهم ساختند صمیمانه تقدیر و تشکر می‌نمایم.

لازم است که از مشارکت و حمایت مالی سازمان آب منطقه‌ای استان در اجرای تحقیق حاضر سپاسگزاری نمایم.

در آخر، لازم است که صمیمانه از کلیه اعضای خانواده‌ام، از جمله همسر فداکار و مهربانم، فرزندان عزیزم یاشار و آیشن بخاطر تحمل تمامی مشکلات دوران تحصیلی‌ام تشکر و قدردانی نمایم.

نام خانوادگی: یاراحمدی **نام:** جمشید

عنوان رساله: آشکارسازی و پایش زمین لغزش‌ها به روش اینترفرومتری راداری و برآورد میزان رسوب ناشی از وقوع آنها با استفاده از مدل WEPP مطالعه موردی: حوضه آبریز گرم چای

استاد راهنما: دکتر شهرام روستایی

استاتید مشاور: دکتر مهاسا روستایی و دکتر محمد شریفی کیا

مقطع تحصیلی: دکتری تخصصی **رشته:** ژئومورفولوژی **دانشگاه:** تبریز

دانشکده: جغرافیا **تاریخ فارغ التحصیلی**: ۱۳۹۲ **تعداد صفحه:۱۵۹**

کلید واژه‌ها: زمین لغزش، رسوب، اینترفرومتری تفاضلی، گرم چای میانه

چکیده:

زمین‌لغزش‌ها از جمله پدیده‌هایی هستند که در دامنه‌های دارای شیب تند به وقوع می‌پیوندد. این پدیده در برخی مواقع خطرات جانی و مالی فراوانی در پی دارد. یکی از اثرات بارز آن، تشدید فرسایش خاک و انتقال رسوبات به پشت سدها در حوضه‌های آبریز می باشد. در این میان، شرایط توپوگرافی عمدتاً کوهستانی، فعالیت‌های نئوتکتونیکی، زلزله خیزی، شرایط جغرافیایی و سازندهای متنوع زمین شناختی و اقلیمی شرایط مساعدی را برای وقوع پدیده زمین لغزش در گستره کشور ایران فراهم ساخته است.

تحقیق حاضر با اهداف آشکارسازی زمین لغزش‌ها، محاسبه میزان جابجائی آنها و تاثیر سطوح گسیخته بر بار رسوبی رودخانه در حوضه آبریز گرم چای صورت گرفته است. این حوضه با مساحت ۹۴۰ کیلومترمربع در۴۰ کیلومتری شمال شرقی شهرستان میانه در استان آذربایجان شرقی قرارگرفته و جزء مناطق ناپایدار استان محسوب می‌شود. در اثر وقوع آنها، خسارات هنگفتی به مناطق روستایی و زمین‌های کشاورزی اطراف آنها وارد شده بطوریکه روستای سوین تحت تاثیر فعالیت زمین لغزش مجاور آن کاملاً تخلیه شده و اهالی آن در محل جدید این روستا اسکان داده شده‌اند.

مناطق ناپایدار دامنه‌ای حوضه آبریز گرم چای براساس پردازش اینترفرومتری تفاضلی تصاویر راداری PALSAR در بازه زمانی ۲۰۰۷، ۲۰۰۹ و۲۰۱۰ شناسائی شده است. در مرحله بعد، تاثیر وقوع زمین لغزش‌ها بر بار رسوبی رودخانه‌ای با مدل فرایندیWEPP در محیط GIS با استفاده از برنامه GeoWEPP در قالب دو سناریو و تنها با اعمال تاثیر تغییرات پوشش گیاهی متاثر از وقوع زمین‌لغزش شبیه سازی شده است. سناریوی اول برای شرایطی ماقبل سال ۲۰۰۷ با فرض بدون فعالیت لغزشی شبیه سازی شده است. در حالیکه در سناریو دوم، فرض بر این بوده که وقوع زمین‌لغزش‌ها باعث بهم خوردن الگوی کاربری معمول منطقه شده و مناطق گسیخته شده به عنوان کاربری خاک لخت در نظر گرفته شده‌اند.

نتایج این تحقیق نشان داد که روش پردازشی اینترفرومتری تفاضلی به خوبی قادر به آشکارسازی زمین-لغزش‌های حوضه آبریز گرم چای بوده و انطباق موقعیت مکانی آنها با برخی مناطق لغزشی قدیمی بیانگر فعال بودن زمین لغزش‌های پیشین منطقه است. مشاهدات صحرائی نشان داد که آشکارسازی مناطق ناپایدار با دقت خوبی صورت گرفته است. در حالیکه به علت نبود اندازه‌گیری‌های مستقیم از میزان حرکات زمین‌لغزش‌های منطقه، در مورد دقت محاسبات میزان جابجائی سطح زمین با این روش نمی‌توان اظهار نظر قطعی کرد. در این میان، تصاویر راداری با طول موج بلند همچون تصاویر باند L سنجنده PALSAR به علت قابلیت نفوذ بیشتر آن در پوشش گیاهی و همدوسی بالای آن، نسبت به تصاویر سنجنده‌های موج کوتاه مانند ENVISAT ASAR در باند C در شرایط حوضه آبریز گرم چای قابلیت بالائی دارد. به علت محدود بودن تعداد تصاویر راداری در

دسترس، امکان انجام پردازش‌های پیشرفته سری زمانی همچون PS-InSAR و SBAS در تحقیق حاضر میسر نشد.

نتایج شبیه سازی مقادیر فرسایش و رسوب در قالب دو سناریوی یاد شده، به خوبی تاثیر گسیختگی دامنه‌ای را در افزایش بار رسوبی حوضه نشان داد. مقایسه مقادیر رسوبات محاسبه‌ای با حجم میانگین بلند مدت آن در محل ایستگاه هیدرومتری چتاب نشان داد که نتایج حاصل از شبیه سازی مدلWEPP از دقت قابل قبولی برخوردار است. استفاده از مدل یاد شده در محیط GIS در قالب برنامهGeoWEPP قابلیت بکارگیری آن را در مقیاس حوضه‌ای فراهم ساخته و باعث تسهیل در تحلیل‌های مکانی شده‌است.

تحقیق حاضر از معدود مطالعات موجود در داخل کشور بوده که از فناوری‌های جدید مانند داده‌های دورسنجی مایکروویو راداری در زمینه مطالعات ژئومورفولوژی کمّی سود جسته است. استفاده از روش پردازش اینترفرومتری تفاضلی(DInSAR)، کمّی سازی تاثیر وقوع زمین‌لغزش‌ها در افزایش بار رسوبی شبکه هیدروگرافی با استفاده مدل WEPP و استفاده از آن در مقیاس حوضه‌ای با استفاده از برنامه GeoWEPP از جنبه‌های نوین تحقیق حاضر در داخل کشور بوده است.

در صورت دسترسی به تعداد کافی از تصاویر راداری و سایر شرایط لازم، پیشنهاد گردید که از روش‌های پردازشی پیشرفته سری زمانی همچون PS-InSAR و SBAS در تحقیقات بعدی استفاده گردد و دقت نتایج حاصله براساس اندازه‌گیری‌های مستقیم ارزیابی قرار گیرند. همچنین، استفاده از مدل رقومی زمین(DEM) برای شرایط قبل و بعد از وقوع زمین‌لغزش‌ها و شرایط اقلیمی حاکم بر آن همراه با تغییرات پوشش سطح زمین در ارزیابی تاثیر وقوع زمین‌لغزش‌ها بر افزایش بار رسوبی در تحقیقات مشابه پیشنهاد شد.

فهرست مطالب:

فصـــــــــل اول ۱
۱- طرح تحقیق ۱
۱-۱- بیان مسئله: ۱
۱-۲- سوالات تحقیق: ۴
۱-۳- فرضیات: ۴
۱-۴- اهداف تحقیق: ۴
۲-فصل دوم: مبانی نظری تحقیق ۵
۲-۱-زمین لغزش: ۵
۲-۱-۱-تعاریف: ۵
۲-۱-۲- عوامل موثر در وقوع زمین لغزشها: ۶
۲-۱-۳- طبقه بندی زمین لغزشها: ۸
۲-۲- روشهای آشکارسازی و پایش زمین لغزشها: ۱۰
۲-۲-۱-کاربرد فناوری دورسنجی در مطالعه زمین لغزشها: ۱۱
۲-۲-۲- فازهای مطالعاتی زمین لغزش ها و کاربرد دادهای دورسنجی در این فازها ۱۲
۲-۲-۲-۱-آشکارسازی و طبقه بندی زمین لغزشها ۱۲
۲-۲-۲-۲-پایش زمین لغزش ها ۱۳
۲-۲-۲-۳-تحلیل و پیش بینی ناپایداری دامنه ای از نظر توزیع زمانی و مکانی ۱۳
۲-۳-کاربرد دادههای راداری در آشکارسازی و پایش زمین لغزشها ۱۴
۲-۳-۱-رادار با دهانه ترکیبی(SAR) ۱۴
۲-۳-۲-اینترفرومتری (INSAR) ۱۷
۲-۳-۳-معیارهای انتخاب تصاویر راداری برای ایجاد اینترفرمتری: ۲۰
۲-۳-۳-۱-زاویه دید: ۲۰
۲-۳-۳-۲- خط مبناء: ۲۱
۲-۳-۳-۳-همدوسی اینترفرومتری: ۲۴
۲-۳-۳-۴-عدم همبستگی فاز اینترفرومتری: ۲۵
۲-۳-۴-بیان ریاضی فاز اینترفرومتری: ۲۷
۲-۳-۵-اینترفرومتری تفاضلی (D-InSAR) ۲۹
۲-۳-۶-سری زمانی اینترفرومتری: ۳۲
۲-۳-۷-مزایای بکارگیری داده های راداری SAR در مطالعه و پایش زمین لغزش ها: ۳۴
۲-۳-۸-محدودیت ها بکارگیری داده های راداری SAR در مطالعه و پایش زمین لغزش ها: ۳۵
۲-۴-محاسبه رسوبات ناشی از وقوع زمین لغزشها: ۳۷
۲-۴-۱-کلیات: ۳۷
۲-۴-۲-محاسبه حجم رسوبات ناشی از زمین لغزش: ۴۰

۲-۴-۲-۱-استفاده از مقایسه مدل رقومی زمین: ۴۱
۲-۴-۲-۲- روشهای تجربی ۴۲
۲-۴-۲-۳-محاسبه حجم رسوبات زمین لغزش از طریق مدل سازی: ۴۴
۲-۴-۲-۴-۱-مدل فرایندی WEPP: ۴۶
۲-۴-۲-۴-۱-۱-جزء هیدرولوژی: ۴۶
۲-۴-۲-۴-۱-۲-جزء فرسایش: ۴۹
۳- فصل سوم ۵۳
۳-۱- داده های مورد استفاده: ۵۳
۳-۱-۱-تصاویر ماهوارهای راداری مورد استفاده: ۵۳
۳-۲- نرم افزارهای مورد استفاده: ۵۵
۳-۳- روش تحقیق: ۵۵
۳-۳-۱- آشکارسازی لغزشها و پایش آنها به روش اینترفرومتری تفاضلی: ۵۵
۳-۳-۲- محاسبه حجم رسوبات ناشی از وقوع زمین لغزشها: ۵۸
۴- فصل چهارم: معرفی منطقه مورد مطالعه ۶۰
۴-۱- موقعیت جغرافیایی: ۶۰
۴-۲- اقلیم: ۶۱
۴-۳- زمین شناسی ۶۳
۴-۳-۱-سنگ شناسی حوضه گرم چای: ۶۳
۴-۳-۲-زمین شناسی ساختمانی و تکتونیک: ۶۸
۴-۴- خاک: ۷۱
۴-۵- کاربری اراضی: ۷۴
۴-۶- هیدرولوژی: ۷۷
۴-۷- زمین لغزشهای موجود: ۷۹
۵-فصل پنجم: نتایج ۸۱
۵-۱- مقدمه: ۸۱
۵-۲-نتایج پردازش اینترفرومتری تفاضلی (DInSAR) ۸۱
۵-۲-۱-انتخاب زوج تصاویر راداری جهت پردازش اینترفرومتری ۸۱
۵-۲-۲- محاسبه مقادیر خط مبنای عمودی ۸۲
۵-۲-۳- تولید اینترفروگرام ۸۳
۵-۲-۴- اعمال فیلتر تطبیقی و تولید تصاویر همدوس ۸۵
۵-۲-۵- اصلاح فاز ۸۷
۵-۲-۶- پالایش و تصحیح مضاعف ۸۸
۵-۲-۷- آشکارسازی مناطق ناپایدار و محاسبه میزان جابجائی ۹۰
۵-۲-۷-۱- آشکارسازی زمین لغزشها و محاسبه میزان جابجائی آنها در سال۲۰۰۷ ۹۱
۵-۲-۷-۲- آشکارسازی مناطق ناپایدار و میزان جابجائی آن در سال۲۰۰۹ ۹۴

۵-۲-۷-۳- آشکارسازی مناطق ناپایدار و میزان جابجائی آن در سال ۲۰۱۰ ..... ۹۷
۵-۳-نتایج شبیه سازی فرسایش و رسوب دامنه های ناپایدار حوضه گرم چای ۱۰۰
۵-۳-۱- اقلیم ۱۰۰
۵-۳-۲- کاربری اراضی ۱۰۲
۵-۳-۳-خاک ۱۰۳
۵-۳-۴- استخراج شبکه هیدروگرافی و زیرحوضه ها ۱۰۴
۵-۳-۵- شبیه سازی فرسایش و رسوب در مناطق ناپایدار ۱۰۶
۶- فصل ششم: بحث و نتیجه گیری ۱۱۲
۶-۱- مقدمه: ۱۱۲
۶-۲-آشکارسازی زمین لغزشهای منطقه با روش پردازش اینترفرومتری تفاضلی و محاسبه میزان جابجائی آنها: ۱۱۲
۶-۳-محاسبات حجم رسوبات ناشی از وقوع زمین لغزشها ۱۱۴
۶-۴-پاسخ به فرضیات ۱۱۷
۶-۵-پیشنهادات جهت ادامه تحقیق: ۱۱۸
منابع: ۱۲۰
پیوست ها: ۱۲۹

فهرست جداول:

جدول شماره۲-۱: طبقه انواع حرکات دامنه ای توسط وارنز(۱۹۷۸) ۹
جدول شماره۲-۲: مقادیر مناسب خط مبنا در ماهواره ERS-1 ..... ۲۴
جدول شماره۲-۳: روابط تجربی محاسبه حجم زمینلغزشها با استفاده از مساحت آنها ۴۴
جدول شماره۳-۱: مشخصات تصاویر راداری سنجنده PALSAR مورد استفاده ۵۳
جدول شماره۴-۱: خلاصه آمار هواشناسی ایستگاه سینوپتیک میانه (۹۰-۱۳۶۶) ۶۲
جدول شماره۴-۲: درصد مساحت انواع کاربری موجود در حوضه گرم چای میانه ۷۵
جدول شماره۴-۳: دبی ماهانه رودخانه گرم چای در محل ایستگاه آبسنجی چتاب ۷۷
جدول شماره۵-۱: مقادیر خط مبنای محاسباتی زوج تصاویر راداری انتخابی ۸۳
جدول شماره۵-۲: مقادیر همدوسی برای زوج تصاویر سنجندهPALSAR برای پوشش منطقه گرم چای میانه ۸۶
جدول شماره۵-۳: محاسبات مربوط به پارامترهای آماری تصحیحات مداری اینترفروگرام تفاضلی سال۲۰۰۷ ..... ۸۹
جدول شماره۵-۴: نمونهای از اطلاعات خاک ورودی مدل WEPP در حوضه گرم چای ۱۰۴
جدول شماره۵-۵: مقادیر رسوب شبیه سازی شده حوضه گرم چای میانه با استفاده از GeoWEPP ۱۰۷

فهرست اشکال:

شکل شماره۲-۱: هندسه سادهای از سیستم تصویربرداررادارىSAR ۱۶
شکل شماره۲-۲: طرح شماتیکی دامنه یک موج راداری ۱۶
شکل شماره۲-۳: طرح فاز در سیگنال راداریSAR ۱۷
شکل شماره۲-۴: اینترفرومتری در الگوی تک مسیره ۱۸
شکل شماره۲-۵: اینترفرومتری در الگوی مسیر مکرر ۱۹
شکل شماره۲-۶: مدار ماهواره در دو حالت بالاگذر و پائین گذر ۲۱
شکل شماره۲-۷: خط مبنای عمودی و اینترفرومتری در هندسه تصویربرداری سیستمSAR ۲۲
شکل شماره۲-۸: تصویر همدوس منطقه گرم چای میانه براساس پردازش زوج تصویر راداری ۲۰۰۷ ۲۵
شکل شماره۲-۱۰: طرح شماتیکی تغییر پروفیل دامنه در اثر وقوع زمین لغزش و رسوبات ناشی از آن ۳۸
شکل شماره۲-۱۱: طرح شماتیکی شیب دامنه (hillslope) و آبراهه در مدلWEPP ۵۱
شکل شماره ۳-۱- فلوچارت پردازش اینترفروگرام تفاضلی و محاسبه جابجائی زمین ۵۷
شکل ۳-۲: فلوچارت فرایند شبیه سازی در محیط برنامهGeoWEPP ۵۹
شکل شماره۴-۱: موقعیت حوضه گرم چای در استان آذربایجان شرقی ۶۱
شکل شماره۴-۲: توزیع میانگین ماهانه بارش در ایستگاه سینوپتیک میانه(۹۰-۱۳۶۶) ۶۳
شکل شماره۴-۳: تغییرات ماهانه دما در ایستگاه سینوپتیک میانه(۹۰-۱۳۶۶) ۶۳
شکل شماره۴-۴: نقشه سنگ شناسی حوضه گرم چای میانه ۶۷
شکل شماره۴-۵: نقشه پراکندگی گسلهای حوضه گرم چای میانه(براساس نقشه های۱۰۰۰۰۰:۱ زمین شناسی) ۷۱
شکل شماره۴-۶: نقشه خاکشناسی حوضه گرم چای میانه ۷۴
شکل شماره۴-۷: نقشه کاربری اراضی حوضه گرم چای میانه ۷۶
شکل شماره۴-۸: نقشه شبکه هیدروگرافی حوضه گرم چای میانه ۷۸
شکل شماره۴-۹: توزیع مکانی زمین لغزشهای شناسائی شده در حوضه آبریز گرم چای ۸۰
شکل شماره۵-۱: نمونه اینترفروگرام زوج تصویری سال۲۰۰۷ منطقه گرم چای میانه ۸۴
شکل شماره۵-۲: نقشه همدوسی زوج تصویر راداری سال۲۰۰۷ منطقه گرم چای میانه ۸۶
شکل شماره۵-۳: اینترفروگرام فیلتر شده زوج تصویر راداری سال۲۰۰۷ منطقه گرم چای میانه ۸۶
شکل شماره۵-۴: اینترفروگرامی که به روش DMCF اصلاح فازنهان شده (زوج تصویر راداری ۲۰۰۷) ۸۸
شکل شماره۵-۵: اینترفروگرام تصحیح مجدد شده به روشMCF زوج تصویر راداری سال۲۰۰۷ ۹۰
شکل شماره۵-۶: نقشه پراکنش زمین لغزشها و میزان جابجائی آنها براساس پردازش اینترفرومتری تفاضلی زوج تصاویر راداری (5july2007-5Oct.2007) ۹۲
شکل شماره۵-۷: موقعیت و میزان جابجائی زمین لغزش مجاور روستای بناوران بر روی Google-Earth ۹۳
شکل شماره۵-۸: موقعیت و میزان جابجائی زمین لغزش شرق روستای آرمودلق بر روی Google-Earth ۹۳
شکل شماره۵-۹: نقشه پراکنش زمین لغزشها و میزان جابجائی آنها بر اساس پردازش اینترفرومتری تفاضلی زوج تصاویر راداری (10july2009-10Oct.2009) ۹۵
شکل شماره۵-۱۰: روستای سوین که بر اثر خسارات ناشی از وقوع زمین لغزش سال۱۳۸۴ متروکه شده است ۹۶
شکل شماره۵-۱۱: وجود ترک در سطح توده لغزشی روستای سوین ۹۶

شکل شماره۵-۱۲: نقشه پراکنش زمین لغزشها و میزان جابجائی آنها بر اساس پردازش اینترفرومتری تفاضلی زوج تصاویر راداری (13july2010-28 nov.2010)..... ۹۸
شکل شماره۵-۱۳: تصویر مربوط به ابعاد توده لغزشی مجاور سد گرم چای میانه ۹۹
شکل شماره۵-۱۴: تناوبی از لایه های مربوط به حرکات سطحی توده لغزشی مجاور سد گرم چای میانه..... ۹۹
شکل شماره۵-۱۵: پنجره مربوط به فایل اقلیمی ایستگاه هواشناسی میانه تهیه شده در محیط برنامهCLIGEN ۱۰۱
شکل شماره۵-۱۶: نمودار درصد مساحت کلاسهای کاربری اراضی حوضه گرم چای..... ۱۰۳
شکل شماره۵-۱۷: استخراج شبکه هیدروگرافی(A) و زیرحوضه ها(B) با زمینه نقشه سایه-روشن(Hillshed) ۱۰۵
شکل شماره۵-۱۸: شبیه سازی فرسایش و رسوب در سناریوی اول(تا سال۲۰۰۷) ۱۰۸
شکل شماره۵-۱۹: شبیه سازی فرسایش و رسوب در سناریوی دوم-مناطق لغزشی ۲۰۰۷..... ۱۰۹
شکل شماره۵-۲۰: شبیه سازی فرسایش و رسوب در سناریوی دوم-مناطق لغزشی ۲۰۰۹..... ۱۱۰
شکل شماره۵-۲۱: شبیه سازی فرسایش و رسوب در سناریوی دوم-مناطق لغزشی ۲۰۱۰..... ۱۱۱

فصـــــــــــل اول

طـــــــــــــــرح تحقیق

۱- طرح تحقیق

۱-۱- بیان مسئله:

امروزه زمین لغزش‌ها در زمره یکی از پرخسارات‌ترین مخاطرات طبیعی محسوب می‌شوند که در دهه‌های اخیر، همگام با دستکاری بشر در سیستم‌های طبیعی از نظر فراوانی وقوع و شدت آن شتاب فزاینده‌ای یافته است. بطوریکه وقوع آن باعث ایجاد خسارات هنگفت مالی و جانی و صدمه به ابنیه‌ها و پروژه‌های مهندسی در سراسر دنیا به ویژه در مناطق کوهستانی شده است. مطابق مطالعات انجام گرفته توسط مرکز مطالعات مخاطرات طبیعی سازمان ملل متحد[1]برای بسیاری از کشورهای در حال توسعه، این خسارات یک تا دو درصد تولید ناخالص ملی آنهاست(مهدوی فر، ۱۳۷۶). گزارش بانک اطلاعاتی حوادث غیرمترقبه از آمار خسارات زمین لغزش‌ها در کشورهای مختلف جهان در دوره (۲۰۰۷-۱۹۰۳) نشان می‌دهد که در این دوره، زمین لغزش‌ها در مجموع باعث مرگ بیش از ۵۷ هزار نفر و متاثر شدن بیش از ده میلیون انسان در سراسر جهان شده است(کاستیلانوس ابلا[2]، ۲۰۰۸). این در حالی است که بر اساس برآوردهای اولیه، سالانه حدود۵۰۰ میلیارد ریال خسارات مالی از طریق وقوع زمین لغزش‌ها بر کشور ما وارد می‌شود(کرم، ۱۳۸۰). کشور ایران بدلیل مساعد بودن شرایط جغرافیایی و فقدان مدیریت جامع و عدم رعایت آستانه‌های محیطی به عنوان یک کشور پر خطر بشمار می‌رود. اگر برای دیگر بلایای طبیعی احتمال وقوع هر از چندگاهی قائل شویم، پتانسیل وقوع پدیده لغزش در کشور را باید هر لحظه در نظر گرفت(کمک پناه و همکاران، ۱۳۷۳). بطوریکه جزء۱۰ کشور بلاخیز جهان قرار گرفته است و هر ساله وقوع زمین لغزش‌ها در مناطق مختلف کوهستانی آن خسارات و صدمات قابل توجهی به بار می‌آورد(قائم مقامی و همکاران، ۱۳۸۶). براساس برآورد اولیه، سالیانه ۵۰۰ میلیارد ریال خسارات مالی از طریق وقوع زمین‌لغزش‌ها بر کشور تحمیل می‌شود. البته این رقم تنها به خسارات مستقیم اشاره دارد. خسارات غیر مستقیم زمین لغزش‌ها مانند هدر رفتن خاک، افزایش حجم رسوبات در پشت سدها، تغییر اکوسیستم

[1] United National Disaster relief Co-Ordinary
[2] Castellanose Abella

مناطق لغزشی و از بین رفتن جنگل‌ها و ... خساراتی بسیار بیشتر از رقم یاد شده بر اقتصاد کشور تحمیل می‌کند(پارسایی و علیمحمدی، ۱۳۹۱). خسارات ناشی از وقوع زمین‌لغزش‌ها در ایران که با ثبت ۴۹۰۰ مورد از سال۱۳۷۵تا ۱۳۸۷در سراسر کشور در قالب پروژه بانک اطلاعات زمین لغزش‌های کشور بر اساس تفسیر عکس‌های هوایی با مقیاس۱:۲۰۰۰۰صورت گرفته بیش از۱۲۷هزار میلیارد ریال برآورد شده است(مرادی و همکاران، ۱۳۹۱). این امر بر اهمیت شناخت هر چه دقیق‌تر و مطالعه بیشتر ابعاد مختلف زمین لغزش‌ها افزوده و مسئولیت سنگین متولیان امر را گوشزد می کند.

حوضه آبریز گرم چای با مساحت ۹۴۰ کیلومترمربع در۴۰ کیلومتری شمال شرقی شهرستان میانه در استان آذربایجان شرقی قرار گرفته و جزء مناطق ناپایدار استان محسوب می‌شود. بر اساس اطلاعات موجود در بانک اطلاعات زمین لغزش‌های کشور، نزدیک به ۳۸۰ مورد زمین لغزش در حوضه آبریز گرم چای میانه شناسائی شده است. نتایج پهنه بندی خطر زمین لغزش در حوضه آبریز گرم چای به روشAHP نشان داده که حدود ۲۵ درصد منطقه از نظر ریسک خطر زمین لغزش در کلاس بالا تا خیلی بالا قرار گرفته و از نظر توزیع مکانی نیز، مناطق یاد شده عمدتاً در مناطق اطراف سد گرمی واقع شده‌اند(فتحی، ۱۳۹۰). مطابق اطلاعات موجود در مرکز حوادث غیر مترقبه استانداری آذربایجان شرقی، وقوع زمین لغزش‌ها در حوضه آبریز گرم چای میانه باعث خسارات هنگفتی به مناطق روستایی و زمین-های کشاورزی اطراف آنها شده است. بر اساس گزارش یاد شده، بر اثر وقوع زمین لغزش سال ۱۳۸۴روستای سوین خسارات کلی دیده و بنیاد مسکن و شهرسازی مجبور شده تا محل روستا را به مکان دیگری انتقال داده و اهالی آن را در محل جدیدی اساکن بدهد. گزارشات مشابهی نیز در مورد خسارات وارده بر اثر وقوع زمین لغزش‌ها بر روستاهای تجرق، آرموداق، نی باغی، ینگی کندی، ترناب و ... در محدوده حوضه آبریز گرم چای موجود است. از طرف دیگر، از سال ۱۳۸۱ سد گرمی در روی رودخانه گرم چای با ارتفاع ۸۵ متری از بستر و طول تاج۷۳۰ متر و حجم مخزن۴۰ میلیون متر مکعب در حال احداث بوده و قرار است عملیات ساختمانی آن در سال ۱۳۹۳خاتمه یابد. ظاهراً روند عملیات اجرایی

این سد تحت تاثیر فعالیت زمین لغزش مجاور آن از سال ۱۳۸۴ تاکنون با مشکلات عدیده‌ای مواجه شده است و تابحال کارشناسانی متعددی داخلی و خارجی از کشورهای ترکیه و آذربایجان جهت پایدارسازی آن از محل توده لغزشی مذکور بازدید کرده اند. مشاهدات میدانی بعمل آمده نیز موید این مسئله است که ناپایداری دامنه‌های حوضه آبریز گرم چای از گسترش زیادی برخوردار بوده و ضروری است تا با بکارگیری فناوری‌های جدید توزیع مکانی و میزان فعالیت زمین لغزش‌های موجود در منطقه با دقت بالا مطالعه شده و تاثیر آنها بر افزایش بار رسوبی رودخانه‌ای در ارتباط با سد گرمی از طریق مدل سازی در محیط GIS بررسی گردد.

توسعه سریع تکنولوژی فضائی در سال‌های اخیر امکان آشکارسازی تغییرات سطح زمین را با دقت بالا فراهم ساخته است. این پیشرفت‌ها مرهون اخذ تصاویر مایکروویو توسط سنجنده‌های SAR در کنار توسعه روش‌های پیشرفته پردازش داده‌های آنها همچون روش اینترفرومتری می‌باشد(فرتی[۳] و همکاران، ۲۰۰۷).

در این میان، اینترفرومتری تفاضلی راداری(DInSAR) به عنوان روشی کارآمد در اندازه‌گیری جابجائی سطح زمین بوده بطوریکه با استفاده از این فناوری امکان پایش حرکات کوچک سطح زمین بصورت پیوسته، با دقت بالا و در گستره وسیعی امکان پذیر است. به دلیل پوشش وسیع تصاویر ماهواره-ای، بهنگام بودن و پایین بودن هزینه آنها نسبت به سایر روش‌های میدانی کاربرد این فناوری در بررسی مخاطرات طبیعی زمین از جمله زمین لغزش‌ها، فرونشست، زلزله و فعالیت‌های آتشفشانی بسیار متداول شده است. بدین سبب در تحقیق حاضر، از تکنیک تداخل سنجی تفاضلی در شناسائی ناپایداری دامنه-ای حوضه آبریز گرم چای و محاسبه میزان حرکات آنها استفاده شده است. در مرحله بعد، تاثیر مناطق لغزشی شناسائی شده در افزایش بار رسوبی حوضه از طریق شبیه سازی با استفاده از مدل فرایندیWEPP در محیطGIS بررسی شده است.

[3] Ferretti et al.

۱-۲- سوالات تحقیق:

۱. آیا زمین لغزش‌های فعال در حوضه آبریز گرم چای از گسترش زیادی برخوردار بوده و امکان آشکارسازی و پایش دقیق آنها به روش اینترفرومتری تفاضلی وجود دارد؟

۲. آیا امکان کمی سازی تاثیر زمین لغزش‌ها شناسائی شده بر افزایش بار رسوبی حوضه آبریز گرم چای وجود دارد؟

۱-۳- فرضیات:

۱. برخی از زمین‌لغزش‌های موجود در حوضه آبریز گرم چای همچنان فعال بوده و آشکارسازی زمین لغزش‌ها و پایش دقیق حرکات آنها با روش اینترفرومتری تفاضلی امکان پذیر خواهد بود.

۲. مناطق لغزشی موجود در سطح حوضه آبریز گرم چای از منابع اصلی تامین رسوب در این حوضه بشمار می روند.

۱-۴- اهداف تحقیق:

۱. هدف اصلی طرح حاضر، آشکارسازی و پایش زمین لغزش‌ها به روش اینترفرومتری تفاضلی(DInSAR) با بکارگیری داده‌های راداریENVISAT ASAR و ALOS PALSAR در حوضه آبریز گرم چای می‌باشد.

۲. شبیه سازی تاثیر وقوع زمین لغزش‌ها بر افزایش بار رسوبی حوضه آبریز گرم چای با استفاده از مدل فرایندیWEPP در محیط GIS با بکارگیری برنامهGeoWEPP از اهداف دیگر این تحقیق است.

فصـــــــــل دوم

مـبـــــــــــــانی نظـــــــــــری تحقیق

۲-فصل دوم: مبانی نظری تحقیق

۲-۱-زمین لغزش:

در گذشته واژه زمین‌لغزش در قالب اصطلاح گسترده‌ای کلیه انواع حرکات توده‌ای را بدون در نظر گرفتن فرایندهای ایجاد گسیختگی در بر می‌گرفت. همان گونه که از خود واژه چنین بر می‌آید فقط اشکالی که در یک سطح لغزشی مشخصی حرکت می‌کنند در آن گنجانده می‌شوند. با این وجود معنی گسترده‌تری نظیر حرکات توده‌ای تا حرکات دامنه‌ای به آنها اطلاق می‌گردید(وان وستن[1]، ۱۹۹۳).

۲-۱-۱-تعاریف:

در فرهنگ لغت آکسفورد ذکر شده‌است که واژه landslide لغت آمریکایی بوده و معادل واژه انگلیسی Landslip می‌باشد و به این صورت تعریف گردیده است: لغزش رو به پایین یک توده زمین از یک کوه یا یک دامنه پر شیب.

تاکنون محققان متعددی در سراسر دنیا مطالعات زیادی را در زمینه حرکات توده‌ای انجام داده و تعاریف و طبقه بندی‌های مختلفی را در زمینه حرکات توده‌ای و زمین‌لغزش‌ها ارائه کرده‌اند. بسیاری از محققان واژه حرکات توده‌ای را برای کلیه حرکات دامنه‌ای بکار برده و برخی دیگر از واژه زمین لغزش استفاده کرده-اند(مردای و همکاران،۱۳۹۱) ولی آنچه باید در این میان در نظر داشت وجوه مشترک در بین تعارف مختلف می‌باشد(پارسایی و علیمحمدی،۱۳۹۱).

چارلزلیل[2](۱۸۳۳) در کتاب Glossary of Lyells واژه Landslip را این چنین تعریف می‌کند: بخشی از زمین که در اثر تحرکات ناشی از زلزله یا ناشی از زیرشویی طبقات تحتانی که دامنه را محافظت می‌کردند به پایین می‌لغزد(پایگاه ملی داده‌های علوم زمین ایران).

شارپ[3](۱۹۳۸) در اثر خود تحت عنوان زمین لغزش‌ها و پدیده‌های مربوط به آن، در تعریف زمین لغزش‌ها چنین اظهار می‌کند: لغزش یا ریزش محسوس توده‌ای نسبتاً خشک خاک، سنگ یا مخروطی از هر دو

1 Van Westen
2 Charles Lyell
3 Sharp

به سمت پایین دامنه. وی همچنین حرکات توده‌ای را براساس نوع حرکت، نوع و حجم مواد، سرعت و میزان آب موجود در بین مواد دامنه‌ای به دو دسته لغزش و جریان طبقه‌بندی نموده است.

ترزاقی[1](۱۹۵۰) واژه زمین‌لغزش را چنین تعریف می‌کند: زمین لغزش جابه جایی سریع توده سنگی، خاکی یا رسوبات نهشته شده بر دامنه می باشد مرکز ثقل توده لغزشی در جهت پایین و خارج از محل شروع کشیده می‌شود. سرعت توده ها در یک زمین لغزش نمونه کم و بیش به سرعت از صفر تا حداقل یک فوت در هر ساعت افزایش می یابد.

اسمال[2](۱۹۷۲) در تعریف زمین لغزش گفته: جا به جایی مواد هوازده از دامنه تحت تاثیرکشش ثقلی بدون کمک عناصری نظیر آبهای جاری ،حرکت یخ و یا باد. فرسایش ورقه‌ای، پاشمانی و آبکندی در این تعریف قرار نمی‌گیرند اما پدیده‌هایی نظیر ریزش‌ها، اسلامپ‌ها، نشست، بهمن‌های واریزه‌ای، جریان‌های زمینی و زمین لغزش‌ها در آن گنجانده می‌شود(نقل از روستایی، ۱۳۷۴).

وارنز[3](۱۹۷۸) زمین لغزش را این گونه تعریف می‌کند: حرکت ثقلی رو به پایین و بیرون مواد تشکیل دهنده دامنه اعم از خاک، مواد سنگی، خاکریزهای مصنوعی و یا ترکیبی از مواد مذکور.مطابق نظر وارنز، خزش سطحی طبیعی از این پدیده مستثنی می‌شود. این تعریف، اکثر حرکاتی را که در اثر یخ زدگی و ذوب آن ایجاد می‌گردند مثل بهمن‌ها را نیز شامل خواهد شد.

در جلد سوم فرهنگ لغت وبستر واژه زمین لغزش این گونه تعریف شده است: حرکت توده سنگ زمین یا خاکریز مصنوعی بر یک دامنه به سمت پایین دامنه که معمولاً سریع انجام می شود.

۲-۱-۲- عوامل موثر در وقوع زمین لغزش‌ها:

شناسائی عوامل موثر بر وقوع زمین لغزش‌ها یکی از گام های اساسی در مطالعات زمین لغزش، تهیه نقشه خطر و انتخاب روش مناسب برای کنترل و مهار این نوع حرکات دامنه‌ای می باشد. عوامل متعددی مانند: شرایط زمین شناختی، شرایط هیدرولوژیکی و هیدروژئولوژیکی، وضعیت توپوگرافی و مورفولوژیکی، آب و هوا و

1 Terzagghe
2 Small
3 Varnes

عوامل انسانی بر میزان پایداری یک دامنه تاثیر می‌گذارند و می‌توانند باعث ایجاد لغزش شوند. یک عامل منفرد به تنهائی بندرت می‌تواند علت زمین لغزش باشد.

بطور کلی زمین لغزش زمانی رخ می‌دهد که تنش برشی و یا نیروهای ثقلی در صفحه گسیختگی بر روی یک شیب بر مقاومت برشی غلبه کند. این مطلب بصورت زیر بیان می شود:

$$F = \frac{s}{t} \qquad (۱-۲)$$

در این رابطه:F ضریب اطمینان بوده و S مقاومت برشی و t نیز تنش برشی می‌باشد و زمانی که ضریب اطمینان کمتر از یک باشد($F<1$) ناپایداری شیب اتفاق خواهد افتاد(پارسائی و علیمحمدی،۱۳۹۱).

در یک تقسیم بندی، عوامل موثر بر وقوع زمین لغزش‌ها را در دو دسته عوامل درونی و عوامل بیرونی ذکر کرده‌اند(شریعت جعفری، ۱۳۷۵و پارسائی و علیمحمدی،۱۳۹۱). عوامل بیرونی باعث افزایش تنش برشی در طول صفحه گسیختگی یا پتانسیل زمین لغزش می‌شوند: تغییرات هندسی شیب، بارگذاری و یا باربرداری، خاک برداری پنجه شیب، زمین لرزه‌ها و ارتعاش، تغییرات سطح ایستایی و فرسایش پائین دست در این گروه قرار می‌گیرند. در مقابل، عوامل درونی که باعث کاهش مقاومت برشی متوسط می‌شوند مانند هوازدگی، آب‌های زیرزمینی و .... علاوه بر این دو گروه عمده، ممکن است یک گروه حد واسط یا ترکیبی از از هر دو نوع عوامل درونی و بیرونی نیز وجود داشته باشند. لذا ممکن است تعدادی از نیروهای دورنی و بیرونی وارد عمل شوند و مقاومت برشی را کاهش داده و یا تنش برشی را افزایش دهند که در هر دو صورت با کاهش ضریب اطمینان با ناپایداری شیب یا زمین لغزش روبرو خواهیم بود.

گروه مطالعه زمین لغزش‌ها وابسته به سازمان جنگل‌ها و مراتع و آبخیزداری کشور در سال ۱۳۸۶، براساس بررسی عوامل موثر بر زمین لغزش‌ها(۴۹۰۰مورد زمین لغزش)، عوامل موثر در وقوع زمین لغزش‌ها در مناطق مختلف ایران را در قالب ۵۶ عامل مختلف دسته بندی کرده و با تحلیل این عوامل نتیجه گرفته‌اند که در مجموع عوامل زیرشویی، ترانشه‌ها، باران و ترکیب کانی شناسی از مهم ترین عوامل موثر بر وقوع زمین لغزش‌ها در ایران هستند(بانک اطلاعات زمین لغزش‌های کشور، ۱۳۸۶).

باید توجه داشت که سهم عوامل موثر برای مناطق مختلف متفاوت بوده و عاملی که در یک منطقه به عنوان عامل اصلی محسوب می‌شود در منطقه دیگر ممکن است تاثیر چندانی در وقوع زمین لغزش نداشته باشد. به