

شناسایی عوامل موثر و پهنه بندی خطر زمین لغزش در بخش غربی حوضه آبریز سرندچای

سید اسداله حجازی - استادیار گروه جغرافیا، دانشگاه تبریز
مریم رنجبریان شادباد* - کارشناس ارشد ژئومورفولوژی، دانشگاه تبریز

پذیرش مقاله: ۱۳۹۳/۰۵/۱۴ تأیید نهایی: ۱۳۹۳/۱۱/۱۷

چکیده

ایران با توپوگرافی عمدتاً کوهستانی، شرایط زمین ساختی و لرزه خیزی زیاد، شرایط متنوع زمین شناسی و اقلیمی، عمده شرایط طبیعی را برای ایجاد طیف وسیعی از زمین لغزش ها دارا است. زمین لغزش در ایران به عنوان یک مخاطره طبیعی، سالیانه خسارات جانی و مالی فراوانی را به همراه دارد. شناسایی عوامل موثر در وقوع زمین لغزش های موجود در یک حوضه و پهنه بندی خطر آن یکی از ابزارهای اساسی جهت دستیابی به راه کارهای کنترل این پدیده و انتخاب مناسب ترین و کاربردی ترین گزینه موثر می باشد. حوضه سرندچای در استان آذربایجان شرقی و در ناحیه شهرستان هریس واقع شده و یکی از حوضه های فرعی آجی چای به شمار می آید. محدوده مورد مطالعه در بین مختصات جغرافیایی "۱۴° ۳۱' ۴۶" الی "۱۲° ۳۷' ۴۶" طول های شرقی و "۴۵° ۱۳' ۳۸" الی "۲۱° ۲۲' ۳۸" عرض های شمالی قرار گرفته و به وسعت ۰۲/۷۶ کیلومتر مربع در بخش غربی سرندچای واقع شده است. با توجه به اهمیت مسائل مرتبط با زمین لغزش در سطح حوضه، هدف اصلی این پژوهش شناسایی عوامل موثر در وقوع زمین لغزش و پهنه بندی خطر زمین لغزش در ناحیه مورد مطالعه است. با توجه به ویژگی های منطقه از فاکتورهای موثر در وقوع زمین لغزش عوامل شیب، جهت شیب، طبقات ارتفاعی، بارش، کاربری اراضی، سنگ شناسی، فاصله از آبراهه، فاصله از گسل شناسایی شدند. با استفاده از نقشه های زمین شناسی، توپوگرافی و تصاویر ماهواره ای در قالب سیستم اطلاعات جغرافیایی (GIS) مکان های وقوع زمین لغزش روی نقشه ثبت شد و نقشه ها به صورت رقومی و لایه بندی درآمدند. برای تجزیه و تحلیل داده های به دست آمده از مدل LNRF به عنوان ابزار مفهومی تحقیق استفاده شده است. و در خاتمه با وزن دادن به عوامل موثر و جمع جبری آن ها نقشه ی پهنه بندی خطر زمین لغزش با همپوشانی نمودن لایه های مختلف در ۳ کلاس بر مبنای درجات مختلف (کم، متوسط، زیاد) تهیه شد. پهنه بندی زمین لغزش در حوضه نشان داد که پهنه با خطر زیاد، بیشترین مساحت محدود را (۳۱/۴۹ درصد) به خود اختصاص داده است که این پهنه از نظر توزیع جغرافیایی عمدتاً در شمال و شمال غرب حوضه مورد پژوهش واقع شده است.

واژگان کلیدی: پهنه بندی، زمین لغزش، مدل LNRF، حوضه سرندچای

مقدمه

انسان با مسائل زیست محیطی فراوانی مواجه است. بلایای طبیعی جزئی از این مشکلات هستند. بلایای طبیعی سالانه موجب کشته و مجروح شدن صدها هزارتن و بی خانمان شدن میلیون ها نفر در سراسر جهان می شوند. زمین لغزش ها یکی از مهمترین بلایای طبیعی هستند (مرادی و همکاران، ۱۳۹۱، ۲). وقوع مخاطرات طبیعی (از جمله زمین لغزش ها) فشار جدی روی توسعه اقتصادی کشورها، به ویژه کشورهای جهان سوم دارد. به طوری که خسارت های مالی ناشی از مخاطرات طبیعی، رشد و شکوفایی اقتصادی را با رکود و کساد می مواجه می سازد.

زمین لغزش ها فرایندهای فعالی هستند که در فرسایش و تحول چشم اندازها مشارکت دارند (گزوتی و همکاران، ۲۰۰۵). کشور ایران، به عنوان یکی از ۱۰ کشور در معرض تهدید مخاطرات طبیعی، تقریباً همه ساله شاهد وقوع انواع مخاطرات ناشی از وقوع زمین لغزش ها است (فیض نیا و احمدی، ۱۳۸۰، ۵۲). در ایران در مورد خسارات ناشی از زمین لغزش ها مطالعاتی صورت گرفته است. چنانچه خسارات ناشی از ۴۹۰۰ زمین لغزش ثبت شده (از سال ۱۳۷۲ تا پایان شهریور ۱۳۸۶) در کشور ۱۲۶۸۹۳ میلیارد ریال برآورد گردیده است (مرادی و همکاران، ۱۳۹۱، ۱۰). لذا برنامه ریزی برای جلوگیری از این خسارت ها از اهمیت ویژه ای برخوردار است و موجب جلوگیری از هدر رفتن بسیاری از منابع ملی می گردد. به طور کلی می توان هدف نهایی از بررسی و مطالعه ی زمین لغزش ها را یافتن راه های کاهش خسارت های ناشی از آن ها ذکر کرد. این کار ممکن است به روش های مختلف مانند پهنه بندی خطر زمین لغزش برای تعیین مناطق خطرناک و تهیه ی دستورالعمل ها و آیین نامه ها برای استفاده ی مناسب یا پرهیز از این مناطق به وسیله ی مطالعه ی موردی یک زمین لغزش و ارائه ی راه حل برای کنترل آن یا هر روش دیگر صورت گیرد (سفیدگری، ۱۳۷۲، ۹۲).

پهنه بندی لغزش شامل تقسیم بندی سطح زمین به مناطق مجزا و رتبه بندی کردن این مناطق براساس درجه ی واقعی یا پتانسیل خطر ناشی از بروز زمین لغزش بر روی شیب دامنه ها است (شریعت جعفری، ۱۳۷۵، ۱۳۸). محدوده مورد مطالعه در این پژوهش بخش غربی حوضه آبریز سردچای می باشد. که این محدوده در استان آذربایجان شرقی در غرب شهرستان هریس واقع شده و یکی از حوضه های فرعی آبی چای به شمار می آید. با توجه به این که یکی از اصولی ترین روش های کاهش اثرات زمین لغزش در حوضه مورد مطالعه، شناسایی مناطق مستعد در برابر وقوع این حادثه طبیعی و پهنه بندی این مناطق بر مبنای میزان حساسیت آن ها نسبت به زمین لغزش است. اقدام به پهنه بندی زمین لغزش با بهره گیری از توانایی های سامانه اطلاعات جغرافیایی (GIS) و با روش L^۲NRF^۲ گردیده است.

پیشینه تحقیق

در زمینه ی موضوع مورد مطالعه تحقیقات زیادی در سطح بین المللی و ایران انجام شده است برای مثال کولار و همکاران^۳ (۲۰۰۰)، با استفاده از سامانه اطلاعات جغرافیایی نقشه پهنه بندی خطر زمین لغزش در شمال هند را تهیه و بیان کردند که نقشه تهیه شده با زمین لغزش های موجود مطابقت دارد. کماک^۴ (۲۰۰۶)، نقشه پهنه بندی خطر زمین لغزش را با استفاده از روش تحلیل سلسله مراتبی و روش آماری چند متغیره در اسلونی تهیه نمود. در تحقیق کماک مناطقی که از نظر حساسیت زمین لغزش بالا هستند ارتباط نزدیکی با توزیع جاده ها دارند. فان یولیو^۵ (۲۰۰۷)، نقشه پهنه بندی زمین لغزش را با استفاده از روش L^۲NRF^۲ و ارزش اطلاعاتی در محیط سامانه اطلاعات جغرافیایی برای منطقه لانگن در استان گانسو چین تهیه کرده است. نتایج نشان می دهد که روش ارزش اطلاعاتی بیشتر برای مکان هایی که دارای زمین لغزش فعال بودند، کارایی بهتری دارد.

یلسین^۱ (۲۰۰۸)، نقشه حساسیت زمین لغزش در حوضه آردیس ترکیه را با سه روش فرایند تحلیل سلسله مراتبی (AHP)، فاکتور وزنی (wf) و شاخص آماری (wi) تهیه نمود و نتیجه گرفت که روش AHP مناطق دارای زمین لغزش را نسبت به دو روش دیگر در حوضه مورد مطالعه بهتر نشان می‌دهد. وان^۲ (۲۰۰۹)، با استفاده از سیستم پشتیبانی تصمیم‌گیری فضایی به استخراج عوامل اصلی زمین لغزش برای تهیه نقشه حساسیت زمین لغزش در تایوان پرداخت. بندریک و همکاران^۳ (۲۰۱۰)، با استفاده از توزیع دو متغییره آماری به ارزیابی حساسیت زمین لغزش در منطقه کارل اونری در اسلوکی پرداختند. و برای محاسبه وزن لایه‌ها ی مورد بررسی از شاخص آنتروپی استفاده کردند. ژانگ و همکاران^۴ (۲۰۱۲)، در مطالعه ای به پهنه بندی خطر زمین لغزش براساس مدل توزیع چند وزنی در مناطق ساحلی جنوب شرق چین پرداختند. بر اساس نتایج این پژوهش این مدل روش مناسبی برای پهنه بندی خطر زمین لغزش می‌باشد.

در ایران نیز مطالعات با ارزشی در زمینه خطر زمین لغزش انجام شده است برای مثال، شادفر و یمانی (۱۳۸۶)، پهنه بندی خطر زمین لغزش در حوضه آبخیز جلیسان را با استفاده از مدل LNRf انجام دادند و نتایج حاصله نشان داد که مدل LNRf کارایی بسیار خوبی برای بررسی داده‌ها و پهنه بندی زمین لغزش در نواحی مرطوب تا نیمه مرطوب دارد. سرور و همکاران (۱۳۸۸)، با استفاده از روش LNRf حوضه سد کلان در ملایر را از نظر حرکات توده ای پهنه بندی کردند و به این نتیجه رسیدند که این روش نتایج مناسبی را نشان می‌دهد و همخوانی زیادی با حوضه مورد مطالعه دارد. رنجبر و افتخاری (۱۳۹۱)، در پهنه بندی پدیده لغزش با استفاده از روش LNRf در جاده هراز دریافتند که شرایط طبیعی حوضه مانند تکتونیک، ژئومورفولوژی، زمین شناسی و ... بستر مناسبی را برای وقوع زمین لغزش به وجود آورده است. قهرمانی و همکاران (۱۳۹۱)، در مقاله ای تحت عنوان «بررسی روش های تحلیل سلسله مراتبی AHP، FAHP، LNRf در پهنه بندی خطر زمین لغزش (مطالعه موردی: حوضه آبخیز النگ دره)» به این نتیجه رسیدند که روش LNRf کاملاً مستقل از نظر کارشناسی عمل می‌کند، به واقعیت نزدیک تر است، امکان بروز خطا در آن به حداقل رسیده و از روش های دیگر نیز مطمئن تر است. کرمی (۱۳۹۱)، در ارزیابی حساسیت زمین لغزش در حوضه های کوهستانی نیمه خشک، با استفاده از روش های آماری و مدل وزنی شاهد به این نتیجه رسیدند که حدود ۹۲ درصد زمین لغزش ها در محدوده های با حساسیت متوسط تا خیلی زیاد اتفاق افتاده اند. در این راستا هدف پژوهش حاضر شناسایی و بررسی نقش عوامل موثر در ایجاد زمین لغزش های بخش غربی سرندچای در استان آذربایجان شرقی می‌باشد. همچنین بررسی و طبقه بندی عوامل تاثیر گذار و اولویت بندی آن ها و تهیه نقشه پهنه بندی خطر زمین لغزش در حوضه و شناسایی نقاط با پتانسیل بالای خطر از دیگر اهداف این پژوهش می‌باشد.

معرفی منطقه مورد مطالعه

حوضه سرندچای از نظر تقسیمات کشوری در استان آذربایجان شرقی و در غرب شهرستان هریس واقع شده است و یکی از حوضه های فرعی آجی چای به شمار می‌آید. محدوده ی مورد مطالعه در بخش غربی سرندچای و در بین مختصات جغرافیایی "۳۱'۱۴" الی "۳۷'۱۲" ۴۶° طول های شرقی و "۱۳'۴۵" الی "۲۲'۲۱" ۳۸° عرض های شمالی قرار گرفته است (شکل ۱).

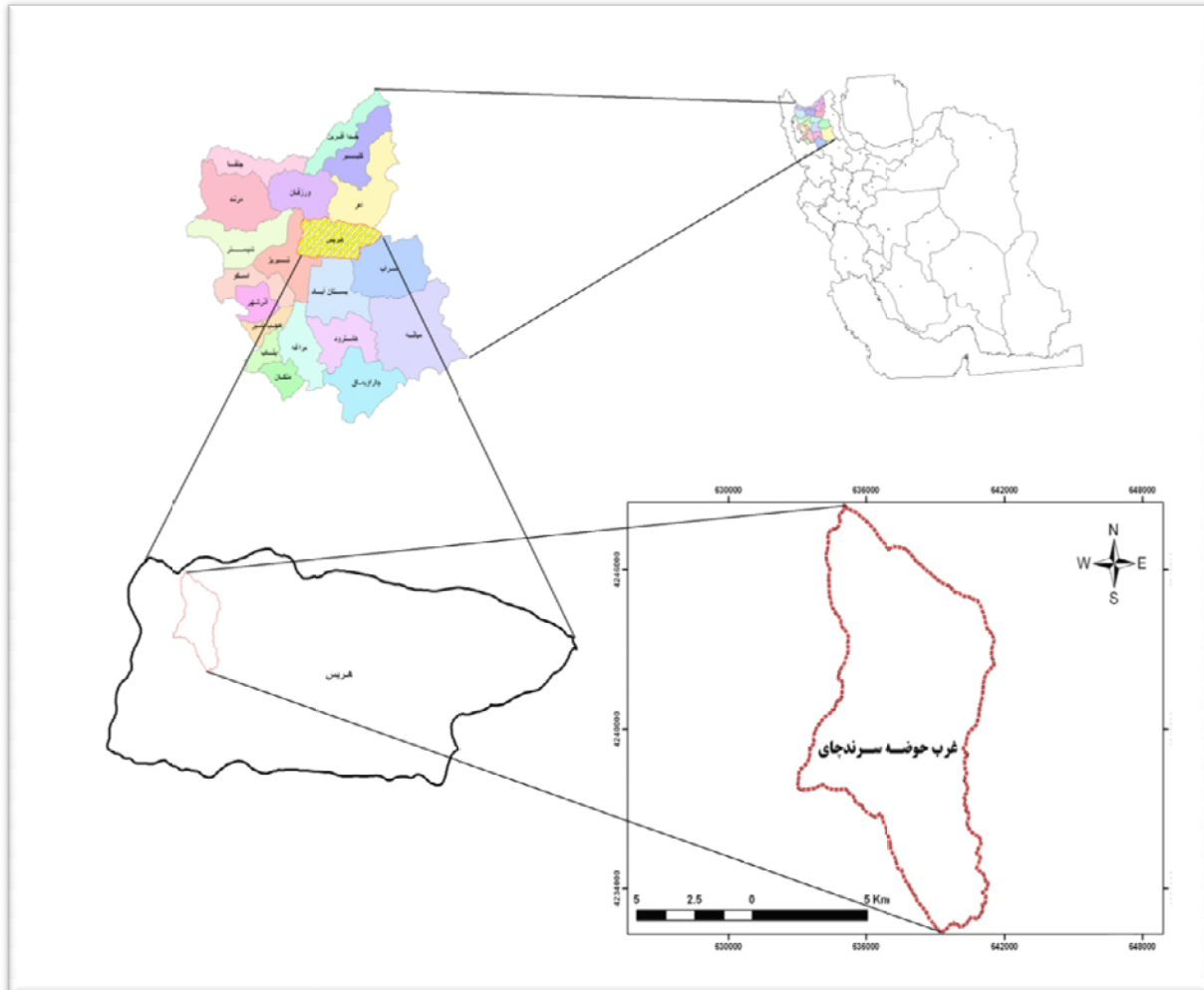
محدوده مورد مطالعه به وسعت ۷۶ / ۰۲ کیلومتر مربع در بخش غربی سرندچای واقع شده است. هم چنین این حوضه از طرف شمال به ارتفاعات خلف انصار، از طرف جنوب به رودخانه اصلی تلخه رود، از طرف مشرق ادامه حوضه سرندچای و از طرف مغرب به حوضه نهندچای محدود می‌شود. از روستاهای موجود در این حوضه می‌توان به روستاهای کویج، افشرد، سرنده، تازه کند سرنده، عباس آباد، دیزج ور و چنرک اشاره کرد.

1- Yalcin

2- Wan

3-Bendark&etal

4-Zhang&etal



شکل (۱) موقعیت جغرافیایی بخش غربی حوضه آبریز سرندچای

مواد و روش ها

مواد و ابزارهای مورد استفاده در ترسیم نقشه پهنه بندی خطر زمین لغزش ها عبارتند از :

- نقشه های توپوگرافی منطقه با مقیاس ۱:۵۰۰۰۰ و نقشه های زمین شناسی منطقه با مقیاس ۱:۱۰۰۰۰۰

- تصاویر ماهواره ای Spot 2011

- نرم افزارهای ARC GIS 10 ، ENVI 4.7

روش مورد استفاده در این تحقیق روش LNRF که روش نیمه کمی می باشد. مدل LNRF یکی از مدل های متداول در پهنه بندی خطر زمین لغزش می باشد که در این پژوهش مورد استفاده قرار گرفته است. این مدل در قالب طرحی با عنوان کاربرد نرم افزار GIS در پهنه بندی خطر زمین لغزش در دانشگاه رورکی هند توسط دو استاد گروه زمین شناسی این دانشگاه ، گوپتا و جوشی به اجرا درآمده است. در این روش از سیستم اطلاعات جغرافیایی برای تشخیص احتمال وقوع زمین لغزش در حوضه آبخیز رامجانگا که در قسمت پایین رشته کوه هیمالیا واقع گردیده، استفاده شده است. تعداد انتخاب عوامل در این روش اختیاری می باشد. گوپتا و جوشی در ابتدا عوامل موثر در زمین لغزش را شناسایی کردند و سه عامل لیتولوژی ، کاربری اراضی و فاصله از گسل را مورد استفاده قرار

دادند. سپس با استفاده از سطح لغزش‌های رخ داده در هریک از واحد‌های همگن از نظر مقادیر عوامل موثر در زمین لغزش و تقسیم آن بر متوسط وقوع زمین لغزش در کل واحد‌ها اقدام به تهیه شاخص تعیین میزان خطر وقوع زمین لغزش کردند (گوپتا و جوشی، ۱۹۹۰). در این پژوهش مکان‌ها و پراکنش زمین لغزش‌ها با استفاده از تصاویر ماهواره ای Spot و بازدید‌های میدانی مشخص شدند. با توجه به ویژگی‌های بخش غربی حوضه سرندچای مهم‌ترین عوامل موثر در وقوع زمین لغزش‌ها متغیرهای سنگ‌شناسی، فاصله از گسل، سطوح ارتفاعی، میزان بارش، کاربری اراضی، شیب، جهت شیب، فاصله از آبراهه، شناسایی شدند. تکنیک کار رقومی کردن و لایه بندی نمودن متغیرهای موثر در قالب سامانه اطلاعات جغرافیایی (GIS) است. بعد از این که نقشه‌های عوامل موثر (سنگ‌شناسی، فاصله از گسل، سطوح ارتفاعی، میزان بارش، کاربری اراضی، شیب، جهت شیب، فاصله از آبراهه) در رخداد این پدیده تهیه و رقومی شدند، هر کدام از لایه‌های عوامل موثر با نقشه‌ی پراکنش زمین لغزش‌ها که همان سطح زمین لغزش‌های رخ داده می‌باشد تلفیق شد و مقدار زمین لغزش هادر هر واحد به دست آمد و با استفاده از رابطه LNRF وزن هر طبقه محاسبه شد. سپس نقشه هر یک از عامل‌ها براساس وزن‌های به دست آمده ساخته شد. آن‌گاه در سامانه اطلاعات جغرافیایی نقشه وزن‌ها را با هم جمع کرده و نقشه به دست آمده را طبقه بندی نموده و در نهایت نقشه پهنه بندی خطر زمین لغزش به دست آمد. به منظور تعیین وزن هر پارامتر ابتدا مساحت واقعی زمین لغزش در هر واحد بر میانگین مساحت زمین لغزش‌های رخ داده در کل واحدهای آن نقشه تقسیم شد. در این رابطه وزن هر یک از واحدها محاسبه شده و نقشه وزنی هر یک از عامل‌ها که در مدل LNRF توضیح داده شده است، تهیه و به سه طبقه (کم، متوسط، زیاد) طبقه بندی شد. این مدل از طریق رابطه زیر به دست می‌آید:

$$LNRF = \frac{A}{E} \quad \text{رابطه (۱)}$$

A: مساحت زمین لغزش‌های رخ داده در یک واحد بر حسب هکتار

E: میانگین مساحت زمین لغزش‌های رخ داده در کل واحدها بر حسب هکتار

به هر واحد براساس جدول زیر وزن داده می‌شود:

جدول (۱) تعیین مقادیر وزنی براساس وسعت زمین لغزش‌ها طبق مدل LNRF (گوپتا و جوشی، ۱۹۹۰).

ردیف	ضریب LNRF		دامنه تغییرات LNRF	وزن	میزان ناپایداری
۱	۰	۰/۶۷	$LNRF < ۰/۶۷$	۰	کم
۲	۰/۶۷	۱/۳۳	$۰/۶۷ < LNRF < ۱/۳۳$	۱	متوسط
۳	۱/۳۳	۱/۳۳	$LNRF > ۱/۳۳$	۲	زیاد

درخاتمه با تحلیل و جمع جبری داده‌های نقشه وزنی، نقشه پهنه بندی زمین لغزش منطقه براساس خطرپذیری نواحی نسبت به زمین لغزش تهیه و گزارش نهایی تحقیق به روش توصیفی تحلیلی براساس مدل LNRF صورت گرفت.

یافته‌های پژوهش

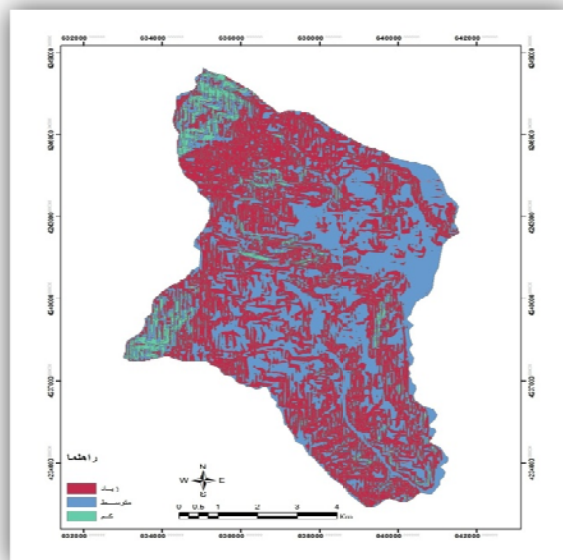
شیب

یکی از عوامل موثر بر زمین لغزش شیب می‌باشد زیرا هر چه شیب زمین بیشتر باشد عمل زمین لغزش سریع‌تر خواهد بود (رفاهی، ۱۳۷۵، ۵۵۱). و در اکثر مطالعات مربوط به زمین لغزش‌ها درجات شیب را به عنوان فاکتور تحریک کننده و عمده در ایجاد زمین لغزش در نظر می‌گیرند (بالارد و ویلینتن^۱، ۱۹۷۵). جهت بررسی عامل شیب در بخش

غربی حوضه آبریز سرنده چای ، پس از رقومی کردن نقشه های توپوگرافی و ایجاد DEM از نقشه توپوگرافی ، نقشه شیب به درصد در محیط ARC GIS تهیه و از زیر منوی Raster Surface ، قسمت Slope استخراج شد و در قالب ۶ کلاس طبقه بندی شد. مساحت و درصد مساحت هر یک از طبقات در جدول (۲) آمده است. ستون LNRF جدول (۲) بر اساس رابطه (۱) محاسبه شده است (برای مثال، مساحت زمین لغزش رخ داده در طبقه شیب ۵-۰ درصد، $238/06$ هکتار است میانگین مساحت زمین لغزش های رخ داده در کل واحدهای شیب $228/20 = 238/06$ می شود، حال LNRF با استفاده از رابطه (۱) محاسبه می شود $1/04 = 238/06 \div 228/20$). با توجه به مطالعات انجام گرفته در این منطقه، $40/73$ درصد زمین لغزش ها در طبقه ی شیب ۲۰-۱۰ درصد اتفاق افتاده که $17/47$ درصد از مساحت کل منطقه را دربر گرفته است در این طبقات شیب دامنه ها دارای ناپایداری زیاد می باشد (شکل ۲).

جدول ۲. مساحت زمین لغزش های رخ داده (هکتار) در واحدهای طبقات شیب و محاسبه وزن هر واحد

میزان ناپایداری	وزن	LNRF	مساحت لغزش ها		مساحت طبقات		شیب به درصد
			درصد	هکتار	درصد	هکتار	
متوسط	۱	۱/۰۴	۱۷/۳۸	۲۳۸/۰۶	۳۳/۸۱	۲۵۷۰/۰۶	۵-۰
متوسط	۱	۱/۲۳	۲۰/۵۶	۲۸۱/۶۱	۳۶/۵۴	۲۷۷۶/۸۹	۵-۱۰
زیاد	۲	۲/۴۴	۴۰/۷۳	۵۵۷/۷۷	۱۷/۴۷	۱۳۲۶/۶۵	۱۰-۲۰
متوسط	۱	۰/۷۵	۱۲/۶۲	۱۷۳/۸۶	۷/۷۸	۵۹۱/۷۱	۲۰-۳۰
کم	۰	۰/۳۸	۵/۷۲	۸۷/۳۴	۳/۴۰	۲۵۸/۷۸	۳۰-۴۰
کم	۰	۰/۰۱	۲/۴۵	۳۳/۵۹	۱	۷۶/۵۳	> ۴۰
			۱۰۰	۱۳۶۹/۲۲	۱۰۰	۷۶۰۲/۹	جمع



شکل ۲. نقشه وزنی شیب بخش غربی حوضه سرنده چای

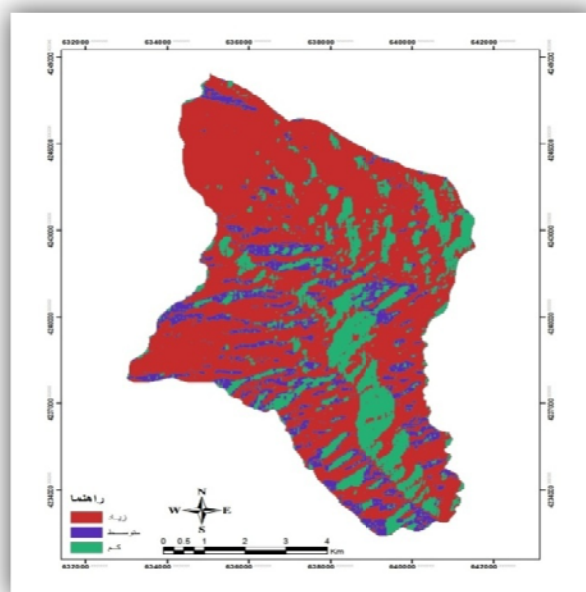
جهت شیب

جهت شیب تاثیر بسیار زیادی در فرایندهای هیدرولوژی از طریق تبخیر و تعرق ، تاثیر بر فرایند هوازدگی ، حیات گیاهی و توسعه ی ریشه مخصوصا در محیط های خشکی دارد . نقشه جهت شیب بخش غربی حوضه سرنده چای از روی نقشه DEM تهیه شد. بدین صورت که در محیط ARC GIS از زیر منوی Raster Surface ، قسمت Aspect استفاده و نقشه جهت شیب بر مبنای ۹ جهت سطح هموار ، شمال ، شمال غرب ، شمال شرق ،

جنوب، جنوب شرق، جنوب غرب، شرق و غرب تهیه شده است. مساحت و درصد هر کدام از این طبقات در جدول (۳) آمده است. شکل (۳) نقشه وزنی جهت شیب بخش غربی حوضه سرندچای را نشان می دهد.

جدول ۳. مساحت حرکت های لغزشی (هکتار) در واحدهای جهت شیب و محاسبه وزن هر واحد

جهت شیب	مساحت طبقات		مساحت لغزش ها		LNRF	وزن	میان ناپایداری
	هکتار	درصد	هکتار	درصد			
سطح	۱۸ / ۳۳	۰ / ۲۴	۰ / ۵۷	۰ / ۰۴	۰ / ۰۳۷	۰	کم
شمال	۳۸۴ / ۴	۵ / ۰۵	۵۳ / ۸	۳ / ۷	۰ / ۳۴	۰	کم
شمال شرق	۹۵۶ / ۳۲	۱۲ / ۵۷	۱۸۹ / ۵	۱۳ / ۸۳	۱ / ۲۴	۱	متوسط
شرق	۲۰۸۸ / ۲۱	۲۷ / ۵	۴۳۵	۳۲ / ۰۵	۲ / ۸۵	۲	زیاد
جنوب شرق	۱۸۲۷ / ۸۸	۲۴ / ۰۴	۳۱۳ / ۸۲	۲۲ / ۹۱	۲ / ۰۶	۲	زیاد
جنوب	۱۲۳۵ / ۶	۱۶ / ۲۵	۲۴۸ / ۲	۱۸ / ۱۲	۱ / ۶۳	۲	زیاد
جنوب غرب	۶۰۰ / ۳۱	۷ / ۸۹	۱۰۰ / ۳۶	۷ / ۳۲	۰ / ۶۵	۰	کم
غرب	۳۵۹ / ۴۹	۴ / ۷۲	۲۲ / ۵۶	۱ / ۶۴	۰ / ۱۴	۰	کم
شمال غرب	۱۳۲ / ۵۶	۱ / ۷۴	۵ / ۴۱	۰ / ۳۹	۰ / ۰۳۵	۰	کم
جمع	۷۶۰۲ / ۹	۱۰۰	۱۳۶۹ / ۲۲	۱۰۰			



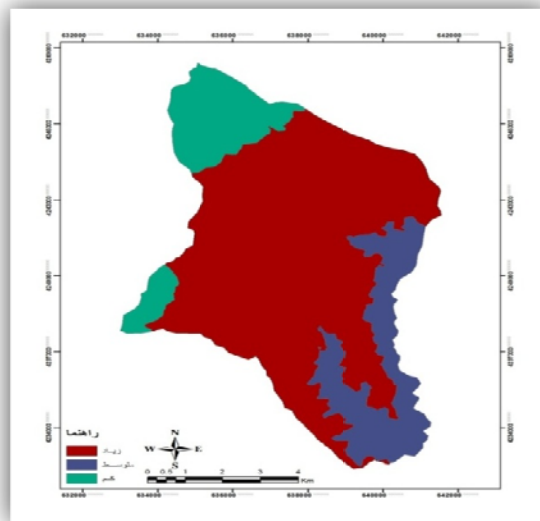
شکل ۳. نقشه وزنی جهت شیب بخش غربی حوضه سرندچای

طبقات ارتفاعی

مرتفع ترین نقطه در محدوده ی مورد مطالعه با ارتفاع حدود ۲۸۳۸ متر در گوشه ی شمال غربی منطقه و پست ترین نقطه محدوده در جنوب شرق منطقه با ارتفاع ۱۵۶۹ متر از سطح آب آزاد قرار گرفته است. نقشه ارتفاع اراضی حوضه از DEM منطقه استخراج شده و در ۷ طبقه با توجه به تاثیر آن بر زمین لغزش طبقه بندی گردید و در هر طبقه ارتفاعی مساحت حرکت های رخ داده برآورد و در جدول (۴) ارائه شده است. نتایج جدول (۴) در شکل (۴) آمده است. طبق نتایج این بررسی در ارتفاع ۱۷۰۰-۱۵۶۹ متر خطر وقوع زمین لغزش متوسط می باشد. در طبقات ارتفاعی ۱۷۰۰-۲۱۰۰ متر محدوده زیاد و تا ارتفاع ۲۸۳۸ متر کم می شود.

جدول ۴. مساحت زمین لغزش های رخ داده (هکتار) در واحدهای طبقات ارتفاعی و محاسبه وزن هر واحد

ناپایداری	وزن	LNRF	مساحت لغزش ها		مساحت طبقات		طبقات ارتفاعی (متر)
			درصد	هکتار	درصد	هکتار	
متوسط	۱	۰/۶۸	۹/۸۳	۱۳۴/۷۳	۱۶/۴۸	۱۲۵۲/۹۲	۱۵۶۹ - ۱۷۰۰
زیاد	۲	۳/۲۸	۴۷	۶۴۳/۱۷	۵۲/۵۷	۳۹۹۶/۰۳	۱۷۰۰ - ۱۹۰۰
زیاد	۲	۱/۸۵	۲۶/۴۵	۳۶۲/۲۲	۱۷/۰۶	۱۲۹۶/۹۴	۱۹۰۰ - ۲۱۰۰
کم	۰	۰/۵۵	۷/۹۶	۱۰۹/۰۱	۷/۹۹	۶۰۷/۴۴	۲۱۰۰ - ۲۳۰۰
کم	۰	۰/۳۰	۴/۳۰	۵۸/۹۱	۳/۰۳	۲۳۰/۴۳	۲۳۰۰ - ۲۵۰۰
کم	۰	۰/۲۴	۳/۵۳	۴۸/۳۴	۲/۰۶	۱۵۷/۳	۲۵۰۰ - ۲۷۰۰
کم	۰	۰/۰۶۵	۰/۹۳	۱۲/۸۴	۰/۸۱	۶۱/۸۴	۲۷۰۰ - ۲۸۳۸
			۱۰۰	۱۳۶۹/۲۲	۱۰۰	۷۶۰۲/۹	جمع



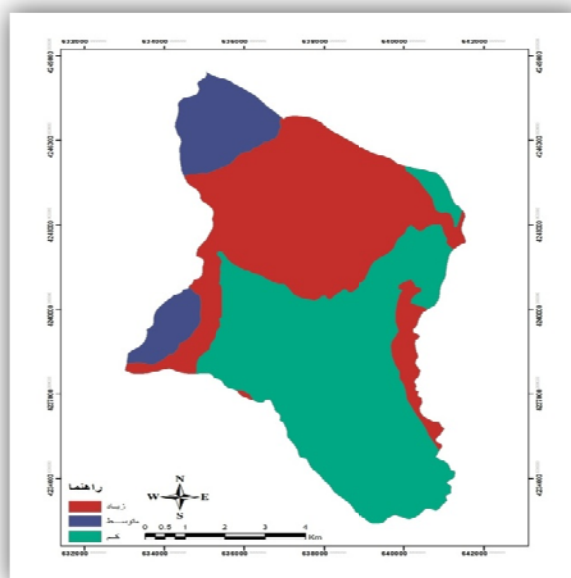
شکل ۴. نقشه وزنی طبقات ارتفاعی بخش غربی حوضه سرندچای

سنگ شناسی

جنس زمین و نوع سنگ ها از عوامل مهم و تاثیرگذار در پدیده زمین لغزش است. سنگ ها به واسطه ی تفاوت در جنس رسوبات تشکیل دهنده و شرایط و دوران شکل گیری، مقاومت های مختلفی را در مقابل نیروهای خارجی از خود نشان می دهند (رنجبر و معماریفتخاری، ۱۳۹۱، ۱۱۹). با توجه به اطلاعات جدول (۵) مشاهده می شود که بیشترین میزان زمین لغزش ها در سازند M^{mc} یعنی طبقات تفکیک نشده تخریبی و تبخیری دربردارنده مارن، مارن گچ دار و گل سنگ ها می باشد. این واحد در وسعتی به مساحت ۱۱۶۸/۵۶ هکتار گسترش داشته و ۱۴/۹۶ درصد از کل مساحت منطقه را شامل می شود. میزان زمین لغزش های رخ داده در این سازند ۸۹۷/۸۳ هکتار است. شکل (۵) نقشه وزنی سنگ شناسی بخش غربی حوضه سرندچای را نشان می دهد.

جدول ۵. مساحت زمین لغزش های رخ داده (هکتار) در واحدهای سنگ شناسی و محاسبه وزن هر واحد

میزان ناپایداری	وزن	LNRF	مساحت لغزش ها		مساحت طبقات		طبقات سنگ شناسی
			درصد	هکتار	درصد	هکتار	
متوسط	۱	۰/۸۵	۱۴/۲۱	۱۹۴/۳۷	۱۱/۵۳	۸۷۷/۳۴	$k-pe^f$
زیاد	۲	۳/۹۳	۶۵/۵۷	۸۹۷/۸۳	۱۵/۴۶	۱۱۶۸/۵۶	M^{mc}
کم	۰	۰	۰	۰	۴/۲۹	۳۲۶/۵	M^{ms}
کم	۰	۰/۴۹	۸/۲۰	۱۱۲/۲۲	۴۰/۱۰	۳۰۴۹/۲۷	M^{m1}
کم	۰	۰/۰۷۰	۱/۱۸	۱۶/۲	۳/۰۲	۲۲۹/۸۱	M^{m2}
کم	۰	۰/۰۴۷	۱۰/۸۴	۱۴۸/۵	۲۴/۳۳	۱۸۵۰/۴۷	plQ^r
کم	۰	۰	۰	۰	۱/۳۲	۱۰۰/۹۵	Q^f
			۱۰۰	۱۳۶۹/۲۲	۱۰۰	۷۶۰۲/۹	جمع



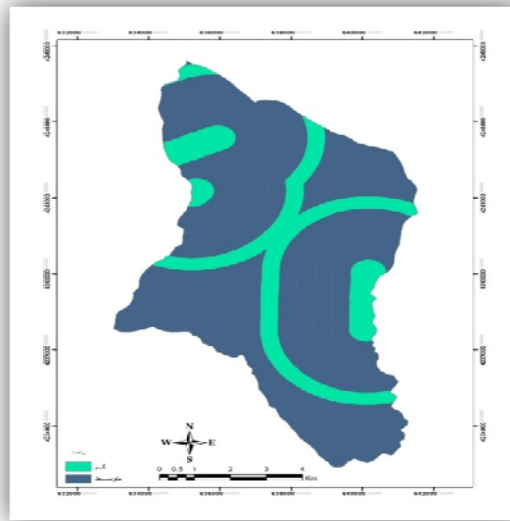
شکل ۵. نقشه وزنی سنگ شناسی بخش غربی حوضه سرندچای

فاصله از گسل

خطوط گسل در بخش غربی حوضه آبریز سرندچای از روی نقشه ی زمین شناسی منطقه در مقیاس ۱:۱۰۰۰۰۰ استخراج، رقومی و در محیط GIS برای آن پایگاه اطلاعاتی تشکیل شد و با توجه به ارتباط مستقیم و غیر مستقیم خطوط گسل در ایجاد فرایندهای دامنه ای، با استفاده از زیر نرم افزار Spatial Analyses تحت GIS حریم گسل برای حوضه استخراج و طبقه بندی گردید. گسل های موجود در منطقه مورد مطالعه از نوع گسل های فرعی می باشند که در شمال غرب و شرق حوضه قابل مشاهده است. نتایج جدول (۶) نشان می دهد که در فاصله ۵۰۰-۰ متری از گسل خطر وقوع زمین لغزش کم است. از فاصله ۲۵۰۰-۵۰۰ متری از گسل خطر وقوع زمین لغزش متوسط، در فاصله ۲۵۰۰-۳۰۰ متری از گسل کم و از ۳۰۰۰ متر بیشتر خطر وقوع زمین لغزش زیاد است. در شکل (۶) نقشه وزنی طبقات گسل بخش غربی حوضه سرندچای نشان داده شده است.

جدول ۶. مساحت زمین لغزش های رخ داده (هکتار) در واحدهای طبقات گسل و محاسبه وزن هر واحد

میزان ناپایداری	وزن	LNRf	مساحت لغزش ها		مساحت طبقات		طبقات گسل
			درصد	هکتار	درصد	هکتار	
کم	۰	۰/۴۶	۶/۵۸	۹۰/۲۳	۶/۳۳	۴۸۲	۰-۵۰۰
متوسط	۱	۱/۰۵	۱۵/۰۸	۲۰۶/۵۹	۹/۲۸	۷۰۵/۵۹	۵۰۰-۱۰۰۰
متوسط	۱	۱/۱۵	۱۶/۵۶	۲۲۶/۸۴	۱۰/۹۴	۸۳۲/۴	۱۰۰۰-۱۵۰۰
متوسط	۱	۱/۲۲	۱۷/۵۴	۲۴۰/۲۴	۱۳/۱۱	۹۹۷/۱۱	۱۵۰۰-۲۰۰۰
متوسط	۱	۱/۲۴	۱۷/۸۵	۲۴۵/۰۱	۱۴/۳۲	۱۰۸۸/۹۲	۲۰۰۰-۲۵۰۰
کم	۰	۰/۶۴	۹/۲۶	۱۲۶/۸۶	۱۵/۰۴	۱۱۴۳/۴۹	۲۵۰۰-۳۰۰۰
متوسط	۱	۱/۱۹	۱۷/۱۳	۲۳۴/۶۱	۳۰/۹۸	۲۳۵۳/۳۹	> ۳۰۰۰
			۱۰۰	۱۳۶۹/۲۲	۱۰۰	۷۶۰۲/۹	جمع



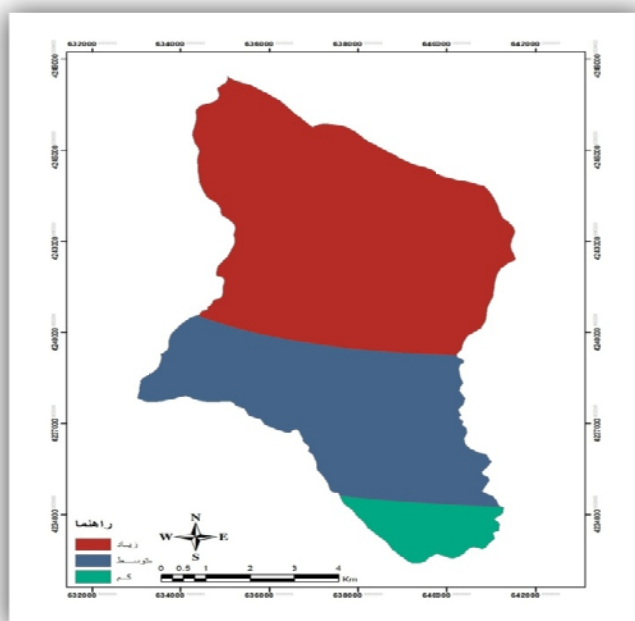
شکل ۶. نقشه وزنی طبقات گسل بخش غربی حوضه سرندچای

بارش

الگوی مکانی بارش وابستگی بسیار نزدیکی با زمین لغزش دارد (استارکل^۱، ۱۹۷۶). به وسیله ی تاثیر فشار آب بر دامنه های ناپایدار که از طریق نفوذ بارش ایجاد می گردد (تی ساکاماتو و اوهتا^۲، ۱۹۸۸). با توجه به اهمیت نقش بارش در اشباع خاک و بروز ناپایداری دامنه ای، این عامل مورد بررسی قرار گرفته است. نقشه بارش منطقه با توجه به داده های اقلیمی و گرادیان بارش در رابطه با ارتفاع منطقه در فرمت رستری با استفاده از تکنیک های اطلاعات مکانی استخراج گردید. میانگین بارش سالانه در حوضه ۲۷۵ میلیمتر می باشد که حداکثر بارش فصلی در حوضه در فصل بهار و حداقل آن در فصل تابستان می باشد. به دلیل کمبود ایستگاه های درون حوضه ای در منطقه مورد مطالعه از داده های ایستگاه های مجاور (تبریز، اهر، وردین، افشرد، سدنهند، سهلان) جهت تجزیه و تحلیل استفاده شده است. جدول (۷) و شکل (۷) نشان می دهد که بیشترین زمین لغزش ها در طبقه ۲۹۰ تا ۲۸۰ میلیمتر رخ داده است.

جدول ۷. مساحت زمین لغزش های رخ داده (هکتار) در واحدهای طبقات بارش و محاسبه وزن هر واحد

طبقات بارش (میلی متر)	مساحت طبقات		مساحت لغزش ها		LNRF	وزن	میزان ناپایداری
	هکتار	درصد	هکتار	درصد			
۲۶۰ - ۲۷۰	۴۹۳/۱۶	۶/۴۸	۹/۱۵	۰/۶۶	۰/۲۰	۰	کم
۲۷۰ - ۲۸۰	۲۶۹۹/۷۱	۳۵/۵۰	۳۴۴/۴۶	۲۲/۱۵	۰/۷۵	۱	متوسط
۲۸۰ - ۲۹۰	۴۴۱۰/۰۴	۵۸/۰۲	۱۰۱۵/۶۱	۷۴/۱۹	۲/۲۲	۲	زیاد
جمع	۷۶۰۲/۹	۱۰۰	۱۳۶۹/۲۲	۱۰۰			



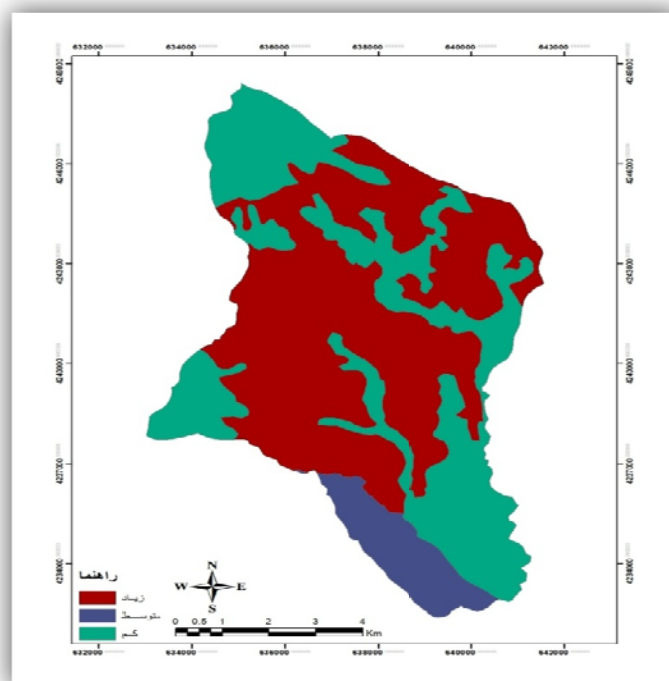
شکل ۷. نقشه وزنی طبقات بارش بخش غربی حوضه آبریز سردچای

کاربری اراضی

کاربری زمین یکی از شاخص‌های اصلی در مطالعه زمین لغزش‌ها و پهنه بندی خطر آن‌ها در یک ناحیه می‌باشد. نقشه کاربری اراضی بخش غربی حوضه سردچای، از نقشه کاربری اراضی استان آذربایجان شرقی استخراج شده است. براساس نتایج جدول (۸) اراضی زراعی و مراتع تنک با بیش‌ترین وزن، بیش‌ترین میزان خطر وقوع زمین لغزش‌ها را دارا هستند. شکل (۸) نقشه وزنی کاربری اراضی بخش غربی حوضه سردچای را نشان می‌دهد.

جدول ۸. مساحت زمین لغزش‌های رخ داده (هکتار) در واحدهای کاربری اراضی و محاسبه وزن هر واحد

کاربری اراضی	مساحت طبقات		مساحت لغزش‌ها		LNRF	وزن	میزان ناپایداری
	هکتار	درصد	هکتار	درصد			
اراضی دیم	۴۱۱۱/۶۹	۵۴/۱	۷۷۳/۸	۵۶/۵۱	۲/۸۲	۲	زیاد
مراتع خوب	۵۷۵/۸۸	۷/۵۷	۲۲۱/۹۴	۱۶/۲۰	۰/۸۱	۱	متوسط
مراتع نیمه متراکم	۱۰۴۸/۱۶	۱۳/۷۸	۱۳۷/۴۲	۱۰/۰۳	۰/۵۰	۰	کم
یاغات	۶۶۴/۲۸	۸/۷۳	۲۳۶/۰۶	۰/۸۶	۰/۸۶	۰	کم
مراتع تنک	۱۲۰۲/۸۹	۱۵/۸۲	۰	۰	۰	۰	کم
جمع	۷۶۰۲/۹	۱۰۰	۱۳۶۹/۲۲	۱۰۰			



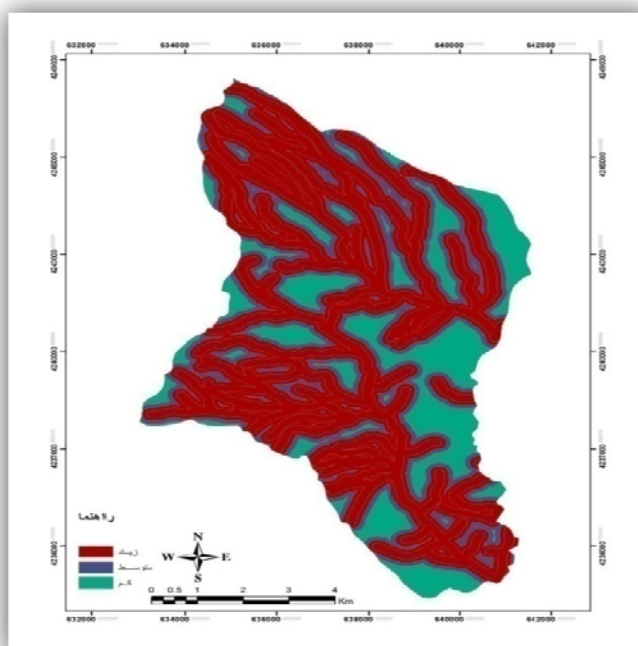
شکل ۸. نقشه وزنی کاربری اراضی بخش غربی حوضه سرندچای

فاصله از آبراهه

برای بررسی تاثیر فاصله از آبراهه، شبکه زهکشی بخش غربی حوضه آبریز سرندچای از روی DEM تحت GIS و با استفاده از زیر نرم افزار هیدرولوژی از Spatial Analyses استخراج و نسبت به پتانسیل زمین لغزش ها طبقه بندی گردید. شبکه آبراهه ای موجود در بخش غربی حوضه آبریز سرندچای هم از نوع شاخه درختی و هم موازی است. نتایج جدول (۹) نشان می دهد که بیشترین زمین لغزش ها در فاصله ۱۰۰ متری و ۲۰۰-۱۰۰ متری از آبراهه رخ داده است. شکل (۹) نقشه وزنی آبراهه ها را نشان می دهد.

جدول ۹. مساحت زمین لغزش های رخ داده (هکتار) در واحدهای طبقات آبراهه و محاسبه وزن هر واحد

میزان ناپایداری	وز ن	LNRF	مساحت لغزش ها		مساحت طبقات آبراهه		طبقات آبراهه
			درصد	هکتار	درصد	هکتار	
زیاد	۲	۱/۸۱	۳۶/۲۱	۴۹۵/۹۲	۳۵/۹۲	۲۷۳۱/۸۲	۰-۱۰۰
زیاد	۲	۱/۳۶	۲۷/۳۴	۳۷۴/۳۶	۲۷/۱۲	۲۰۶۲/۴۷	۱۰۰-۲۰۰
متوسط	۱	۰/۶۸	۱۳/۷۶	۱۸۸/۴۱	۱۶/۶۳	۱۲۶۴/۰۶	۲۰۰-۳۰۰
کم	۰	۰/۵۷	۱۱/۵۱	۱۵۷/۶۸	۹/۳۶	۷۱۲/۲۷	۳۰۰-۴۰۰
کم	۰	۰/۵۵	۱۱/۱۶	۱۵۲/۸۵	۱۰/۹۴	۸۳۲/۲۸	> ۴۰۰
			۱۰۰	۱۳۶۹/۲۲	۱۰۰	۷۶۰۲/۹	جمع



شکل ۹. نقشه وزنی طبقات آبراهه بخش غربی حوضه سرندچای

پهنه بندی خطر زمین لغزش در بخش غربی حوضه آبریز سرندچای

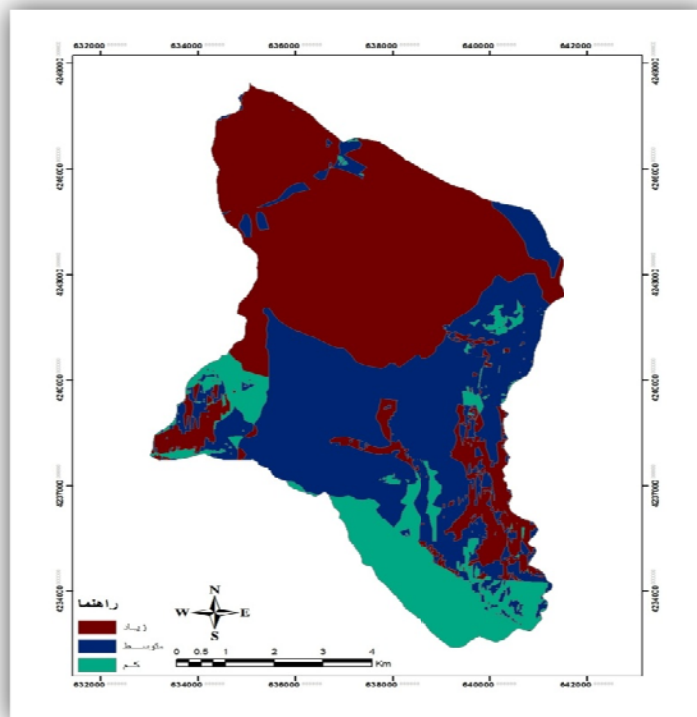
پس از شناسایی عوامل موثر در وقوع زمین لغزش‌های بخش غربی حوضه آبریز سرندچای و تعیین میزان وزن آن‌ها و ترسیم نقشه‌های وزنی، هر کدام از لایه‌های اطلاعاتی (شیب، جهت شیب، طبقات ارتفاعی، کاربری اراضی، سنگ شناسی، طبقات بارش، فاصله از گسل، فاصله از آبراهه) در سه کلاس طبقه بندی شد و براساس درجه حساسیت نسبت به زمین لغزش به هر کدام از طبقات امتیاز بین ۰ تا ۲ تعلق گرفت بدین صورت که بیشترین امتیاز یعنی ۲ به طبقه ای داده می شود که بیشترین حساسیت را به زمین لغزش داشته و امکان وقوع لغزش در آن بیشتر است و کم ترین امتیاز یعنی صفر به طبقه ای داده می شود که کم ترین حساسیت را نسبت به زمین لغزش دارد.

با توجه به داده‌ها در جداول وزنی چنین نتیجه می شود که حدود ۵۵۷/۷۷ هکتار از زمین لغزش‌ها (معادل ۷۳/۴۰ درصد کل زمین لغزش‌ها) در طبقات شیب ۲۰-۱۰ درصد رخ داده است. بیشترین زمین لغزش‌ها در جهات شرق با ۳۲/۰۵ درصد، جنوب شرق ۲۲/۹۱ درصد و جنوب با ۱۸/۱۲ درصد از کل زمین لغزش‌های رخ داده در منطقه اتفاق افتاده است. بیشترین زمین لغزش‌ها در طبقات ارتفاعی ۱۹۰۰-۱۷۰۰ متر و ۲۱۰۰-۱۹۰۰ متر اتفاق افتاده است. از بین سازندهای زمین شناسی، واحد M^{mc} یعنی طبقات تفکیک نشده تخریبی و تبخیری دربردارنده ی مارن، مارن گچ دار و گل سنگ‌ها مستعد وقوع زمین لغزش هستند و ۶۵/۵۷ درصد زمین لغزش‌ها در این واحد صورت گرفته است. در فاصله ۵۰۰ متری از گسل کمترین میزان زمین لغزش‌ها اتفاق افتاده است. بیشترین میزان زمین لغزش‌ها در بین طبقات بارندگی ۲۹۰-۲۸۰ میلی متر (معادل ۱۹/۷۴ درصد) رخ داده است. و در طبقات بارندگی ۲۷۰-۲۶۰ میلی متر که ۴۸/۶ درصد از مساحت کل منطقه را شامل می شود، کم ترین زمین لغزش مشاهده می گردد. نقشه‌های وزنی کاربری اراضی نشان می دهد که بیشترین میزان وقوع زمین لغزش‌ها در اراضی دیم با ۵۱/۵۶ درصد کل زمین لغزش‌ها روی داده است. و بیشترین میزان زمین لغزش‌ها در فاصله ی ۱۰۰ و ۲۰۰-۱۰۰ متری از آبراهه رخ داده است.

بعد از این که نقشه ی نهایی پهنه بندی به دست آمد (شکل ۱۰) مساحت هر پهنه محاسبه شد. مطابق جدول (۱۰) پهنه ی با خطر زیاد ، بیشترین محدوده را (۳۱ / ۴۹ درصد) به خود اختصاص داده است ، این پهنه از نظر توزیع جغرافیایی عمدتاً در شمال و شمال غرب منطقه مورد پژوهش واقع شده است. سپس پهنه ی با خطر متوسط در درجه دوم اهمیت می باشد که از لحاظ وسعت (۵۰ / ۳۶ درصد) مساحت محدوده را به خود اختصاص داده و غالباً در قسمت های مرکزی و جنوب منطقه قرار دارد. پهنه با خطر کم (۱۹ / ۱۴ درصد) مساحت محدوده را شامل می گردد که این پهنه از نظر توزیع جغرافیایی در قسمت هایی از نواحی جنوب و جنوب غرب منطقه واقع گردیده است.

جدول ۱۰. مساحت و درصد مساحت هر یک از کلاس ها در بخش غربی حوضه آبریز سرنده چای

مقدار خطر در کل حوضه		
شدت خطر	مساحت (هکتار)	درصد مساحت
زیاد	۳۷۴۸/۱۴	۴۹/۳۱
متوسط	۲۷۷۵/۶	۳۶/۵۰
کم	۱۰۷۹/۱۶	۱۴/۱۹
جمع	۷۶۰۲/۹	۱۰۰



شکل ۱۰. نقشه پهنه بندی خطر زمین لغزش در بخش غربی حوضه آبریز سرنده چای

نتیجه گیری

حوضه سرنده چای در استان آذربایجان شرقی و در ناحیه غربی شهرستان هریس واقع شده و یکی از حوضه های فرعی آجی چای به شمار می آید. محدوده ی مورد مطالعه در بخش غربی سرنده چای واقع شده است. این حوضه به علت ویژگی های توپوگرافی، اقلیمی و زمین شناسی مستعد وقوع انواع زمین لغزش هاست. این مطالعه با استفاده از

مدل LNRF و هم چنین بهره گیری از سیستم اطلاعات جغرافیایی، به شناسایی عوامل موثر و پهنه بندی خطر زمین لغزش در این حوضه پرداخته است.

طبق این مدل، طبقات شیب ۲۰-۱۰ درصد، جهات شرق، جنوب شرق و جنوب، طبقات ارتفاعی ۱۹۰۰-۱۷۰۰ و ۲۱۰۰-۱۹۰۰، واحدهای زمین شناسی M^{mc} یعنی طبقات تفکیک نشده تخریبی و تبخیری دربردارنده ی مارن، مارن گچ دار و گل سنگ ها، فاصله بیش از ۵۰۰ متری از گسل ها، طبقات بارش ۲۹۰-۲۸۰ میلی متر، اراضی دیم و فاصله ۱۰۰-۰ و ۲۰۰-۱۰۰ متری از آبراهه ها با بیش ترین وزن ها، مهم ترین عوامل علتی وقوع زمین لغزش های بخش غربی حوضه آبریز سرندچای معرفی می شوند.

براساس این پژوهش ۴۹/۳۱ درصد مساحت بخش غربی سرندچای در مناطقی با خطر زیاد، نسبت به بروز زمین لغزش قرار دارند و ۳۶/۵۰ درصد محدوده مورد مطالعه دارای خطر متوسط و ۱۴/۱۹ درصد محدوده محل وقوع زمین لغزش های با خطر کم است.

به این ترتیب با این شناسایی و پهنه بندی خطر زمین لغزش در بخش غربی حوضه آبریز سرندچای، توجه به دینامیک محیط طبیعی و نواحی حساس به زمین لغزش در اجرای برنامه های عمرانی و فعالیت های کشاورزی و غیره امری ضروری است.

منابع و ماخذ

- رنجبر، محسن، معماریافتخاری، محمد، ۱۳۹۱، پهنه بندی پدیده ی لغزش با استفاده از روش LNRF در جاده هراز (از امامزاده هاشم تا لاریجان)، فصلنامه انجمن جغرافیایی ایران، شماره ۳۳، ص ۱۱۹.
- رفاهی، حسینقلی، ۱۳۷۵، فرسایش آبی و کنترل آن، انتشارات دانشگاه تهران، چاپ سوم، ص ۵۵۱.
- سرور، جلیل الدین، ایلدرمی، علیرضا، روزبهانی، حبیبه، ۱۳۸۸، پهنه بندی حرکات توده ای با استفاده از مدل LNRF (حوضه سد کلان ملایر)، نشریه آمایش محیط دانشگاه آزاد ملایر، شماره ۵، ص ۱.
- سفیدگری، رضا، ۱۳۷۲، مجموعه سخنرانی های نخستین گردهمایی کارشناسان معاونت آبخیزداری پیرامون پدیده زمین لغزش، معاونت آبخیزداری جهاد سازندگی، دفتر مطالعات و ارزیابی آبخیزها، ص ۹۲.
- شادفر، صمد، یمانی، مجتبی، ۱۳۸۶، پهنه بندی خطر زمین لغزش در حوضه آبخیز جلیسان با استفاده از مدل LNRF، پژوهش های جغرافیای طبیعی، شماره ۶۲.
- شریعت جعفری، محسن، ۱۳۷۵، زمین لغزش (مبانی و اصول ناپایداری شیب های طبیعی)، انتشارات سازه، چاپ اول، ص ۱۳۸.
- علیزاده، امین، ۱۳۸۷، اصول هیدرولوژی کاربردی، انتشارات آستان قدس، ص ۳۴۱.
- ۱۲- فیض نیا، سادات، احمدی، حسن، ۱۳۸۰، پهنه بندی خطر زمین لغزش (حوضه آبریز شلمانرود در استان گیلان)، مجله منابع طبیعی ایران، شماره ۳، ص ۵۲.
- قهرمانی، نرجس، خاشعی سیوکی، عباس، دخیلی، رسول، ۱۳۹۱، بررسی روشهای AHP، FAHP، LNRF در پهنه بندی خطر زمین لغزش (حوضه آبخیز النگ دره)، مجله سنجش از دور و GIS ایران، سال چهارم، شماره اول، ص ۶۵.
- کرمی، فریبا، ۱۳۹۱، ارزیابی حساسیت زمین لغزش در حوضه های کوهستانی نیمه خشک، با استفاده از روش های آماری و مدل شاهد (مطالعه موردی: حوضه زهکشی سعیدآبادچای - شمال غرب ایران)، فصلنامه تحقیقات جغرافیایی، سال ۲۷، شماره ۳.
- مرادی، حمیدرضا، محمدی، مجید، پورقاسمی، حمیدرضا، ۱۳۹۱، حرکات دامنه ای (حرکات توده ای) با تاکید بر روشهای کمی تحلیل وقوع زمین لغزش، انتشارات سمت، ص ۲.

- Bednarik , M . Magulova , B . Matys , M . Marschalko , M (2010) , *Landslide susceptibility Assessment of the kral ovany – Liptovsky Mikulas Railways case study , physics and chemistry of the Earth , pp .162 – 171.*
- Ballard, T.M., and Willington, R.P (1975); *Slope instability in relation to timber harvesting in the Chilliwack Provincial Forest. The Forestry Chronicle, vol.51, pp . 59-62.*
- Fanyu liu , Z (2007) , *Study on Landslide sussptibility Mapping Based GIS and with Bivariate statistics a case study in Longnan Area Highway 212 .science online.*
- Gupta , R . P. and Joshi, B . C (1990) , *Landslide hazard zoning using the GIS approach , Acase study from the Ramganga cath, Hmalaya, Engineering Geology, NO.28, pp. 119-131*
- Guzzeti , F . Reichenbach , P . Cardinal , M . Galli ,M . and Ardizzone , F (2005) , *probilistic landslide hazard assessment at the basin secale , Geomorphology , natural hazard in developing countries , Geomorphology , vol. 47 . pp.107 – 124.*
- Khullar , V . K , sharam , R . P . paramanik , K (2000) , *A GIS approach in the landslide zone lawngthlia in southern mizoran.*
- *Landslide : proceeding of the 8th international symposium on landslides , vol .3 .pp. 1461- 1472.*
- Komac , M (2006) , *A landslide suscepility model using the Analytical Hierarchy process method and multivariate statistic in per alpine Slovenia , Geomorphology , vol . 24. pp. 17 – 28.*
- Riestenberg, M.M., and Sovonick-Dunford, S(1983); *The role of woody vegetation in stabilizing slopes in the Cincinnati area, Ohio. Bulletin of Geological Society of America, New York,vol. 94 . pp. 506-518*
- Starkel, L(1976); *The role of extreme (catastrophic) meteorological events.*
- Tsukamoto, Y., and Ohta, T(1988); *Runoff processes on a steep forested slope. Journal of Hydrology, vol.102.pp. 165-178.*
- Wan , S (2009) , *A spatial Decision support system for Extracting the core Factors and Thesholds for Landslide susceptibility Map , Engineering Geology , vol . 108 . pp . 237 – 251.*
- Yalcin , A (2008) , *GIS – based landslide sussptibility mapping using analytical hierchay process and bivariate statistics in Ardesen (turkey) : comparisons of results and confirmations. CATENA , vol. 72. pp 1-12.*
- Zhang , W . Wang , W . Xia , Q (2012) , *Landslide Risk Zoning Based on contribution of rate stack Method , Energy procedia , vol . 16 . pp 178 – 183.*