# ارزیابی و پهنه‌بندی خطر حرکات توده‌ای مواد در حوضه آبریز اوجان‌چای[1]

**دکتر فریبا کرمی**
**استادیار جغرافیا دانشگاه تبریز**

**دکتر مریم بیاتی خطیبی**
**استادیارجغرافیا دانشگاه تبریز**

**دکتر داود مختاری**
**استادیار جغرافیا دانشگاه تبریز**

## چکیده

**حوضه‌ی آبریز اوجان‌چای در دامنه‌ی شمالی توده‌ی کوهستانی سهند واقع شده است. به دلیل حاکمیت سیستم‌های فرسایشی پریگلاسیر و رودخانه‌ای، در دامنه‌ی شمالی این توده‌ی کوهستانی، وقوع حرکات دامنه‌ای، جریان‌های رودخانه‌ای و سیلابی، از عمده‌ترین پدیده‌های مورفوژنیک و مخاطرات ژئومورفولوژیک حوضه‌ی آبریز اوجان‌چای می‌باشد که علاوه بر این‌که سکونتگاههای روستایی و شهری را مورد تهدید قرار می‌دهد، از تنگناهای ژئومورفولوژیکی موجود بر سر راه برنامه‌های عمرانی منطقه محسوب می‌شود. پژوهش حاضر به ارزیابی و پهنه‌بندی حرکات توده‌ای مواد در حوزه زهکشی اوجان می‌پردازد و نتیجه‌ی آن با ارایه‌ی نقشه‌ی پهنه‌بندی خطر حرکات توده‌ای مواد و ممیزی مناطق پرخطر - کم‌خطر سعی دارد، برنامه‌ریزان و مدیران اجرایی را به سوی برنامه‌ریزی و مدیریت صحیح کاربری زمین سوق دهد. به این ترتیب، توسعه‌ی بخش‌های مسکونی،کشاورزی، صنعتی و غیره، در اراضی دور از مخاطرات ژئومورفولوژیکی تا حدودی امکان‌پذیر خواهد شد. نقشه پهنه‌بندی خطر حرکات توده‌ای مواد، با استفاده از نقشه‌های توپوگرافی رقومی شده به مقیاس ۲۵۰۰۰ : ۱ و ۵۰۰۰۰: ۱ و نقشه‌های زمین‌شناسی و ژئومورفولوژی و داده‌های سنجش از دور (تصاویر ماهواره‌ای ETM، ۲۰۰۲) و بهره‌گیری از سیستم اطلاعات جغرافیایی (GIS) شامل نرم‌افزارهای ARC/GIS وARC/VIEW و بر اساس هشت متغیّر (شیب، فاصله از گسل، فاصله از آبراهه، فاصله از جاده، فاصله از روستا یا شهر، لیتولوژی، کاربری زمین و بارش) ارایه گردید. نتایج این مطالعه نشان می‌دهد که در حدود ۳۹ درصد منطقه‌ی مطالعاتی از نظر استعداد وقوع حرکات توده‌ای مواد، در محدوده‌ی خطر متوسط تا بسیار شدید قرار دارند.**

**کلیدواژه‌ها: پهنه‌بندی خطر، حرکات توده‌ای مواد، توده‌ی آتشفشانی سهند، حوضه آبریز اوجان‌چای، سیستم اطلاعات جغرافیایی.**

---

*۱- مقاله حاضر مستخرج از طرح تحقیقاتی «بررسی و پهنه‌بندی خطر حرکات توده‌ای در حوضه‌ی آبریز اوجان‌چای» می‌باشد که با همکاری مدیریت پژوهشی دانشگاه تبریز اجرا شده است.*

Archive of SID

www.SID.ir

**مقدمه**

حرکات توده‌ای مواد،[1] فرآیندهای ژئومورفیک طبیعی هستندکه بر اساس ویژگی‌های خاص محیطی یک محل اتفاق می‌افتند *(گلید،[2] ۲۰۰۳: ۱۲۳)*. این پدیده‌ها کـه بخـشی از فرآینـدهای فرسایش دامنه‌ای هستند، سبب انتقـال حجـم زیـادی از مـواد دامنـه‌ای، ماننـد سـنگریزه‌هـا، واریزه‌ها و غیره به دره‌ها می‌شوند *(لارسن و پاکز،[3] ۱۹۹۷: ۸۳۶)*. در کشور ایران، به دلیل شـرایط آب و هـوایی، زمـین‌شناسـی و توپـوگرافی مـستعد، وقـوع حرکـات تـوده‌ای، تلفـات جـانی و خسارت‌های مالی و زیست محیطی قابل توجهی به همراه دارد، به طوری که علاوه بـر تخریـب خاک‌های حاصلخیز، موجب تهدید و تخریب سکونتگاههای انـسانی و زیرسـاخت‌هـای بـشری، قطع راههای ارتباطی و غیره می‌شوند. در نواحی مختلف کشور ایـران چنانکـه تـا سـال ۱۳۸۰ تعداد ۳۲۵۰ مورد زمین‌لغزش به ثبت رسیده و تخمین زده می‌شود که تعداد آنهـا بـالغ بـر دو برابر این رقم باشد *(فیض‌نیا و همکاران، ۱۳۸۰: ۲۰۸)*. همچنین بـر اسـاس گـزارش کمیتـه ملـی کاهش بلایای طبیعی وزارت کشور، سهم خسارات سالانه ناشی از حرکت‌های توده‌ای در ایران، ۵۰۰ میلیارد ریال برآورد گردیده است *(احمدی و طالبی، ۱۳۸۰: ۳۲۴)*.

از نظر ژئومورفولوژیک، کوهستان‌ها از نیـروی مورفودینـامیکی شـدیدی برخـوردار هـستند *(رجائی، ۱۳۸۲: ۱۴۲)*. حوضه‌ی آبریز اوجان‌چای که در دامنه‌ی شمال شرقی توده‌ی کوهـستانی سهند قرار دارد، نیز به لحاظ عوامل طبیعـی ماننـد شـرایط اقلیمـی، ویژگـی‌هـای توپـوگرافی و لیتولوژی و غیره، همچنین سیستم‌های مورفوژنز حاکم (پریگلاسـیر و رودخانـه‌ای)، بـه نظـر می‌رسد از پتانسیل نسبتاً بالایی به لحاظ وقوع حرکات توده‌ای مواد برخوردار باشد.

از سوی دیگر با عنایت به استعدادهای طبیعی بسیار بالا و ظرفیت‌هـای بـالقوه موجـود در حوضه‌ی آبریز اوجان‌چای و با توجه به نیازی که به بهره‌برداری از این امکانات در سطح منطقـه وجود دارد، متأسفانه درسال‌های اخیر، بدون مطالعه و توجه به محدودیت‌ها، در نواحی مـستعد به زمین‌لغزش در منطقه مورد مطالعه به برنامه‌ریزی،سرمایه‌گذاری و انجام فعالیت‌های مختلف (زراعت، استخراج معادن، اجرای برنامه‌های عمرانی و غیره) اقدام شـده اسـت، بـه طـوری کـه اثرات زیانبار آن به صورت وقوع انواع حرکات توده‌ای در منطقه آشکار می‌گردد. مـسلماً هزینـه

---

*۱- حرکات توده‌ای مواد (Mass movements)، حرکت رو به پایین سنگ، خاک، واریزه، یا مخلوطی از این مواد روی دامنه در اثر نیروی ثقل اطلاق می‌شود (Crozier, 1999:142) و طبق طبقه‌بندی وارنز شامل انواع ریـزش‌هـا (Falls)، واژگـون‌هـا (Toppels) ، لغزش‌ها (Slides)، جریان‌ها (Flows) خـزش (Creep) و غیـره مـی‌باشـد (Alcantara, 2002:108). ایـن نـوع پدیده‌ها در اثر نیروی گرانش (ثقل)، عوامل طبیعی از قبیل بارش‌های شدید، زلزله، اشـباع خـاک از آب و همچنـین علـل انسانی مانندعملیات نادرست مهندسی، بارگذاری و باربرداری از روی شیب، حفر پای شیب، تخریب پوشش گیاهی و غیره به وقوع می‌پیوندند. بزرگی آنها از حرکت‌های کوچک پیوسته همراه با خزش خاک تا لغزش‌های سریع و فاجعه بـار تغییـر می‌کند (بنت و دویلد ۱۳۸۰: ۱۳۷)*

**2-Glade**
**3- Larsen&Parkes**

Archive of SID

www.SID.ir

بررسی و مطالعه این گونه پدیده‌ها و شناسایی و ممیزی مناطق مستعد وقوع آنها، قبل از برنامه‌ریزی و سیاست‌گذاری در زمینه بهره‌برداری از این نواحی، بسیار کمتر از زیان‌های ناشی از وقوع آنها خواهد بود. در این راستا، پهنه‌بندی خطر حرکات توده‌ای، احتمال نسبی رویداد این پدیده را در یک منطقه، بر اساس ویژگی‌های محیطی خاص از آن ناحیه معین می‌کند *(گوزتی[1] و همکاران، ۱۹۹۹: ۱۸۴)*. از این طریق، سطح زمین به نواحی ویژه و مجزایی از درجات بالفعل یا بالقوه خطر (بسیارکم- بسیارزیاد) تقسیم می‌شود *(کرم و محمودی، ۱۳۸۴: ۲)*. روش‌ها و تکنیک‌های متعددی در زمینه پهنه‌بندی خطر حرکات توده‌ای وجود دارد.

روش‌های اولیه مانند متدهای مورد استفاده آنبالاگان،[2] پاچوری و پانت[3]، مجیا ناوارو[4]، به طور عمده بر اساس تحلیل همپوشانی نقشه‌های عامل، وزن‌دهی و ترکیب آن استوار است *(ززر[5] و همکاران، ۲۰۰۳: ۴۳۱)*. در سال‌های اخیر نیز، روش‌های آماری با استفاده از داده‌های سنجش از دور و سیستم اطلاعات جغرافیایی و ارایه مدل‌های کمی به کشف روابط بین وقوع حرکات توده‌ای متغیّرهای مورد نظر می‌پردازند *(دای ولی، [6] ۲۰۰۰: ۲۱۵)*. علی‌رغم سابقه‌ی طولانی این عرصه از پژوهش در کشورهای توسعه‌یافته، در کشور ایران، مطالعات انجام شده در این زمینه در مراحل اولیه بوده و شروع جدی آنها به دهه‌ی ۸۰-۱۳۷۰ بازمی‌گردد *(کرم و محمودی، ۱۳۸۴: ۲)* که حاصل آنها در قالب مجموعه مقالات *(مانند کمک‌پناه، ۱۳۷۳؛ حق‌شناس و همکاران، ۱۳۷۶)* منتشر شده‌اند.

در سال‌های اخیر، تحقیقات با ارزش در زمینه پهنه‌بندی خطر زمین‌لغزش بر اساس روش‌های آماری چند متغیّره با استفاده از داده‌های سنجش از دور و سیستم اطلاعات جغرافیایی مانند فیض‌نیا و همکاران *(۱۳۸۰)*، شیرانی و همکاران *(۱۳۸۴)* و غیره انجام شده است. با وجودی که مطالعات بنیادی باارزشی در زمینه‌ی ژئومورفولوژی توده کوهستانی سهند *(خیام، ۱۳۶۴)* و حوضه‌ی آبریز اوجان‌چای *(جنتی‌سراب، ۱۳۷۲)* انجام شده، ولی پژوهش حاضر به منظور ادامه‌ی روند اجرای پروژه‌های عمرانی توسعه و دستیابی به نتایج مطلوب در آینده، برای اولین بار به شناسایی و تعیین نواحی مستعد وقوع حرکات توده‌ای مواد در منطقه مورد مطالعه اقدام می‌نماید. در واقع، هدف این پژوهش، ترسیم و ارایه‌ی نقشه پهنه‌بندی خطر (با درجات مختلف) حرکات توده‌ای مواد و شناسایی نواحی بالفعل و بالقوه مستعد رویداد این پدیده در حوضه‌ی آبریز اوجان‌چای می‌باشد.

---

**1- Guzzetti**
**2- Anbalagan**
**3- Pachauri & Pant**
**4- Megia- Navarru**
**5- Zezzer**
**6- Dai &Lee**

Archive of SID

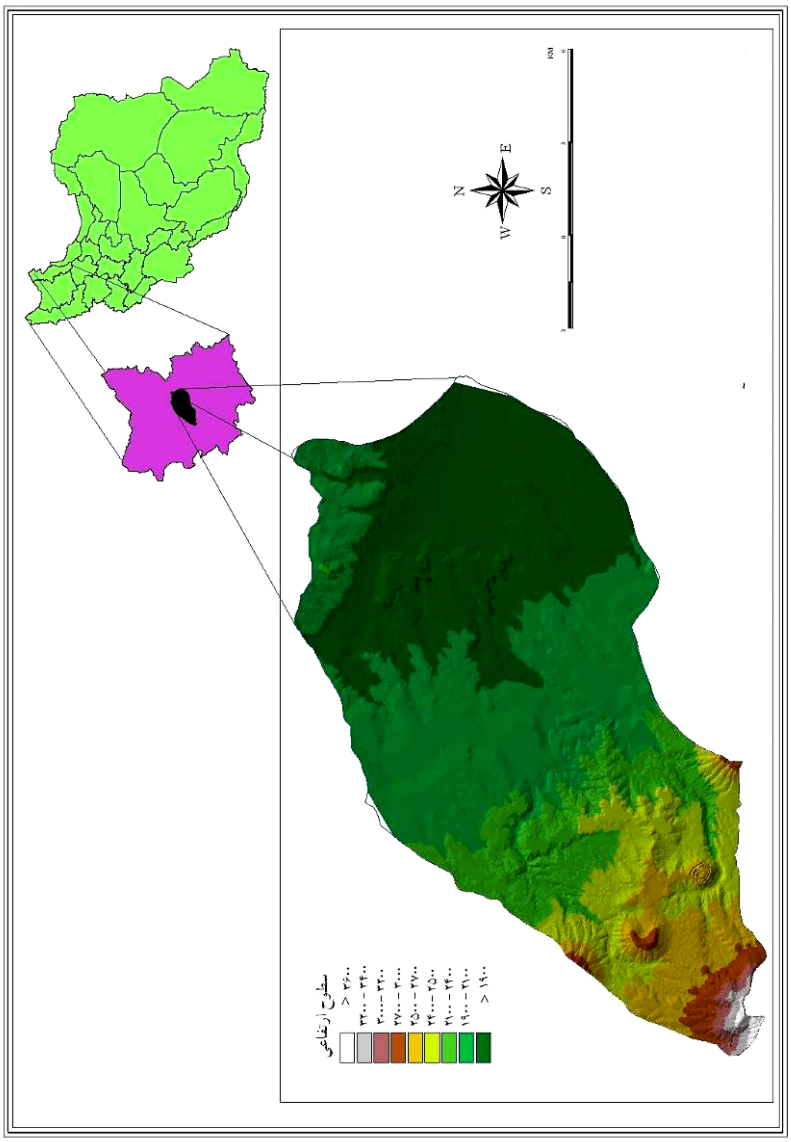
www.SID.ir

**مشخصات منطقه مورد مطالعه**

حوضه اوجان‌چای، یکی از حوضه‌های واگرای دامنه‌ی شمال شرقی توده‌ی کوهستانی سهند با مختصات‌جغرافیایی ً۳۰ َ۵۴ °۳۷-ً۲ َ۴۴ °۳۷ عرض‌شمالی و ً۴۰ َ۵۰ °۴۶ - ً۲۴ َ۳۱ °۴۶ طول شرقی می‌باشد (شکل ۱). این حوضه یکی از زیرحوضه‌های مهم آجی‌چای می‌باشد. اوجان‌چای با شاخه‌های فرعی صبری‌چای، آیقرچای و سران چای از قلل مرتفع سهند مانند بزداغ (۳۵۴۰ متر)، قباق داغ (۲۹۰۴ متر)، بیوک داغ (۲۹۶۵ متر)، چناق داغ (۲۷۷۲ متر)، آروانه داغ (۲۹۵۴ متر) و باش‌داغ از کوهستان شمال‌شرق، سرچشمه گرفته با عبور از تنگه بستان‌آباد به آجی‌چای می‌ریزد. قلل منفرد و ارتفاعات سهند از سنگ‌های آذرین میوسن (داسیت و آندزیت) تشکیل شده‌اند. سنگ‌های پیروکلاستیک به شعاع ده‌ها کیلومتر از مراکز آتشفشانی به طرف دشت‌های اطراف، بیشترین مساحت (۵۶٪)، واحدهای لیتولوژی را شامل می‌شوند. سنگ‌های آذرین ائوسن که در بخش میانی حوضه‌ی مورد مطالعه رخنمون دارند، نیز ۹٪ مساحت منطقه مورد مطالعه را در برمی‌گیرند. واحدهای اولیگوسن منطقه را توده‌های نفوذی دیوریت و مونزونیت تشکیل می‌دهند و ۵/۷٪ وسعت دارند. سنگ‌های رسوبی میوسن در شمال شرقی حوضه که در مجموع ۷٪ مساحت منطقه را در برگرفته‌اند، شامل مارن‌های گچ‌دار و ماسه‌سنگ و همچنین تشکیلات قرمز تحتانی (کنگلومرا، ماسه‌سنگ و سیلتستون) می‌باشند. رسوبات کواترنر شامل تراس‌های آبرفتی، آبرفت‌های بستر رودخانه، مخروط افکنه‌ها و غیره نیز، ۳/۳٪ مساحت حوضه آبریز اوجان‌چای را به خود اختصاص داده است (شکل ۲). در حدود ۵۷ مورد زمین‌لغزش در حوضه آبریز اوجان‌چای شناسایی شده‌اند (شکل۳) که فراوان‌ترین آنها از نوع سنگ ریزش، سنگ لغزش، ریزش واریزه‌ای (*Debris Fall*) و لغزش‌های چرخشی می‌باشند *(کرمی، ۱۳۸۵: ۱۸)*. به علت عملکرد گسل تبریز که امتداد شمال غرب جنوب شرق دارد، سنگ‌های رسوبی و تشکیلات قرمز تحتانی مربوط به میوسن در مجاورت سنگ‌های رسوبی و آتشفشانی متعلق به سیستم سهند قرار گرفته‌اند. مساحت این حوضه در حدود ۳۰۷ کیلومتر مربع است و دارای اقلیم نیمه‌خشک سرد می‌باشد که به سمت ارتفاعات به اقلیم نیمه‌مرطوب سرد تغییر می‌یابد.

Archive of SID

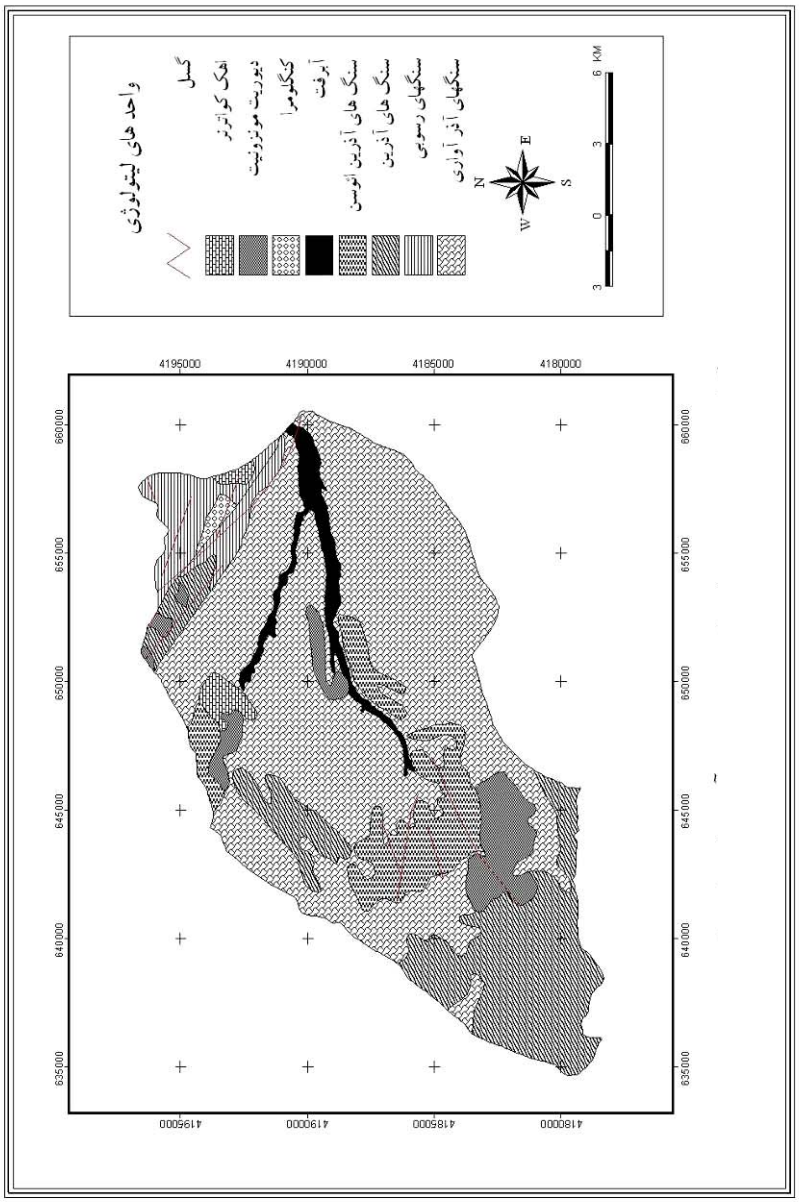
www.SID.ir




شکل ۱: نقشه موقعیت جغرافیایی حوضه آبریز اوجان چای در شمال شرقی توده کوهستانی سهند

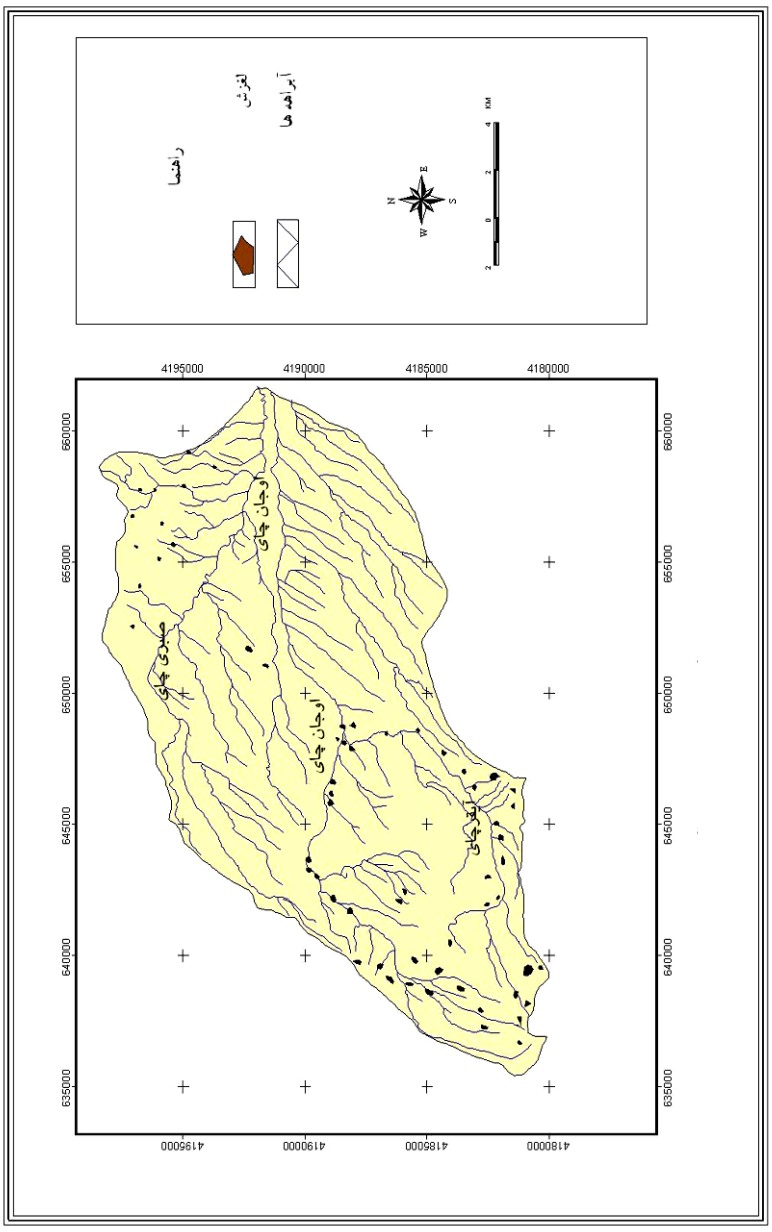


www.SID.ir




شکل ۲: نقشه لیتولوژی حوضه آبریز اوجان چای

www.SID.ir




شکل ۳: نقشه پراکنش زمین لغزش و شبکه آبراهه‌ای در حوضه آبریز اوجان چای

www.SID.ir

## مواد و روش پژوهش

در این پژوهش برای تعیین محدوده حوضه آبریز اوجان چای و شناسایی ویژگی‌های طبیعی آن، از نقشه‌های توپوگرافی ۵۰۰۰۰: ۱، نقشه زمین‌شناسی ۱۰۰۰۰۰: ۱ ناحیه و عکس‌های هوایی با مقیاس تقریبی ۵۰۰۰۰: ۱ و داده‌های رقومی تصاویر ماهواره‌ای سنجنده لندست *(ETM ،۲۰۰۲)* و اطلاعات اقلیمی ایستگاه‌های پیرامون حوضه استفاده شده است. در همین زمینه بر اساس بازدیدهای میدانی و بررسی نقشه‌های مذکور، عوامل مؤثر در وقوع این پدیده‌ها شناسایی شدند و به ایجاد بانک اطلاعاتی اولیه و تهیه نقشه‌های توپوگرافی، زمین‌شناسی، ژئومورفولوژی، اقلیم‌شناسی، پوشش گیاهی و کاربری زمین و هیدرولوژی اقدام شد. سپس ضمن تهیه نقشه‌ی پراکنش زمین‌لغزش‌ها، هر یک از نقشه‌های فوق به ترتیب به نقشه‌های معیار (شیب، فاصله از گسل، داده‌های لیتولوژی، واحدهای ژئومورفیک، متوسط بارش‌های سالانه، کاربری زمین، فاصله از جاده، فاصله از روستا یا شهر و فاصله از آبراهه) تبدیل شدند. برای ورود و ذخیره‌ی اطلاعات و واحدهای مزبور، سیستم اطلاعات جغرافیایی (GIS) مورد استفاده قرار گرفت. به این منظور از سه نرم‌افزار اصلی، اتوکدمپ[1] ۲۰۰۴، آرک ویو[2] و آرک جی. ای. اس[3] برای ورود، ذخیره و طراحی پایگاه اطلاعات جغرافیایی استفاده شد. مدل رقومی ارتفاع (DEM)[4] منطقه مورد مطالعه با استفاده از رقومی سازی منحنی میزان‌های نقشه‌های توپوگرافی منطقه در مقیاس ۵۰۰۰۰: ۱ و در محیط اتوکدمپ ۲۰۰۴ و درون‌یابی آن در محیط نرم‌افزار آرک ویو انجام شدند و پس از آن، نقشه‌های دسته‌بندی ارتفاعی و شیب دامنه‌ها تهیه شدند. سایر نقشه‌های عامل مورد نیاز، ابتدا به صورت فرمت وکتوری و سپس از طریق آرک ویو، وارد محیط (GIS) شدند، جهت انجام تحلیل‌ها فرمت آنها از وکتوری به Grid تبدیل شد. برای کلیه نقشه‌ها، سیستم مختصات واحد (UTM) انتخاب شدند. برای، تطبیق و تنظیم داده‌های گردآوردی شده (در قالب بانک اطلاعات اولیه) با واقعیات زمینی، بازدیدهای میدانی مکرر انجام شد.

در مرحله‌ی بعدی بر اساس روش شاخص وزنی به هر یک از متغیّرها و طبقات آنها، بر اساس تراکم طبیعی پدیده‌های مورد نظر (حرکات توده‌ای مواد) امتیاز داده شد. امتیازدهی (وزن‌دهی) بر اساس تأثیر بالقوه عاملی در وقوع حادثه مورد نظر داده می‌شود. پس از اینکه به لایه‌های موجود (نقشه‌های معیار)، بر اساس فرمول‌های ریاضی وزن داده شد، واحدها بر اساس ارزش‌گذاری شده و سپس با هم ترکیب می‌شوند. در این راستا، تراکم زمین‌لغزش‌ها در روی یک متغیّر، با ترکیب نقشه‌ی پراکندگی زمین‌لغزش‌ها با نقشه معیار (مثلاً واحدهای لیتولوژی) و استفاده از رابطه زیر محاسبه شد (جدول ۱).

---

**1- Auto/Cad map**
**2- Arc/View**
**3- Arc/GIS**
**4- Digital Elevation Model (DEM)**

Archive of SID

www.SID.ir

(معادله ۱): $D: 1000 \times Npix(sxi)/ Npix(xi)$

در این مطالعه اندازه هر پیکسل ۲۵ × ۲۵ متر است. در این رابطه:

D : تراکم لغزش هر متغیّر

Npix (sxi) : تعداد پیکسل‌های حرکات توده‌ای در داخل هر کلاس متغیّر

Npix (xi) : تعداد پیکسل‌های هر کلاس متغیّر می‌باشد.[1]

برای وزن‌دهی همانند سوزن و دویوران [2] (۲۰۰۴) و طبق رابطه زیر، به متغیّرها بر اساس جداول فراوانی پیکسل‌های کلاس متغیّرها و زمین‌لغزش‌ها، وزن اختصاص یافت. (معادله ۲).

$$W= 1000\times Npix(sxi) / Npix(xi)-1000\times\sum Npix(sxi)/\sum Npix(xi)$$

W وزن کلاس‌های متغیّرها

Npix (sxi) / pix (xi) : تراکم زمین‌لغزش‌ها در کلاس‌های متغیّرها

$\sum$ Npix (sxi) / $\sum$Npix (xi) : مجموع پیکسل‌های زمین‌لغزش‌ها بر مجموع پیکسل‌های کلاس‌های متغیّرها

در مرحله نهایی، با وارد نمودن مقادیر وزنی و تبدیل نقشه‌های معیار به نقشه‌های پارامتر وزنی و ترکیب آنها برای حوضه مورد مطالعه، نقشه‌ی پهنه‌بندی خطر حرکات توده‌ای، بر اساس سطوح فراوانی (۲۰، ۴۰، ۶۰، ۸۰، ۱۰۰ درصد) پیکسل‌ها و مقادیر W، در ۵ طبقه خطر (بسیار کم، کم، متوسط، زیاد و خیلی زیاد) ترسیم شد (شکل ۴).

برای تأیید صحت نقشه‌ی پهنه‌بندی خطر، پس از ترکیب نقشه پراکنش زمین لغزش‌ها و پهنه‌های مختلف خطر که موقعیت حرکات توده‌ای را در روی محدوده‌های مختلف خطر مشخص می‌نمایند، همانند گاویناو[3] و همکاران (۲۰۰۵) و آیالو[4] و همکاران (۲۰۰۵) با محاسبه Af٪ ، نواحی متأثر شده از زمین‌لغزش‌ها مورد ارزیابی قرار گرفت. Af میزان تأثیر پهنه‌های مختلف خطر را از وقوع زمین‌لغزش نشان می‌دهد (معادله ۳).

$$\%Af = 100(Afi/Asci)/\sum(Afi/Asci)$$

Af٪ : درصد نواحی متأثر از زمین‌لغزش در هر کلاس خطر

Asci : تعداد پیکسل‌های کلاس‌های خطر و Afi: تعداد پیکسل‌های حرکات توده‌ای در کلاس‌های خطر

---

*۱- از ترکیب نقشه پراکنش زمین‌لغزش و نقشه‌های معیار، جداولی استخراج می‌شوند که تعداد پیکسل‌های کلاس‌های هشت متغیّر (مثلاً تعداد پیکسل‌های واحدهای مختلف لیتولوژی) و تعداد پیکسل‌های حرکات توده‌ای در داخل هر کدام از کلاس‌های متغیّرها (مثلاً فراوانی پیکسل‌های زمین لغزش در هر کدام از واحدهای لیتولوژی) مشخص می‌شود (جدول ۱). این جداول برای محاسبه تراکم و وزن زمین‌لغزش‌ها مورد استفاده قرار می‌گیرند.*

**2- Suzen & Doyuran**
**3- Guinaw**
**4- Ayalew**

Archive of SID

www.SID.ir

## نتیجه‌گیری

بر اساس مشاهدات میدانی، ۵۷ مورد زمین‌لغزش متوسط تا بزرگ در حوضه‌ی آبریز اوجان‌چای شناسایی شدند (شکل ۳). تعدادی از آنها که در مورن‌های کناری و تحتانی ارتفاعات اتفاق افتاده‌اند. از زمین‌لغزش‌های قدیمی هستند و بخش‌هایی از آنها در حال حاضر فعال می‌باشد. جدول (۱) بطور نمونه محاسبه تراکم زمین‌لغزش‌ها را در واحدهای مختلف لیتولوژی و وزن مؤثر هر کدام از واحدهای لیتولوژی را در وقوع حرکات توده‌ای نشان می‌دهد.

**جدول ۱: محاسبه تراکم زمین‌لغزش و وزن‌دهی متغیّر واحدهای لیتولوژی در حوضه آبریز اوجان‌چای**

| ID | Lith | Npxi (xi) | Npxi (sxi) | D | W |
|---|---|---|---|---|---|
| ۱ | رسوبات کواترنری | ۱۶۱۶۶ | ۵۶۱ | ۳۴/۷ | ۲۹/۳۵ |
| ۲ | کنگلومرا | ۲۳۱۷ | ۵۲ | ۲۲/۴۴ | ۱۷/۱ |
| ۳ | سنگ‌های آذرین | ۸۹۷۷۰ | ۱۲۶۳ | ۱۴/۰۶ | ۸/۷۲ |
| ۴ | سنگ‌های رسوبی | ۱۷۰۴۱ | ۷۳ | ۴/۲۵ | -۱/۰۶ |
| ۵ | آهک کواترنر | ۱۴۸۰۸ | ۵۲ | ۳/۵۱ | -۱/۸۳ |
| ۶ | آذرین ائوسن | ۴۴۵۹۶ | ۱۲۹ | ۲/۸۹ | -۲/۴۵ |
| ۷ | ولکانوسدیمانتر | ۲۷۸۳۹۵ | ۴۷۷ | ۱/۷۱ | -۳/۶۳ |
| ۸ | دیوریت و مونزونیت | ۲۸۳۶۰ | ۱۹ | ۰/۶۶ | -۴/۶۷ |

جداول (۲ و ۳) نتیجه محاسبه تراکم زمین‌لغزش‌ها در کلاس‌های مختلف هشت متغیّر انتخابی و وزن آنها می‌باشد. بر اساس این جداول حداکثر تراکم زمین لغزش‌ها و وزن متغیّرها در حوضه آبریز اوجان چای در شیب‌های ۴۵-۳۰ درصد، رسوبات آبرفتی کواترنر، کنگلومرا، سنگ‌های آذرین میوپلیوسن، بارش‌های بیش از ۴۰۰ میلیمتر، ۵۰۰ متری آبادی‌ها و نواحی کشت آبی حاشیه رودخانه‌ها می‌باشد. بازدیدهای میدانی نیز موارد فوق را تأیید می‌کنند.

جدول (۴) نشان می‌دهد که در حدود ۶۱ درصد مساحت حوضه آبریز اوجان‌چای در محدوده خطر بسیار کم تا کم قرار دارد. ۲۸/۶ درصد در پهنه با خطر متوسط و ۱۰/۵ در نواحی با خطر زیاد و بسیار زیاد قرار دارند (شکل ۴). با محاسبه Af٪ صحت نقشه پهنه‌بندی خطر حرکات توده‌ای تأیید شد (جدول ۴) و معلوم شد پهنه‌های با خطر خیلی زیاد، ۵۱ درصد و محدوده‌های با خطر زیاد، ۲۲ درصد از وقوع زمین‌لغزش‌ها متأثر شده‌اند. در حالی که وقوع حرکات توده‌ای در حدود ۱۸ درصد مساحت نواحی با خطر متوسط را متأثر ساخته‌اند و ۹ درصد طبقات با خطر کم تا بسیار کم در معرض زمین‌لغزش قرار دارند. با بررسی ۵۷ مورد زمین‌لغزش متوسط تا بزرگ در مناطق مختلف حوضه اوجان‌چای و نقشه پهنه‌بندی خطر حرکات توده‌ای مواد دامنه‌ای در این حوضه، مشخص شد عوامل طبیعی و انسانی متعددی در وقوع زمین‌لغزش‌ها نقش دارند. در این حوضه، لیتولوژی از پارامترهای مهم توزیع مکانی زمین‌لغزش‌ها می‌باشد. تراکم حرکات توده‌ای به ترتیب بر روی آبرفت‌های کواترنر، تشکیلات قرمز تحتانی (کنگلومرا، ماسه‌سنگ و غیره) و سنگ‌های آذرین میوپلیوسن زیاد است.

Archive of SID

www.SID.ir

جدول ۲: تراکم زمین لغزش‌ها در کلاس‌هاس مختلف متغیرهای مورد نظر در وقوع زمین‌لغزش‌های حوضه آبریز اوجان چای

| کلاس متغیر شیب | تراکم | کلاس متغیر لیتولوژی | تراکم | فاصله از آبراهه (متر) | تراکم | کلاس بارش‌های سالانه | تراکم | فاصله ازآبادی (متر) | تراکم | کلاس‌های فاصله از جاده (متر) | تراکم | کلاس‌های فاصله از گسل (متر) | تراکم | کلاس‌های متغیر کاربری زمین | تراکم |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| <۱۵ | ۲/۲۵ | رسوبات آبرفتی | ۲۴/۷ | <۱۰۰ | ۶/۹۶ | ۲۴۴-۲۸۴ | ۲/۹۷ | <۵۰۰ | ۱۴/۳۹ | <۵۰ | ۴/۰۹ | <۵۰۰ | -۰/۰۱ | بروزندهای سنگی | ۴/۱۶ |
| ۱۵-۳۰ | ۱۲/۲۶ | کنگلومرا | ۲۲/۴ | ۲۰۰ | ۴/۹۶ | ۲۸۴-۳۲۴ | ۴/۸۹ | ۱۰۰۰ | ۵/۳۷ | ۱۰۰ | ۴/۲۵ | ۱۰۰۰ | ۰/۸۳ | کشت دیم | ۵/۱۱ |
| ۳۰-۴۵ | ۲۱/۴۵ | سنگ‌های آذرین | ۱۴/۶۰ | ۳۰۰ | ۴/۲۷ | ۳۲۴-۳۶۴ | ۳/۹ | ۱۵۰۰ | ۴/۰۴ | ۱۵۰ | ۳/۶۸ | ۱۵۰۰ | ۰/۵۷ | مراتع | ۴/۸۵ |
| ۴۵-۶۰ | ۱۲/۷۷ | سنگ‌های رسوبی | ۷/۷۵ | ۴۰۰ | ۵/۱۷ | ۳۶۴-۴۰۴ | ۱۲/۸۹ | ۲۰۰۰ | ۳/۱۵ | ۲۰۰ | ۳/۰۵ | ۲۰۰۰ | ۱/۳۲ | مرتع متوسط | ۵/۸۹ |
| >۶۰ | ۰ | آهک کواترنر | ۳/۵۱ | >۵۰۰ | ۴/۵۶ | ۴۰۴-۴۴۴ | ۲۸/۰۱ | >۲۵۰۰ | ۲/۶۴ | >۲۵۰ | ۲/۳۲ | >۲۵۰۰ | -۲/۱۵ | کشت آبی | ۲/۱۳ |
| | | آذرین الوسن ولکانوسدیمانتر | ۲/۸۹ | | | | | | | | | | | دیواره رودخانه | |
| | | دیورنیت‌ومونزونیت | ۱/۷۱ | | | | | | | | | | | | |
| | | | ۰/۶۶ | | | | | | | | | | | | |

جدول ۳: وزن کلاس‌هاس مختلف متغیرهای مورد نظر در وقوع زمین‌لغزش‌های حوضه آبریز اوجان‌چای

| کلاس متغیر شیب | تراکم | کلاس متغیر لیتولوژی | تراکم | فاصله از آبراهه (متر) | تراکم | کلاس بارش‌های سالانه | تراکم | فاصله ازآبادی (متر) | تراکم | کلاس‌های فاصله از جاده (متر) | تراکم | کلاس‌های فاصله از گسل (متر) | تراکم | کلاس‌های متغیر کاربری زمین | تراکم |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| <۱۵ | -۲/۲۲ | رسوبات آبرفتی | ۲۹/۳۵ | <۱۰۰ | ۱/۵۶ | ۲۴۴-۲۸۴ | -۱/۴۷ | <۵۰۰ | ۱۰/۲۳ | <۵۰ | ۰/۶ | <۵۰۰ | -۰/۰۱ | بروزندهای سنگی | ۴/۱۹ |
| ۱۵-۳۰ | ۶/۷۸ | کنگلومرا | ۱۷/۱ | ۲۰۰ | -۰/۴۲ | ۲۸۴-۳۲۴ | ۰/۵۸ | ۱۰۰۰ | ۱/۳۱ | ۱۰۰ | ۰/۷۶ | ۱۰۰۰ | ۰/۸۳ | کشت دیم | ۱/۶۱ |
| ۳۰-۴۵ | ۱۵/۹۸ | سنگ‌های آذرین | ۸/۷۲ | ۳۰۰ | -۱/۱۲ | ۳۲۴-۳۶۴ | -۱/۵۵ | ۱۵۰۰ | -۰/۰۲ | ۱۵۰ | ۰/۱۲ | ۱۵۰۰ | ۰/۵۷ | مراتع | -۰۴۳ |
| ۴۵-۶۰ | ۷/۳۰ | سنگ‌های رسوبی | ۳/۴ | ۴۰۰ | -۰/۲۲ | ۳۶۴-۴۰۴ | ۷/۴۴ | ۲۰۰۰ | -۰/۹۱ | ۲۰۰ | -۰/۴۴ | ۲۰۰۰ | ۱/۳۲ | مرتع متوسط | ۱/۴۴ |
| >۶۰ | -۵/۴۷ | آهک کواترنر | -۱/۸۳ | >۵۰۰ | ۰/۸۳ | ۴۰۴-۴۴۴ | ۲۲/۵۶ | >۲۵۰۰ | -۱/۴۲ | >۲۵۰ | -۱/۱۷ | >۲۵۰۰ | -۲/۱۵ | کشت آبی | ۲/۰۳ |
| | | آذرین الوسن ولکانوسدیمانتر | -۲/۴۵ | | | | | | | | | | | دیواره رودخانه | ۷/۲۱ |
| | | دیورنیت‌ومونزونیت | -۲/۶۳ | | | | | | | | | | | | |
| | | | -۴/۶۷ | | | | | | | | | | | | |

www.SID.ir

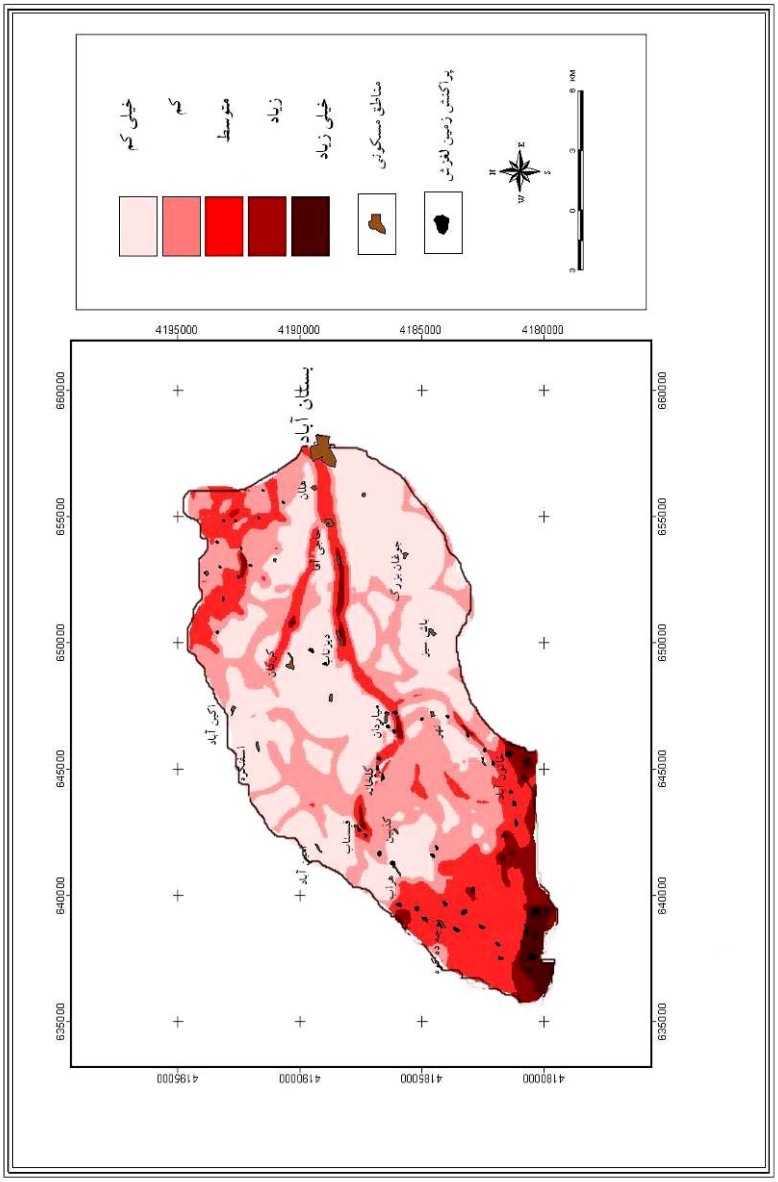
**جدول ۴: طبقات خطر پهنه‌بندی زمین‌لغزش در حوضه آبریز اوجان‌چای**

| طبقات خطر | مقادیر W | درصد مساحت | تعداد پیکسل‌های زمین‌لغزش در هر کلاس خطر | تعداد پیکسل‌های کلاس‌های خطر | تراکم | Af % |
|---|---|---|---|---|---|---|
| خیلی کم | <-۳ | ۲۵/۴ | ۲۳۰ | ۳۱۰۲۸ | ۰/۷۴۱ | ۳/۷۷ |
| کم | -۳-۱۴ | ۳۵/۵ | ۴۷۸ | ۴۳۲۶۱ | ۱/۱۱ | ۵/۶۶ |
| متوسط | ۱۴-۳۱ | ۲۸/۶ | ۱۲۲۷ | ۳۴۸۴۶ | ۳/۵۲ | ۱۷/۹۵ |
| زیاد | ۳۱-۴۸ | ۸/۳۵ | ۴۳۸ | ۱۰۰۴۴ | ۴/۳۶ | ۲۲/۲۴ |
| خیلی زیاد | >۴۸ | ۲/۱۵ | ۲۶۲ | ۲۶۱۸ | ۱۰ | ۵۱/۰۲ |

وجود این واحدها در حوضه مورد مطالعه سبب بروز انواع حرکات توده‌ای شده است. بیشترین زمین‌لغزش‌ها در امتداد دره‌های عمیق اوجان‌چای و آیقرچای روی مواد دامنه‌ای دیده می‌شوند. وجود مواد سست و منفصل دارای ذراتی با ابعاد متفاوت، در تراس‌های آبرفتی و دشت‌های سیلابی اطراف رودخانه، پتانسیل حرکات توده‌ای را در این نواحی افزایش داده و موجب بروز تعداد زیادی از زمین‌لغزش‌ها در کناره و دیواره دره‌ها شده است. واحد کوهستان جنوب غرب (بزداغ و آروانه داغ) با گدازه‌های داسیتی، ریوداسیتی و برش‌های آندزیتی میوپلیوسن با فراوانی زیاد حرکات توده‌ای، بیشترین مساحت پهنه‌های با خطر زیاد و بسیار زیاد را به خود اختصاص داده است. اغلب در این واحد تحت تأثیر پدیده یخ شکافتی(Cryoclastism) برونزدهای سنگی به صورت ماکروژلیو تخریب شده و با سقوط با پایکوه، بلوک‌های سنگی و قطعه‌سنگ‌های زاویه‌دار به ابعاد متوسط تا بزرگ بر روی دامنه‌ها مستقر شده‌اند. واحد کوهستانی باش داغ در شمال شرقی حوضه اوجان‌چای، متشکل از مارن‌های گچدار و ماسه‌سنگ که بر روی کنگلومرا، ماسه‌سنگ و سیلستون(تشکیلات قرمز تحتانی) قرار گرفته‌اند، دارای پهنه‌های خطر زیاد- متوسط از نظر وقوع حرکات توده‌ای می‌باشند. در این نواحی به علت استعداد زیاد سازندها به ناپایداری، در هنگام ذوب برق و بارش‌های بهاری، با اشباع مواد دامنه‌ای از آب، لغزش‌های چرخشی اتفاق می‌افتد. تراکم زمین‌لغزش با افزایش میزان بارندگی نیز زیاد می‌شود (جدول ۲) . اما در بارش‌های بیش از ۴۰۰ میلی‌متر، تأثیر نزولات جوی در وقوع حرکات توده‌ای مواد افزایش می‌یابد. در حوضه اوجان‌چای، ریزش باران‌های شدید و رگباری عامل به وجود آورنده‌ی سیلاب‌ها می‌باشد. سیلاب‌ها با تر و خشک کردن متوالی دیوار دره‌ها، موجب کاهش استحکام دامنه‌های حاشیه بستر شده و گاهی با زیربری دامنه به ریزش و لغزش ناگهانی کناری دره منجر می‌شوند. از آنجایی که آبراهه‌های آبرفتی از مواد رسوبی فرسایش‌پذیر تشکیل شده‌اند و فشارهای وارده از نیروی جریان آب، بیش از مقاومت رسوب‌های آبرفتی است، بنابراین، وقوع لغزش‌های دره‌ای در نزدیکی و محل الحاق آبراهه‌های اصلی دره‌های اوجان‌چای و آیقرچای امری متداول می‌باشد. به این دلیل، تعدادی از روستاهای واقع در این دره‌ها در معرض خطر قرار دارند. برای مثال، وقوع انواع زمین‌لغزش‌ها، مساکن، زمین‌های زراعی و باغات روستاهای میاردان، قیسناب و گله خانه را تخریب می‌نماید (شکل ۵ و ۶).

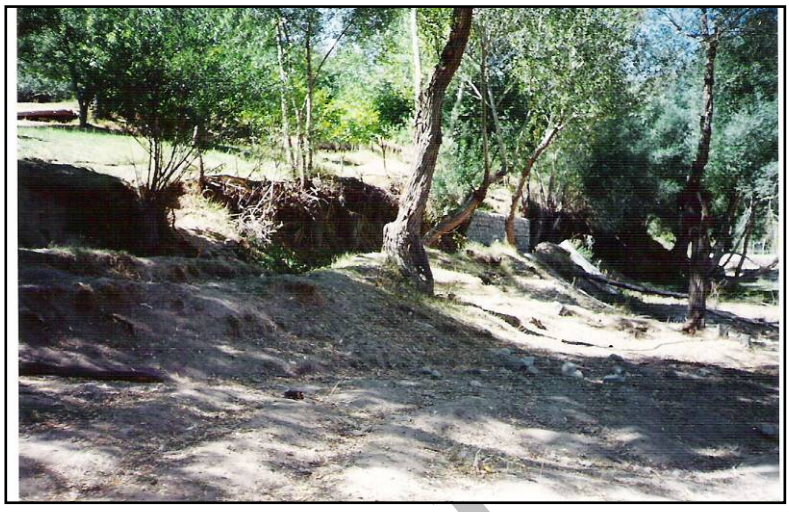
Archive of SID

www.SID.ir




شکل ۴ : نقشه پهنه‌بندی خطر حرکات توده‌ای در حوضه آبریز اوجان‌چای

www.SID.ir



**شکل ۵: وقوع لغزش در باغات روستای میاردان در دره اوجان چای (کرمی، ۱۳۸۴)**

**شکل ۶: تهدید مساکن روستای قیسناب به وسیله‌ی لغزش در دره اوجان چای (کرمی، ۱۳۸۴)**

www.SID.ir

در حوضه آبریز اوجان‌چاي، دامنه‌هاي با شيب نسبتاً زياد (۴۵-۳۰) كه با ديواره‌ي دره‌هاي عميق و صخره‌هاي سنگي ارتفاعات منطبق هستند، در وقوع حركات دامنه‌اي نقش عمده‌اي ايفا مي‌كنند (جدول ۳). بطوريكه، نواحي كوهستاني غرب و جنوب غرب با ارتفاع نسبي زياد و شيب‌هاي تند، به طور مستعد وقوع پديده‌هاي سنگ ريزش، واژگوني، سنگ‌لغزش و غيره مي‌باشد. در حالي كه واريزه‌هاي حاصل از آنها، باعث ايجاد جريان‌هاي واريزه‌اي مي‌شوند. همچنين دامنه‌ي نسبتاً شيب‌دار و پرشيب دره‌هاي عميق كه از مواد دامنه‌اي، خاك و ساير سازندهاي سطحي تشكيل شده‌اند، با فراهم شدن ساير شرايط براي وقوع پديده‌هايي مانند لغزش‌هاي چرخشي، جريان خاك و غيره مستعد هستند.

علاوه بر عوامل طبیعی، فعالیت‌های زراعی- دامی و اجرایی انسان از دیگر عوامل تشدیدکننده ناپایداری شیب‌های دره‌های اوجان چای می‌باشد. بطوری‌که با نزدیک شدن به آبادی‌ها، تراکم وقوع حرکات توده‌ای افزایش می‌یابد (جدول ۲) تغییر کاربری اراضی از مراتع به زمین‌های کشت شده تا ارتفاعات فوقانی و قطع پوشش درختی کف دره‌های بزرگ و تبدیل آنها به اراضی زراعی، انحراف آبراهه‌ها برای آبیاری نواحی کشت شده، سبب شده‌اند روستاهای واقع در دره‌های اوجان‌چای و امتداد آیقرچای مانند دیزناب و خاتون آباد شدیداً در معرض خطر قرار گیرند. گسترش و توسعه‌ی شهرها و روستاها و اجرای پروژه‌های عمرانی مانند احداث شبکه‌های ارتباطی، کانال‌کشی، احداث خطوط انتقال نیرو، ساخت مساکن و غیره، بر روی سازندهای مستعد ناپایداری، مسایل متعددی را از نظر وقوع زمین‌لغزش‌ها در پی داشته است.

## نتیجه‌گیری

بر اساس این مطالعه، در حدود ۳۹ درصد حوضه‌ی آبریز اوجان چای از نظر وقوع حرکات توده‌ای در پهنه‌های با خطر بسیار زیاد و زیاد و متوسط قرار دارد. این پهنه‌ها شامل ارتفاعات حوضه به ویژه دامنه‌ی شمالی سهند و همچنین دره‌های اوجان‌چای می‌باشند. سطح فلات و دشت بستان‌آباد نیز با ۶۱٪ مساحت حوضه مورد مطالعه از نظر وقوع حرکات توده‌ای، درجات بسیار کم تا کم را به خود اختصاص داده‌اند. روستاهای آناخاتون، میاردان، قیسناب، نوجه ده‌کوه، هراب و گله‌خانه از نظر وقوع حرکات توده‌ای مواد دارای خطرهای متوسط به بالا هستند و پدیده‌های مزبور به مساکن،راهها، زمین‌های زراعی و باغات این روستاها خسارت‌های هنگفتی وارد می‌سازد.

در این بررسی، بخش‌هایی از دره اصلی اوجان، جز نواحی با خطر زیاد و متوسط مشخص شده‌اند ولی باستثنای لغزش‌های سطحی کوچک و خاکروانه‌های کوچک (Earth flow) در این

Archive of SID

www.SID.ir

نواحی، زمین‌لغزش عمده‌ای مشاهده نمی‌شود. این مناطق نشانگر پهنه‌های مستعد با توان بالقوه زیاد از نظر وقوع حرکات توده‌ای می‌باشند. در واقع، پهنه‌های باخطر زیاد تا متوسط بدون زمین‌لغزش نواحی بالقوه مستعد زمین‌لغزش را نشان می‌دهند. هرگونه فعالیت‌های زراعی- دامی و عمرانی در این نواحی بدون آگاهی و توجه به دینامیک محیط طبیعی به تخریب محیط منجر خواهد شد.

به این ترتیب، در اجرای طرح‌های عمرانی و توسعه (احداث راه) و یا در گردشگری (تأسیسات تفریحات زمستانی مانند پیست اسکی، تله‌کابین و غیره)، در ارتفاعات توده کوهستانی سهند، توجه به توان بالقوه بالا و بسیار بالای وقوع حرکات توده‌ای مواد ضروری می‌نماید. برای مثال مسدود شدن جاده جدیدالاحداث بین روستاهای هراب- نوجه ده کوه، در اثر گسیختگی‌های دامنه‌ای و انباشت مواد بعد از هر بارندگی، یکی از موارد عدم توجه به توان بالقوه این ناحیه از نظر وقوع زمین‌لغزش‌ها می‌باشد.

Archive of SID

www.SID.ir

## منابع و مآخذ


۱- احمدی، حسن؛ طالب، علی (۱۳۸۰): *بررسی عوامل مؤثر در ایجاد حرکت‌های توده‌ای (منطقه اردبیل استان چهارمحال و بختیاری)*. مجله منابع طبیعی ایران. جلد۴. شماره ۴.

۲- بنت، متیو آر؛ دویل، پیتر (۱۳۸۰): *زمین‌شناسی زیست‌محیطی*. ترجمه احمد هرمزی. مرکز نشر دانشگاه تهران.

۳- حق‌شناس، ابراهیم (۱۳۷۶): *مجموعه مقالات دومین‌سمینار زمین‌لغزه و کاهش خسارت‌های آن*. انتشارات مؤسسه بین‌المللی زلزله‌شناسی و مهندسی تهران.

۴- خیام، مقصود (۱۳۶۹): *سهند، آتشفشان پلیوپلیوستن و تحول ژئومورفولوژیکی آن در کواترنر*. مجله دانشکده ادبیات و علوم انسانی مشهد. سال اول و دوم.

۵- رجائی، عبدالحیمد (۱۳۸۲): *کاربرد جغرافیای طبیعی در برنامه‌ریزی شهری و روستایی*. نشر قومس.

۶- شیرانی، کوروش و همکاران (۱۳۸۴): *بررسی عوامل مؤثر در زمین‌لغزش با استفاده از روش متغیّر مجازی در تحلیل‌های آماری چندمتغیّره (حوضه کارون جنوبی)*. مجموعه مقالات کنفرانس بلایای طبیعی و مخاطرات ژئومورفولوژیک، دانشگاه تبریز.

۷- فیض‌نیا، سادات؛ احمدی، حسن؛ حسن‌زاده، محمد (۱۳۸۰): *پهنه‌بندی خطر زمین‌لغزش حوضه‌ی آبخیز شلمانرود در استان گیلان*. مجله منابع طبیعی ایران. جلد ۵۴. شماره ۴.

۸- کرم، عبدالامیر، فرجا... محمودی (۱۳۸۴): *مدل‌سازی و پهنه‌بندی خطر زمین‌لغزش‌ها در زاگرس چین‌خورده (حوضه آبریز سرخون استان چهارمحال و بختیاری)*. پژوهش‌های جغرافیایی.

۹- کرمی، فریبا (۱۳۸۵): *ارزیابی و پهنه‌بندی خطرحرکات توده‌ای در حوضه آبریز اوجان‌چای*. گزارش نهایی طرح تحقیقاتی. دانشگاه تبریز.

۱۰- کمک‌پناه، علی (۱۳۷۳): *مجموعه مقالات اولین کارگاه تخصصی بررسی راهبردهای کاهش خسارات زمین‌لغزه در کشور*. انتشارات مؤسسه بین‌المللی زلزله و مهندسی زلزله تهران.

11- Alcantara-Ayala,I(2002): Geomorphology, natural hazards, vulnerability and prevention of natural disaster in developing countries, Geomorphology, Vol.47:107-124.

12- Ayalew,L.yamagishi, H. Marui,H and kanno,T (2005): Landslides in Sado Island of Japan:Part II.GIS- based Susceptibility mapping with comparisons of results from two methods and verifications. Engineering Geology.81:432-445.

13- Crozier,M,J., and T, Glade(1999):Frequency and magnitude of landsliding: Fundamental Research Issues.Zeitchrift fur geomorphologie, Supplement, 115:141-155.


Archive of SID

www.SID.ir

14- Dai, F.C., and lee, C.F(2000):Landslide characteristics and slope instability modeling using GIS, Hong kong. Geomorphology.,Vol:42(213-228).
15- Frattini,P., and et al.(2004): Shallow Landslides in pryoclastic soils: A distributed modeling approach for hazard assessment. Engineering Geology, 73:277- 295.
16- Glade,T(2003): Vulnerability assessment in landslide risk analysis. DIE ERDE. 134:123 – 146.
17- Guinau, M.Pallás,R. Vilaplana,J (2005): A feasible methodology countries : A case-study of NW Nicaragua after Hurricane Mitch ,Engineering Geology, No. 80:316-327.
18- Guzzetti,F., Carrara,A., Cardinali,M., and Reichenbach,P(1999): Landslide hazard evaluation: A review of current techniques and their application in a multiscale study,Central Italy.Geomorphology,Vol.31:181-216.
19- Larsen,M.G. and J.E(1997): How wide is a road? The association of roads and mass wasting in a forested mountaion,Ear. Sur.Pro.and Landforms, Vol: 22. 835-845.
20- Mejia– Navarro, M., Wohl, E.E (1994): Geological hazard and risk evaluation using GIS: Methodology and model applied to Medellin, Colonbia, Bulltein of the Association of Engineering Geologists. No.4:459-481.
21- Suzen,M.L. and Doyuran, V(2004): Data driven bivariate landslide susceptibility assessment using geographical information system: a method and application to Asarsuyu catchment, Turkey.Engineering Geology, Vol: 71, 303-321.
22- Zezer,J.L and et al.(1999): The role of conditioning and triggering factors in the occurrence of landslides: a case study in the eara north of Lisbon. Geomorphology.Vol:30.133-149.

Archive of SID

www.SID.ir