

شناسایی و طبقه بندی انواع زمین لغزش با استفاده از ویژگی های طیفی و مکانی با رویکرد روش شیء گرا (نصیر آباد تا سد ستار خان اهر)

موسی عابدینی^۱
شهرام روستایی^۲
محمدحسین فتاحی^۳

چکیده

تشخیص و طبقه بندی زمین لغزش ها یک نیاز حیاتی در تجزیه و تحلیل خطر قبل و بعد از وقوع فاجعه است. و در درجه اول از طریق نقشه برداری زمینی یا تفسیر سستی تصاویر انجام می گردد. در این مقاله به شناسایی و طبقه بندی انواع زمین لغزش با رویکرد روش شیء گرا، پرداخته شده است. داده های مورد استفاده در این پژوهش شامل تصاویر رنگی کاذب مستخرج از داده های ماهواره Resourcesat-1 با قدرت تفکیک مکانی ۵.۸ متر و مدل ارتفاع رقومی با قدرت تفکیک ۱۰ متری حاصل از تصاویر ۲.۵ متری ماهواره Cartosat-1 استفاده گردیده است. این روش برای قسمت شمال غرب حوضه آبریز به کار گرفته شد و پس از آن بدون اصلاحات بیشتر در قسمت های شرقی حوضه مورد استفاده واقع شد از این بین ۷۰ درصد زمین لغزش ها برای اجرای مدل و ۳۰ درصد دیگر برای اعتبارسنجی به کار رفته است. با توجه به نتایج بدست آمده ۳۴/۰۲ درصد از اراضی محدوده مورد مطالعه به عنوان منطقه ای با پتانسیل خیلی زیاد و زیاد برای وقوع زمین لغزش در نظر گرفته شده اند. همچنین، درصد قابل توجهی از زمین لغزش ها در طبقه با حساسیت زیاد و خیلی زیاد (۵۷/۰۵) قرار دارند. در مجموع سه نوع لغزش با استفاده از این روش با دقت

۱- استاد گروه جغرافیای طبیعی، دانشگاه محقق اردبیلی، اردبیل، ایران (نویسنده مسئول) Email: abedini@uma.ac.ir

۲- استاد گروه جغرافیای طبیعی، دانشگاه تبریز، تبریز، ایران

۳- دانشجوی دکتری ژئومورفولوژی، دانشگاه محقق اردبیلی، اردبیل، ایران

شناسایی ۷۱.۱۱٪ و دقت کلاس بندی ۹۱.۴٪ تشخیص داده شده است. لذا می‌توان گفت دقت مدل‌های بکار رفته در پهنه‌بندی حساسیت وقوع زمین‌لغزش قابل قبول و خوب است.

واژگان کلیدی: زمین لغزش، روش شیء‌گرا، شناسایی، قطعه بندی، ماهواره IRS.

مقدمه

حرکات توده‌ای، از جمله پدیده‌های مورفودینامیک هستند که تحت تأثیر عوامل مختلفی در سطح دامنه‌های مناطق کوهستانی به وقوع می‌پیوندد و مهم‌ترین آنها زمین‌لغزش در اشکال مختلف است (عابدینی و فتحی، ۱۳۹۳: ۷۲). مخاطرات ناشی از انواع فرمهای زمین-لغزش همه ساله منجر به خسارتهای جانی و مالی در سراسر جهان می‌شود (عابدینی و طولابی^۱، ۲۰۱۸). با توجه به گزارش‌های اخیر جهانی، حدود چهار میلیون نفر در سال ۲۰۰۶ تحت تأثیر زمین لغزش قرار گرفتند. خطر زمین لغزش و مدیریت ریسک با تشخیص زمین لغزش و نقشه برداری آغاز می‌شود که به عنوان پایه و اساس تشخیص وقوع مکانی و زمانی می‌باشد (بیراردینونی^۲ و همکاران، ۲۰۰۳؛ گورتی^۳ و همکاران، ۲۰۰۰). تشخیص زمین‌لغزش شامل شناخت و طبقه‌بندی اغلب با استفاده از طبقه بندی سیستماتیک از لغزش بر اساس نوع مواد و نوع حرکت انجام می‌گیرد (وارنز^۴، ۱۹۷۸؛ مانتوانی^۵ و همکاران، ۱۹۹۶). امروزه داده‌های ماهواره‌ای به طور فزاینده‌ای برای مطالعه زمین‌لغزش‌ها، با روش‌های خودکار که بهتر از روش‌های دستی می‌باشند. لذا برای به دست آوردن نتایج سریع‌تر در یک منطقه وسیع، استفاده از خواص طیفی، مکانی، مورفومتریک و بافت اشیاء، برای حصول نتایج بهتر، ضروری است (بارلو^۶، ۲۰۰۶؛ بورگایس^۷ و همکاران، ۲۰۰۷). ویژگی جامع زمین‌لغزش‌ها از منظر تشخیص خودکار برای استخراج نتایج سریع و دقیق به تصمیم‌گیرندگان در اجرای

¹ - Abedini & Tulabi

² - Brardinoni et al

³ - Guzzetti et al Brardinoni et al

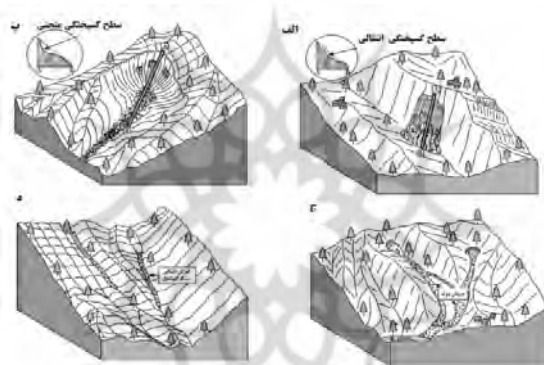
⁴ - Varnes et al

⁵ - Mantovani et al

⁶ - Barlow et al

⁷ - Borghuis et al

استراتژی مدیریت بحران بسیار حیاتی می باشد. تا به امروز، تفسیر عکس های هوایی، همراه با تحقیقات میدانی، از منابع اصلی برای تعیین لغزش ها بر روی نقشه ها بوده است (ون وستون^۱ و همکاران، ۲۰۰۳). دیگر روش های سنجش از دور شناسایی زمین لغزش (هر چند نادر) شامل تصاویر کمکی لیدار و نیز داده های راداریو مدل های ارتفاعی زمین می باشند (سینگوری^۲ و همکاران، ۱۹۹۸؛ ون دن دن^۳ و همکاران، ۲۰۰۷). طبقه بندی وارنز، شامل انواع افتان ها، لغزش ها، واژگونی ها و جریانات هستند. طبقه بندی پیشنهاد شده توسط وارنز، در اصل یک روش پایه است (شکل ۱).



شکل ۱. بلوک نمودار شماتیک از انواع لغزش؛ الف) لغزش انتقالی سنگ ب) لغزش چرخشی سنگ ج) جریان مواد د) لغزش انتقالی سنگ کم عمق لغزش مواد به طود جداگانه نشان داده نشده است چون دارای ویژگی های مشابه با جریان مواد است

بروتیس^۴ و همکاران (۲۰۰۷)، نشان دادند که چگونه طبقه بندی نظارت نشده می تواند ۶۳٪ از زمین لغزش ها را به صورت شناسایی بصری تشخیص دهد. مارتا^۵ و همکاران (۲۰۱۲)، هوبلینگ^۶ و همکاران (۲۰۱۵)، در پژوهش های جداگانه اقدام به استفاده از پردازش پردازش شیء گرا جهت شناسایی و کلاس بندی زمین لغزش ها نموده اند. به علاوه عابدینی و

¹ - Van Westen et al

² - Singhroy

³ - Van Den Eeckhaut

⁴ - Borghuis et al

⁵ - Martha et al

⁶ - Hobling et al

ستایش‌نسر (۱۳۹۳) و عابدینی و قاسمیان (۱۳۹۴) در مورد پهنه‌بندی خطر وقوع زمین‌لغزش با استفاده از مدل تحلیل سلسله‌مراتبی (AHP) کار کرده و نقشه پهنه‌بندی خطر برای حوضه‌های مورد تحقیق ارائه کرده‌اند. هدف این پژوهش شناسایی و کلاس‌بندی انواع زمین‌لغزش با رویکرد روش شیء‌گرا با استفاده از اطلاعات طیفی موجود، بافت، همگنی، ویژگی‌های مورفومتریک و مدل رقومی ارتفاعی می‌باشد. این مدل را در قسمتی از کرانه جنوبی رودخانه اهر چای از روستای نصیرآباد تا سد ستارخان که به طور گسترده تحت تاثیر زمین‌لغزش‌ها هستند مورد استفاده قرار گرفت. و دقت نتایج بدست آمده با استفاده از داده‌های زمینی و مشاهدات میدانی مورد ارزیابی قرار گرفت.

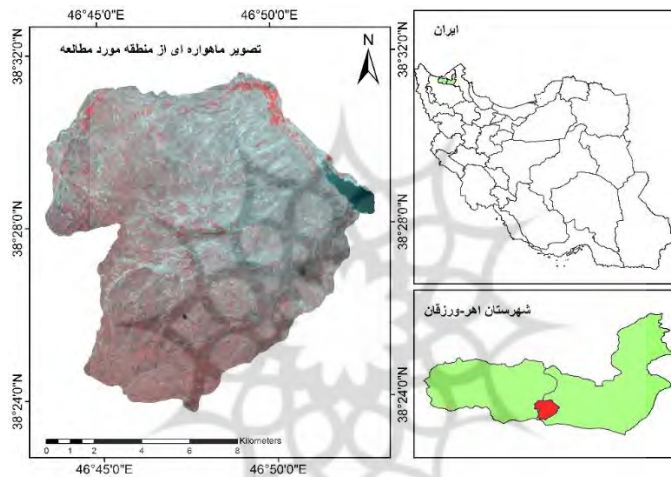
منطقه مورد مطالعه

محدوده مورد مطالعه بخشی از کناره‌های جنوبی رودخانه اهر چای از روستای نصیر آباد ورزقان تا سد ستارخان در موقعیت جغرافیایی ۴۶ درجه و ۴۷ دقیقه تا ۴۶ درجه و ۵۲ دقیقه طول شرقی و ۳۸ درجه و ۲۵ دقیقه تا ۳۸ درجه و ۳۱ دقیقه عرض شمالی قرار دارد. و از لحاظ ارتفاعی بین ارتفاعات کوه کسبه به ارتفاع ۹۱۱۳ متر و محل ورود به رودخانه قره‌سو به ارتفاع ۸۱۱ متر قرار گرفته است (شکل ۲). این منطقه به دلیل داشتن وضعیت خاص لیتولوژیکی، اقلیمی و کاربری اراضی، ناهمواری‌های جوان و دامنه‌های پرشیب از حساسیت بالایی برخوردار است (روستایی، ۱۳۷۸). از طرفی امروزه دخالت انسان در این حوضه افزایش یافته است، لذا مطالعات بیشتر در منطقه ضروری به نظر می‌رسد. در این مطالعه از داده‌های ۲۰ ساله (۱۹۹۴-۲۰۱۴)، ایستگاه تازه‌کند اهر، استفاده شد. ضریب کشیدگی (گراولیوس) حوضه اهرچای در این ایستگاه برابر ۱/۴۴ و ضریب آبدهی ویژه برابر $2/1(L.s^{-1}.km^{-2})$ می‌باشد.

مواد و روش‌ها

افزایش قدرت تفکیک مکانی ماهواره‌های سنجنش از دوری، منجر به جایگزینی تصاویر با عکس‌های هوایی برای مطالعات زمین‌لغزش شده‌اند. داده چند طیفی به دست آمده در ۳۰ اکتبر سال ۲۰۰۷ توسط تصویربرداری خطی سیستم خود اسکن (LISS-IV) سنسور

پردازنده ماهواره سنچس از راه دور هند (IRS) P6 (Resourcesat-1) برای استخراج ویژگی های طیفی استفاده شد. قدرت تفکیک مکانی این سنجنده ۵۸ متر و دارای سه باند سبز (۰.۵۲-۰.۵۹ میکرومتر)، قرمز (۰.۶۲-۰.۶۸ میکرومتر) و نزدیک مادون قرمز (۰.۷۶-۰.۸۶ میکرومتر) می باشد. از این تصاویر جهت تهیه لایه پوشش گیاهی نرمال شده (NDVI)، استفاده گردید.



شکل ۲. نقشه منطقه مورد مطالعه (مأخذ: نگارندگان)

مدل رقومی ارتفاعی ایجاد شده از تصاویر با قدرت تفکیک مکانی ۲.۵ متری ماهواره (Cartosat-۱) مربوط به ۱۰ می ۲۰۰۷ می باشد. Cartosat-1 دو دوربین حمل می کند، Pan-Aft و Pan-Fore با زاویه دید ۵- درجه سانتی گراد و ۲۶ درجه سانتی گراد، و داده ها با ضرایب چند جمله ای منطقی (RPC ها) ارائه می شوند. دقت بالای مدل رقومی ارتفاعی، جهت تعیین کمیت درست پارامترهای توپوگرافی (مانند شیب، انحنای زمین و جهت جریان)، ضروری می باشد (دمولین^۱، ۲۰۰۵؛ دراگت و بلاشکا^۲، ۲۰۰۶). در پردازش شی گرا سگمنت سازی عناصر تصویر را براساس بافت، تن رنگ و شکل تفکیک می-

^۱ - Dewitte and Demoulin

^۲ - Dragut and Blaschke

نماید. مزیتی که طبقه‌بندی شیء‌گرا نسبت به طبقه‌بندی پیکسل مینا دارد این است که اشیاء تصویر حاوی اطلاعات بیشتری نسبت به تک تک پیکسل‌ها است. چرا که در طبقه‌بندی شیء‌پایه، علاوه بر اطلاعات طیفی از اطلاعات بافت و محتوا نیز برای طبقه‌بندی استفاده می‌شود (جیمز، ۲۰۰۶).

یافته و بحث

در این مطالعه، ابتدا تقسیم بندی چند تفکیکی، با پارامترهای مقیاس، شکل، رنگ و همگنی برای مشخص کردن اشیاء زمین لغزش مورد استفاده قرار گرفت. سپس با انتساب یک کلاس زمین لغزش برای اشیای واجد شرایط، کلاس زمین لغزش با استفاده از روش تقسیم بندی صفحه شطرنجی استخراج گردید. ویژگی یک زمین لغزش تازه توسط داده های سنجش از دور به عنوان یک معیار اولیه برای تشخیص در تفسیر تصویر بصری استفاده می‌شود. ولی در روش شیء‌گرا جهت تشخیص اولیه نیاز به استفاده از لایه پوشش گیاهی نرمال شده (NDVI)، می‌باشد که به روش آستانه‌گذاری در محیط نرم افزاری صورت می‌گیرد (بارلوو، ۲۰۰۶؛ اسکن ویقوت^۱، ۲۰۰۸). در مرحله بعدی تفکیک زمین لغزش - های کاذب از پهنه‌های اصلی لغزشی می‌باشد. از آنجایی که از NDVI به عنوان یک معیار اصلی جهت شناسایی زمین لغزش‌ها استفاده می‌شود، با استفاده از سایر اطلاعات طیفی برابر جدول (۱)، اقدام به تفکیک مناطق اصلی توده‌های لغزشی، از مناطق کاذب لغزشی می‌نماییم. و در مرحله پایانی پژوهش جهت طبقه بندی انواع زمین لغزش‌های موجود در منطقه بر اساس نظریه وارنز و بر اساس جدول (۲)، اقدام به کلاس بندی انواع زمین لغزش‌ها می‌گردد.

^۱-James

^۲- Schneevoigt

جدول ۱: زمین لغزش های کاذب و معیارهای طبقه بندی آنها.

معیارها	زمین لغزش های کاذب
سایه تپه یک تصویر فرضی ایجاد شده از یک DEM برای شرایط سایه با استفاده از موقعیت خورشید در زمان دستیابی به تصویر چند طیفی، اطلاعات بهتری از مناطق سایه می دهد تا از ارزش ها DN کمتر در تصویر چند طیفی.	سایه
اطلاعات طیفی از نزدیک مادون قرمز (NIR)، که نشان دهنده ارزش های کمتر به دلیل جذب الکترومغناطیس (EMR) با استفاده از آب است. اطلاعات توپوگرافی، مانند شیب بسیار ملایم و مجاورت با زهکشی بالا حمل جریان چند ساله از آب است، نیز مفید است.	آب
روشنایی بالا، شیب ملایم، اطلاعات بافتی مانند مجاورت با آب، مفید است. برجستگی برای افتراق آن از جریان مواد آواری استفاده می شود، که همچنین نشان دهنده شیب ملایم است، اما برجستگی بالا در مقیاس بزرگ نشان دهنده کوه است.	ماسه های رودخانه ای
مقادیر انحراف استاندارد های بزرگ با قسمت های مجاور (2007 Navulur)، بافت معمولی با توجه به الگوی ساخت و ساز و شیب ملایم.	مناطق مسکونی
شیب متوسط تا کم، NDVI متوسط تا کم و بافت معمولی با توجه با الگوی تراس های توپوگرافی.	مناطق کشاورزی
ارتفاع بالای ۲۰۰۰ متر، شیب متوسط کمتر از ۱۵، متوسط و بیشتر، یکنواختی بافت زمین متوسط به بالا	اراضی باغی
شیب متوسط (بین ۳۰ درجه تا ۴۵ درجه) و روشنایی متوسط.	مناطق بایر(صخره ای)
شیب تند (N45°) و روشنایی متوسط.	مناطق بایر(پرتگاه ها)
منطقه اصلی در زمین های سنگی با عمق و شکل نسبتا باریک و دراز است.	لغزش انتقالی کم عمق
منطقه اصلی زمین های رسی با دامنه های شیب دار است و انحنای زمین به سمت بالا مقعر است.	لغزش چرخشی
منطقه اصلی در زمین های رسی و ماسه ای با شیب متوسط است و انحنای زمین مسطح است.	لغزش انتقالی

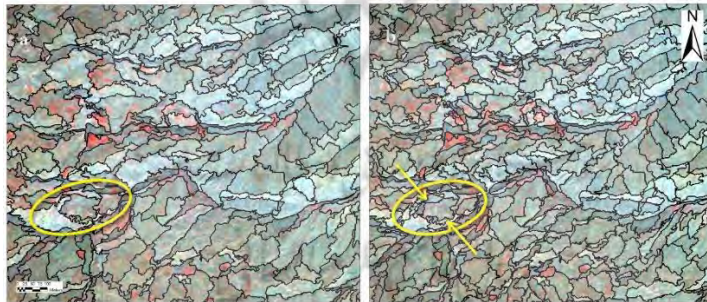
جهت استخراج شبکه جریان از مدل ارتفاعی زمین از مدل استرالر^۱ (۱۹۶۵)، استفاده گردید. سپس از آن به عنوان یک لایه ورودی موضوعی^۲ در طی پردازش استفاده شد. در منطقه مورد مطالعه، پنجمین رده جریان و بالاتر از آن نشان دهنده جریان همیشگی آب است. بنابراین تنها اشیای کاندید مقاطع رده بالای جریان در کلاس آب قرار گرفتند (شکل ۴). با این حال، آب های عمیق مانند دریاچه ها با استفاده از مقادیر NIR تشخیص داده شدند. شیب های متوسط تا ملایم در منطقه مورد مطالعه اغلب تبدیل به تراس هایی برای فعالیت های کشاورزی شده اند (شکل ۶). میانگین GLCM باند قرمز الگوهای تراس ها را به وضوح مشخص می کند و به این ترتیب در ترکیب با شیب و NDVI برای طبقه بندی زمین های کشاورزی استفاده شد (تاربتون^۳، ۱۹۹۷) (جدول ۲). جهت جریان، جهت

^۱ - Strahler

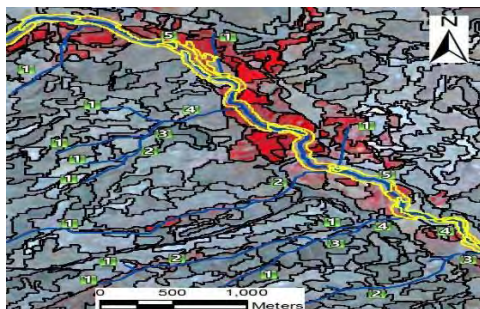
^۲ - Thematic layer

^۳ - Tarboton

بیشترین شیب است و جاده‌ها عمود بر جریان هستند (شکل ۷). برای استخراج لایه جهت جریان از لایه DEM در نرم‌افزار ArcGIS استفاده گردید. رابطه نسبتاً قائم بین جهت جریان و جهت اصلی (طولانی‌ترین جهت محور)، همراه با طول نسبت بالا به عرض برای شناسایی جاده‌ها از مناطق زمین لغزش کاذب بسیار مفید می‌باشد (شکل ۶). شیء‌های حاصله در این مرحله از پردازش، با یک جهت اصلی نسبتاً به موازات جهت جریان به عنوان لغزش معرفی می‌شوند. در نهایت، عملیات حذف کردن برای از بین بردن قسمت‌های غیر لغزشی (زمین لغزش‌های کاذب) انجام شد (شکل ۷). برخی از این اشیاء کوچک مطابق با تکه‌های پوشش گیاهی و یا زمین بایر سنگی بوده که نمی‌توانند با استفاده از معیارهای گفته شده طبقه‌بندی گردند (جدول ۲). با این حال، با کاهش اندازه شیء‌های تصویر با استفاده از معیارهای مشابه که در جدول (۲) توضیح داده شده است به درستی طبقه‌بندی شدند. مشاهده دقیق تصاویر نشان می‌دهد که زمین لغزش‌های کاذب عمدتاً شن‌های رودخانه‌ای بودند، که هم در طول شاخه‌های فرعی جریان فصلی و هم در مناطق با شیب زیاد یافت می‌شوند که با توجه به عدم انجام معیارهای شن و ماسه رودخانه (جدول ۲) می‌توانند طبقه‌بندی شوند.



شکل ۳. تقسیم‌بندی چند تفکیکی تصویر چند طیفی **Resourcesat-1 LISS-IV (a)** با مقیاس پارامتر ۵۰، جناحین چپ و راست لغزش (با بیضی مشخص شده) اشیاء تصویر متناسب با ابعاد زمین لغزش تشکیل نشده است. **(b)** با پارامتر مقیاس ۳۵، اشیاء تصویر به طور کامل متناسب با ابعاد زمین لغزش مشخص شده‌اند. ضریب شکل ۰.۲ و ضریب فشردگی ۰.۵ برای هر دو تصویر یکسان می‌باشد.



شکل ۴. شیء تصویر، (خطوط زرد) به عنوان مسیر رودخانه، اعداد نشان دهنده رده جریان می باشند. به طور مشابه، برخی دیگر از ناخالصی های زمین لغزش ها (زمین لغزش های کاذب) که به اشتباه طبقه بندی شده بودند، جدا شده و به عنوان زمین های بایر کشاورزی و سنگی (با معیارهای قبلی خود) طبقه بندی شدند. بنابراین تنها زمین لغزش ها حفظ شدند، تا بر اساس نوع ماده، نوع مکانیسم حرکت و گسیختگی طبقه بندی شوند.

طبقه بندی زمین لغزش

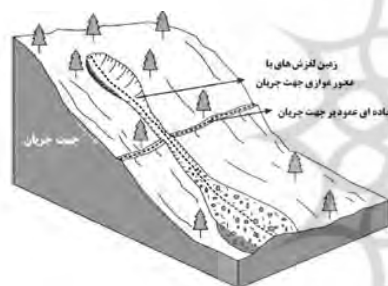
برای اعمال معیارهای تشخیصی جهت طبقه بندی زمین لغزش، شبکه های کوچک حاصل از تقسیم بندی صفحه شطرنج (شکل ۷-الف) با هم ادغام شدند (شکل ۷-ب). لغزش های شناسایی شده توسط رویکرد دو مرحله ای طبقه بندی شدند. در مرحله اول، نوع مواد هر لغزش با استفاده از اطلاعات مربوط به بافت تعیین شد، به عنوان مثال، زمین لغزش در مجاورت زمین های با بافت مشابه با استفاده از تابع مرز نسبی عنوان یک لغزش طبقه بندی شدند (بارلو^۱ و همکاران، ۲۰۰۶). لغزش های با عمق کم، که بر اساس شکل باریک و دراز اشیاء قابل تشخیص است، به عنوان زمین لغزش های کم عمق طبقه بندی شدند.

¹- Barlow

جدول ۲. معیارهای طبقه بندی جهت استخراج زمین لغزش‌ها

شرط کلاس	کلاس	زمین لغزشهای کاذب
متوسط سایه تپه کوچکتر یا مساوی ۲۰۶ و متوسط NDVI کوچکتر و یا مساوی ۰/۱	سایه	زمین لغزش های کاذب
متوسط RIS3 کوچکتر یا مساوی ۵۵ و متوسط شیب کمتر و یا مساوی ۴ و متوسط رطوبت بزرگتر و یا مساوی -منفی (۳۱-)	آب	$NDVI \leq 0.18$ $Contrast \text{ to neighbor pixels IRS_NDWI } (3) \geq 1010$ $Mean \text{ IRS_NDWI } \leq 0$ $Mean \text{ Layer } 1 \leq 0.79$ $Mean \text{ Flow direction in degree} \leq 0.025$
شفافیت و فاصله از آب کمتر یا برابر با ۱۰ متر و متوسط شیب کمتر یا برابر با ۵ و متوسط ناهمواری کمتر یا برابر ۲/۵	ماسه های رودخانه ای	
فشرده‌گی کمتر از ۲/۵ و متوسط شیب کمتر یا برابر با ۲ GLCM همگنی (تند بالا ۸/۱۱) RS2 (در تمام جهات)	مناطق مسکونی	
R12 کمتر یا برابر با ۰/۹۱۵ و R14 کمتر یا برابر ۰/۹۵ و فاصله به آب برابر ۲۰ متر آنتروپی GLCM IRS2 در تمام جهات کوچکتر یا برابر ۰/۷۲ GLCM H (تند ۸/۱۱) IRS2 (در تمام جهات) بزرگتر یا برابر ۰/۰۸۲ متوسط شیب کمتر یا برابر با ۴/۵ و NDVI بزرگتر یا برابر با ۰/۱۳	مناطق کشاورزی	
متوسط DEM بزرگتر یا برابر ۲۰۹۸ و متوسط NDVI بزرگتر یا برابر ۰/۰۰۷ و متوسط شیب کمتر یا برابر ۱۵ متوسط GLCM (تند و بالا ۸/۱۱) RS2 (در تمام جهات)	اراضی باغی	
شفافیت کمتر یا برابر با ۲۵ و متوسط شیب و NDVI کوچکتر از ۰/۱۵	مناطق بایر	
شفافیت کمتر یا برابر با ۲۰۳ و متوسط MIDIR کوچکتر یا برابر با ۰/۱۲	پرتگاهها و مناطق خندقی	
R23: نسبت باند سبز به قرمز، R24: نسبت باند سبز به باند مادون قرمز، IRS2: باند ۲ ماهواره IRS ناهمواری: ارزش حداکثر پیکسل (DEM) ارزش حداقل پیکسل (DEM) Relief: (Max pixel value DEM)-(Min pixel value DEM) Mean Flow direction in degree: Mean Flow direction* 57.288 MIDIR: Mid R-Mid IR		

طبقه بندی زمین لغزش بر اساس مکانیزم گسیختگی، به عنوان مثال چرخشی و یا انتقالی، نیاز به تقسیم بندی و طبقه بندی بر اساس ضریب انحنای زمین دارد (جدول ۳). بنابراین، در مرحله دوم، اشیاء طبقه بندی شده به عنوان لغزش چرخشی یا انتقالی، توسط روش تقسیم بندی چند تفکیکی با استفاده از ضریب انحنای زمین دوباره تقسیم بندی شدند. تقسیم بندی با استفاده از ضریب انحناء دارای یک مزیت است که اشیاء حاصل شده بازتاب کننده تنوع تفرع و تحدب هستند. بنابراین سطوح مقعر نشان دهنده گسیختگی چرخشی هستند، در حالی که سطوح مسطح نشان دهنده گسیختگی انتقالی هستند (کرودن و وارنز، ۱۹۹۶). اشیاء با ارزش ضریب انحنای متوسط کمتر از ۱-، و بین ۱- تا ۱ به ترتیب به عنوان لغزش چرخشی و انتقالی طبقه بندی شده اند.

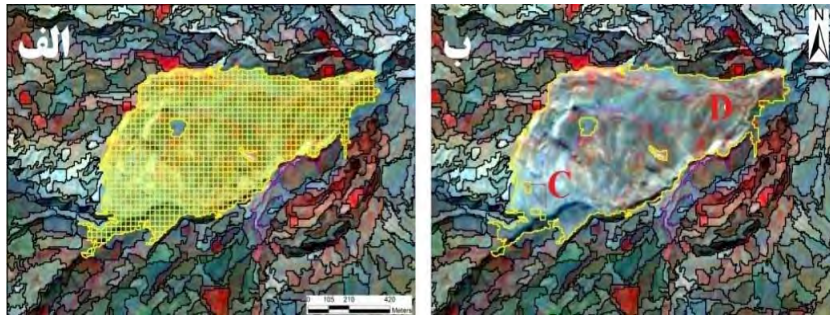


شکل ۶. رابطه لغزش و محور جاده

شکل ۵. تراست و زمین لغزش ها،

الگوریتم (تقسیم بندی، شناخت طبقه بندی) برای مناطق آموزشی توسعه یافته یعنی قسمت های شمال غرب محدوده مورد مطالعه، استفاده شد. همه زمین لغزش های شناسایی شده به عنوان یک لایه GIS برای ارزیابی دقت و کار توگرافی مناسب استفاده شدند. شکل (۹)، نشان دهنده زمین لغزش شناسایی شده در کل منطقه مورد مطالعه است که بین اندازه های ۳۲۰۰ و ۶۳۷۰۰۰ متر مربع متغیر است.

¹ - Cruden & Varnes



شکل ۷. تقسیم بندی و ادغام اشیاء الف) تقسیم بندی صفحه شطرنجی برای ایجاد اشیای کوچک برای حذف تکه های کوچک پوشش گیاهی و زمین های بایر (C و D در شکل ب) در زمین لغزش های بزرگ. ب) طبقه بندی و حذف تکه های کوچکتر و ادغام آن اشیاء مشبک باقی مانده به یک شی لغزش برای استفاده از شرایط مجاورت مورد نیاز برای طبقه بندی لغزش

در مجموع ۴۵ زمین لغزش در کل منطقه تشخیص داده شد. روش Ecognition روش ارزیابی صحت با استفاده از ماتریس خطا بر اساس نقاط حقایق زمینی را ارائه می‌دهد. با تعریف نقاط حقایق زمینی، نرم افزار بطور خودکار ماتریس خطا را تولید می‌کند، جهت ارزیابی دقت نتایج حاصله اقدام به مشاهده میدانی و برداشت نقاط زمینی و تهیه نقشه دستی زمین لغزش‌های موجود گردید نتایج حاصله نشانگر ضریب دقت شناسایی (۰/۷۱۰۱) و دقت کلاس بندی ۹۴/۵٪ می‌باشد. که بیانگر قدرت بالای این روش در تشخیص سریع و دقیق زمین لغزش‌ها می‌باشد.

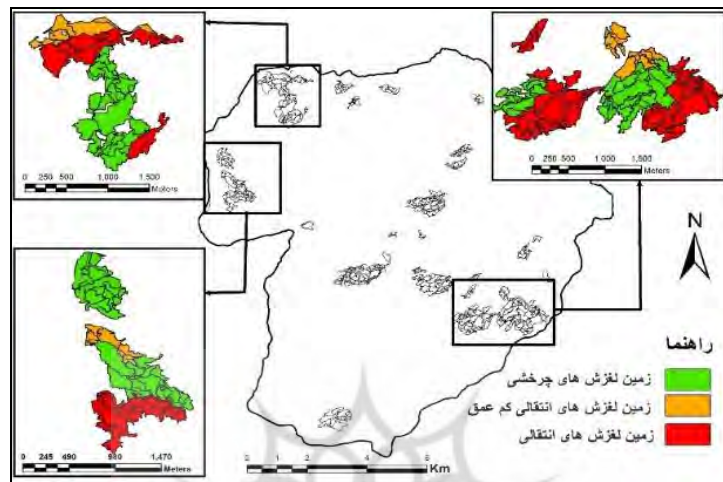
شناسایی زمین لغزش‌ها با تحقیقات میدانی در مقیاس وسیع و غیر قابل دسترس نواحی کوهستانی یک کار چالش برانگیز می‌باشد. تفسیر بصری داده‌های سنجش از راه دور وقت گیر بوده و از دقت کمی برخوردار است. استفاده از دانش تخصصی برای توصیف زمین لغزش‌ها با رویکرد شیء‌گرا بسیار مهم است. این موضوع توسط معین و همکاران (۲۰۰۹)، مورد تایید واقع شده است، این در حالی است که بارلو و همکاران (۲۰۰۶)، برای استخراج و شناسایی مناطق مستعد زمین لغزش، از طبقه‌بندی نظارت شده همراه با روش شیء‌گرا استفاده کرده است. بنابراین، خصوصیات مناسب انواع زمین لغزش‌ها برای تجزیه و تحلیل شیء‌گرا مورد نیاز است. در این مطالعه از داده‌های چند طیفی با قدرت تفکیک مکانی (۵.۸

متر) و مدل ارتفاع رقومی ۱۰ متر، جهت شناسایی و کلاس بندی انواع زمین لغزش ها بر اساس طبقه بندی وارنر استفاده شده است.

جدول ۳. تعداد معیار های کلاس بندی استفاده شده برای انواع زمین لغزش

Relative border to rocky barren land > 0.35 Asymmetry > 0.87 Mean slope < 28°	لغزش انتقالی کم عمق	زمین لغزش های شناسایی شده با استفاده از معیارهای جدول ۵
Relative border to rocky barren land > 0.35 Mean curvature -1 to +1 Mean slope < 28° Prof curvature < 1	لغزش انتقالی	
Relative border to rocky barren land > 0.35 Mean Slope > 28° Mean curvature < -1 Prof curvature < 0.1	لغزش چرخشی	

تقسیم بندی چند تفکیکی و الگوریتم سطح صفحه شطرنجی برای ایحاد اشیاء مستعد زمین لغزش استفاده شد، سپس زمین لغزش های کاذب که به جهت تشابه در خصوصیات طیفی اولیه جزو لغزش های اصلی شناسایی گردیده بودند با توجه به ویژگی های بافت و مورفومتریک برابر جدول شماره ۲ حذف گردیدند. در ادامه تقسیم بندی انواع زمین لغزش ها بر اساس ضریب انحنای زمین که قادر به طبقه بندی لغزش بر اساس مکانیزم گسیختگی می باشد صورت پذیرفت. دقت کلاس بندی برابر ۹۱.۴٪ برای تمام منطقه مورد مطالعه بر اساس (جدول ۳) بدست آمد. از مجموع تعداد ۴۵ زمین لغزش شناسایی شده به روش شیء گرداقت زمین لغزش هایی که به درستی شناسایی و طبقه بندی شده از نظر تعداد وقوع برابر ۷۱.۱۱ و همچنین دقت زمین لغزش هایی که به درستی شناخته شده اما به اشتباه طبقه بندی شده برابر ۲۸.۸۸ می باشند. زمین لغزش های چرخشی در مقایسه با سایر انواع زمین لغزش شناسایی شده از دقت کمتری برخوردار می باشد (جدول ۴). دلیل عدم تشخیص ۵ لغزش چرخشی با توجه به شکل لغزش و اطلاعات مشابه طیفی در واحد پوشش زمین (مانند زمین های شیب دار رسی) در روال تقسیم بندی بود.



شکل ۸. زمین لغزش هاش شناسایی و طبقه بندی شده در محدوده مورد مطالعه

جدول ۴. ارزیابی دقت تعداد زمین لغزش ها

شناسایی زمین لغزش						
روش خودکار			روش سنتی			
LOR	LNR	TLCR	LCRWC	LCRC		
۱	۲	۱۱	۵	۶	۷	زمین لغزش چرخشی
۱	۰	۱۵	۶	۹	۹	زمین لغزش انتقالی کم عمق
۰	۰	۱۹	۲	۱۷	۱۹	زمین لغزش انتقالی
۲	۲	۴۵	۱۳	۳۲	۳۵	تعداد کلی
۰/۰۴	۰/۰۴	-	۲۸/۸۸	۷۱/۱۱	۱۰۰	درصد
LNR: لغزش های کمتر از واقعیت برآورد شده omission			LCRC: لغزش به درستی شناخته شده و طبقه بندی شده			
LOR: لغزش های بیشتر از واقعیت برآورد شده commission			LCRWC: لغزش به درستی شناخته شده اما به اشتباه طبقه بندی شده			
			TLCR: مجموع لغزش های به درستی شناخته شده LCRC + LCRWC			

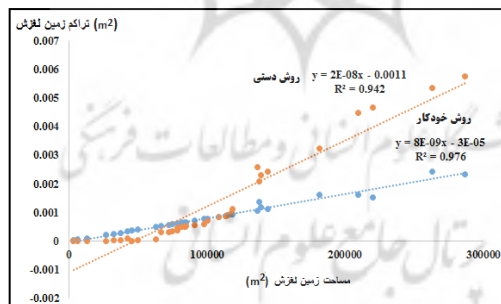
اگر چه تعداد زمین لغزش های انتقالی شناسایی شده بسیار بالا بود (۱۹)، که از گسترش زیادی در محدوده پژوهشی برخوردار است، این لغزش های انتقالی به صورت اشتباه طبقه بندی شده، در واقع بخش هایی از زمین های کشاورزی هستند که نشان دهنده یک پاسخ طیفی مشابه با توجه به ویژگی های منطقه ایجاد شده است. کوچک ترین زمین لغزشی که

توسط روش شی گرا تعیین شد، ۳۲۰۰ متر مربع بوده است. با این حال، برای درک قابلیت تشخیص روش در رابطه با اندازه زمین لغزش، تجزیه و تحلیل فرکانس-اندازه توزیع زمین-لغزش را اعمال کردیم که یک روش اثبات شده برای ارزیابی سیاهه لغزش است. زمین-لغزش های دستی (۳۵) و خودکار (۴۵) در برابر فرکانس هایشان رسم شدند (شکل ۱۰).

جدول ۵. ارزیابی مساحت زمین لغزش های شناسایی شده در محدوده پژوهش

شناسایی زمین لغزش					
روش خودکار				روش دستی	
LOR	LNR	TLCR	LCRWC	LCRC	
۰	۰	1.9۷	۰	1.9۷	۱.۴۴
۰.۱۰۸۳	۰	۱.۰۵۴	0.۰24	1.03	۰.۲۸
0	0	۳.۲۹	۰.۰۹	۳.۲	۵.۲۵
0.1083	0	۶.۳۱۴	۰.۱۱۴	۶.۲	۶.۹۸
۱.۵۵	۰	۸۹.۶	۱.۶	۸۸	درصد
LNR: لغزش های کمتر از واقعیت برآورد شده omission LOR: لغزش های بیشتر از واقعیت برآورد شده commission				LCRC: لغزش به درستی شناخته شده و طبقه بندی شده LCRWC: لغزش به درستی شناخته شده اما به اشتباه طبقه بندی شده TLCR: مجموع لغزش های به درستی شناخته شده + LCRC LCRWC	

مأخذ: نگارندگان



شکل ۹. نمودار رابطه بین مساحت و فراوانی وقوع زمین لغزش ها

روند هر دو خط در (شکل ۹)، نشان دهنده ارتباط آماری خوب است، به این معنی که رزولشن داده ها و الگوریتم برای تشخیص دقت اندازه لغزش که اغلب اتفاق می افتد مناسب می باشد.

نتیجه گیری

در این پژوهش، انواع مختلف زمین لغزش‌ها با رویکرد روش شیء‌گرا و مطابق با طبقه‌بندی Varnes شناسایی و کلاس‌بندی شدند. روش شیء‌گرا در نرم افزار Coginition Developer با استفاده از داده‌های موضوعی و تصاویر ماهواره‌ای با قدرت تفکیک مکانی بالا و DEM توسعه داده شد. جهت استخراج نهایی زمین لغزش‌ها تعداد ۳۱ و جهت کلاس‌بندی آنها تعداد ۱۴ رول ست تعیین و در توابع اعمال گردید. جهت مشخص نمودن زمین لغزش‌ها از پارامترهای دیگری مانند: NDVI، شیب، جهت جریان، سایه روشن، ضریب انحنای زمین و شبکه جریان به طور خودکار با استفاده از الگوریتم‌های موجود در نرم افزار و پردازش تصویر استفاده شد. اشیاء مستعد زمین لغزش در روال تقسیم‌بندی با استفاده از آستانه گذاری شاخص پوشش گیاهی از هم جدا شدند. هشت طبقه به عنوان عوامل زمین لغزشی کاذب با استفاده از مشتقات DEM و ویژگی‌های طیفی، مشخص و حذف شدند. دستاورد مهم دیگر این مطالعه، تشخیص مکانیزم گسیختگی پیچیده در زمین لغزش‌های بزرگ است. بنابراین نتایج حاصله از دقت بسیار بالایی برخوردار خواهد بود. از آنجاییکه پردازش شیء‌گرا از شاخص‌های (NDVI, NDWI, Mean Flow direction) برابر جدول (۲)، برای شناسایی زمین لغزش‌های کاذب استفاده می‌کند، با توجه به نتایج حاصل از پردازش شیء‌گرا، تعداد سه نوع زمین لغزش در منطقه با دقت تشخیص ۷۱.۱۱٪ و دقت کلی ۹۱.۴٪ شناسایی گردید. کوچک‌ترین لغزش شناسایی شده به صورت خودکار برابر (۳۲۰۰ متر مربع) بدست آمد. روش مذکور این پتانسیل را دارد که نتایج سریع وقوع زمین لغزش‌ها را پس از زلزله یا بارندگی‌های شدید در مناطق با وسعت بالا و مناطق صعب العبور با استفاده از داده‌های دورسنجی تولید کند.

منابع

- روستایی، شهرام (۱۳۷۸)، تحلیل های مورفومتری و مفاهیم ژئومورفیک زمین لغزش ها در حوضه اهرچای علیا، *جغرافیا و برنامه ریزی*، سال پنجم شماره ۷، صص ۹۶-۷۱.
- عابدینی، موسی، فتحی، محمد حسین (۱۳۹۳)، پهنه بندی حساسیت خطر وقوع زمینلغزش در حوضه آبخیز خلخال چای، *ژئومورفولوژی کمی*، سال دوم، شماره ۴، صص ۸۵-۷۱.
- عابدینی، موسی و بهاره قاسمیان (۱۳۹۴)، پهنه بندی خطرزمین لغزش با مدل AHP و نقش آن در برنامه ریزی شهری. مطالعه موردی: شهرستان بیجار «*جغرافیا و برنامه ریزی*»، شماره ۵۲، سال ۱۹، صص ۲۲۷-۲۰۵.
- عابدینی، موسی و حسن ستایش نثار (۱۳۹۳)، پهنه بندی خطر وقوع زمین لغزش با استفاده از مدل تحلیل سلسله مراتبی (AHP) مطالعه موردی: حوضه آبخیز گلجه، *جغرافیا و برنامه ریزی*، شماره ۴۹، سال ۱۸، صص ۱۶۵-۱۳۹.
- Abedini, M & Tulabi, S., 2018. Assessing LNRF, FR, and AHP models in landslide susceptibility mapping index: a comparative study of Nojian watershed in Lorestan province, Iran. *Enviro Earth Sci* 77:405. <https://doi.org/10.1007/s12665-018-7524-1>
- Barlow, J., Franklin, S., Martin, Y., 2006. High spatial resolution satellite imagery derivatives, and image segmentation for the detection of mass wasting processes. 72, 687-692.
- Barlow, J., Martin, Y., Franklin, S.E., 2003. Detecting translational landslide scars using segmentation of Landsat ETM+ and DEM data in the northern Cascade Mountains,. *Canadian Journal of Remote Sensing* 29, 510-517.
- Borghuis, A.M., Chang, K., Lee, H.Y., 2007. Comparison between automated and manual mapping of typhoon-triggered landslides from SPOT-5 imagery. *International Journal of Remote Sensing* 28, 1843-1856.
- Brardinoni, F., Slaymaker, O., Hassan, M.A., 2003. Landslide inventory in a rugged forested watershed: a comparison between air-photo and field survey data. *Geomorphology* 54, 179-196.
- Cruden, D., Varnes, D.J., 1996. Landslide types and processes. In: Turner, A.K., Schuster, R.L. (Eds.), *Landslides Investigation and Mitigation.: Special Report, 247*. Transportation Research Board, National Academy of Sciences, Washington D.C, pp. 36-75.

- Dragut, L., Blaschke, T., 2006. Automated classification of landform elements using object-based image analysis. *Geomorphology* 81, 330–344.
- eCognition Developer 2012: Userguide, eCognition Developer Imaging.
- Dewitte, O., Demoulin, A., 2005. Morphometry and kinematics of landslides inferred from precise DTMs in. *Natural Hazards and Earth System Sciences* 5, 259–265. *Geological Society of America Bulletin* 87, 1153–1162.
- Guzzetti, F., Cardinali, M., Reichenbach, P., Carrara, A., 2000. Comparing landslide maps: a case study in the upper Tiber River Basin, central Italy. *Environmental Management* 25, 247–263.
- Hobbling, Daniel., Friedl, Barbara & Eisank Clemens, 2015. An object-based approach for semi-automated landslide change detection and attribution of changes to landslide classes in northern Taiwan., *Earth Sci Inform* (2015) 8:327–335., DOI 10.1007/s12145-015-0217-3.
- James D; Hurad. Daniel L; Civco. Martha S; Gilmore. Emily H; Wilson. 2006. Tidal Wetland Classification from Landsat Imagery Using an Integrated Pixel-based and Object-based Classification Approach. *ASPRS 2006 Annual Conference Reno*, Nevada. May 1-5, 2006.
- Mantovani, F., Soeters, R., van Westen, C.J., 1996. Remote sensing techniques for landslide studies and hazard zonation in Europe. *Geomorphology* 15, 213–225.
- Schneevoigt, N.J., van der Linden, S., Thamm, H.-P., Schrott, L., 2008. Detecting Alpinelandforms from remotely sensed imagery. A pilot study in the Bavarian Alps. *Geomorphology* 93, 104–119.
- Singhroy, V., Mattar, K.E., Gray, A.L., 1998. Landslide characterisation in Canada using interferometric SAR and combined SAR and TM images. *Advances in Space Research* 21, 465–476.
- Strahler, A.N., 1965. *Introduction to Physical Geography*. Wiley & Sons.
- Tarantino, C., Blonda, P., Pasquariello, G., 2007. Remote sensed data for automatic detection of land-use changes due to human activity in support to landslide studies. *Natural Hazards* 41, 245–267.
- Tapas R, Martha ., Norman, Kerle ., Cees J. van Westen ., Victor Jetten., K. Vinod Kumar ., 2012., Object-oriented analysis of multi-temporal panchromatic images for creation of historical landslide

- inventories., *ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing* 67 (2012) 105–119.
- Tarboton, D.G., 1997. A new method for the determination of flow directions and contributing areas in grid digital elevation models. *Water Resources Research* 33,309–319.
- van Asselen, S., Seijmonsbergen, A.C., 2006. Expert-driven semi-automated geomorphological mapping for a mountainous area using a laser DTM. *Geomorphology* 78,309–320.
- Van Den Eeckhaut, M., et al., 2007. *Use of LIDAR-derived images for mapping oldlandslides under forest*. 32, 754–769.
- Varnes, D.J., 1978. Slope movements types and processes. In: Schuster, R.L., Krizek, R.L. (Eds.), *Landslides: Analysis and Control*. Special Report 176. Transportation Research Board, *National Academy of Sciences*, Washington D.C, pp. 11–33.