

کلید واژه‌ها: زمین لغزش، آنالیز شیء گرا، نرم افزار eCognition

مقدمه

بخش عمده‌ای از سرزمین ایران را مناطق کوهستانی فرا گرفته است. یکی از مخاطراتی که همواره این مناطق را تهدید می‌کند، ناپایداری دامنه‌ای است. در این میان یکی از مخاطره آمیزترین این ناپایداری‌ها، پدیده زمین لغزش^۴ می‌باشد [۲۸].

زمین لغزش‌ها، فرمی از فرایندهای دامنه‌ای و نوع خاصی از سوانح طبیعی هستند که هر ساله در نقاط مختلف جهان و ایران رخ داده و در تخریب جاده‌های ارتباطی، تخریب مراتع، باغ‌ها و مناطق مسکونی و همچنین فرسایش و انتقال حجم بالای رسوب در حوزه‌های آبخیز ایران، نقش بسزایی دارند [۲۵]. از آنجایی که پیش‌بینی زمان رخداد زمین لغزش امکان‌پذیر نیست، لذا تهیه نقشه‌های حساسیت و خطر زمین لغزش به منظور شناسایی مناطق پرخطر، ضروری است. اولین گام در این مسیر تهیه نقشه پراکنش زمین لغزش‌های رخ داده در منطقه می‌باشد.

در مطالعات انجام شده در ایران، بطور معمول با مطالعات میدانی و با صرف وقت و هزینه بالا، نسبت به شناسایی زمین لغزش‌های منطقه مورد مطالعه و تهیه نقشه پراکنش زمین لغزش اقدام می‌گردد [۲۰، ۲۴]، که در برخی موارد در عرصه‌های کوهستانی صعب العبور امکان‌پذیر نمی‌باشد. همچنین در سال‌های اخیر با استفاده ترکیبی از تفسیر بصری عکس‌های هوایی به همراه مطالعات میدانی، بطور گسترده‌ای نسبت به تهیه نقشه پراکنش زمین لغزش اقدام شده است [۱۳، ۱۴، ۲۶، ۳۰]. اگرچه عکس‌های هوایی با دقت بالایی جزئیات یک زمین لغزش را نمایش می‌دهند، اما معمولاً عکس‌های هوایی برای اکثر مناطق تحت تاثیر زمین لغزش در دنیا، در طی بازه زمانی و برای زمان‌های مختلف در دسترس نمی‌باشند. بنابراین تصاویر ماهواره‌ای با توجه به اینکه با صرف وقت و هزینه کمتر، امکان ارزیابی مناطق وسیع تحت تاثیر زمین لغزش را فراهم می‌آورند، می‌توانند به عنوان گزینه‌ای مناسب در شناسایی زمین لغزش‌ها در نظر گرفته شوند.

در دهه‌های اخیر استفاده از تکنیک‌های سنجش از دوری، به صورت گسترده‌ای در فراهم آوردن اطلاعات مربوط به زمین لغزش‌ها برای مدیریت آبخیزها، بکار گرفته شده است [۱۹، ۲۹]. پیشرفت‌های اخیر در علوم کامپیوتر و هوش مصنوعی، منجر به توسعه تکنیک‌های

ارائه مدل نیمه - اتوماتیک مبتنی بر آنالیز شیء گرا به منظور تهیه نقشه پراکنش زمین لغزش (مطالعه موردی: حوزه آبخیز وازرود)

سمانه رضوی زاده^۱، کریم سلیمانی^۲ و عطاالله کاویان^۳
تاریخ دریافت: ۱۳۹۴/۰۳/۲۹ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۶/۰۱/۲۱

چکیده

نخستین گام در مطالعات حساسیت و خطر زمین لغزش، تهیه نقشه پراکنش زمین لغزش‌ها است. روش معمول در تهیه نقشه‌های زمین لغزش مطالعات میدانی به همراه تفسیر عکس‌های هوایی می‌باشد. تکنیک‌های نوین و نوظهور سنجش از دوری با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای، منجر به تسهیل تولید نقشه‌های زمین لغزش و کاهش زمان مورد نیاز شده است. در پژوهش حاضر به منظور شناسایی زمین لغزش‌های بخشی از رشته کوه‌های البرز میانی واقع در حوضه وازرود، مدلی نیمه اتوماتیک مبتنی بر آنالیز شیء گرا (OOA) در محیط نرم‌افزار eCognition طراحی شد. با بررسی تحقیقات پیشین، تفسیر عکس‌های هوایی و همچنین بررسی منطقه با استفاده از تصاویر Google Earth، تعداد ۱۰۵ لغزش در منطقه شناسایی شد که از این تعداد، به ترتیب ۷۴ (۷۰ درصد) و ۳۱ (۳۰ درصد) برای آموزش و آزمون در نظر گرفته شد. مدل شناسایی بر اساس خصوصیات مکانی، طیفی و شکلی زمین لغزش‌های آموزشی و همچنین نقشه‌های موضوعی منطقه طراحی شد. نتایج حاصل از کاربرد مدل در منطقه مورد مطالعه نشان داد که مدل ارائه شده در این تحقیق، قادر به شناسایی ۷۴/۱۹ درصد از زمین لغزش‌های آزمون می‌باشد؛ همچنین دقت مدل در شناسایی سطح گسترش زمین لغزش‌ها در منطقه برابر با ۴۱/۲۸ درصد بوده که در صورت استفاده از تصاویر ماهواره‌ای با قدرت تفکیک بالا بهبود خواهد یافت.

۱- نویسنده مسئول و دکتری آبخیزداری، باشگاه پژوهشگران جوان و نخبگان، واحد کرج، دانشگاه آزاد اسلامی، کرج، ایران. پست الکترونیک: srazavizadeh@gmail.com

۲- استاد گروه آبخیزداری، دانشگاه کشاورزی و منابع طبیعی ساری

۳- دانشیار گروه آبخیزداری، دانشگاه کشاورزی و منابع طبیعی ساری

جدید مانند آنالیز شیء گرا^۱، به منظور استخراج اتوماتیک اشیاء طبیعی و انسان ساز از تصاویر ماهواره‌ای، شده است [۳، ۱۲].

روش آنالیز شیء گرا از روش‌های طبقه‌بندی بوده که یکی از مهمترین روش‌های استخراج اطلاعات از تصاویر ماهواره‌ای است؛ در این روش بر پایه ویژگی‌های طیفی، شکلی و زمینه‌ای شیء (در اینجا زمین لغزش) و با استفاده از دانش کارشناسی، نسبت به شناسایی عوارض مورد نظر اقدام می‌شود [۵]. بمنظور استفاده بهینه از این تکنیک، بایستی اطلاعات جامعی در خصوص ویژگی‌های عارضه مورد نظر داشته و ویژگی‌هایی که می‌توان از آنها در شناسایی آن عارضه بر روی تصاویر ماهواره‌ای به نوعی استفاده کرد، شناسایی شوند.

از دیگر روش‌های طبقه‌بندی، روش‌های معمول پیکسل پایه بوده که در این روش‌ها، طبقه‌بندی بر اساس ارزش عددی هر یک از پیکسل‌ها انجام می‌شود [۸]. توانایی روش‌های کلاسیک در طبقه‌بندی تصاویر ماهواره‌ای هنگامی که اشیاء متفاوت، اطلاعات طیفی مشابهی دارند محدود می‌باشد. این امر موجب کاهش صحت روش‌های طبقه‌بندی پیکسل پایه می‌گردد. اما در روش طبقه‌بندی شیء گرا، اطلاعات طیفی با اطلاعات مکانی ادغام گردیده و پیکسل‌ها بر اساس شکل، بافت و تن خاکستری در سطح تصویر با مقیاس مشخص، قطعه‌بندی یا سگمنت‌بندی^۲ شده و طبقه‌بندی تصویر بر اساس این قطعه‌ها (سگمنت‌ها) انجام می‌شود [۹].

استفاده از تکنیک آنالیز شیء گرا در شناسایی زمین لغزش‌ها، دارای مزیت‌هایی نسبت به روش پیکسل پایه می‌باشد. به دلیل اینکه مقادیر عددی مربوط به یک سلول دیجیتالی (DN) نمی‌تواند به خوبی بیانگر فرایندهای ژئومرفیکی مانند زمین لغزش باشد، استفاده از تکنیک‌های پیکسل پایه در بررسی زمین لغزش‌ها، نمی‌تواند روش مناسبی باشد. بنابراین اشیاء^۳، (گروهی از سلول‌های همگن)، با فراهم آوردن اطلاعات زمین لغزش‌ها از آنالیز تصاویر، به صورت شکل، اندازه و زمینه^۴ می‌توانند به صورت بهتری در شناسایی زمین لغزش‌ها استفاده شوند [۱۸].

همچنین تهیه نقشه پراکنش زمین لغزش با تفسیر بصری تصاویر ماهواره‌ای، به دلیل نیاز به زمان زیاد و تیمی از افراد متخصص، موضوعی قابل بحث می‌باشد. گالی و همکاران [۱۰]، بیان کردند که برای تهیه نقشه پراکنش زمین لغزش در منطقه Umbria، ایتالیا، یک کارشناس تفسیر تصاویر، برای هر ۱۰۰۰ کیلومترمربع، نیازمند به زمانی معادل یک ماه می‌باشد. از سوی دیگر نقشه‌های پراکنش زمین لغزش می‌توانند با استفاده از روش‌های اتوماتیک و با مشارکت دانش کارشناسی در آنالیز تصاویر تهیه شوند [۵، ۱۷، ۲۱] که در مقایسه با روش‌های دستی، از سرعت بالاتری برخوردار می‌باشند؛ به دلیل چنین قابلیت‌هایی امروزه شاهد افزایش روزافزون طراحی

- 1- object-oriented analysis
- 2- segmentation
- 3- Objects
- 4- Context

مدل‌های نیمه-اتوماتیک مبتنی بر تکنیک‌های شیء گرا در زمینه‌های مختلف منابع طبیعی هستیم.

موسوی [۲۲] از تکنیک آنالیز شیء گرا و تصاویر ماهواره‌ای IRS برای تهیه نقشه موقعیت مکانی بارخان‌های منطقه شهداد کرمان استفاده نمود. نتایج تحقیق آنها با مقایسه دو شیوه پیکسل پایه و شیء گرا، نشان از دقت بالاتر روش شیء گرا نسبت به روش پیکسل پایه در شناسایی بارخان‌های منطقه داشت.

فیضی‌زاده و هلالی [۹] نقشه کاربری اراضی استان آذربایجان غربی را با دو روش طبقه‌بندی الگوریتم پیکسل پایه حداکثر احتمال و الگوریتم شیء گرا نزدیک‌ترین همسایه، و با استفاده از تصاویر سنجنده HDR ماهواره SPOT-5 تهیه کردند. نتایج مربوط به صحت کلی طبقه‌بندی‌ها نشان می‌دهد که روش طبقه‌بندی شیء گرا با افزایش دقت معادل ۷٪ در هر دو شاخص صحت کلی و کاپا، در طبقه‌بندی تصاویر ماهواره‌ای از دقت بالاتری برخوردار است.

هالبلینگ و همکاران [۱۱] با استفاده از تصاویر SPOT-5 مربوط به دو سال ۲۰۰۴ و ۲۰۰۵، و با طراحی مدل نیمه اتوماتیک شیء گرا به شناسایی و کلاس‌بندی زمین لغزش‌ها و واریزه‌های منطقه مطالعاتی در شمال تایوان پرداختند. آنها در مطالعه خود علاوه بر خصوصیات طیفی از خصوصیات مانند NDVI و GNDVI نیز استفاده کردند. نتایج بدست آمده نشان می‌دهد که دقت مدل شیء گرای طراحی شده در شناسایی زمین لغزش‌های سال‌های ۲۰۰۴ و ۲۰۰۵ به ترتیب برابر با ۸۴/۹۷ و ۸۴/۱۹ درصد می‌باشد.

عابدی و همکاران [۱] به مقایسه و ارزیابی دو روش پیکسل مبنا و شیء مبنا در شناسایی عوارض شهری پرداختند. نتایج بدست آمده نشان می‌دهد که دقت کلی روش شیء مبنا و پیکسل مبنا در شناسایی عوارض شهری به ترتیب برابر با ۹۵/۱ و ۸۹/۱۶٪ می‌باشد که نشان از دقت بالاتر روش شیء مبنا دارد.

برادسکی و بروکا [۶]، با استفاده از آنالیز شیء گرای فازی نسبت به تهیه نقشه خاک لخت اقدام کردند. آنها با مقایسه نتایج حاصل از کلاس‌بندی با نقشه خاک موجود از منطقه مورد مطالعه، بیان کردند که ۷۲ درصد توافق وجود دارد.

مارتا و همکاران [۱۷]، به بررسی استفاده ترکیبی از اطلاعات طیفی، شکلی و زمینه‌ای در شناسایی زمین لغزش‌ها پرداختند. آنها با استفاده از آنالیز شیء گرا و تصویر ماهواره‌ای IRS، به شناسایی و کلاس‌بندی زمین لغزش‌های ارتفاعات هیمالیا، در هند پرداختند. نتایج نشان داد که دقت مدل اتوماتیک ایجاد شده در شناسایی زمین لغزش‌های منطقه ۷۶/۴٪ و دقت آن در تشخیص صحیح نوع زمین لغزش ۶۹/۱٪ می‌باشد.

موسوی و همکاران [۲۳] با استفاده از روش شیء گرا و روش‌های پیشرفته پیکسل پایه (با تلفیق با شبکه عصبی مصنوعی و ماشین بردار پشتیبان) نسبت به تهیه نقشه پراکنش زمین لغزش اقدام کردند. آنها به منظور تعیین ساختار بهینه روش‌های طبقه‌بندی از روش تاگوچی استفاده کردند. نتایج نشان داد که روش تاگوچی تاثیر چشمگیری در

کاهش دفعات آزمایش کلاس‌بندی داشته است. همچنین نتایج بیانگر دقت بالاتر روش شیء‌گرا نسبت به روش پیکسل پایه در شناسایی زمین‌لغزش‌ها بوده و تفاوت معنی‌داری میان دو روش ANN و SVM مشاهده نشد.

بررسی مطالعات انجام شده نشان می‌دهد که استفاده از تکنیک آنالیز شیء‌گرا در شناسایی زمین‌لغزش، روشی نوین محسوب شده که به ویژه در سال‌های اخیر مورد استفاده قرار گرفته است. همچنین با توجه به اینکه در تحقیقات انجام شده در ایران، بطور معمول با مطالعات میدانی و با صرف وقت و هزینه بالا، نسبت به شناسایی زمین‌لغزش‌های منطقه مورد مطالعه و تهیه نقشه پراکنش زمین‌لغزش اقدام می‌گردد، لزوم ارائه و استفاده از تکنیک‌های نوین در این زمینه که از سرعت و دقت مناسبی برخوردار بوده، مبرهن می‌باشد. آشنایی با این روش‌ها به ویژه در مطالعات زمین‌لغزش در شرایط خاص و در مناطق کوهستانی صعب‌العبور، به عنوان تنها گزینه ممکن حائز اهمیت است.

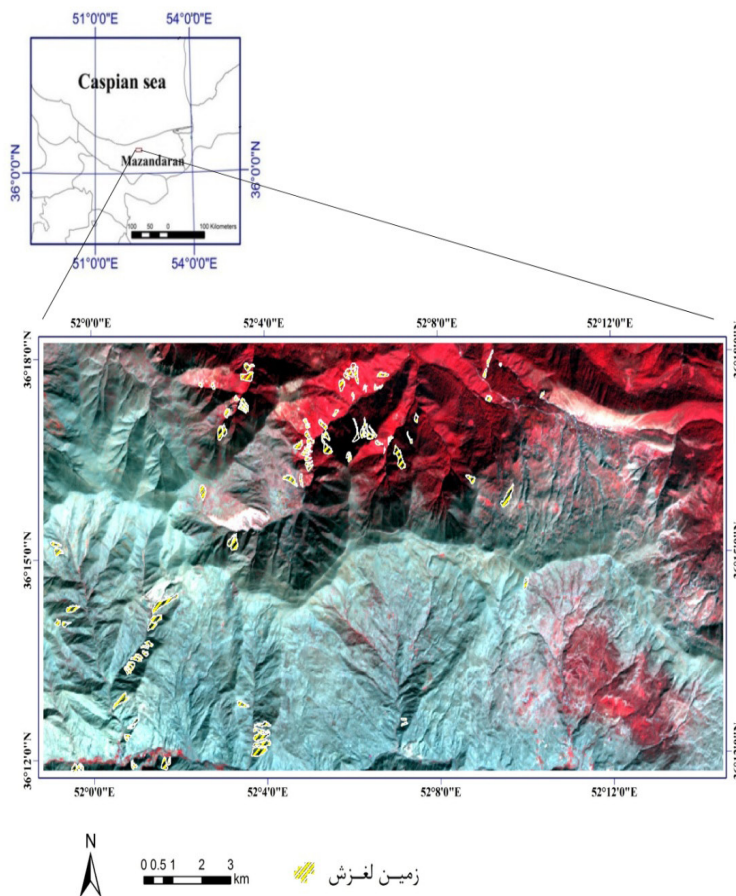
مواد و روش‌ها

منطقه مورد مطالعه

منطقه مورد مطالعه بخشی از حوضه وازرود واقع در استان

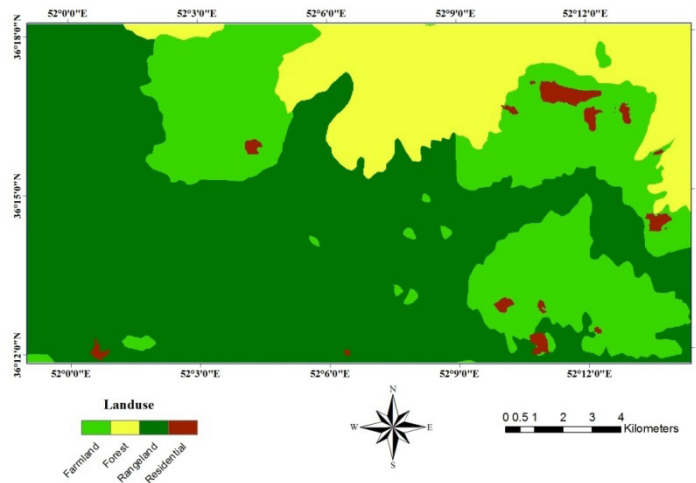
مازندران، در ۲۰ کیلومتری جنوب غرب شهرستان آمل و در عرض شمالی ۳۳° ۱۱' تا ۳۶° ۱۴' و طول شرقی ۳۷° ۱۴' تا ۵۱° ۱۴' می‌باشد. مساحت منطقه مورد مطالعه ۲۷۶۵۳ هکتار است که بخش اعظم آن در برگیرنده مناطق کوهستانی با حداقل و حداکثر ارتفاع معادل ۱۱۷۰ و ۳۵۳۶ متر بوده و مرز جنوبی منطقه مورد مطالعه مشرف به رودخانه هراز می‌باشد. شکل ۱ منطقه مورد مطالعه را نمایش می‌دهد.

پوشش گیاهی منطقه بر حسب ارتفاع از سطح دریا و تراکم کوه‌ها متغیر بوده و در بعضی دامنه‌ها جنگلهای انبوه و در برخی دیگر اراضی مرتعی مشاهده می‌شود. مساحت منطقه مورد مطالعه ۲۷۰۰۰ هکتار است که بخش اعظم آن شامل مناطق کوهستانی با حداقل و حداکثر ارتفاع معادل ۱۲۰۰ و ۳۵۰۰ متر می‌باشد. مطالعات انجام شده در منطقه مورد مطالعه نشان از وقوع لغزش‌های ناشی از فعالیت‌های جاده‌سازی و استخراج از معادن زغال سنگ موجود در منطقه دارد. همچنین وجود کوهستان‌های مرتفع و پر شیب، سبب شده است که زمین لغزش‌ها از دینامیک بسیار فعالی برخوردار بوده و روستاهای منطقه را مورد تهدید قرار دهند. شکل‌های ۲، ۳، ۴ و ۵ به ترتیب کاربری اراضی، شیب، آبراهه‌ها و جاده‌های منطقه مورد مطالعه را نمایش می‌دهند.



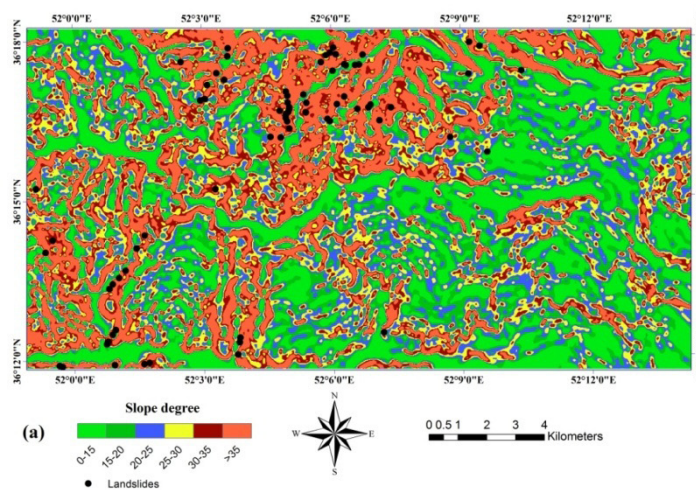
شکل ۱- موقعیت منطقه مورد مطالعه

Figure 1. Location of the study area



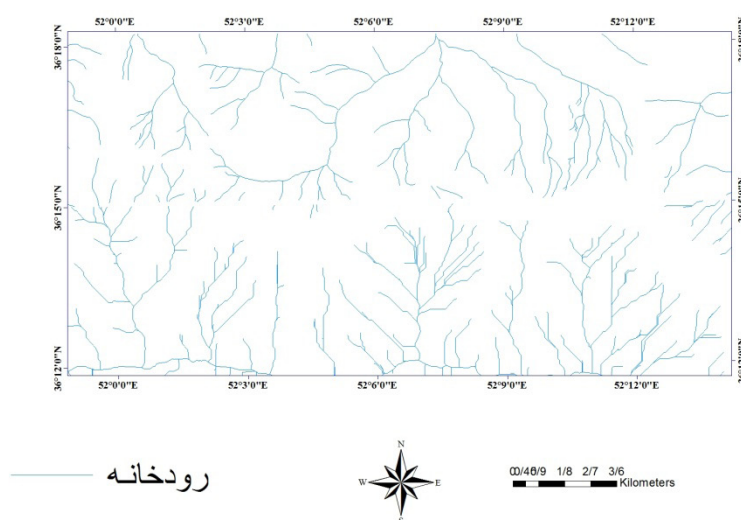
شکل ۲- نقشه کاربری اراضی منطقه مورد مطالعه

Figure 2. Land-use map



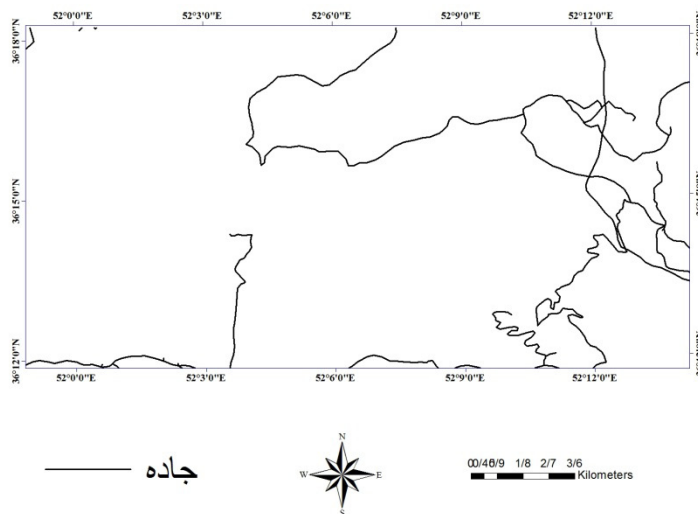
شکل ۳- نقشه شیب منطقه مورد مطالعه

Figure 3. Slope map



شکل ۴- نقشه آبراهه‌های منطقه مورد مطالعه

Figure 4. Streams map



شکل ۵- نقشه جاده‌های منطقه مورد مطالعه

Figure 5. Roads map

منظور شناسایی عوارض مورد نظر، کلاس‌بندی می‌شوند. لذا دقت قطعه‌بندی به لحاظ تطابق مکانی با عوارض مورد نظر، دقت نهایی کلاس‌بندی تصویر و فرایند شناسایی را کنترل می‌کند.

در مرحله کلاس‌بندی خصوصیات عوارض مورد نظر، به صورت کمی بررسی شده و آستانه‌هایی برای تفکیک قطعه‌های در بردارنده عوارض از قطعه‌های اطراف تعریف می‌شود. سپس الگوریتمی به منظور کلاس‌بندی طراحی شده و کدنویسی در نرم‌افزار مورد استفاده انجام می‌شود.

در طراحی مدل مورد نظر از ویژگی‌های زمین‌لغزش‌های آموزشی استفاده شد و پس از آن به منظور ارزیابی دقت مدل ایجاد شده در شناسایی زمین‌لغزش‌های آزمون، مدل اجرا شد. شکل ۶ فلوچارتی از مراحل انجام تحقیق و تهیه نقشه پراکنش زمین‌لغزش را نمایش می‌دهد.

مراحل مدلسازی

۱- قطعه‌بندی

قطعه‌بندی یا سگمنت‌بندی تصویر ماهواره‌ای اولین گام در آنالیز شیء‌گرا محسوب می‌شود که هدف از آن تقسیم‌بندی تصویر به اجزاء^۱ یا مناطقی با خصوصیات طیفی و مورفوتری همگن می‌باشد. فرایند قطعه‌بندی بر اساس پارامترهای مختلفی مانند مقیاس^۲، شکل^۳، رنگ^۴، فشردگی^۵ و معیار نرمی شکل^۶ انجام می‌شود [۴، ۷]؛ مفسر بر اساس نسبت اهمیت هر یک از این پارامترها در خصوصیات کلاس مورد نظر برای استخراج از تصویر ماهواره‌ای (در اینجا زمین لغزش)،

داده‌های مورد استفاده

در تحقیق حاضر از تصاویر ماهواره‌ای چند طیفی و پانکروماتیک Landsat8 مربوط به سال ۲۰۱۳ استفاده شد. تصحیحات هندسی، رادیومتری و اتمسفری تصاویر مذکور در نرم‌افزار ENVI انجام شد، سپس ترکیب باندی ۳-۴-۵ (به منظور استفاده از قابلیت‌های سه باند سبز، قرمز و مادون قرمز نزدیک در مدلسازی) ایجاد شد.

با توجه به اینکه در داده‌های ETM+ یک باند پانکروماتیک (باند ۸) با قدرت تفکیک زمینی ۱۵ متر وجود دارد، لذا می‌توان با استفاده از تکنیک Image Sharpening، تصاویر چند طیفی را با این باند ترکیب و قدرت تفکیک مکانی آنها را افزایش داد [۲]. لذا به منظور افزایش قدرت تفکیک مکانی تصویر چند طیفی، تصویر مزبور با باند پانکروماتیک ترکیب شد. سپس نقشه‌های موضوعی منطقه مورد مطالعه شامل نقشه‌های شیب، مناطق مسکونی، اراضی کشاورزی، نقشه جاده‌ها و نقشه آبراهه‌ها تهیه شد.

با استفاده از نقشه پراکنش زمین‌لغزش‌های منطقه (تهیه شده از مطالعه تحقیقات پیشین [۳۱] و همچنین تفسیر عکس‌های هوایی و بررسی منطقه با استفاده از تصاویر Google Earth)، تعداد ۱۰۵ لغزش شناسایی شد که از این تعداد، به ترتیب ۷۴ (۷۰ درصد) و ۳۱ (۳۰ درصد) زمین‌لغزش برای آموزش و آزمون در نظر گرفته شد.

سپس با استفاده از نرم‌افزار eCognition، نسبت به طراحی مدلی نیمه-اتوماتیک مبتنی بر آنالیز شیء‌گرا، برای شناسایی زمین‌لغزش‌های منطقه اقدام شد. روش آنالیز شیء‌گرا از دو گام اصلی تشکیل شده است که شامل قطعه‌بندی و کلاس‌بندی می‌باشد. در گام اول (مرحله قطعه‌بندی) پیکسل‌های تصویر بر اساس تفاوت‌ها و شباهت‌های موجود میان آنها در زمینه ویژگی‌های طیفی و شکلی و با در نظر گرفتن درجه‌ای از ناهمگنی مجاز در هر قطعه، به گروه‌هایی تقسیم می‌شوند که این قطعه‌ها یا شیء‌های ساخته‌شده در گام بعدی به

- 1- Objects
- 2- Scale
- 3-Shape
- 4- Color
- 5- Compactness
- 6- Smoothness

نسبت اهمیت آنها را در فرایند سگمنت‌سازی اعمال می‌نماید [۹]. پارامتر مقیاس تعیین‌کننده مقدار حداکثر ناهمگنی مجاز در یک قطعه می‌باشد. پارامترهای رنگ و شکل، نسبت به یکدیگر وزن‌دهی می‌شوند بطوریکه مجموع وزنی آنها معادل یک شود. وزن‌دهی دو پارامتر نرمی و فشردگی نیز به همین صورت می‌باشد [۵]. ترکیب‌های وزنی مختلف از پارامترهای ذکر شده، تصویر ماهواره‌ای را به صورت‌های متفاوتی قطعه‌بندی می‌کنند. به منظور دستیابی به قطعات مناسب (متناسب با زمین‌لغزش‌های آموزشی)، قطعه‌بندی به صورت آزمون و خطا و طی دفعات متعددی با ترکیب‌های وزنی متفاوتی از پارامترهای موثر بر قطعه‌بندی، انجام شد.

۲- طبقه‌بندی^۱

طبقه‌بندی یا کلاس‌بندی قطعه‌های ایجاد شده از مرحله قطعه‌بندی، بر پایه ساختار سلسله مراتبی کدهای نوشته شده در نرم‌افزار eCognition (مدل مورد نظر) و با تکنیک آنالیز شیء‌گرا، به منظور شناسایی و تفکیک قطعاتی که زمین‌لغزش می‌باشند، انجام می‌شود.

در محیط نرم‌افزار eCognition با ورود تصویر ماهواره‌ای و نقشه‌های موضوعی، ابتدا نسبت به شناسایی مناطقی که وقوع زمین لغزش در آنها امکان‌پذیر نمی‌باشد، اقدام شد. بدین منظور ابتدا نقشه‌های مناطق مسکونی، اراضی کشاورزی، جاده‌ها و رودخانه‌ها به مدل معرفی و دستور شناسایی و تفکیک سگمنت‌هایی که تحت پوشش مناطق مذکور بود، ارائه شد.

در گام بعدی با بررسی زمین‌لغزش‌های آموزشی و با استفاده از ویژگی‌هایی مانند پوشش گیاهی و شیب، نسبت به شناسایی مناطقی که انتظار وجود زمین‌لغزش در آنها پایین است، اقدام شد. تحقیقات انجام شده نشان از استفاده موفقیت آمیز NDVI در مطالعات شناسایی زمین‌لغزش دارد [۱۷، ۲۷]. لذا در تحقیق حاضر با بررسی پارامتر NDVI در زمین‌لغزش‌های آموزشی و تعیین آستانه مناسب برای آن، نسبت به شناسایی قطعه‌های با پوشش گیاهی بالا، اقدام شد. کد دستور مورد نظر برای شناسایی اتوماتیک مناطق مزبور در نرم‌افزار eCognition به صورت CNL (Cognition Network Language) نوشته شد. در گام بعدی به منظور شناسایی مناطق کم شیب که احتمال وقوع زمین‌لغزش در آن کم می‌باشد، مانند NDVI عمل شده و با استفاده از زمین‌لغزش‌های آموزشی، پس از تعیین آستانه مناسب، کد مورد نظر نوشته شد. پس از طی مراحل ذکر شده در بالا و شناسایی و تفکیک مناطقی که امکان وجود زمین‌لغزش در آنها کم می‌باشد، با بررسی زمین‌لغزش‌های آموزشی نسبت به شناسایی ویژگی‌هایی از زمین‌لغزش‌ها تلاش شد که بتوان با استفاده از آنها از میان سگمنت‌های باقی مانده، سگمنت‌های زمین‌لغزشی را تفکیک کرد. استفاده از خصوصیات شکلی مانند نسبت طول به عرض (L/W) و عدم تقارن^۲، در مطالعات انجام شده در کلاس‌بندی زمین‌لغزش‌ها،

1- Classification

2- Asymmetry

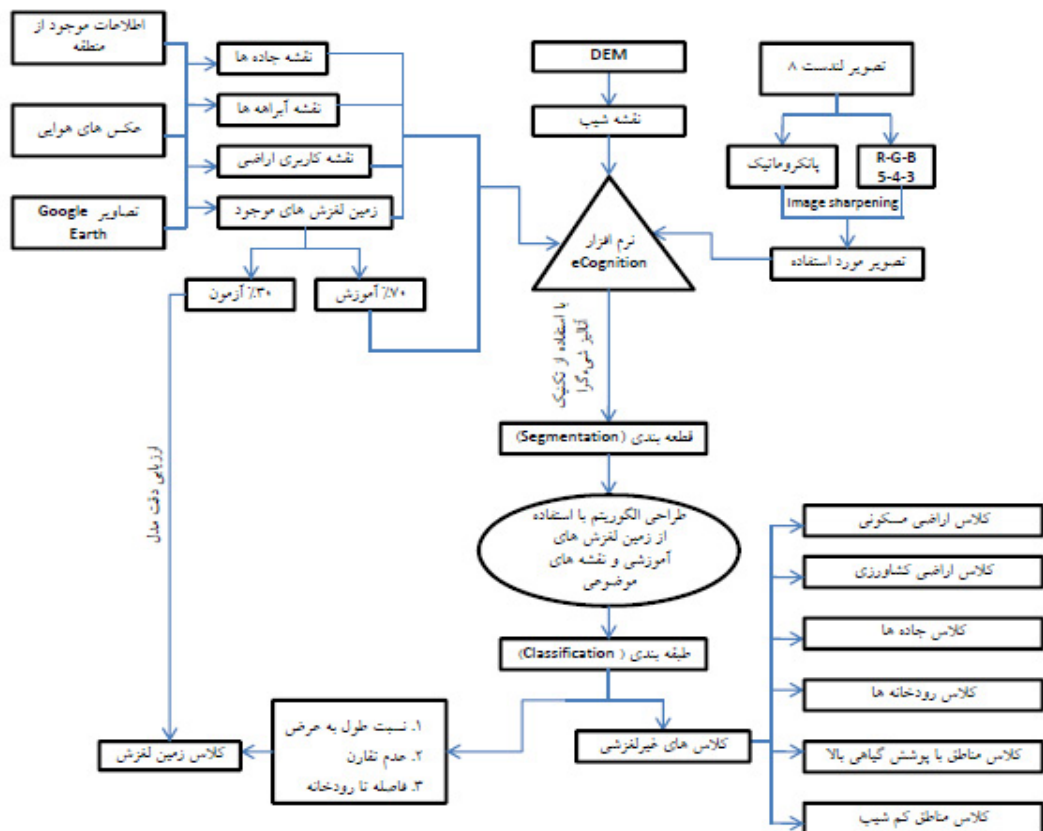
مفید ارزیابی شد [۵]. لذا با بررسی ویژگی‌های مذکور در قطعه‌های زمین‌لغزشی آموزشی و ارائه آستانه مناسب برای آنها، دستور مورد نظر در نرم‌افزار نوشته شد. در گام آخر با بررسی فاصله قطعه‌های زمین‌لغزشی از رودخانه و ارائه آستانه مناسب، از این ویژگی نیز در شناسایی زمین‌لغزش‌های منطقه استفاده شد. منظور ارزیابی دقت مدل طراحی شده در شناسایی زمین‌لغزش‌های منطقه مورد مطالعه، مدل اجراء شد و با مقایسه نقشه زمین‌لغزش‌های شناسایی شده توسط مدل با نقشه زمین‌لغزش‌های آزمون موجود از منطقه، میزان دقت مدل تعیین شد.

نتایج و بحث

با آزمون و خطا و با ایجاد ترکیب‌های وزنی متفاوت از پارامترهای مؤثر بر قطعه‌بندی، تصویر به دفعات قطعه‌بندی شد. با تجزیه و تحلیل نتایج قطعه‌بندی و با ارزیابی میزان تطابق سگمنت‌های ایجاد شده با زمین‌لغزش‌های آموزشی، در نهایت وزن پارامتر مقیاس معادل ۱۰، معیار رنگ ۰/۲ و شکل ۰/۸، معیار نرمی شکل ۰/۸ و فشردگی ۰/۲، به عنوان ترکیب مناسب در نظر گرفته شد.

با استفاده از پارامتر NDVI در کلاس‌بندی، سگمنت‌های تصویر به دو کلاس با پوشش گیاهی انبوه و غیر انبوه تقسیم شد. این کلاس‌بندی منجر به حذف مناطق با پوشش گیاهی انبوه از ادامه مراحل کلاس‌بندی در راستای شناسایی زمین‌لغزش‌ها شد [۵]. با ارزیابی این پارامتر در قطعه‌های زمین‌لغزشی آموزشی، آستانه ۰/۳ در دستورنویسی مدل استفاده شد. مارتا و همکاران [۱۷] بیان کردند پارامتر NDVI در شناسایی زمین‌لغزش‌ها با آنالیز شیء‌گرا، بطور مؤثری در تفکیک مناطق لغزشی از مناطق با پوشش گیاهی بالا استفاده می‌شود. جدول ۱ آستانه‌های مورد استفاده در کلاس‌بندی منطقه مورد مطالعه را نشان می‌دهد. آستانه‌های تعریف شده بمنظور استفاده از مدل در منطقه‌ای متفاوت یا در صورت استفاده از تصویری متفاوت بایستی تعدیل شوند [۱۷]. شکل ۷ شمایی از تصویر منطقه به همراه کلاس‌بندی ذکر شده، در محیط نرم‌افزار eCognition ارائه می‌کند.

مدل نیمه اتوماتیک طراحی شده، در مرحله بعد به اجرا گذاشته شد. سگمنت‌هایی که به عنوان زمین‌لغزش شناسایی شدند تحت عنوان نقشه زمین‌لغزش‌های شناسایی شده، به نرم‌افزار Arc GIS منتقل شد [شکل شماره ۸]. به منظور ارزیابی دقت مدل در شناسایی زمین‌لغزش‌های منطقه، نقشه زمین‌لغزش‌های شناسایی شده با نقشه زمین‌لغزش‌های موجود از منطقه مقایسه شد. نتایج بدست آمده نشان می‌دهد که ۲۳ زمین‌لغزش از ۳۱ زمین‌لغزش آزمون، با کلاس‌بندی شیء‌گرا به درستی شناسایی شده‌اند (معادل ۷۴/۱۹ درصد). مارتا و همکاران نیز با طراحی مدلی نیمه اتوماتیک مبتنی بر آنالیز شیء‌گرا و دانش کارشناسی، موفق به شناسایی ۷۶/۴ درصد از زمین‌لغزش‌های آزمون در منطقه مطالعاتی خود واقع در کوه‌های هیمالیا شدند. همچنین دقت مدل ارائه شده توسط معین و همکاران



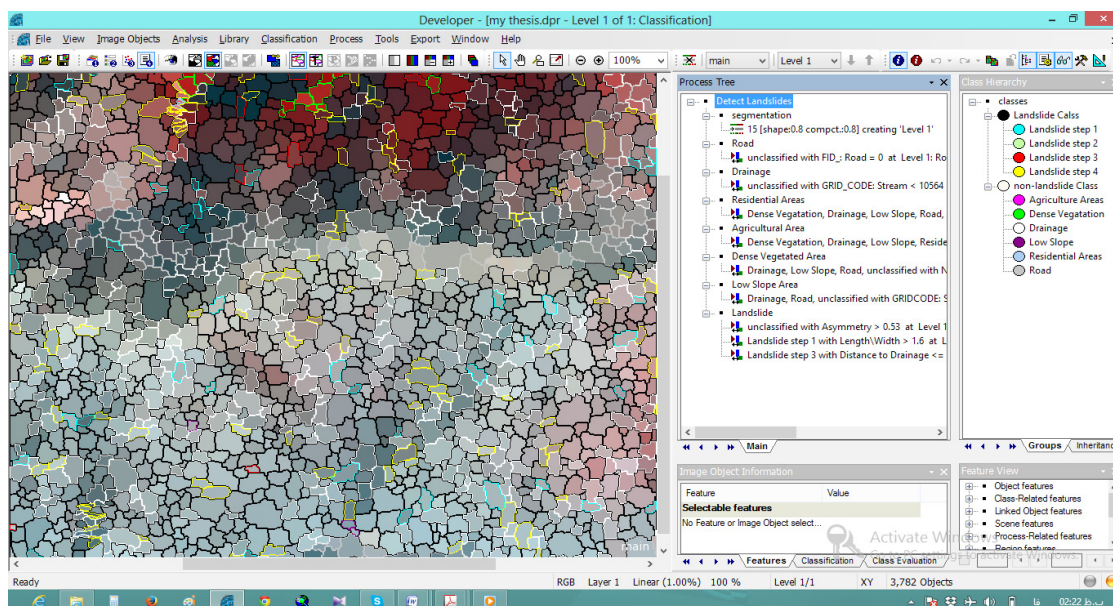
شکل ۶- مراحل انجام تحقیق
Figure 6. Flowchart of the study

جدول ۱- آستانه‌های استفاده شده در کلاس‌بندی
Table 1. Thresholds used for the classification

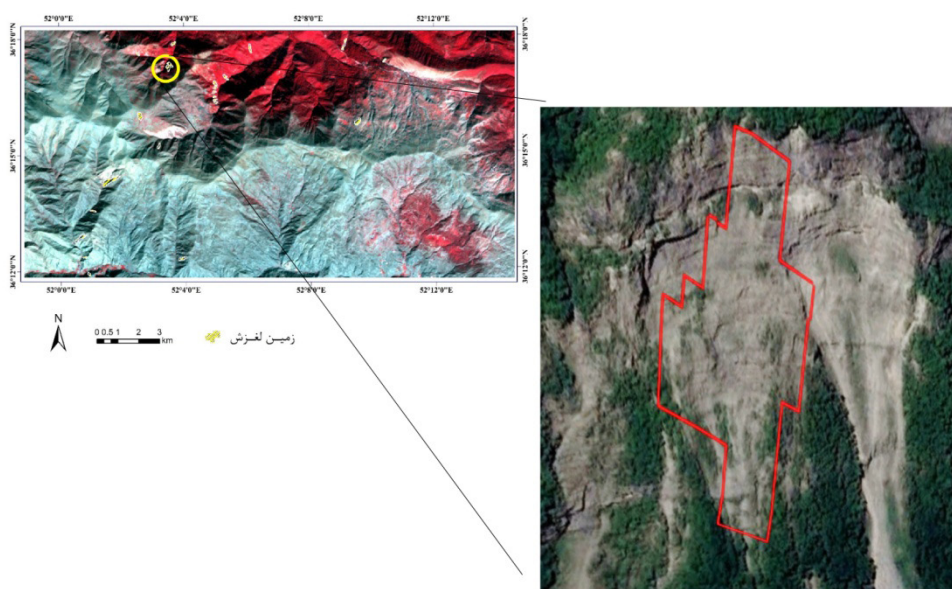
آستانه Threshold	پارامتر Parameter	کلاس Class
≥ 0.3	NDVI	باتراکم پوشش گیاهی بالا
≤ 0.3	NDVI	با تراکم پوشش گیاهی پایین
≤ 15	شیب (درجه)	کم شیب
≥ 15	شیب (درجه)	پرشیب
≥ 1.6	نسبت طول به عرض	زمین لغزش
≥ 0.5	عدم تقارن	
≤ 650	فاصله تا رودخانه (متر)	

نشان داده شده است. نتایج بدست آمده نشان می‌دهد که دقت مدل در شناسایی گستره زمین‌لغزش‌های آزمون ۴۱/۲۸ درصد بوده است. همانگونه که ذکر شد، در تحقیق حاضر از تصویر ماهواره‌ای Landsat استفاده شد؛ علیرغم تلاش در استفاده از خصوصیات مختلف مکانی، هندسی و طیفی در طراحی مدل، و همچنین علیرغم اینکه مدل از دقتی مناسبی در تعداد زمین‌لغزش‌های شناسایی شده برخوردار بود، اما به دلیل اینکه تصویر مذکور از قدرت تفکیک

[۲۱]، معادل ۲۶ درصد و دقت مدل بارلو و همکاران [۵]، ۷۵ درصد گزارش شد. بمنظور ارزیابی مدل، علاوه بر بررسی تعداد زمین‌لغزش‌های شناسایی شده، با رویهم اندازی نقشه زمین‌لغزش‌های شناسایی شده و نقشه موجود از زمین‌لغزش‌های منطقه، به بررسی دقت مدل در شناسایی سطح و گستره زمین‌لغزش‌های شناسایی شده نیز، پرداخته شد. در شکل ۹ تعدادی از زمین‌لغزش‌های شناسایی شده و موجود،



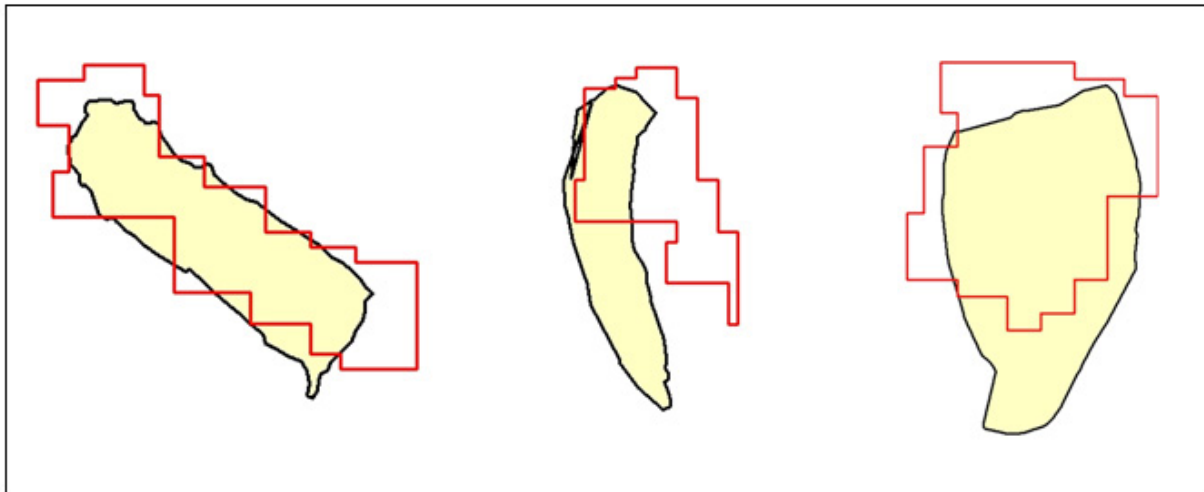
شکل ۷- مدل طراحی شده در محیط نرم افزار eCognition
Figure 7. The developed model in eCognition software



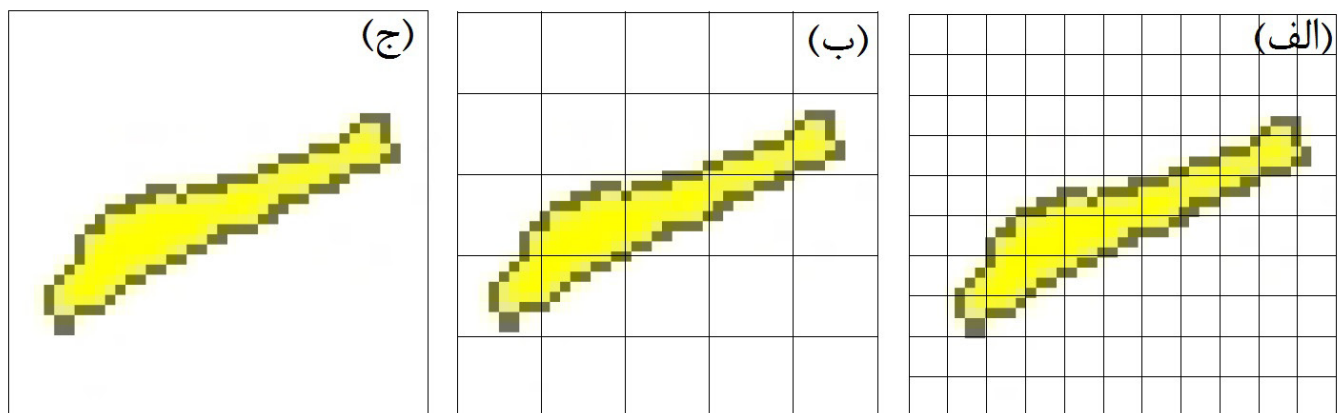
شکل ۸- زمین لغزش های شناسایی شده توسط مدل نیمه-اتوماتیک
Figure 8. Landslides detected by semi-automated model

خطا و جابجایی جزئی در پیکسل های شناسایی شده، میزان جابجایی یک جزء می تواند به چه میزان افزایش داشته باشد. نتایج بدست آمده از مطالعه مارتا و همکاران [۱۷]، نشان می دهد که مدل ارائه شده توسط آنها که با استفاده از تصویر ماهواره ای IRS-P6 با قدرت تفکیک مکانی ۵/۸ متر طراحی شده بود، دارای دقت ۶۹/۹ درصد در شناسایی گستره زمین لغزش ها می باشد. همچنین دقت مدل لو و همکاران [۱۶] در شناسایی زمین لغزش های منطقه، معادل ۶۹/۵ درصد و در شناسایی سطح زمین لغزش ها معادل

مکانی متوسطی برخوردار است، دقت مورد انتظار در شناسایی گستره زمین لغزش ها فراهم نشد. این مسئله می تواند به دلیل استفاده از تصویر با قدرت تفکیک مکانی متوسط و به تبع آن بزرگ بودن پیکسل های تصویر باشد که منجر می شود حتی میزان خطای یک تا دو پیکسل در شناسایی زمین لغزش بر روی تصویر، جابجایی مکانی زیادی را در گستره زمین لغزش در پی داشته باشد. شکل ۱۰ با نمایش رابطه میان اجزاء و قدرت تفکیک مکانی تصویر، به روشنی نشان می دهد که با کاهش قدرت تفکیک مکانی یک تصویر، با میزان



شکل ۹- میزان تطابق گستره زمین لغزش‌های شناسایی شده با زمین لغزش‌های موجود
Figure 9. The agreement between detected landslides area and observed ones



شکل ۱۰- رابطه میان اجزاء (objects) و قدرت تفکیک مکانی تصویر، الف) تصویر ماهواره‌ای با قدرت تفکیک مکانی بالا، ب) متوسط و ج) کم
Figure 10. Relationship between objects and image spatial resolution, a. Satellite image with high spatial resolution, b. medium, c. low

و مطالعه حاضر نخستین تحقیق انجام شده در این زمینه در ایران می‌باشد. در تحقیق حاضر با استفاده از نقشه‌های موضوعی (کاربری اراضی، جاده‌ها و آبراهه‌ها) و همچنین با استفاده از خصوصیات طیفی (NDVI)، خصوصیات توپوگرافی (شیب)، خصوصیات هندسی (نسبت طول به عرض و عدم تقارن زمین لغزش‌ها) و خصوصیات مکانی (فاصله تا رودخانه)، در محیط نرم‌افزار eCognition نسبت به طراحی مدلی نیمه‌اتوماتیک مبتنی بر آنالیز شیء‌گرا در شناسایی زمین لغزش اقدام شد.

مدل ذکر شده بر اساس زمین لغزش‌های آموزشی (۷۴ زمین لغزش) تهیه شده و سپس به منظور شناسایی زمین لغزش‌های آزمون (۳۱ زمین لغزش) استفاده شد. دقت مدل در شناسایی زمین لغزش‌ها معادل ۷۱/۱۹ درصد و در شناسایی گستره زمین لغزش‌های آزمون معادل ۴۱/۲۸ درصد ارزیابی شد. در صورت نیاز به شناسایی دقیق گستره

۶۹/۹ درصد بوده است. همچنین مدل نیمه اتوماتیک طراحی شده توسط لاهوس و همکاران [۱۵]، با دقت ۷۳ درصد قادر به شناسایی زمین لغزش‌های حوضه بایچی در تایوان با استفاده از تصویر Spot-5 می‌باشد.

نتیجه‌گیری

تهیه نقشه پراکنش زمین لغزش‌ها با مطالعات میدانی، کاری دشوار بوده و گاهی در عرصه‌های کوهستانی وسیع و صعب العبور غیرممکن می‌باشد. همچنین تفسیر بصری تصاویر ماهواره‌ای زمانبر بوده و نیازمند دانش کارشناسی می‌باشد؛ در نتیجه در مدیریت بلایا که نیاز به دسترسی سریع به اطلاعات می‌باشد، کارایی ندارد [۱۷]. تاکنون مطالعات اندکی در شناسایی اتوماتیک زمین لغزش‌ها با استفاده از روش شیء‌گرا در سطح دنیا انجام شده است [۵، ۱۵، ۱۷، ۲۱]

sensing (3rd ED). Azadeh Press, Tehran, 288 p. (In Persian).

8. Feyzizadeh, B. and Helali, H. 2009. Comparison of pixel based and object-oriented methods in vegetation/landuse classification in western Azarbajejan. *Journal of Phisical Geography Research Quarterly* 71(1), 73-84. (In Persian)

9. Galli, M. Ardizzone, F. Cardinali, M. Guzzetti, F. and Reichenbach, P. 2008. Comparing landslide inventory maps. *Geomorphology*. 94 (3-4): 268-289.

10. Holt, A.C. Seto, E.Y.W. Rivard, T. and Gong, P. 2009. Object-based detection and classification of vehicles from high-resolution aerial phography. *Photogrammetric Engineering and Remote Sensing*. 75(7): 871-880.

11. Jaafari, A. Najafi, A. Pourghasemi, H.R. Rezaeian, J. and Sattarian, A. 2014. GIS-based frequency ratio and index of entropy models for landslide susceptibility assessment in the Caspian forest, northern Iran. *International Journal of Environmental Science and Technology*. 11(4), 909-926.

12. Kaab, A. 2002. Monitoring high-mountain terrain deformation from repeated air and spaceborne optical data: examples using digital aerial imagery and ASTER data. *ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing*. 57(1-2): 39-52.

13. Lahousse, T. Chang, K.T. and Lin, Y.H. 2011. Landslide mapping with multi-scale object-based image analysis—a case study in the Baichi watershed, Taiwan. *Natural Hazards and Earth System Science*, 11(10), 2715-2726.

14. Lu, P. Stumpf, A. Kerle, N. and Casagli, N. 2011. Object-oriented change detection for landslide rapid mapping. *Geoscience and Remote Sensing Letters*, IEEE, 8(4), 701-705.

15. Martha, T.R. Kerle, N. Jetten, V. van Westen, C.J. and Kumar, K.V. 2010. Charactrising spectral, spatial and morphometric properties of landslides for semi-automatic detection using object-oriented methods. *Geomorphology*. 116: 24-36.

16. Martha, T.R. Kerle, N. van Westen, C.J. Jetten, V. and Kumar, K.V. 2011. Segment optimization and data-driven thresholding for knowledge-based landslide detection by object-based image analysis. *Geoscience and Remote Sensing*. 49(12): 4928-4943.

17. Metternicht, G. Hurni, L. and Gogu, R. 2005. Remote sensing of landslides: An analysis of the potential

زمین لغزش‌ها و همچنین کاهش خطاهای مثبت (شناسایی قطعه‌های غیرلغزشی به اشتباه تحت عنوان زمین لغزش)، توصیه می‌شود از تصاویر با قدرت تفکیک مکانی بالا استفاده شده و همچنین با بررسی و کمی کردن سایر خصوصیات پدیده زمین لغزش (مانند روشنایی، مساحت زمین لغزش‌ها، بافت تصویر در مناطق لغزشی و غیره)، از این خصوصیات نیز در کدنویسی و طراحی مدل به منظور شناسایی زمین لغزش از تصاویر ماهواره‌ای استفاده شود.

از آنجاکه استفاده از تکنیک شیء‌گرا در شناسایی اجزاء (objects) از روی تصاویر ماهواره‌ای روشی نوین محسوب شده (به ویژه در شناسایی زمین لغزش)، لذا دقت مناسب مدل در شناسایی زمین لغزش‌های منطقه نشان از کارایی این روش داشته و عرصه را برای استفاده از این روش در مطالعات آتی در شناسایی زمین لغزش‌ها با استفاده از سایر تصاویر و طراحی مدل‌هایی با تلفیق خصوصیات متفاوت، و همچنین در شناسایی سایر عوارض طبیعی، فراهم می‌آورد.

منابع

1. Abkar, A.A. Mesgar, M.S. and Mirghasemi, A. 2006. General regulation and procedure for LandSat ETM+ digital image processing for land cover/land use map production. 62 p. (In Persian)

2. Ackay, H.G. and Aksoy, S. 2008. Automatic detection of geospatial objects using multiple hierarchical segmentation. *IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing*. 46(7): 2097-2111.

3. Baatz, M. and Schape, A. 2000. Multiresolution Segmentation: an optimization approach for high quality multi-scale image segmentation, In: Strobl, L.J., Blaschke t. and Griesebener T. (Eds), *Angewandte geographische informationseraabeitung XII, Beitrage zun AGIT Symposium Salzburg 2000*. Herbert Wichmann Verlag, Heidelberg, pp. 12-23.

4. Barlow, J. Franklin, S. and Martin, Y. 2006. High spatial resolution satellite imagery, DEM derivatives, and image segmentation for the detection of mass wasting processes. *Photogrammetric Engineering and Remote Sensing*. 72(6): 687-692.

5. Brodsky, L. and Boruvka, L. 2006. Object-oriented fuzzy analysis of remote sensing data for bare soil brightness mapping. *Soil and Water Research*. 1(3): 79-84.

6. Definiens, 2007. Developer 7: Userguide. Definiens Imaging GmbH.

7. Fatemi, S.B. and Rezaei, Y. 2012. Principles of remote

25. Shadfar, S. Yamani, M. 2007. Zoning of landslide hazard in Jelisan watershed using LNRE model. *Journal of Physical Geography Research Quarterly*. 62(4), 11-23. (In Persian)
26. Tralli, D.M. Blom, R.G. Zlotnicki, V. Donnellan, A. and Evans, D.L. 2005. Satellite remote sensing of earthquake, volcano, flood, landslide and coastal inundation hazards. *ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing*. 59(4): 185-198.
27. Van Westen, C.J. and Lulie Getahun, F. 2003. Analyzing the evolution of the Tessina landslide using aerial photographs and digital elevation models. *Geomorphology*. 54(1-2): 77-89.
28. Zandi, J. 2012. Prioritization of controlling area on soil erosion using RS and GIS techniques (A case study: Vzaroud watershed, Mazandaran). M.Sc Dissertation. Faculty of Natural Resources. Sari Agricultural and Natural Resources University, 144 pages. (In Persian)
29. Aabedi, F. Mohammadzadeh, A. Mokhtarzadeh, M. and Valadan zouj, M.J. 2015. Comparison and Evaluation of the object-based and pixel-based analysis of LiDAR and large-scale optical images in metropolitan area. *Journal of Soft Computing and Information Technology*, 4(3): 118-128.
30. Hölbling, D. Friedl, B. and Eisank, C. 2015. An object-based approach for semi-automated landslide change detection and attribution of changes to landslide classes in northern Taiwan. *Earth Science Informatics*, 8(2): 327-335.
31. Moosavi, V. Talebi, A. and Shirmohammadi, B. 2014. Producing a landslide inventory map using pixel-based and object-oriented approaches optimized by Taguchi method. *Geomorphology*, 204: 646-656.
- contribution to geo-spatial systems for hazard assessment in mountainous environments. *Remote Sensing Environment*. 98 (2-3): 284-303.
18. Moghimi, E. Bagheri Seyedshokri, S. and Safarrad, T. 2012. Zoning of landslide hazard using entropy model (case study: Nesar Anticline at north west Zagros). *Journal of Physical Geography Research Quarterly* 44(1), 77-90. (In Persian)
19. Moine, M. Puissant, A. and Malet, J.P. 2009. Detection of landslides from aerial and satellite images with a semi-automatic method. Application to the Barcelonnette basin (Alpes-de-Haute-Provence, France). In: Malet, J.P., Remaitre, A., Bogaard, T. (Eds.), *Landslide Processes: From Geomorphological Mapping to Dynamic Modelling*. CERG, Strasbourg, France. pp. 63–68.
20. Moosavi, V. 2012. Application of object oriented and pixel based remote sensing methods in Barchans study. M.Sc Dissertation. Faculty of Natural Resources and Marine Sciences. Tarbiat Modares University, 88 pages. (In Persian)
21. Moradi, H.R. Mohammady, M. Pourghasemi, H.R. and Feiznia, S. 2009. Landslide hazard analysis using AHP method in the part of Haraz road. *Journal of Spatial Planning*, 14 (2): 234-247.
22. Mousavi khatir, S.Z. Kavian, A. and Solaimani, K. 2010. Pepration of landslide susceptibility map in Sajaroud watershed using Logistic Regression model. *Journal of Science and Technology of Agriculture and Natural Resources, Water and Soil Science*. 53 (3): 99-111.
23. Pourghasemi, H.R. Moradi, H.R. Aghda, S.F. Gokceoglu, C. and Pradhan, B. 2014. GIS-based landslide susceptibility mapping with probabilistic likelihood ratio and spatial multi-criteria evaluation models (North of Tehran, Iran). *Arabian Journal of Geosciences*. 7(5), 1857-1878.
24. Schneevoigt, N.J. van der Linden, S. Thamm, H.-P. Schrott, L. 2008. Detecting Alpine landforms from remotely sensed imagery. A pilot study in the Bavarian Alps. *Geomorphology*. 93, 104–119.

*Abstract***Semi-Automated Object-Based Model for Producing Landslide Inventory Map
(Case Study: Vazroud Watershed)**S. Razavizadeh¹, K. Solaimani² and A. Kavian³

Received: 2015/06/09 Accepted: 2017/04/10

The first step in the study of landslide susceptibility and hazard is to produce a landslide inventory map. The usual methods of landslide mapping include field investigations, combined with visual interpretation of aerial photographs. Modern and newfangled remote sensing techniques, using satellite images, causes in facilitating of landslide mapping and reduce the required time. In this study, a semi-automatic model based on object oriented analysis was developed in eCognition software to identify landslides at the central part of the Albourz Mountains in Vazroud watershed. A total of 105 landslide events were detected within the study area using documentation from previous research, interpretation of aerial photographs and visual inspection of the Google Earth images. 70% (74 points) of detected landslides were randomly selected for training, and the remaining 30% (31 points) cases were used for test. The model was developed based on spatial, spectral and geometry characteristics of training landslides as well as thematic maps of the study area. Results showed the model accuracy of 74.19% in the detection of test landslides. Also the accuracy of 41.28% was achieved in detection of the extent of landslides which in the condition of using high-resolution images, would be improved.

Keywords: Landslide, Object-oriented analysis, eCognition software

1- Ph.D. in Watershed management, Young Researchers and Elite Club, Karaj Branch, Islamic Azad University, Karaj, Iran. Corresponding author, Email: srazavizadeh@ymail.com

2. Prof., Watershed Department, Sari Agriculture and Natural Resources University, Iran

3. Associate Prof., Watershed Department, Sari Agriculture and Natural Resources University, Iran