

جغرافیا و توسعه شماره ۲۴ پاییز ۱۳۹۰

وصول مقاله : ۱۳۸۹/۶/۲۵

تأیید نهایی : ۱۳۸۹/۱۲/۱۸

صفحات : ۲۱-۵

## تأثیر تغییرات پوشش گیاهی و کاربری اراضی بر مورفودینامیک دامنه‌ها در حوضه آهار

دکتر مجتبی یمانی

دانشیار زئومورفولوژی دانشگاه تهران

مریم جابری

دانشجوی دکتری زئومورفولوژی دانشگاه تربیت مدرس

### چکیده

اراضی زراعی و سکونتگاه‌های استقرار یافته بر روی دامنه‌های مناطق کوهستانی ایران در اثر ناپایداری‌ها هر ساله آسیب‌های فراوانی می‌بینند. بررسی‌ها نشان می‌دهد که عوامل متعددی از جمله تغییر پوشش گیاهی و کاربری اراضی به عنوان دو فاکتور بسیار مهم در تغییر مورفودینامیک دامنه‌ها نقش ایفا می‌کنند. در این پژوهش، حوضه کوهستانی رودخانه آهار واقع در شمال تهران به صورت نمونه با این هدف مورد مطالعه قرار گرفته است. توسعه فعالیت‌های انسانی در سال‌های اخیر و با اهداف متفاوت در این حوضه، خطرات ناشی از رویکرد حرکات دامنه‌ای را افزایش داده است. برای بررسی فرآیندهای مورفودینامیکی دامنه‌ها از تصاویر ماهواره‌های لندست ۵ و ۷ (TM و ETM+) استفاده شده و در نرم‌افزار Geomatica-pca به عنوان ابزارهای اصلی پژوهش تجزیه و تحلیل شده است. سپس نقشه‌ی پوشش گیاهی و کاربری اراضی منطقه از تصاویر مورد اشاره استخراج شده است. تکنیک کار پژوهش، مقایسه‌ی زمانی تغییرات پوشش گیاهی با استفاده از تصاویر مذکور و ترسیم نقشه‌ی این تغییرات بوده است. برای کنترل تغییرات به دست آمده از طریق مشاهده غیرمستقیم، کار میدانی گسترده انجام شده و موقعیت‌ها با دستگاه GPS کنترل و تطبیق داده شده است. نتایج حاصل از مقایسه‌ی نقشه‌ی شدت تغییرات صورت گرفته در کاربری اراضی و پوشش گیاهی و تطبیق آن با نقشه‌ی پراکندگی حرکات دامنه‌ای نشان می‌دهد که، فراوانی ناپایداری‌های دامنه‌ای با مناطقی که در معرض تغییرات پوشش گیاهی و کاربری اراضی بوده‌اند همبستگی دارند. ساخت و سازها به ویژه با اهداف سکونت‌گاهی و خانه‌های دوم در پیرامون کلان شهر تهران و نیز افزایش جمعیت روستایی در سال‌های اخیر به سرعت توسعه یافته است. این توسعه منجر به استفاده‌ی گسترده از دامنه‌ها و با ایجاد ترانشه و تسطیح و برهم زدن تعادل آنها به منظور کاهش شیب شده و تحت تأثیر آن از بین بردن پوشش گیاهی از علل عمده افزایش ناپایداری‌ها در سال‌های اخیر بوده است.

کلیدواژه‌ها: حوضه آهار، سنجش از دور، مورفودینامیک دامنه‌ای، پوشش گیاهی، کاربری اراضی.

### مقدمه

ناپایداری‌های دامنه‌ای به ویژه در کشورهای کوهستانی نظیر ایران هر ساله خسارات جانی و مالی زیادی را وارد می‌کنند. در این راستا برای کنترل این پدیده، شناخت عوامل و فرآیندهایی

که موجب برهم خوردن پایداری دامنه‌ها می‌شوند اولویت دارد. زیرا هرگونه سیاست‌گذاری به منظور کنترل و تثبیت دامنه‌ها وابسته به شناخت این عوامل می‌باشد. در این میان، برای انجام مطالعات حرکات دامنه‌ای استفاده از فناوری دور سنجی و بهره‌گیری از داده‌های ماهواره‌ای امروزه جزء ابزارهای مهم و اساسی به شمار می‌رود. استفاده از تکنیک‌های سنجش از دور نه تنها امکانات بسیار کارآمدی را برای شناسایی مناطق حساس و ناپایدار فراهم می‌سازد بلکه در مقایسه با سایر روش‌ها بسیار کم‌هزینه‌تر و سودمندتر است (زبیری، ۱۳۸۲: ۳۲).

سنجش از دور کاربردهای مهمی برای نظارت محیطی، تولید نقشه‌های پوشش گیاهی و کاربری اراضی و توسعه‌ی پایگاه داده‌ها<sup>۱</sup> در مقیاس‌های مختلف را دارا می‌باشد. علاوه بر این، قابلیت تکرار اخذ داده‌های ماهواره‌ای به فاصله‌ی زمانی چندساعت تا چند روز در طول ماه یا سال، امکان مطالعات تغییرات و پایش پدیده‌های زمینی را به خوبی فراهم ساخته است (علوی‌پناه، ۱۳۸۲: ۲۳۱).

تاکنون مطالعات بسیاری بر روی حرکات دامنه‌ای در ایران و سایر کشورها انجام شده است. در این مطالعات از دیدگاه‌های متفاوتی به موضوع ناپایداری‌های دامنه‌ای پرداخته شده است. از جمله، بیاتی (۱۳۸۷: ۲۵)، شادفر و همکار (۱۳۸۶: ۷۸)، مقیمی و همکاران (۱۳۸۷: ۱۲۳)، شیرانی (۱۳۸۳: ۴۲) و فیروزآبادی (۱۹۹۷: ۱۵۱) عمدتاً روی عوامل اقلیمی و ژئومورفولوژیکی تأثیرگذار روی حرکات دامنه‌ای تأکید نموده‌اند. یا در بعضی از کارها بیشتر به مدل‌سازی و پهنه‌بندی حرکات لغزشی روی دامنه‌ها تأکید نموده‌اند از جمله آنها می‌توان به کارهای شایان و همکاران (۱۳۸۶: ۱۴۱-۱۲۳) و کرم (۱۳۸۰: ۴۸) اشاره نمود. شاید در یک دهه‌ی اخیر بیشتر موضوعاتی که بر روی حرکات دامنه‌ای انجام شده است عمدتاً تلاش بر روی مدل‌سازی حرکات دامنه‌ای بوده است. از جمله آنها گانگ<sup>۲</sup> (۱۹۹۳: ۳۲۰)، ساکار<sup>۳</sup> (۱۹۹۵: ۱۹۸)، کروزر<sup>۴</sup> (۱۹۹۹: ۴۴)، پرادان<sup>۵</sup> (۲۰۰۶: ۲۰۱) و مترنیخ<sup>۶</sup> (۲۰۰۵: ۲۵۱ و ۳۰۲) را می‌توان نام برد. در این میان بعضی از آنها مانند آلجاندرو<sup>۷</sup> (۲۰۰۷: ۴۷) و هورچ<sup>۸</sup> (۲۰۰۲: ۳۱۲) روی تأثیر پوشش گیاهی تأکید نموده‌اند. این محققان غالباً از تکنیک‌های سنجش از دور در بررسی ناپایداری‌ها یا متغیرهای تأثیرگذار از جمله پوشش گیاهی کار کرده‌اند. این نشانگر آن است که استفاده از تکنولوژی سنجش از دور در سال‌های اخیر رو به افزایش بوده و در اکثر این مطالعات به کار

---

1-Data Base

2-Gong, P.

3-Sakar, S.D.

4-Crozier, M.

5-Pradhan, B.

6-Metternich, G.

7-Alejandro, M.

8-Hoerseh, B.

گرفته شده است. در بین عوامل تأثیرگذار بر روی ناپایداری‌ها نیز متغیرهای پوشش گیاهی و کاربری اراضی به عنوان دو فاکتور مهم مورد مطالعه و تأکید قرار گرفته‌اند که می‌توان به کارهای باقری (۱۳۷۸: ۱۸)، حق‌شناس (۱۳۷۴: ۱۲) و سفیدگری (۱۳۸۲: ۷۸) اشاره کرد. همچنین در سال‌های اخیر مطالعاتی در زمینه‌ی سنجش از دور در ایران در رابطه با بررسی تغییرات در زمینه‌های مختلف با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای و نیز عکس‌های هوایی انجام شده که از آن جمله می‌توان به ربیعی دستجردی (۱۳۸۲: ۱۰۸-۹۹)، کهی میانجی (۱۳۷۷: ۵۶) و سردشتی (۱۳۸۳: ۴۱-۱۶) و دیگران اشاره نمود. بررسی داده‌های آماری نشان می‌دهد که جمعیت کلان‌شهر تهران در چند دهه‌ی اخیر افزایش چشمگیری داشته است. بخش زیادی از این جمعیت به روستاهای واقع در حوضه‌های شمالی سرریز شده است. از طرفی شرایط اقلیمی مناسب و قابلیت‌های تفریح‌گاهی موجب شده است که بخشی از قشر پر درآمد شهری در مناطق بیابانی حوضه‌های شمالی تهران به ساخت خانه‌های دوم و توسعه‌ی آنها در زمین‌های شیب‌دار دامنه‌های کوهستانی اقدام نمایند. به همین منظور برای امکان استقرار و ایجاد ساخت و سازها، ضمن از بین بردن پوشش گیاهی، سطوح دامنه‌ها را تراس‌بندی و تسطیح نموده‌اند. این فرآیند، موجب به هم خوردن تعادل دامنه‌ها و سرانجام ناپایداری و افزایش رویکرد زمین‌لغزش‌های متعدد گردیده است. در این راستا، فرضیه‌ی تحقیق بر این پایه استوار شده است که افزایش رویکرد ناپایداری‌های دامنه‌ای در حوضه‌ی آهار به عنوان مطالعه‌ی موردی، نتیجه‌ی توسعه‌ی فعالیت‌های انسانی در سال‌های اخیر بوده است. در این میان مهمترین متغیرهای تأثیرگذار از بین بردن پوشش گیاهی و ساخت و ساز در سطوح دامنه‌ها بوده است. بر این اساس، هدف اصلی این پژوهش، بررسی رابطه میان تغییرات پوشش گیاهی و کاربری‌های اراضی منطقه با مورفودینامیک دامنه‌ها و نیز تأثیر آن بر افزایش حرکات دامنه‌ای با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای چند زمانه می‌باشد.

### محدوده‌ی مورد مطالعه

حوضه‌ی رودخانه‌ی آهار با مساحت ۹۹/۴۸ کیلومترمربع یکی از زیرحوضه‌های رودخانه‌ی جاجرود است که در شمال شهر تهران و در منطقه شمیرانات واقع شده است. این حوضه، ناحیه‌ای کوهستانی است که حداکثر ارتفاع آن در کوه‌های توچال در جنوب حوضه برابر ۳۹۵۷ متر و حداقل ارتفاع آن در خروجی حوضه و در شرق آن حدود ۱۸۶۰ متر می‌باشد. میانگین بارش سالانه این حوضه ۶۶۰ میلی‌متر است که به دلیل کوهستانی بودن منطقه بیش از ۵۱ درصد از این بارش‌ها به صورت برف می‌باشد. در این میان، سهم ارتفاعات بلندتر بسیار بیشتر از این میزان می‌باشد. با توجه به کوهستانی بودن حوضه، وجود شیب‌های تند

یکی از مشخصه‌های اصلی آن است. به گونه‌ای که ۷۰/۱۱ درصد از مساحت این حوضه دارای شیب بیش از ۲۰ درصد است. از نظر زمین‌شناسی نیز منطقه در واحد زمین‌ساختی البرز مرکزی قرار دارد و وجود گسل‌های متعدد و فعال از دیگر خصوصیات محدوده تحت بررسی به شمار می‌رود. بخش اعظم مساحت منطقه را سنگ‌های شیلی و توف مربوط به سازند کرج تشکیل داده‌اند. مهمترین عناصر ساختاری منطقه به ترتیب عبارتند از: گسل‌ها، چین‌ها و درزه‌ها که این عناصر ساختاری پس از جنس سنگ بیشترین نقش را در تشکیل مرفولوژی و فرسایش سنگ‌ها برعهده داشته‌اند. گسل‌های مشاء- فشم، میگون، آهار و گسل تهران که از جنوب منطقه عبور می‌کند سبب شده‌اند تا منطقه پتانسیل بالایی جهت لرزه‌خیزی داشته باشد (مهندسین مشاور صالحین یار، ۱۳۷۸: ۱۳۲-۴۱).

### مواد و روش‌ها

به منظور بررسی منطقه مورد مطالعه از نقشه‌های توپوگرافی ۱:۵۰۰۰۰ گاجره، تجریش و لشکرک، عکس‌های هوایی ۱:۴۰۰۰۰ سال ۱۳۸۲، تصویر ماهواره‌ای TM (آذرماه ۱۹۸۸) و تصویر ماهواره‌ای ETM+ (آذرماه ۲۰۰۲) بهره گرفته شده است. همچنین نرم افزارهای مورد استفاده در این پژوهش شامل Arc View 3/2a، Arc GIS 8/3، Geomatica-pca 9 و Excel می‌باشد. با استفاده از ابزارهای مذکور، تجزیه و تحلیل طی مراحل زیر انجام پذیرفته است. الف- چون تصاویر رقومی دارای انحراف‌هایی هستند و این گونه تصاویر نمی‌توانند به طور مستقیم به عنوان نقشه مورد استفاده قرار گیرند، بنابراین برای برطرف شدن این انحراف‌ها و انطباق با نقشه‌ها، تصحیح هندسی<sup>۱</sup> بر روی آنها انجام گرفته است. نتیجه‌ی کار در این مرحله به دست آمدن یک تصویر با مختصات زمینی است. برای زمین مرجع کردن تصاویر، نقاط کنترل به تعداد قابل قبول و با پراکنش مناسب بر روی نقشه و شکل در نظر گرفته شده است. بدین منظور ابتدا نقشه‌های توپوگرافی منطقه در نرم‌افزار Geomatica-pca و ماژول GCP work موزاییک شده و سپس تصویر TM (شکل ۱) منطقه به وسیله‌ی نقشه‌ی توپوگرافی و با دادن ۱۹ نقطه کنترل زمینی<sup>۲</sup> با پراکنندگی مناسب، زمین مرجع<sup>۳</sup> و بازنویسی<sup>۴</sup> گردیده است. پس از این مرحله که با کمترین میزان خطا انجام شده، تصویر ETM (شکل ۲) با استفاده از تصویر TM و با دادن ۲۸ نقطه کنترل و با کمترین خطا بازنویسی و تصحیح شده است. البته ذکر این نکته ضروری است که به دلیل کوهستانی بودن منطقه، زمین مرجع کردن تصاویر با

1-Geomatic Correction

2-Ground Geomatic Correction -Ground Control Point

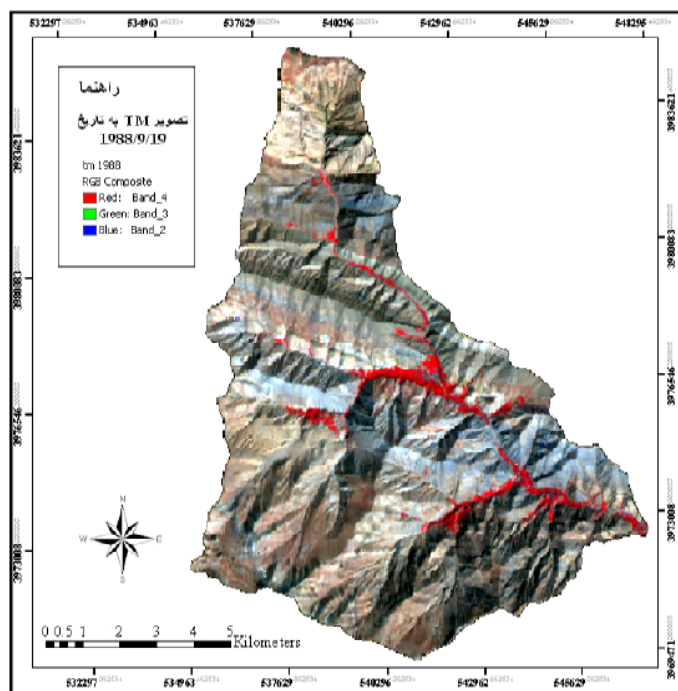
3-Georeferenced

4-Resampling

دشواری‌های زیادی از جمله انتخاب نقاط کنترل همراه بوده است. (ب) پس از انجام تصحیحات هندسی، تصحیحات رادیومتریک بر روی تصاویر اعمال گردید. تصحیحات رادیومتریک در واقع حذف تأثیر زاویه‌ی خورشید و از بین بردن ناهمگونی‌های اتمسفری در تصویر می‌باشد. تصویر حاصل از این مرحله به صورت رنگی با رنگ‌های کاذب است و قابلیت تفسیر عوارض و پدیده‌ها را بیشتر می‌نماید. لذا تک‌تک باندهای دو تصویر با استفاده از فرمول زیر رادیومتریک نرمال شدند (ربیعی‌دستجردی، ۱۳۸۲: ۶۷):

$$DN_{norm} = (DN \cdot d^2) / (\cos \theta)$$

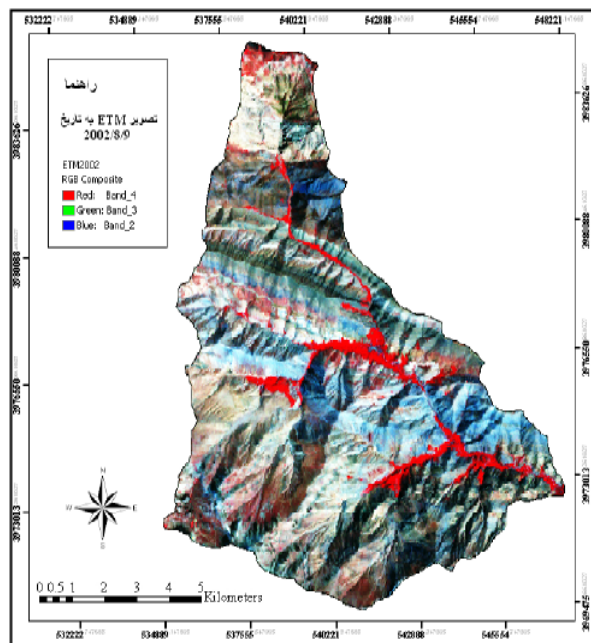
(ج) تهیه‌ی نقشه‌ی پوشش گیاهی و کاربری اراضی و سپس محاسبه‌ی شدت تغییرات در آنها در نرم‌افزار Arc GIS یکی از مهمترین مراحل بوده که به منظور بررسی رابطه میان کاهش پوشش گیاهی و تغییرات کاربری اراضی<sup>۱</sup> با مورفودینامیک دامنه‌ها صورت گرفته است. در این مرحله تکنیک اصلی کار مقایسه‌ی تغییرات صورت گرفته طی دوره‌ی زمانی مورد مطالعه بوده است.



شکل ۱: تصویر زمین مرجع شده TM (آذرماه ۱۹۸۸)

مأخذ: نویسندگان

## 1-Land Use



شکل ۲: تصویر زمین مرجع شده ETM (آذر ماه ۲۰۰۲)

مأخذ: نویسندگان

### تهیه نقشه‌ی پوشش گیاهی

با وجود بارندگی‌های مناسب، توپوگرافی و دما دو عامل محدودکننده‌ی رشد و گسترش پوشش گیاهی در منطقه به شمار می‌روند. پوشش گیاهی شامل مراتع سطوح دامنه‌ای و باغ‌ها و زمین‌های کشاورزی است که عمدتاً روی سطح پادگانه‌های رودخانه‌ها و دامنه‌های کم‌شیب‌تر مسلط به آبراهه‌ی اصلی توسعه یافته‌اند. مساحت قابل ملاحظه‌ای از منطقه فاقد پوشش گیاهی است. اکثر پوشش گیاهی منطقه را مراتع تشکیل داده‌اند که گیاهان خوش‌خوراک آن به دلیل چرای مفرط جای خود را عمدتاً به گونه‌های زیاد شونده و مهاجم داده‌اند. کسب اطلاعات درباره وضعیت پوشش گیاهی از قبیل میزان و پراکنش آنها از اهمیت زیادی برخوردار بوده است. گردآوری اطلاعات در مورد تغییرات پیوسته، پوشش گیاهی توسط روش‌های معمولی بسیار مشکل و پرهزینه است. در این حالت، استفاده از داده‌های ماهواره‌ای امکان مطالعه گسترده‌ی پوشش گیاهی را فراهم ساخته‌اند.

سه ویژگی مهم برگ، مانند کلروفیل، ساختار فیزیولوژیکی و میزان آب اثر مهمی در بازتاب طیفی آن دارد. با توجه به این مهم، ترکیب باندهای طیفی نور مرئی و مادون قرمز نزدیک می‌تواند به متمایز ساختن پوشش گیاهی از سطح آب و خاک کمک کند. به منظور ارزیابی

وضعیت پوشش گیاهی در منطقه از تصاویر TM (آذرماه ۱۹۸۸) و ETM+ (آذرماه ۲۰۰۲) استفاده شده است. پوشش گیاهی منطقه در نرم افزار Geomatica-pca و ماژول Image work به وسیله‌ی شاخص NDVI (Rouse, 1974:195) محاسبه گردید:

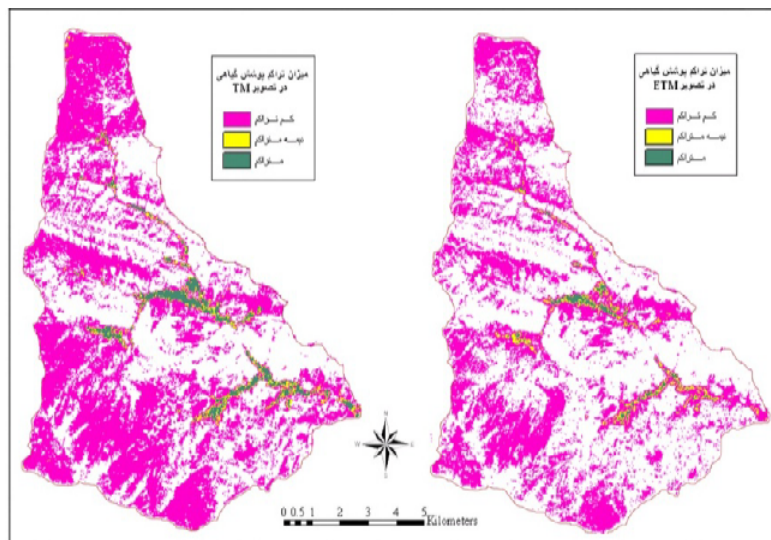
$$NDVI = \frac{(NIR - RED)}{(NIR + RED)}$$

همانگونه که در جدول ۱ مشاهده می‌شود، پوشش گیاهی به دست آمده از فرمول NDVI به سه طبقه پوشش گیاهی متراکم، نیمه متراکم و کم تراکم تقسیم بندی شد و مساحت هر یک از آنها به کیلومتر مربع محاسبه گردید. شکل ۳ پوشش گیاهی را در تصاویر TM و ETM+ نشان می‌دهد.

جدول ۱: مساحت پوشش گیاهی در تصاویر TM و ETM+

کد طبقات	نوع پوشش گیاهی	مساحت منطقه تحت پوشش در تصویر TM	مساحت منطقه تحت پوشش در تصویر ETM+
۱	کم تراکم	۴۶/۴۵	۳۵
۲	نیمه متراکم	۱/۶۲	۰/۹۶
۳	متراکم	۳/۵۵	۱/۷۳

مأخذ: نویسندگان



شکل ۳: سمت راست پوشش گیاهی در تصویر ETM+ و سمت چپ، پوشش گیاهی در تصویر TM

مأخذ: نویسندگان

بررسی تغییرات صورت گرفته در پوشش گیاهی منطقه در فاصله‌ی سال‌های ۱۹۸۸-۲۰۰۲ با مقایسه‌ی ارقام مندرج در جدول ۱ تقریباً می‌توان سیر قهقرایی پوشش گیاهی در منطقه را ارزیابی نمود. برای بررسی نوع و میزان تغییرات پوشش گیاهی از سال ۱۹۸۸ تا سال ۲۰۰۲ میلادی و همچنین محاسبه‌ی تعداد پیکسل‌های تغییر یافته از تابع زیر استفاده شده است:

$$Luc = (Lu_{1988} \times 10 + Lu_{2002})$$

$Luc =$  نوع تغییرات پوشش گیاهی

$Lu =$  نقشه‌ی پوشش گیاهی

شکل ۴ تغییرات پوشش گیاهی و شدت تغییرات صورت گرفته در پوشش گیاهی منطقه را نشان می‌دهد. بر این اساس، اعداد ۱۱، ۲۲ و ۳۳ نشان‌دهنده‌ی عدم تغییرات و اعداد ۱۲، ۱۳، ۲۱، ۲۳، ۳۱ و ۳۲ بیشترین تغییرات صورت گرفته در منطقه را نشان می‌دهند.

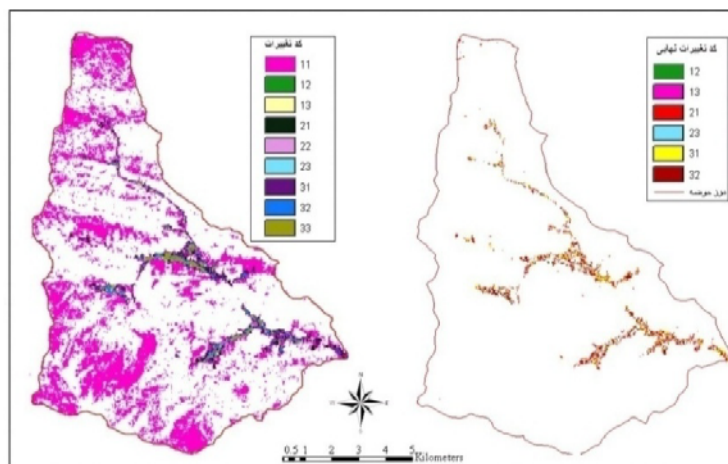
جدول ۲: نوع تغییرات پوشش گیاهی منطقه از سال ۱۹۸۸-۲۰۰۲

ردیف	مساحت به درصد	مساحت طبقات به کیلومتر مربع	کد تغییرات
۱	۲۷	۲۷/۳۹۸	۱۱
۲	۰/۱۲	۰/۱۲۵	۱۲
۳	۰/۰۱۶	۰/۰۱۶۴	۱۳
۴	۱/۲	۱/۲۵۵	۲۱
۵	۰/۳	۰/۳۵۲۱	۲۲
۶	۰/۰۷	۰/۰۷۱۸	۲۳
۷	۰/۷۷	۰/۷۷۸۱	۳۱
۸	۰/۸	۰/۸۹۳۱	۳۲
۹	۰/۷۴	۰/۷۴۴۲	۳۳
۱۰	۲۳	مساحت کل تغییرات = ۳۲/۲۷	
۱۱	۳/۷	مساحت تغییرات نهایی = ۳/۷۸۵۸	

مأخذ: نویسندگان

همان‌گونه که در جدول ۲ مشاهده می‌شود، بیشترین تغییرات مربوط به کد ۲۱ می‌باشد که نشان‌دهنده‌ی تغییر کد ۲ (پوشش گیاهی نیمه‌متراکم) به کد ۱ (پوشش گیاهی کم تراکم) می‌باشد که ۱/۲۵ کیلومتر مربع از مساحت منطقه و به عبارتی ۱/۲ درصد از مساحت منطقه را شامل می‌شود و اکثراً این مسأله در اراضی اطراف روستاها و باغات مشاهده می‌شود. بدیهی است دلیل اصلی آن چرای مفرط می‌باشد. همچنین کد ۳۱ نیز به خاطر تبدیل کد ۳ (پوشش

گیاهی متراکم) به کد ۱ (پوشش گیاهی کم تراکم) با مساحت ۰/۷۷ کیلومتر مربع قابل توجه است. زیرا بیانگر تخریب پوشش گیاهی انبوه (باغات) در منطقه می‌باشد.



شکل ۴: سمت راست، تغییرات پوشش گیاهی در فاصله سال‌های ۱۹۸۸-۲۰۰۲

و سمت چپ، تغییرات نهایی پوشش گیاهی را نشان می‌دهند.

مأخذ: نویسندگان

### تأثیر تغییرات پوشش گیاهی بر مورفودینامیک دامنه‌ها

تأثیر پوشش گیاهی بر دامنه‌ها به دلیل وابستگی آنها به شرایط محلی، عمق خاک، میزان شیب و نوع پوشش گیاهی پیچیده و متفاوت است. ممکن است در منطقه‌ای پوشش گیاهی پایداری دامنه‌ها را افزایش دهد و در ناحیه‌ای دیگر باعث کاهش پایداری دامنه‌ها شود. تأثیر مثبت پوشش گیاهی بر پایداری دامنه‌ها شامل اثر حفاظتی آنها در برابر باد و باران و تابش، تعریق و پایین بردن سطح ایستایی، کاهش فرسایش و نفوذپذیری خاک و افزایش مقاومت خاک به دلیل سیستم ریشه‌ای آنها می‌باشد. در مورد اثرات منفی پوشش گیاهی نیز می‌توان به سنگینی درختان و افزایش وزن توده‌ی دامنه‌ای، اثر ریشه‌ی درختان در تخریب خاک و ایجاد شکاف و انتقال نیروی باد به خاک اشاره کرد (شریعت‌جعفری، ۱۳۷۵: ۱۲۲).

بررسی‌ها در منطقه نشان می‌دهند که اکثر حرکات دامنه‌ای در مراتع بخصوص در مراتع درجه دو و سه رخ داده است. در مراتعی که از پوشش گیاهی خوبی برخوردار بوده‌اند، معمولاً حرکات دامنه‌ای در آنها بسیار کم دیده می‌شود (شکل ۵). در رابطه با حرکات ریزشی نیز باید به این مسأله اشاره کرد که در منطقه مشاهده شده است که درختانی که در اطراف رودخانه‌ها و یا به صورت باغات در پایکوه‌ها واقع شده‌اند به عنوان سدی در برابر واریزه‌ها عمل نموده و از گسترش آنها جلوگیری نموده‌اند.



شکل ۵: لغزش‌های محدود در دامنه‌هایی که با کاهش پوشش گیاهی مواجه هستند.  
مأخذ: نویسندگان

### تهیه نقشه‌ی کاربری اراضی

از عواملی که نقش مهمی در مورفودینامیک دامنه‌ها به عهده دارند کاربری اراضی و نوع استفاده از زمین است، به گونه‌ای که در بسیاری از مناطق با تغییرات کاربری زمین، اکوسیستم تغییر کرده و نتایج متعددی از جمله ناپایداری دامنه‌ها را به دنبال داشته است. از آن جمله می‌توان به افزایش چشمگیر انواع حرکات دامنه‌ای اشاره کرد. بنابراین، نقشه‌ی کاربری اراضی با این هدف تهیه شده است. از نظر کاربری، منطقه به سه تیپ اصلی اراضی شامل: واحد اراضی کوهستان، واحد اراضی تپه‌ها و واحد اراضی دشت‌های دامنه‌ای قابل تفکیک است. همچنین خاک‌های منطقه بر اساس سیستم طبقه‌بندی دارای دو طبقه به نام‌های انتی‌سل<sup>۱</sup> و اینسپتی‌سل<sup>۲</sup> می‌باشد. برای به دست آوردن نقشه کاربری اراضی حوضه رودخانه آهار از تصاویر ماهواره‌ای TM(1988) و ETM+(2002) استفاده گردید. تصاویر پس از تصحیحات هندسی و رادیومتریک که بر روی آنها اعمال گردید؛ از ترکیب رنگی  $B=2, G=3, R=4$  به عنوان مناسب‌ترین ترکیب رنگی برای نمایش استفاده شد.

برای نیل به هدف و دستیابی به یک تفسیر منطقی، مراحل اساسی تشخیص و شناسایی و ارزیابی تصاویر از فاکتورهای تعیین‌کننده‌ای چون اندازه، شکل، سایه، طرح، تن (کنتراست) و موقعیت و... استفاده گردید. در این راستا در نرم‌افزار Geomatica-pca از روش طبقه‌بندی نظارت شده<sup>۴</sup> و متد maximum-likelihood برای طبقه بندی تصاویر استفاده شد (شکل ۶

1-Antisol

2- Inspetisol

3-RGB Composite

4-Supervised classification

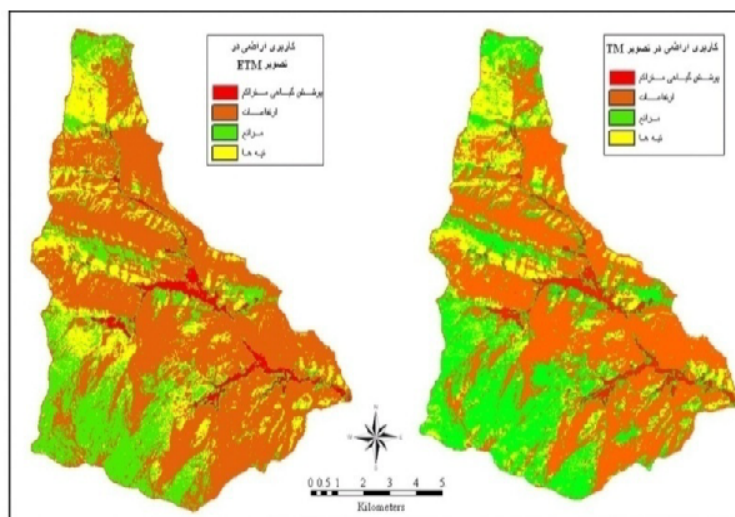
کاربری اراضی در تصاویر TM و ETM). لازم به ذکر است که این طبقه‌بندی با ۴ طبقه ارتفاعات، پوشش گیاهی متراکم، مراتع و تپه‌ها انجام گرفته است.

جدول ۳: مساحت انواع کاربری‌های محدوده تحت بررسی در تصاویر ETM+ و TM

مساحت منطقه‌ی تحت پوشش به کیلومترمربع در تصویر ETM	مساحت منطقه‌ی تحت پوشش به کیلومترمربع در تصویر TM	نوع کاربری اراضی	کد کاربری‌ها
۳/۷۱	۴/۳۲	پوشش گیاهی (متراکم-درختی)	۱
۲۳/۴۵	۳۱/۵	مراتع	۳
۵۸/۲۵	۴۹/۳۷	نواحی کوهستانی مرتفع	۲
۱۴/۰۸	۱۴/۲۹	تپه‌ها	۴

مأخذ: نویسندگان

جدول ۳، انواع کاربری‌های اراضی منطقه در سال ۱۹۸۸ و ۲۰۰۲ را نشان می‌دهد. مساحت هر یک از کاربری‌ها به کیلومترمربع محاسبه شده است. لازم به ذکر است که از آنجا که مناطق مسکونی منطقه عمدتاً به‌صورت روستاهای کوچکی هستند و اطراف آنها را باغات فرا گرفته است لذا بر روی تصاویر TM و ETM+ چندان قابل تشخیص و اندازه‌گیری نبودند.



شکل ۶: سمت راست کاربری اراضی در تصویر TM و سمت چپ کاربری اراضی در تصویر ETM  
مأخذ: نویسندگان

بررسی تغییرات صورت گرفته در کاربری اراضی منطقه در فاصله‌ی سال‌های ۱۹۹۸-۲۰۰۲ یکی از روش‌های ارزیابی تغییرات، تهیه‌ی نقشه‌ی شدت تغییرات با استفاده از نقشه‌های کاربری اراضی است. لذا به منظور بررسی نوع تغییرات در تصویر TM نسبت به تصویر ETM+ و همچنین محاسبه‌ی میزان پیکسل‌های تغییر یافته از تابع زیر استفاده شد:

$$Luc = (Lu1988 * 10 + Lu2002)$$

Luc = نوع تغییرات کاربری اراضی  
Lu = نقشه‌ی کاربری اراضی

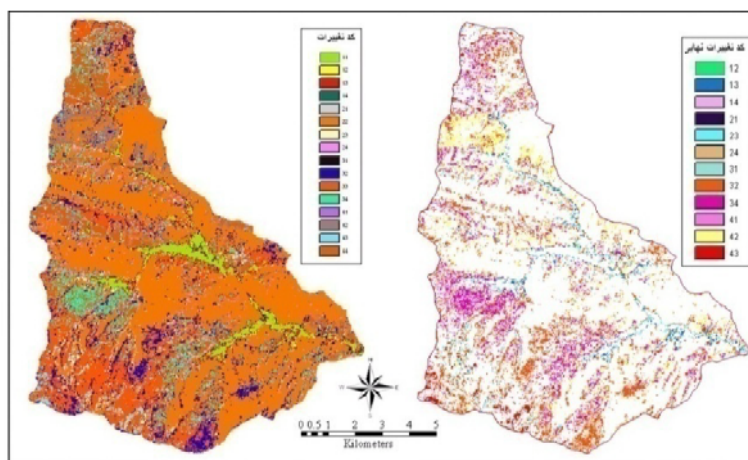
جدول ۴: نوع تغییرات کاربری اراضی در سال‌های ۲۰۰۰-۱۹۸۸

کد تغییرات	مساحت به کیلومتر مربع	مساحت به درصد	ردیف
۱۱	۳/۰۹۳	۳	۱
۱۲	۰/۲۰۵	۰/۲	۲
۱۳	۱/۰۲۱	۱/۰۲	۳
۱۴	۰/۰۹۶	۰/۰۹	۴
۲۱	۰/۰۸۲	۰/۰۸	۵
۲۲	۴۵/۱۰۶	۴۵	۶
۲۳	۲/۳۴۰	۲/۳	۷
۲۴	۲/۸۳۸	۲/۸	۸
۳۱	۰/۵۰۲	۰/۵	۹
۳۲	۸/۸۳۵	۸/۸	۱۰
۳۳	۱۷/۴۵۳	۱۷/۴	۱۱
۳۴	۴/۸۷۸	۴/۸	۱۲
۴۱	۰/۰۰۶	۰/۰۰۶	۱۳
۴۲	۴/۳۸۴	۴/۳	۱۴
۴۳	۲/۶۲۵	۲/۶	۱۵
۴۴	۷/۴۱۹	۷/۴	۱۶
مساحت تغییرات = ۹۹/۴۸		۱۰۰	۱۷
مساحت تغییرات نهایی = ۲۶/۴۰۹		۲۶	۱۸

مأخذ: نگارندگان

شکل ۷ نوع تغییرات شدت تغییرات صورت گرفته در منطقه را نشان می‌دهد. از میان تغییرات صورت گرفته در منطقه اعداد ۱۱، ۲۲، ۳۳ و ۴۴ نمایانگر عدم تغییرات در منطقه و

اعداد ۱۲، ۱۳، ۱۴، ۲۱، ۲۳، ۲۴، ۳۱، ۳۲، ۳۴، ۴۱، ۴۲ و ۴۳ نمایانگر تغییرات صورت گرفته در کاربری‌های منطقه می‌باشند. هر کدام از این اعداد نوع تغییرات هریک از کاربری‌ها را نشان می‌دهند. همان‌گونه که در جدول ۴، مشاهده می‌شود کد ۳۲ بیشترین نوع تغییرات را در منطقه نشان می‌دهد که بیانگر تبدیل کد ۳ (مراتع) به کد ۲ (ارتفاعات کوهستانی یعنی اراضی بایر) می‌باشد که ۸/۸۳ کیلومتر مربع از مساحت منطقه را شامل می‌شود که این مسأله خود بیانگر تخریب مراتع و تبدیل آنها به اراضی بایر و لم یزرع می‌باشد.



شکل ۷: سمت راست نوع تغییرات کاربری اراضی و سمت چپ شدت تغییرات صورت گرفته کاربری اراضی را نشان می‌دهند (در فاصله سال‌های ۱۹۸۸ تا ۲۰۰۹)  
مأخذ: نویسندگان

### نتیجه

بررسی‌های انجام شده از طریق مقایسه زمانی داده‌ها در روی تصاویر ماهواره‌ای نشان می‌دهد که افزایش و توسعه‌ی تغییرات کاربری اراضی بر رویکرد ناپایداری‌های دامنه‌ای تأثیرات مستقیم دارد. فراوانی وقوع ناپایداری‌ها با میزان دستکاری و تصرف اراضی حوضه ارتباط معناداری داشته و همبستگی مستقیمی را نشان می‌دهد. به عبارتی در دامنه‌هایی که میزان بهره‌برداری از اراضی یا کاهش سطح و تراکم پوشش گیاهی طی دوره‌ی مورد مطالعه وجود داشته است، وسعت و تعداد روانگرایی‌های دامنه‌ای به همان نسبت افزایش یافته است. مهم‌ترین این نوع تغییرات، شامل از بین بردن باغات به منظور ساخت و ساز، ضعیف شدن پوشش مراتع دامنه‌ای، راه‌سازی و عملیات عمرانی روستایی و ساخت و سازها در سطوح دامنه‌ها هستند. بررسی تغییرات صورت گرفته از طریق داده‌های زمانی تصاویر ماهواره‌ای TM و ETM+ نشان

می‌دهد که بسیاری از حرکات دامنه‌ای در محدوده‌ی زمانی مورد مطالعه رخ داده است. از بین بردن مراتع درجه یک بر اثر افزایش تعداد دام تعلیف‌کننده و تبدیل آنها به مراتع درجه دو و سه، بهره‌برداری از منابع معدنی به خصوص توف‌های سبز جهت تهیه سنگ لاشه برای ساختمان‌سازی، ایجاد ترانشه‌های عمیق در پهلولی دامنه‌ها به منظور احداث جاده‌های آسفالتی در نقاط مختلف منطقه و در نتیجه تخلیه زیربنای دامنه‌ها، تسطیح و تراس‌بندی به منظور ساخت و سازها در محدوده‌ی کناره‌های رودخانه و به هم زدن تعادل دامنه‌ها و اراضی مشرف به رودخانه و از بین بردن باغات و تبدیل آنها به اراضی مسکونی تماماً عواملی هستند که سبب به هم خوردن وضعیت طبیعی دامنه‌ها و بروز حرکات دامنه‌ای گشته است (شکل ۸). این حرکات عمدتاً از انواع ریزش‌ها، واژگونی‌ها، لغزش‌ها و جریان‌ها می‌باشند. استفاده از تصاویر ماهواره‌ای و بررسی تغییرات زمانی و مکانی صورت گرفته در دامنه‌های حوضه آهار به خوبی نشان داد که میزان قدرت تفکیک<sup>۱</sup> تصاویر تأثیر بسیار زیادی در کیفیت و دقت نتایج به دست آمده خواهد داشت. هر چند در این پژوهش به دلیل محدودیت‌های موجود از تصاویر ماهواره‌ای TM و ETM+ استفاده شده است با این وجود نتایج مورد انتظار در این پژوهش این تغییرات را به خوبی نشان می‌دهند. تصاویر ماهواره‌ای رقومی شده منطقه پس از ثبت مختصات نقاط شاخص بر روی این تصاویر در حین مراحل آزمایشگاهی، این نقاط به دستگاه GPS<sup>۲</sup> وارد گردید. سپس مشاهدات میدانی از حوضه به طور مستقیم و تطبیق این عوارض ثبت شده در دستگاه GPS صورت گرفته و نقاط مارک شده در روی زمین بازیابی و از نظر پوشش گیاهی و کاربری اراضی مورد بررسی دقیق قرار گرفتند. مقایسه تطبیقی تصاویر و داده‌های میدانی نشان دادند که تغییرات صورت گرفته از دیدگاه تأثیرات مورفودینامیکی دامنه‌ها در طی دوره مورد بررسی بیش از گذشته بوده است. مصاحبه با ساکنین محلی نیز مؤید این نکته می‌باشد. مطالعات اولیه بر روی تصاویر ماهواره‌ای نشان داد که دو تغییر عمده در وضعیت پوشش گیاهی حوضه وجود دارد. این دو تغییر شامل کاهش سطح و کاهش تراکم مراتع و پوشش گیاهی است. دلیل عمده‌ی آن افزایش دام‌های محلی و چرای بیش از گنجایش مراتع دامنه‌ای است. همچنین وسعت زیادی از اراضی مشجر و باغ‌های منطقه مورد ساخت و ساز مسکونی و توسعه خانه‌های دوم قرار گرفته‌اند. تسطیح و تراس‌بندی دامنه‌ها به منظور ساخت و سازها نه تنها موجب به هم خوردن تعادل دامنه‌ها شده بلکه موجب افزایش وزن آنها نیز شده است. افزایش قیمت زمین از دلایل دیگری است که موجب شده است این ساخت و سازها و کلاً تغییرات کاربری

---

1-Resolution

2-Global Position System

اراضی در سال‌های اخیر سیر بسیار صعودی پیدا کند و این مسأله عمدتاً نتیجه همجواری با شهر تهران و شرایط اقلیمی و شرایط بیلابلی این حوضه می‌باشد. همچنین ساخت و سازها منجر به تصرف اراضی حاشیه رودخانه و تجاوز به حریم سیل‌گیر آنها شده است. این مسأله در مجاورت بخش خروجی حوضه که از شیب کمتری نسبت به سایر نقاط حوضه برخوردار است بسیار شدیدتر می‌باشد (شکل ۸). شاید لحاظ نمودن موضوع روان‌گرایی دامنه‌ها و رعایت اصول مهندسی در ساخت و سازها، تعیین محدوده‌های توسعه، استانداردسازی ساخت و سازها و تعیین حریم رودخانه‌ها برای توسعه و از طرفی مدیریت بهره‌برداری و تقویت پوشش گیاهی راهکارهای اصلی برای جلوگیری و کنترل مخاطرات آتی باشند.



شکل ۸: سمت راست دامنه برای ویلا سازی و ساخت و سازهای بعضاً بلندمرتبه تسطیح شده و این موجب افزایش وزن دامنه می‌شود و از طرفی ایجاد ترانشه‌های عمیق به منظور راه‌سازی و تخلیه زیربنای دامنه‌ها مخاطره وقوع لغزش‌ها را تشدید می‌کند. سمت چپ نیز افزایش قیمت زمین‌ها موجب تصرف و تجاوز به حریم سیل‌گیر رودخانه‌ها در حوضه آهار شده و لغزش‌های مجاور رودخانه و مخاطره سیل پیامدهای آن می‌باشد. مأخذ: نویسندگان

## منابع

- ۱- باقری، مهدی (۱۳۷۸). علل حرکات دامنه‌ای و ارزیابی اثرات آنها در جاده هراز (از ابعلی تا بایجان)، پایان‌نامه کارشناسی ارشد ژئومورفولوژی. دانشگاه شهید بهشتی.
- ۲- بیاتی خطیبی، مریم (۱۳۸۷). بررسی نقش ویژگی‌های سازندهای سطحی در وقوع لغزش‌ها مطالعه موردی: دامنه‌های شمالی قوشه داغ (بین‌اهر و مشکین‌شهر). فصلنامه تحقیقات جغرافیایی. مقاله شماره ۶۰۳.
- ۳- حق‌شناس، ابراهیم (۱۳۷۴). پهنه‌بندی خطر زمین‌لغزش و ارتباط آن با تولید رسوب در حوضه آبخیز طالقان، پایان‌نامه کارشناسی ارشد زمین‌شناسی مهندسی. دانشگاه تربیت مدرس.
- ۴- ربیعی دستجردی، حمیدرضا (۱۳۸۲). مدل‌سازی عدم اطمینان در آشکارسازی تغییرات بر مبنای طبقه‌بندی داده‌های ماهواره‌ای، پایان‌نامه کارشناسی ارشد سنجش از دور. دانشگاه تربیت مدرس.
- ۵- زبیری، محمود و علیرضا مجد (۱۳۸۲). آشنایی با فن سنجش از دور و کاربرد در منابع طبیعی، چاپ چهارم. انتشارات دانشگاه تهران.
- ۶- سردشتی، ماهرخ (۱۳۸۳). مورفودینامیک حوضه رودخانه طالقان، پایان‌نامه کارشناسی ارشد. دانشگاه تربیت معلم تهران.
- ۷- سفیدگری، رضا (۱۳۸۲). ارزیابی روش‌های پهنه‌بندی خطر زمین‌لغزش در مقیاس ۱:۵۰۰۰۰، مطالعه موردی حوضه آبخیز دماوند، پایان‌نامه کارشناسی ارشد آبخیزداری. دانشگاه تهران.
- ۸- شیرانی، کورش (۱۳۸۳). گزارش نهایی طرح تحقیقاتی ارزیابی روش‌های پهنه‌بندی خطر زمین‌لغزش در حوضه‌های آبخیز شمال سمنان، پژوهشکده حفاظت خاک و آبخیزداری.
- ۹- شایان، سیاوش؛ فاطمه ملامهرعلیزاده و مهدی جنتی (۱۳۸۶). کارایی داده‌های سنجش از دور (RS) در تهیه نقشه‌های لندفرم و نقش آن در برنامه‌ریزی محیطی، پژوهش‌های جغرافیایی. سال ۳۹. شماره ۶۲.
- ۱۰- شادفر، صمد و مجتبی یمانی (۱۳۸۶). پهنه‌بندی خطر زمین‌لغزش در حوضه آبخیز جلیسان با استفاده از مدل LNRF، پژوهش‌های جغرافیایی. سال ۳۹. شماره ۶۲.
- ۱۱- شریعت‌جعفری، محسن (۱۳۷۵). زمین‌لغزش (مبانی و اصول پایداری شیب‌های طبیعی)، انتشارات سازه.
- ۱۲- علوی‌پناه، سیدکاظم (۱۳۸۲). کاربرد سنجش از دور در علوم زمین، انتشارات دانشگاه تهران.
- ۱۳- کرم، عبدالامیر (۱۳۸۰). مدل‌سازی کمی و پهنه‌بندی خطر زمین‌لغزش در زاگرس چین‌خورده در حوضه آبخیز سرخون، رساله دکتری. دانشگاه تربیت مدرس.

- ۱۴- کهی میانجی، یعقوب (۱۳۷۷). تحلیل چند متغیره آماری احتمال وقوع زمین لغزش با استفاده از سنجش از دور و سیستم اطلاعات جغرافیایی در منطقه طالقان، دومین همایش منطقه‌ای زمین‌شناسی کاربردی و محیط زیست، سازمان زمین‌شناسی کشور.
- ۱۵- مقیمی، ابراهیم، سید کاظم علوی پناه و تیمور جعفری (۱۳۸۷). پهنه‌بندی عوامل مؤثر در وقوع زمین لغزش دامنه‌های شمالی آلاداغ (مطالعه موردی: حوضه زهکشی چناران در استان خراسان شمالی)، پژوهش‌های جغرافیایی. سال ۴۰. شماره ۶۴.
- ۱۶- مهندسین مشاور صالحین‌یار (۱۳۷۸). طرح آب‌خیزداری حوضه رودخانه آهار.
- 17- Alejandro M. de Asis, Omasa, Kenji (2007). Estimation of vegetation parameter for modeling soil erosion using linear Spectral Mixture Analysis of Land sat ETM data, ISPRS Journal of Photogrammetric and Remote Sensing, Volume 62.
- 18- Crozier M (1999). Landslides, Applied Geography: Principles and Practice. Firoozabadi, P (1997). Digital approaches for change detection in urban environment using remote sensing data.
- 19- Gong, p (1993). Chang detection using principal component analysis and fuzzy set theory, can, J. Remotesens.
- 20- Hoersch, B, Braun, G, Schmidt, U (2002). Relation between landform and vegetation in alpine regions of Wallis, Switzerland. A multi scale remote sensing and GIS approach, Computers, Environment and Urban Systems, Volume 26, Issues 2-3.
- 21- Metternich, G. , Hurni, L. Gogu, R (2005). Remote sensing of landslides: An analysis of the potential contribution to geo-spatial systems for hazard assessment in mountainous environments, Remote Sensing of Environment, Volume 98, Issues 2-3.
- 22- Pradhan, B., Singh, R.P., Buchroithner M. F (2006). Estimation of stress and its use in evaluation of landslide prone regions using remote sensing data, Advances in Space Research, Volume 37.
- 23- Sakar. S. D., Kanungo P. and Mehrotar G.S. (1995). landslide Zonation: A Case Study Ingarwal Himalaya , India , Mountain Research and Development, Vol .15.

