



## ارزیابی اثر تغییر کاربری اراضی بر میزان فرسایش با استفاده از فن آوری های GIS , RS (مطالعه موردی: حوزه آبخیز دارابکلا - استان مازندران)

سعید مدلل دوست<sup>۱</sup>، علی اصغر تراهی، جواد سدید

- ۱- دانشجوی کارشناسی ارشد سنجش از دور و سامانه اطلاعات جغرافیایی دانشگاه خوارزمی تهران- ایران
- ۲- استادیار گروه سنجش از دور و سامانه اطلاعات جغرافیایی دانشگاه خوارزمی تهران- ایران
- ۳- استادیار گروه سنجش از دور و سامانه اطلاعات جغرافیایی دانشگاه خوارزمی تهران- ایران

### چکیده:

به منظور مطالعه نقش کاربری اراضی در ایجاد فرسایش و تولید رسوب، حوزه آبخیز دارابکلا با مساحت ۱۳۴۰۹.۵۳ هکتار انتخاب شد. نخست دو تصویر مربوط به سنجنده TM ماهواره لندست ۷ برای سالهای ۲۰۰۳ و ۲۰۱۳ که به لحاظ دوره زمانی منطبق برهم بودند انتخاب و مورد پردازش رقومی در نرم افزار ENVI4.8 قرار گرفتند. در نهایت از دو تصویر فوق دو نقشه کاربری اراضی برای سالهای مذکور به دست آمد. سپس با استفاده از مدل EPM، مقادیر فرسایش و رسوب ویژه در کل حوزه و نیز تمامی زیرواحدهای هیدرولوژیکی آن در محیط سامانه اطلاعات جغرافیایی در دو شکل شبکه و بردار مورد محاسبه قرار گرفت. نتایج نشان داد که واحدهای هیدرولوژی D3,D4,D5,D6,D12,INT2,INT5,L4 دارای بالاترین حد فرسایش در حوزه آبخیز دارابکلا به سال ۲۰۰۳ بوده و با گذشت ۱۰ سال نه تنها این واحدها در زمره بالاترین واحدهای فرسایش زا به سبب وجود کاربری های کشاورزی دیم و شخم در جهت شیب بوده بلکه واحدهای هیدرولوژی D2INT,D7,DINT,K1 نیز به سبب پیروی از همین خط مشی و نیز رشد و توسعه مناطق مسکونی و خصوصاً ویلاسازی کوهستانی به این حد بحرانی فرسایش و نابودی اراضی طبیعی دامن زده است.

واژه های کلیدی: مدل EPM، تغییرات کاربری اراضی، روش حداکثر احتمال، فرسایش و رسوب، حوزه آبخیز دارابکلا



## ۱- مقدمه

زمین از نظر ارزش و نقش اجتماعی در آسایش، امنیت، زیبایی، رفاه و کیفیت زندگی بشر تأثیری اساسی دارد. همان طور که تاریخ نشان می‌دهد از دیرباز اقتصاد ایران مبتنی بر فعالیت‌های کشاورزی و دامداری بوده و به تدریج با ایجاد تحول در ساختار اجتماعی و سیاسی ایران، مبانی اقتصادی متحول شده و اهمیت دامداری افزایش یافته است. از این رو حفاظت از عوامل تولید در ۲ بخش کشاورزی و دامداری به‌ویژه عامل زمین، نه تنها برای حمایت از اقتصاد کشاورزی و منابع طبیعی بلکه برای حمایت از اقتصاد کل کشور امری ضروری است (نسیمی و اوحدی، ۲۰۰۵). فرسایش خاک یک مشکل جهانی است که به‌طور جدی منابع آب و خاک را تهدید می‌کند. برای تشکیل یک سانتیمتر خاک بیش از ۳۰۰ سال زمان لازم است (تریپاتی، ۲۰۰۱). از این نظر جلوگیری از فرسایش خاک به‌منظور حفظ ثروت‌های ارزشمند طبیعی امری حیاتی به‌شمار می‌آید (مورگان، ۱۹۸۶). نوع بهره‌برداری از اراضی عامل بسیار مهمی در فرسایش و تولید رسوب حوزه‌های آبخیز به‌شمار می‌رود (کاساس، ۱۹۸۳). تغییرات کاربری اراضی یکی از عوامل مهم در تغییر جریان هیدرولوژیک، فرسایش حوزه و انهدام تنوع زیستی است. بنابراین می‌توان با اطلاع از روند تغییرات کاربری اراضی در راستای هدایت اکوسیستم به سمت تعادل قدم برداشت. داشتن آمار و اطلاعات به‌هنگام، لازمه مدیریت صحیح عرصه‌های طبیعی است. یکی از مبانی مدیریت منابع طبیعی، اطلاعات مربوط به نقشه‌های تغییرات کاربری اراضی است. با توجه به هزینه بالا و به‌هنگام نبودن این نقشه‌ها به‌خاطر عملیات دشوار میدانی، در سال‌های اخیر استفاده از تصاویر ماهواره‌ای به‌عنوان روشی برای این کار مطرح شده است (پلترو، ۲۰۰۴). سرعت تغییر اکوسیستم‌ها در سال‌های اخیر چنان شتاب‌زده صورت گرفته که امکان سازگاری موجودات زنده با تغییرات محیطی به‌سختی صورت می‌گیرد و این عارضه ناشی از عدم توجه به تغییرات کاربری اراضی و بهره‌برداری از منابع طبیعی بوده است (ماس و همکاران، ۲۰۰۴). در ارتباط با موضوع مورد بررسی در ایران و جهان بررسی‌های ارزنده‌ای صورت گرفته است، به‌طوری‌که پژوهشگرانی مانند (مورثی، ۱۹۹۲؛ محمودزاده، ۱۹۹۴؛ غفاری، ۱۹۹۸؛ ژانگ‌زین، ۱۹۹۹؛ اعتراف، ۲۰۰۰؛ نبی پی لشکریان، ۲۰۰۰؛ نورتون و همکاران، ۲۰۰۱؛ آکارازی، ۲۰۰۱؛ سلیمان‌آباد و همکاران، ۱۳۸۶؛ نظری سامانی و همکاران، ۱۳۸۹؛ آرخی و همکاران، ۱۳۹۰؛ آلیانی و همکاران، ۱۳۹۰) از میان عوامل مختلف موثر در افزایش تولید رسوب، بیشترین نقش را به عامل تغییر کاربری اراضی داده‌اند. البته در مقابل، پژوهشگران دیگری مانند (مورگان، ۱۹۸۶؛ چهره منوری، ۱۹۹۲؛ دارسی و پیر، ۱۹۹۶؛ طالب‌پور و خضری، ۱۳۸۹؛ صادقی و همکاران، ۱۳۹۰) به این نتیجه رسیده‌اند که ضریب رسوب-دهی بیشترین همبستگی را با ویژگی‌های فیزیکی حوزه از جمله عامل شیب دارد. هرچند افراد دیگری مانند (رینارد، ۱۹۶۹) بر این باورند که رابطه خوبی بین میزان تولید رسوب با ریزش‌های جوی از جمله رگبارها وجود دارد. محمودزاده (۱۹۹۴) بدین نتیجه رسید که تبدیل اراضی جنگلی به مرتعی باعث افزایش تولید رسوب به میزان ۲۰ درصد و تبدیل اراضی مرتعی به زراعی منجر به افزایش رسوب به مقدار ۱۳۰ درصد می‌شود. غفاری (۱۹۹۸) از مطالعات خود بر روی رودخانه علاء مرودشت نتیجه گرفت که تبدیل بی‌رویه اراضی مرتعی و جنگلی به کشاورزی و سایر مصارف غیراصولی منجر به افزایش فرسایش و تولید رسوب به میزان ۱۵ درصد شده است. نبی پی لشکریان (۲۰۰۰) با کاربرد مدل‌های *MPSIAC* و *EPM* رسوب‌دهی حوزه را در شرایط کاربری اراضی فعلی و آتی مقایسه نمود. نتایج حاصل از این دو مدل نشان داد که در صورت اصلاح و احیای پوشش گیاهی و استفاده از اراضی براساس استعداد خاک‌ها، فرسایش ویژه در مدل *MPSIAC* به میزان ۹.۲۳ درصد و در مدل *EPM* به میزان ۲۲.۹۸ درصد کاهش خواهد یافت.

## ۲- موقعیت جغرافیایی منطقه مورد مطالعه

حوزه آبخیز دارابکلا با مساحت ۱۳۴۰۹.۵۳ هکتار در استان مازندران، شهرستان‌های نکا و ساری در بخش میان‌درود و مرکزی واقع شده است. منطقه مورد مطالعه بین ۰۷' ۱۱' ۵۳" تا ۳۴' ۲۰' ۵۳" طول شرقی و ۲۸' ۲۸' ۳۶" تا ۳۳' ۳۸' ۳۶" عرض شمالی واقع شده است. محیط حوزه دارابکلا ۶۰.۱۵ کیلومتر، حداقل ارتفاع حوزه ۲۶.۶۲ متر و حداکثر ارتفاع آن ۸۸۲.۸۸ متر می‌باشد. آبراهه‌های اصلی حوزه آبخیز با جهت کلی جنوب به سمت شمال نزولات جوی را



جمع‌آوری می‌کنند. میانگین دمای سالانه هوا ۱۶.۱ درجه سانتی‌گراد، میانگین حداکثر آن ۲۱.۶ درجه سانتی‌گراد و متوسط حداقل آن ۱۰.۴ درجه سانتی‌گراد است. میزان بارندگی سالانه به‌طور متوسط ۷۳۰.۰۸ میلی‌متر می‌باشد. از نظر طبقه‌بندی اقلیم بر اساس روش دومارتن اصلاح شده، نوع اقلیم منطقه مورد مطالعه شامل مرطوب معتدل و از نظر طبقه‌بندی آمبرژه نوع اقلیم، نیمه مرطوب است. تشکیلات و واحدهای سنگی موجود در حوزه آبخیز دارابکلا، از قدیم به جدید شامل رخساره سنگی و رسوبی متعلق به دوران مزوزویک و کواترن است، که تحت تأثیر رخدادهای زمین-ساختی و فرآورده‌های تکتونیکی به‌وقوع پیوسته و اشکال مختلف ژئومورفولوژیکی در گستره موردنظر توسعه و پراکندگی یافته‌اند.

### ۳- روش بررسی

از نقشه توپوگرافی ۱:۲۵۰۰۰ تهیه شده توسط سازمان نقشه‌برداری کشور، مدل رقومی ارتفاعی و نیز همراه با نقطه خروجی حوزه آبخیز دارابکلا، مرز و زیرواحدهای هیدرولوژی این حوزه به‌صورت خودکار با استفاده از تابع الحاقی Hydrology از بسته ArcMap نرم‌افزار ArcGIS 10.2 استخراج شد. نقشه شیب اراضی از روی مدل رقومی ارتفاعی به دست آمد. برای تهیه نقشه کاربری اراضی که تنها متغیر تغییرپذیر در چند بازه زمانی بوده به روش زیر عمل شد. ابتدا از روش کاهش تیرگی پدیده‌ها جهت تصحیح رادیومتریک استفاده شد (چاوز، ۱۹۹۶). پس از آن اقدام به اعمال تصحیح هندسی بر روی تصاویر سنجنده TM203 و TM2013 از ماهواره لندست شد. تصویر پانکروماتیک با نقشه توپوگرافی رقومی ۱:۲۵۰۰۰ و به روش تصویر به نقشه زمین مرجع شد. در این مرحله از ۲۱ نقطه کنترل زمینی GCP<sup>۱</sup> مانند تقاطع جاده‌ها و پدیده‌های طبیعی که در طول سال جابه‌جایی ندارند، استفاده شد. دقت این تصحیح به‌طور متوسط معادل ۰.۲ پیکسل بود. تصحیح تصویر چندطیفی با استفاده از تصویر پانکروماتیک و به روش تصویر به تصویر و با ۲۱ نقطه و دقت متوسط ۰.۴ پیکسل انجام شد (عالیشاه ارات بنی و همکاران، ۱۳۸۸). برای تبدیل مختصات تصویر تصحیح شده به تصویر تصحیح نشده از تبدیل خطی و برای نمونه‌گیری مجدد ارزش پیکسل‌های تصویر تصحیح نشده از روش نزدیک‌ترین همسایه استفاده شد. در نهایت لایه‌های برداری تهیه شده نظیر جاده‌ها و آبراه‌ها روی تصاویر قرار داده و میزان تطابق آن‌ها به‌صورت چشمی نیز کنترل شد. داده‌های صحرایی شامل ۱۸۰ نمونه تعلیمی بود و به روش تصادفی از نقاطی برداشت شد که تا شعاع حداقل ۳۰ متری یک کاربری همگن از پوشش گیاهی را نشان می‌داد. برای انجام تحلیل بر روی داده‌های ماهواره‌ای تعداد ۱۴۰ عدد از نمونه‌ها در طبقه‌بندی نظارت شده به روش حداکثر احتمال<sup>۲</sup> (نمونه تعلیمی اولیه) مورد استفاده قرار گرفت. از ۴۰ عدد نمونه باقی‌مانده به‌منظور بررسی میزان صحت طبقه‌بندی (نمونه‌های تعلیمی ثانویه) استفاده شد (احمدپور و همکاران، ۱۳۸۹). با استفاده از جداول مربوط به مدل EPM، ضرایب مربوط به هر یک از لایه‌های اطلاعاتی برای هر یک از واحدهای مطالعاتی جهت محاسبه ضریب فرسایش براساس معادله (۱) تعیین شد:

$$Z = Y * X_a * a * (\varphi + I^{0.5})$$

که در آن Z ضریب فرسایش (اشکال ۷ و ۸)، Y ضریب حساسیت خاک و سنگ (شکل ۲)،  $X_a$  ضریب استفاده از زمین (اشکال ۳ و ۴)، a ضریب حفاظتی،  $\varphi$  ضریب اشکال فرسایش (شکل ۵)، I شیب متوسط حوزه (شکل ۶) می‌باشد. پس از تعیین Z، متوسط فرسایش ویژه سالانه در هر واحد پیکسل براساس رابطه (۲) محاسبه شد (مدلل‌دوست، ۱۳۸۶).

$$W_{SP} = T * H * P * Z^{1.5}$$

<sup>۱</sup>- Dark object subtraction

<sup>۲</sup>- Ground control point

<sup>۳</sup>- Maximum likelihood



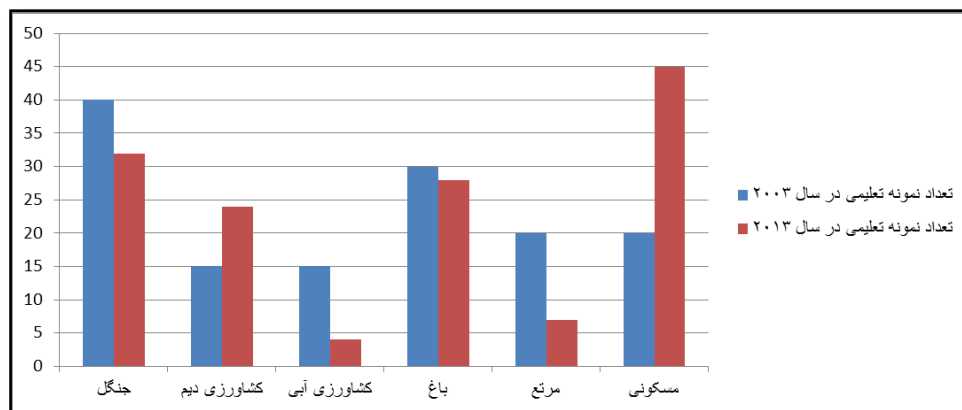
که در آن  $W_{SP}$  متوسط فرسایش ویژه سالانه،  $H$  ارتفاع متوسط بارندگی سالانه حوزه به میلی‌متر،  $Z$  ضریب شدت فرسایش، و  $T$  ضریب درجه حرارت که از رابطه (۳) به دست می‌آید:

$$T = \left(\frac{t}{10} + 0.1\right)^{0.5}$$

و در آن  $t$  میانگین درجه حرارت سالانه حوزه می‌باشد.

#### ۴- نتایج بحث

شکل ۱، مشخصات نمونه‌های تعلیمی گرفته شده در دو تصویر را نشان می‌دهد. جداول ۱ و ۲ مشخصات مربوط به ماتریس خطا برای دو نقشه پردازش شده به روش حداکثر احتمال برای سال‌های ۲۰۰۳ و ۲۰۱۳ را نشان می‌دهد. نقشه‌های کاربری اراضی سال‌های ۲۰۰۳ و ۲۰۱۳ (اشکال ۳ و ۴) به شش کلاس اراضی زراعی دیم، اراضی زراعی آبی، جنگل، مرتع، باغ و مناطق مسکونی طبقه‌بندی شدند. جدول ۳ میزان مساحت هریک از کاربری‌های فوق را در دو سال ۲۰۰۳ و ۲۰۱۳ نشان می‌دهد. تغییر مساحت و تبدیل کاربری‌های اراضی این دو بازه زمانی در جدول ۴ آمده است. نتایج حاصل از جداول ۳ و ۴ بیانگر این است که مساحت اراضی جنگلی با گذشت زمان کاهش چشمگیری داشته، به طوری که از حدود ۶۰۸۳ هکتار در سال ۲۰۰۳ به ۴۷۶۲ هکتار در سال ۲۰۱۳ و به میزان ۱۳۲۱ هکتار کاهش یافته است. این درحالی است که میزان اراضی کشاورزی دیم در طی همین دوره حدود ۴۰۳۱ هکتار افزایش داشته است. همچنین مساحت اراضی مسکونی و ساخت و ساز (دامداری‌ها و مرغداری‌های صنعتی، انبار، سوله و ...) با گذشت زمان رشد پیوسته‌ای داشته است، یعنی از حدود ۷۰۹ هکتار در سال ۲۰۰۳ به حدود ۱۶۷۰ هکتار در سال ۲۰۱۳ و به میزان ۹۶۱ هکتار افزایش یافته است.



شکل ۱ مشخصات نمونه‌های تعلیمی گرفته شده براساس تعداد و نوع کاربری در دو سال ۲۰۰۳ و ۲۰۱۳ (نگارندگان، ۱۳۹۴)

جدول ۱ محاسبه دقت طبقه‌بندی تصویر سنجنده TM2003 به روش حداکثر احتمال با استفاده از ماتریس خطا (نگارندگان، ۱۳۹۴)

کلاس طبقه‌بندی	دقت پیش‌بینی به درصد	دقت کاربر به درصد
جنگل	۸۵.۷۱	۱۰۰
کشاورزی دیم	۳۱.۷۱	۲۸.۲۶
کشاورزی آبی	۷۳.۹۱	۵۸.۶۲
مرتع	۷۲.۳۶	۵۴.۶۰
باغ	۳۰.۸۳	۵۷.۸۱
مسکونی	۵۱.۵۲	۴۲.۵۰
دقت کل	۵۶.۸۰۱۹	
ضریب کاپا	۰.۴۵۵۵	



جدول ۲ محاسبه دقت طبقه‌بندی تصویر سنجنده TM2013 به روش حداکثر احتمال با استفاده از ماتریس خطا (نگارندگان، ۱۳۹۴)

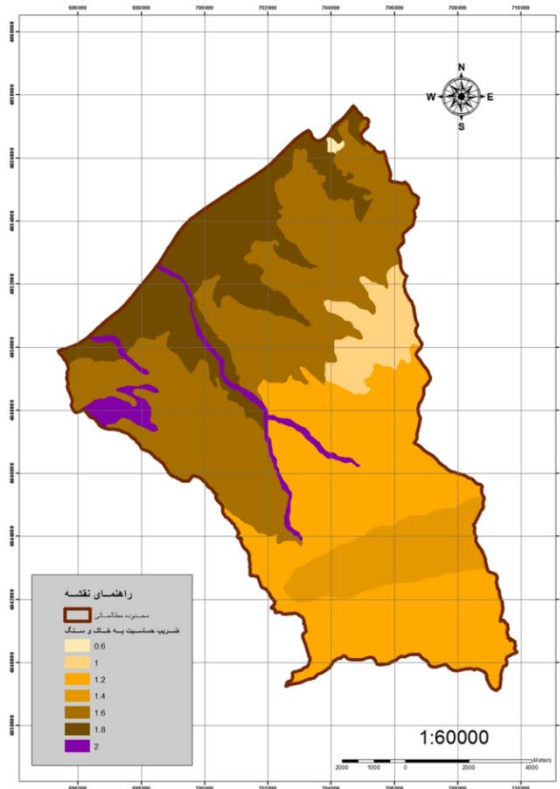
دقت پیش‌بینی به درصد		دقت کاربر به درصد	کلاس طبقه‌بندی
۸۲.۱	۸۷.۵		جنگل
۸۳.۳۳	۵۹.۸۳		کشاورزی دیم
۳۰	۶.۹۸		کشاورزی آبی
۶۹.۳۲	۶۰.۴۰		مرتع
۴۰	۵۸.۹۷		باغ
۳۹.۷۱	۷۷.۱۴		مسکونی
۶۴.۵۱۶۱			دقت کل
۰.۵۵۷۳			ضریب کاپا

جدول ۳ تغییر مساحت به هکتار برای کاربری‌های اراضی حوزه دارابکلا در بازه زمانی ۲۰۰۳ تا ۲۰۱۳ (نگارندگان، ۱۳۹۴)

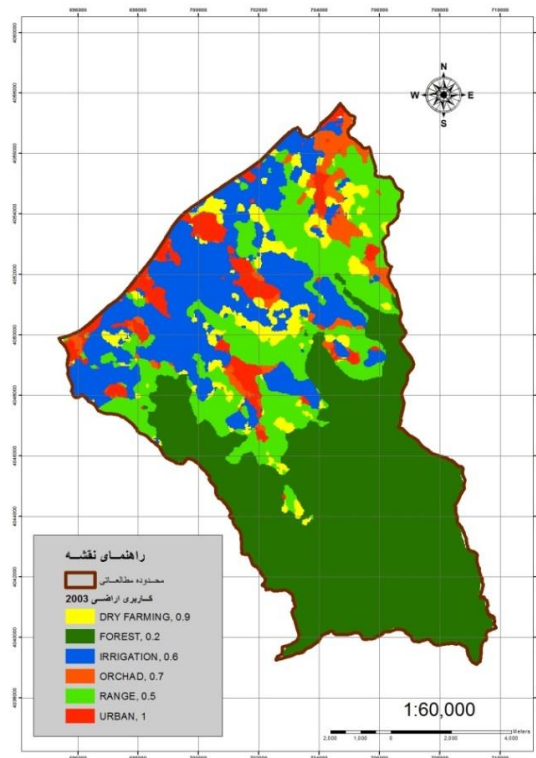
نوع کاربری اراضی	سال ۲۰۰۳	سال ۲۰۱۳	تغییرات مساحت در بازه زمانی ۱۰ ساله
کشاورزی دیم	۷۶۶	۵۰۶۷	۴۰۳۱
جنگل	۶۰۸۳	۴۷۶۲	-۱۳۲۱
کشاورزی آبی	۲۷۳۳	۳۱۷	-۲۴۱۶
باغ	۵۰۱	۳۵۳	-۱۴۸
مرتع	۲۴۷۷	۱۱۲۰	-۱۳۵۷
مسکونی	۷۰۹	۱۶۷۰	۹۶۱

جدول ۴ تغییر مساحت به متر مربع و تبدیل کاربری اراضی در دو بازه زمانی ۲۰۰۳ و ۲۰۱۳ (نگارندگان، ۱۳۹۴)

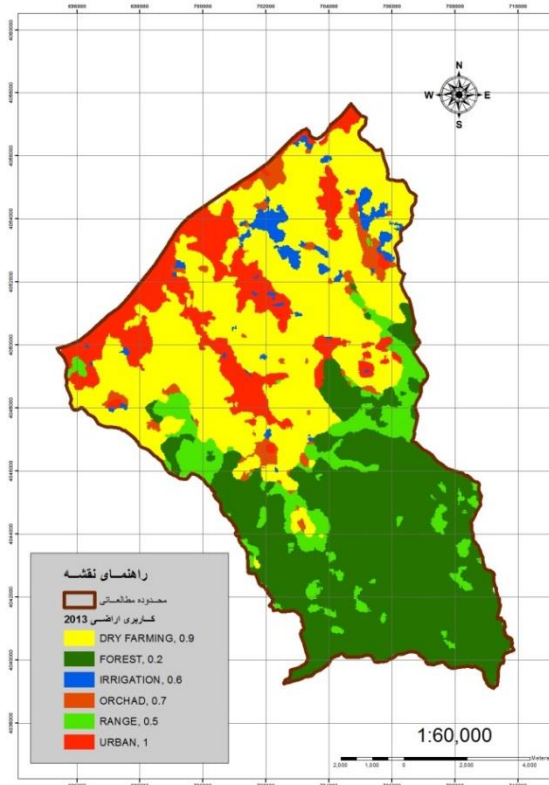
کاربری اراضی ۲۰۰۳	مسکونی	جنگل	کشاورزی دیم	مرتع	باغ	کشاورزی آبی	مساحت کل
کاربری اراضی ۲۰۱۳	۵۸۲۳۰۰	۴۶۹۴۴۲۰۰	۱۹۲۸۵۰۰	۱۰۵۷۱۱۰۰	۴۷۸۷۰۰	۰	۶۰۵۰۴۸۰۰
جنگل	۲۴۲۷۰۰۰	۰	۴۹۵۴۵۰۰	۰	۲۵۹۴۰۰	۰	۷۶۳۹۹۰۰
زراعت دیم	۷۰۴۰۲۰۰	۰	۰	۰	۰	۰	۷۰۴۰۲۰۰
مسکونی	۲۰۸۹۱۰۰	۰	۱۹۷۹۴۲۰۰	۲۶۰۰۰۰	۱۳۳۷۴۰۰	۱۲۳۰۹۰۰	۲۴۷۱۱۶۰۰
مرتع	۱۵۲۳۳۰۰	۰	۳۱۶۳۸۰۰	۰	۴۰۱۰۰۰	۰	۵۰۸۸۱۰۰
باغ	۵۶۸۳۸۰۰	۰	۲۰۰۶۰۸۰۰	۰	۸۰۷۲۰۰	۶۸۴۳۰۰	۲۷۲۳۶۱۰۰
زراعت آبی	۱۹۳۴۵۷۰۰	۴۶۹۴۴۲۰۰	۴۹۹۰۰۸۰۰	۱۰۸۳۱۱۰۰	۳۲۸۳۷۰۰	۱۹۱۵۲۰۰	۱۳۲۲۲۰۷۰۰
مساحت کل							



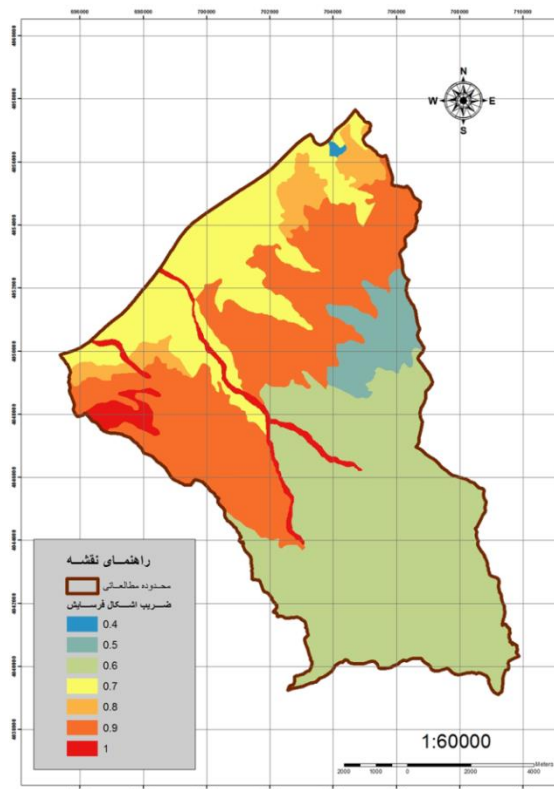
شکل ۲ نقشه ضریب حساسیت به خاک و سنگ در محدوده حوزه آبخیز دارابکلا (نگارندگان، ۱۳۹۴)



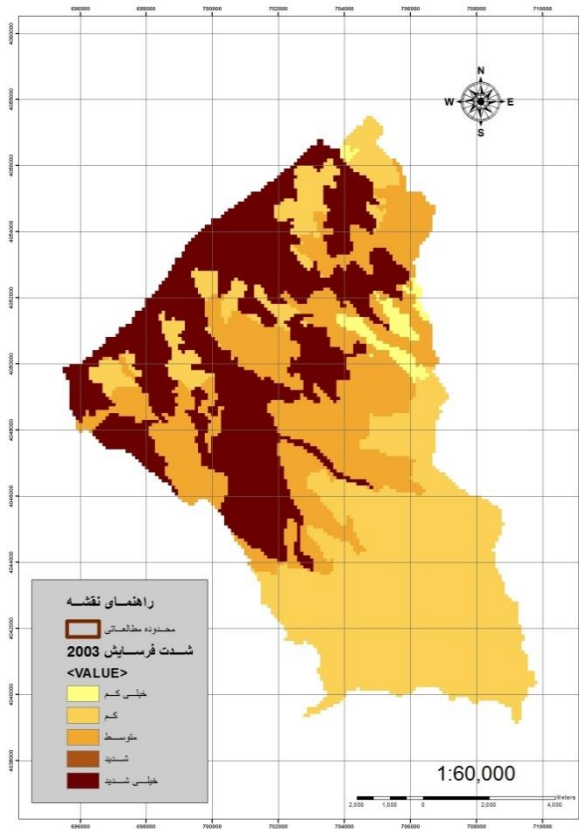
شکل ۳ نقشه کاربری اراضی به همراه مقادیر ضریب کاربری اراضی Xa به دست آمده از تصویر سنجده TM2003 ماهواره لندست



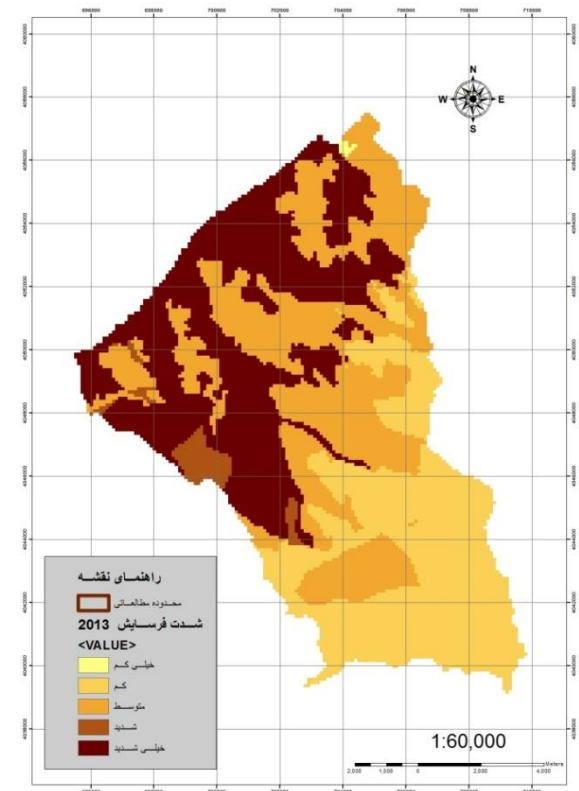
شکل ۴ نقشه کاربری اراضی به همراه مقادیر ضریب کاربری اراضی Xa به دست آمده از تصویر سنجه TM2013 ماهواره لندست



شکل ۵ نقشه ضریب اشکال فرسایش حوزه آبخیز دارابکلا



شکل ۶ نقشه رستری شدت فرسایش حوزه آبخیز دارابکلا در سال ۲۰۰۳



شکل ۷ نقشه رستری شدت فرسایش حوزه آبخیز دارابکلا در سال ۲۰۱۳





جدول ۵ مقادیر ضریب شدت فرسایش، میانگین سالانه فرسایش ویژه و رسوب ویژه برای واحدهای هیدرولوژیکی حوزه آبخیز دارابکلا در سال ۲۰۰۳

GSP	SDR	WSP	H	T	t	Z	واحد هیدرولوژیکی
245	19.08	1284	691	1.32	16.5	0.58	A1
741	32	2316	697	1.33	16.7	0.86	A2
739	34.25	2157	687	1.34	16.9	0.82	A-int
294	16.9	1738	708	1.33	16.6	0.70	B
1803	97.74	1845	741	1.32	16.5	0.71	D10
978	40.37	2423	756	1.33	16.7	0.84	D11
137	41.46	331	718	1.27	15.1	0.24	D1-1-1
64	22.05	290	712	1.25	14.7	0.22	D1-1-2
63	20.96	302	718	1.26	14.9	0.22	D1-1-3
59	14.84	397	725	1.29	15.7	0.26	D1-1-int
2179	60.75	3587	763	1.33	16.6	1.08	D12
1359	79.45	1711	757	1.32	16.5	0.67	D13
293	21.24	1378	750	1.31	16.2	0.58	D1-int
89	17.84	496	740	1.28	15.3	0.30	D2-1
61	15.11	405	731	1.27	15.2	0.27	D2-2
534	18.12	2948	763	1.31	16.1	0.96	D2-int
2447	63.56	3849	769	1.32	16.4	1.13	D3
3263	85.96	3796	769	1.32	16.4	1.12	D4
1831	51.7	3541	768	1.33	16.7	1.07	D5
1948	55.09	3535	770	1.32	16.4	1.07	D6
2047	70.54	2901	768	1.33	16.6	0.94	D7
1501	81.08	1852	763	1.32	16.5	0.70	D8
1004	34.46	2912	765	1.33	16.6	0.94	D9
739	24.68	2995	754	1.33	16.7	0.97	D-int
477	24.65	1935	762	1.33	16.7	0.72	E
145	25.58	568	715	1.31	16.1	0.33	G1
166	20.63	803	730	1.30	16	0.42	G2
304	15.07	2020	732	1.33	16.7	0.76	G-int
936	34.25	2733	753	1.33	16.8	0.91	INT1
1772	58.29	3040	715	1.34	16.9	1.01	INT2
1128	47.48	2376	744	1.34	17	0.83	INT3
729	27.5	2652	723	1.34	17	0.91	INT4
1826	60.75	3006	705	1.34	17	1.01	INT5
565	34.33	1645	691	1.34	17	0.68	INT6
210	33.1	634	685	1.33	16.8	0.37	INT7
492	19.58	2513	768	1.32	16.3	0.86	K1
360	32	1124	766	1.33	16.8	0.50	L1
1772	81.45	2175	765	1.33	16.6	0.78	L2
1032	35.25	2929	759	1.33	16.7	0.95	L3
2483	81.45	3048	755	1.33	16.8	0.98	L4
1143	54.76	2088	752	1.34	17	0.76	L-int



جدول ۶ مقادیر ضریب شدت فرسایش، میانگین سالانه فرسایش ویژه و رسوب ویژه برای واحدهای هیدرولوژیکی حوزه آبخیز دارابکلا در سال ۲۰۱۳

GSP	SDR	WSP	H	T	t	Z	واحد هیدرولوژیکی
299	19.08	1569	691	1.32	16.5	0.67	A1
817	32	2553	697	1.33	16.7	0.92	A2
789	34.25	2305	687	1.34	16.9	0.86	A-int
377	16.9	2232	708	1.33	16.6	0.83	B
1922	97.74	1966	741	1.32	16.5	0.74	D10
1034	40.37	2560	756	1.33	16.7	0.87	D11
211	41.46	509	718	1.27	15.1	0.32	D1-1-1
98	22.05	446	712	1.25	14.7	0.29	D1-1-2
99	20.96	473	718	1.26	14.9	0.30	D1-1-3
101	14.84	684	725	1.29	15.7	0.38	D1-1-int
2202	60.75	3625	763	1.33	16.6	1.09	D12
1656	79.45	2084	757	1.32	16.5	0.76	D13
373	21.24	1758	750	1.31	16.2	0.69	D1-int
148	17.84	827	740	1.28	15.3	0.43	D2-1
108	15.11	717	731	1.27	15.2	0.39	D2-2
629	18.12	3469	763	1.31	16.1	1.07	D2-int
2447	63.56	3849	769	1.32	16.4	1.13	D3
3263	85.96	3796	769	1.32	16.4	1.12	D4
1831	51.7	3541	768	1.33	16.7	1.07	D5
1984	55.09	3601	770	1.32	16.4	1.08	D6
2188	70.54	3102	768	1.33	16.6	0.98	D7
1633	81.08	2014	763	1.32	16.5	0.74	D8
1020	34.46	2960	765	1.33	16.6	0.95	D9
782	24.68	3169	754	1.33	16.7	1.00	D-int
576	24.65	2335	762	1.33	16.7	0.81	E
172	25.58	672	715	1.31	16.1	0.37	G1
229	20.63	1110	730	1.30	16	0.52	G2
328	15.07	2178	732	1.33	16.7	0.80	G-int
991	34.25	2893	753	1.33	16.8	0.94	INT1
1772	58.29	3040	715	1.34	16.9	1.01	INT2
1201	47.48	2529	744	1.34	17	0.87	INT3
753	27.5	2737	723	1.34	17	0.93	INT4
1826	60.75	3006	705	1.34	17	1.01	INT5
650	34.33	1894	691	1.34	17	0.75	INT6
322	33.1	973	685	1.33	16.8	0.49	INT7
702	19.58	3587	768	1.32	16.3	1.09	K1
521	32	1628	766	1.33	16.8	0.64	L1
2497	81.45	3066	765	1.33	16.6	0.97	L2
1071	35.25	3037	759	1.33	16.7	0.97	L3
2515	81.45	3088	755	1.33	16.8	0.98	L4
1311	54.76	2394	752	1.34	17	0.83	L-int

##### ۵- بحث و نتیجه گیری

اگر مقدار فرسایش بالاتر از ۳۰۰۰ مترمکعب در کیلومتر مربع در سال را به عنوان بحرانی ترین مقادیر فرسایش در حوزه آبخیز دارابکلا بنامیم، با مراجعه به جدول ۵ خواهیم دید که واحدهای هیدرولوژی D3, D4, D5, D6, INT2, INT5, L4 در سال ۲۰۰۳ در این طبقه قرار دارند. از طرفی با مراجعه به جدول ۶ متوجه خواهیم شد که دوباره همین واحدهای هیدرولوژی به انضمام واحدهای هیدرولوژی D2INT, D7, DINT, K1 به این مجموعه اضافه شده است. در این جا با استفاده از تصاویر با دقت مکانی بالای Google Earth و قرار دادن واحدهای هیدرولوژیکی بر روی محدوده مورد



مطالعه، به بررسی چرایی این پدیده می‌پردازیم. ابتدا به بررسی واحد D3 می‌پردازیم. این واحد خود بخشی از روستای بزرگ دارابکلا می‌باشد. تیپ فرسایشی غالب در این واحد S32L22 می‌باشد (شکل ۱۱). در این جا S32 یعنی فرسایش سطحی با شدت متوسط که ۵۰ تا ۷۵ درصد از سطح تیپ را به خود اختصاص داده است. از طرفی L22 یعنی زمین- لغزش با شدت متوسط که ۲۵ تا ۵۰ درصد از سطح تیپ را به خود اختصاص داده است. همان‌طور که در شکل ۸ ملاحظه می‌کنید، عمده کاربری‌های اراضی در این واحد کشاورزی دیم بوده، و با بازدیدهای میدانی مشخص شد که این اراضی در زمین‌های شیب‌دار و به‌صورت شخم در جهت شیب می‌باشند. با نگاهی دقیق‌تر متوجه خواهیم شد که در گذشته‌ای نه چندان دور این اراضی همگی از نوع جنگلی بوده که بقایایی اندک از آن به‌جا مانده است.



شکل ۸ موقعیت واحد هیدرولوژی D3 بر روی تصویر ماهواره‌ای

واحدهای هیدرولوژی بحرانی دیگر D5, D6 می‌باشند که علی‌رغم وسعت کم آن‌ها از فرسایش بالایی به‌سبب وجود فرسایش خندقی و کنار رودخانه‌ای با تیپ C3H2 برخوردار هستند. در این جا، C3 نشان‌دهنده وجود فرسایش در بیش از ۳۰ درصد طول مسیر آبراهه و کناره‌های آن بوده و H2 بدین معنی است که عمق خندق‌ها در بازه ۱ تا ۳ متری قرار دارد. رخساره فرسایشی بالادست این واحدها S32R22 می‌باشد. در این جا R22 یعنی فرسایش شیبی با شدت متوسط که ۲۵ تا ۵۰ درصد از سطح واحد را به خود اختصاص داده است. شایان ذکر است که این واحدها نیز بخشی از روستای بزرگ دارابکلا می‌باشند (اشکال ۹ و ۱۰).

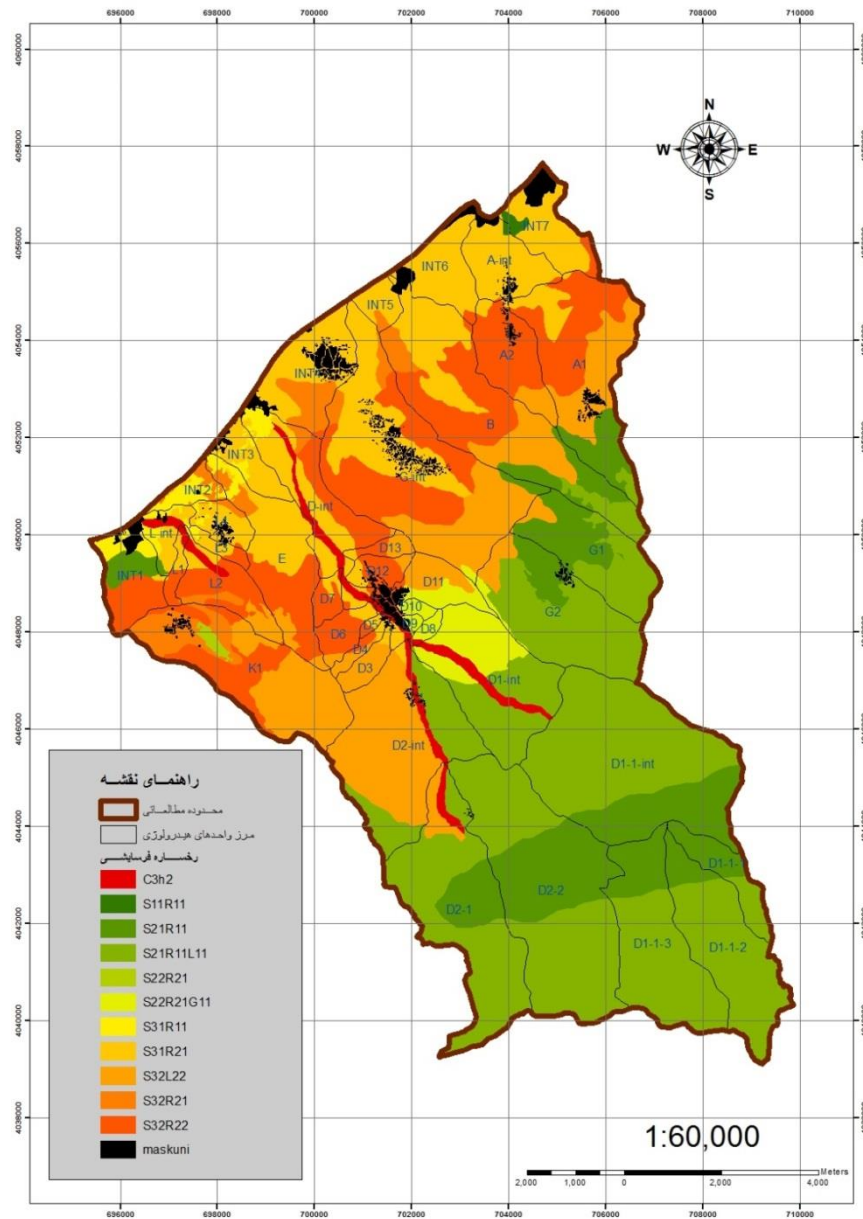


شکل ۹ موقعیت واحد هیدرولوژی D5 در تصویر ماهواره‌ای



شکل ۱۰ موقعیت واحد هیدرولوژی D6 در تصویر ماهواره‌ای

آمار و نتایج به دست آمده در این مطالعه به خوبی نشان می‌دهد که در فاصله زمانی سال‌های ۲۰۰۳ تا ۲۰۱۳ میلادی اراضی کشاورزی بیشترین تغییرات مثبت را داشته‌اند. اضافه شدن این اراضی به قیمت از دست رفتن اراضی ملی بوده است. هم‌چنین در این فاصله زمانی، اراضی مرتعی نیز دچار تغییر و تحول شده که تغییرات مثبت در آن‌ها را می‌توان به دلیل رها نمودن اراضی کشاورزی سال‌های قبل که بازده و کارایی خود را از دست داده‌اند، دانست. اکثر اراضی کشاورزی دیم حوزه آبخیز دارابکلا بر روی دامنه‌های شیب‌دار قرار گرفته‌اند، و بر اثر تغییر کاربری از اراضی جنگلی و مرتعی به کشاورزی، خاک و مواد حاصلخیز آن‌ها بر اثر فرسایش از دسترس خارج شده و رها شده‌اند؛ که البته در شرایط اکوسیستمی این منطقه از مازندران و نیز قرارگیری آن در منطقه‌ای کوه‌پایه‌ای و نزدیکی مسافت آن با مرکز استان، نمی‌توان آن را رهاشدگی نامید، بلکه اکثر این اراضی به اصطلاح رها شده در حال تبدیل به ویلاهای مسکونی است و این خود بیانگر رشد و توسعه مناطق مسکونی غیراصولی در سال‌های اخیر می‌باشد.



شکل ۱۱ نقشه رخساره‌های فرسایشی حوزه آبخیز دارابکلا

## منابع

- ۱- آرخی، صالح، نیازی، یعقوب، ارزانی، حسین. ۱۳۹۰. مقایسه تکنیک‌های مختلف پایش تغییر کاربری اراضی - پوشش گیاهی با استفاده از RS و GIS (مطالعه موردی: حوزه دره شهر - استان ایلام)، علوم محیطی، سال هشتم، شماره سوم: ۸۱-۹۶
- ۲- آلیانی، حمیده، نوراللهی، یونس، بابایی کفاکی، ساسان. ۱۳۹۰. بررسی تغییرات کاربری اراضی و اثر عوامل فیزیوگرافیک در توزیع تغییرات با استفاده از سنجش از دور و GIS، مجله تحقیقات منابع طبیعی تجدید شونده، سال دوم، شماره سوم: ۹-۲۲.



- ۳- بهبهانی، نیلوفر، فلاح شمسی، سید رشید، فرزاد مهر، جلیل، عرفانی فرد، سید یوسف، رضوانی گسک، مهدی. ۱۳۸۹. استفاده از شاخص‌های پوشش گیاهی تصاویر ASTER-L1B در برآورد سطح تاج پوشش تک درختان مراتع مشجر مناطق خشک، مطالعه موردی: تگ احمدشاهی - خراسان جنوبی، مجله علمی پژوهشی مرتع، سال چهارم، شماره اول: ۹۳-۱۰۳.
- ۴- پیشداد سلیمان آباد، لیلا، نجفی نژاد، علی، سلمان ماهینی، عبدالرسول، خالدیان، حسین. ۱۳۸۶. بررسی اثرات تغییرات کاربری اراضی بر فرسایش خاک در حوزه آبخیز چراغ‌ویس با استفاده از سامانه اطلاعات جغرافیایی، مجله علوم کشاورزی و منابع طبیعی، جلد پانزدهم، شماره اول: ۹-۱.
- ۵- صادقی، سیدحمیدرضا، فضلی، سمیه، نور، حمزه، آقارزی، حشمت‌الله. ۱۳۹۰. توانایی مدل فرسایش دامنه‌ای در تخمین رسوب ناشی از رگبارها در پلات‌های استاندارد فرسایشی با شیب‌های مختلف در کاربری مرتع، مجله علمی پژوهشی مرتع، سال پنجم، شماره اول: ۱۱۹-۱۲۸.
- ۶- طالب‌پور، داوود، خضری، سعید. ۱۳۸۹. بررسی رابطه کاربری اراضی و شیب با تولید رسوب در زیرحوضه‌های جنوبی رودخانه مهاباد، نشریه مرتع و آبخیزداری، مجله منابع طبیعی ایران، دوره ۶۳، شماره ۳: ۳۴۱-۳۵۸.
- ۷- نجفیان، لیلا، کاویان، عطاءالله، قربانی، جمشید، تهرتاش، رضا. ۱۳۸۹. اثر فرم رویشی و مقدار پوشش گیاهی بر تولید رواناب و رسوب اراضی مرتعی منطقه سوادکوه مازندران، مجله علمی پژوهشی مرتع، سال چهارم، شماره دوم: ۳۳۴-۳۴۷.
- ۸- نصری، مسعود، فیض‌نیا، سادات، جعفری، محمد، احمدی، حسن، سلطانی، سعید. ۱۳۹۰. بررسی آماری رسوب معلق و تحلیل عوامل موثر (مطالعه موردی: ایستگاه مندرجان)، نشریه مرتع و آبخیزداری، مجله منابع طبیعی ایران، دوره ۶۴، شماره ۱: ۹۵-۱۰۶.
- ۹- نظری سامانی، علی‌اکبر، قربانی، مهدی، کوهبنانی، حمیدرضا. ۱۳۸۹. ارزیابی روند تغییرات کاربری اراضی حوزه آبخیز طالقان در دوره ۱۳۶۶ تا ۱۳۸۰، مجله علمی پژوهشی مرتع، سال چهارم، شماره سوم: ۴۴۲-۴۵۱.
- 10- Abdollahi, J., N. Bghestani, M. H. Savaghebi, & M. H. Rahimian, 2008. Determining Vegetation Cover Percentage of Arid Regions Using Rs and GIS (Case study: Nadooshan Watershed). *J. of Science and Technology of Agriculture and Natural Res.* 44: 301-313.
- 11-Ahmadi Sani, N., A. A. Darvishsefat, M. Zobeiri, & A. Farzaneh, 2008. Potentiality of ASTER Images for Forest Density Mapping in Zagros (Case study: Marivan Forests). *J. of the Iranian Natural Res.* 61(3): 603-614.
- 12- Alig, R. J., Kline, J. D., and Lichtenstein, M., 2004. Urbanization on the US landscape: Looking ahead in the 21st century. *Landscape Urban Plan*, 69: 219-234.
- 13- Arai, K., & H. Tonooka., 2005. Radiometric Performance Evaluation of ASTER VNIR, SWIR and TIR. *IEEE Transactions on Geo-science and Remote Sensing*, 43: 2725-2732.
- 14- Arzani, H., 2005. Vegetation Indices for Vegetation Parameters Measurements Using Remote Sensing Data in Arid Areas. *First Conference Remote Sensing in Kuwait*, 26-28 pp.
- 15- Arzani, H., S. Noori, S. H. Kaboli, H. R. Moradi, & H. Ghelichnia, 2009. Determination of Suitable Indices for Vegetation Cover Assessment in Summer Rangelands in South of Mazandaran, *J. of the Iranian Natural Res.* 61(4): 997-1016.
- 16-Calvao, T., & J. M. Palmeirim, 2004. Mapping Mediterranean Shrub With Satellite Imagery: Biomass Estimation and Spectral Behavior *و Int. J. of Remote Sensing*, 25: 3113-3126.
- 17- Carreiras, J. M. B., J. M. C. Pereira., & J. S. Pereira, 2006. Estimation of Tree Canopy Cover in Evergreen Oak Woodlands Using Remote Sensing, *Forest Ecology and Management*, 223:45-53.
- 18- Chavez, P. S. 1996. Image-Based Atmospheric Corrections-Revisited and Improved. *Photogrammetric Engineering and Remote Sensing*. 62:1025-1036.
- 19- Coppin, P., I. Jonckheere, K. Nackaerts, B. Muys and E. Lambin. 2004. Digital Change Detection Methods in Ecosystem Monitoring: A review. *International Journal of Remote Sensing*. 10: 1565-1596.



- 20- Dhakal, A. S., T. Amada, M. Aniya and R. R Sharma. 2002. *Detection of Areas Associated with Flood and Erosion Caused by a Heavy Rainfall Using Multitemporal Landsat TM data*. *Photogrammetric Engineering and Remote Sensing*. 68: 233–240.
- 21- Du, Y., P. M. Teillet and J. Cihlar. 2002. *Radiometric Normalization of Multitemporal High-Resolution Satellite Images with Quality Control for Land Cover Change Detection*. *Remote Sensing of Environment*. 82: 123–134.
- 22- Fung, T. and E. Ledrew. 1988. *The Determination of Optimal Threshold Levels for Change Detection Using Various Accuracy Indices*. *Photogrammetric Engineering and Remote Sensing*. 54: 1449–1454.
- 23- Haghaghy, M. 2003. *Investigating Degradation of Lowland Forests of Western Guilan*. MSc. Thesis, Natural Resources College, Guilan University. pp. 112.
- 24- Heidari, R. H., M. Zobeiri, Namiranian, & H. Sobhani, 2007. *Application of T-square Sampling Method in Zagross Forests (Case study: Kermanshah Province)*. *Iranian Journal of Forest and Poplar Research*, 15(1): 32-42.
- 25- Javadnia, E., & M. R. Mobasheri, 2008. *The Advancement of NDVI Index for Predicting Drought Using MODIS and ASTER Images*, *Geo-matic Symposium*.
- 26- Korhonen, L., K. T. Korhonen., M. Rautiainen & P. Stenberg, 2006. *Estimation of Forest Canopy Cover: a Comparison of Field Measurement Techniques*, *Silva Fennica*. 40: 577-588.
- 27- Lu, D., P. Mausel. E. Brondi'zio and E. Moran. 2004. *Change Detection Techniques*. *Int. J. Remote Sensing*. 25 (12): 2365–2407.
- 28- Moradi. A., J. Oladi., A. Fallah & P. Fatehi, 2008. *Evaluating Capability of SPOT5 Data to Monitor Pollarding Forest Area of North Zagros*, *World Applied Sciences Journal*, 3: 107-112.
- 29- Parkash, A. and R. P. Gupta. 1998. *Land-Use Mapping and Change Detection in a Coal Mining area; A Case Study in the Jharia Coalfield, India*. *International Journal of Remote Sensing*. 19: 391-410.
- 30- Pett, C., T. Scudder and E. Lambin. 2001. *Quantifying Processes of Land-Cover Change 2402*
- Rafayian, A., A. Darvish Safat and M. Namiranian. 2006. *Determining Extent of Changes of Northern Forests of Iran between 1994 and 2001 using Landsat ETM+ images*. *Journal of Agriculture and Natural Resources and Technology and Sciences*, 10th Issue number 3: 277-286.
- 31- Silapaswan, C. S., D. L. Verbyla and A. D. McGuire. 2001. *Land Cover Change on the Seward Peninsula: The Use of Remote Sensing to Evaluate the Potential Influences of Climate Warming on Historical Vegetation Dynamics*. *Canadian Journal of Remote Sensing*. 27: 542-554.
- 32- Wu, Q., Li, H., Wang, R., Paulussen, J., He, Y., Wang, M., Wang, B., and Wang, Z., 2006. *Monitoring and predicting land use change in Beijing using remote sensing and GIS*. *Landscape and Urban Planning*, 78: 33–322.
- 33- Zhang, J., and Zhang, Y., 2007. *Remote sensing research issues of the national land use change program of China*. *ISPRS Journal of Photogrammetry & Remote Sensing*, doi:10.1016/j.isprsjprs.2007.07.002/