

بررسی تغییرات کاربری اراضی با استفاده از تکنیک های GIS و RS و ارزیابی اقتصادی آن در مقایسه با تغییرات هدررفت خاک (مطالعه موردی: حوزه آبخیز سد آزاد)

معروف امامقلی^{۱*}، عطا صفری^۱، کاکا شاهی^۲، محمدحسین فرهودی^۱، خهبات خسروی^۳
تاریخ دریافت: ۹۱/۱۲/۵ تاریخ پذیرش: ۹۳/۷/۲

چکیده

این مطالعه با هدف ارزیابی تغییرات درصد پوشش و کاربری اراضی در فاصله زمانی سال‌های ۱۹۸۷ تا ۲۰۰۶ در حوزه آبخیز سد آزاد استان کردستان انجام شد. برای این منظور در ابتدا با استفاده از تصاویر ماهواره Landsat، نقشه درصد پوشش گیاهی تهیه و با اصلاح خطای ژئومتری، رادیومتری و اختلاف فصل تصویر برداری، بهترین ترکیب باندی انتخاب و نقشه کاربری اراضی با استفاده از الگوریتم حداکثر احتمال تشابه و طبقه‌بندی نظارت شده تهیه شد. صحت نقشه‌های تولیدی با آزمون صحت کلی تعیین گردید. نتایج تحقیق نشان داد که اراضی آبی از ۱۴/۳۳٪ به ۱۳/۷۰٪، دیمزارها از ۱۵/۴۳٪ به ۲۶/۶۳٪ و مراتع ضعیف از ۲۴/۳۷٪ به ۴۲/۱۷٪ افزایش داشته‌اند و در مقابل مراتع متوسط حوزه از ۲۸/۵۷٪ به ۱۴/۸۳٪ و مراتع خوب با پوشش درختچه‌ای از ۱۷/۳۰٪ به ۲/۶۴٪ کاهش یافته‌اند. صحت طبقه‌بندی در طبقه اراضی آبی، طبقه دیمزار، مراتع ضعیف، متوسط و خوب به ترتیب ۶۶٪، ۷۴٪، ۸۲٪، ۷۶٪ و ۸۴٪ تعیین گردید. سپس با استفاده از مدل EPM میزان هدررفت و تولید رسوب برای حوزه برآورد شد که برای سال ۱۹۸۷ میزان تولید رسوب ۸/۷ متر مکعب در هکتار در سال و برای سال ۲۰۰۶ این میزان به ۱۰/۲ متر مکعب در هکتار در سال افزایش یافته است. در نهایت، برآورد اقتصادی این تغییرات، حاکی از متضرر شدن ۱۰ میلیارد ریالی آبخیز نشینان و متعاقب آن هدررفت خاک در حوزه آبخیز مورد مطالعه بوده است.

واژه‌های کلیدی: حوزه آبخیز سد آزاد، طبقه‌بندی نظارت شده، تغییر کاربری اراضی، هدررفت خاک

^۱ - دانش‌آموخته کارشناسی ارشد آبخیزداری، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری، گروه آبخیزداری، ساری، ایران

* نویسنده مسئول: Email: Maroufemamgholi@yahoo.com

^۲ - استادیار دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری، ساری، ایران

^۳ - دانشجوی دکتری آبخیزداری، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری، گروه آبخیزداری، ساری، ایران

مقدمه

تعریف کاربری اراضی، استفاده از زمین در شرایط حاضر می‌باشد. نقشه کاربری اراضی، پوشش فیزیکی سطح زمین را با توجه به استفاده آن نشان می‌دهد (۲۰). بررسی کاربری اراضی و استفاده از زمین یعنی تمام فعالیت‌های موجود در یک محل یا انواع مختلف استفاده از زمین در یک محل به تصویر کشیده شود. نظیر زمین‌های زراعی، باغ‌ها، مناطق مسکونی، جنگل و مرتع، معادن و... (۵). اطلاع از انواع پوشش سطح زمین و فعالیت‌های انسانی در قسمت‌های مختلف و به بیان دیگر نحوه استفاده از زمین، به عنوان اطلاعات پایه برای برنامه‌ریزی‌های مختلف از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است (۶ و ۱۹). در حال حاضر تغییر کاربری زمین، به صورت غیر اصولی از مهم‌ترین معضلات کشور می‌باشد، چرا که تغییر اکثر کاربری‌ها غالباً بدون برنامه اصولی و بدون در نظر گرفتن محدودیت‌های زیست محیطی صورت می‌گیرد (۱۰). وقوع سیلاب‌های مخرب، آلودگی شهرهای بزرگ، از بین رفتن سطح وسیعی از جنگل‌ها، رشد بی‌رویه شهرها، فرسایش زمین‌های کشاورزی، گسترش بیابانها، کاهش و آلودگی آب‌های زیرزمینی غالباً ناشی از تبدیل غیر اصولی کاربری و پوشش اراضی و اعمال روش‌های غلط در بهره‌برداری از آنها می‌باشد (۴). یکی از این تغییرات، تخریب پوشش منابع طبیعی و ازدیاد اراضی کشاورزی در شیب‌های نامتعارف، بدون توجه به قابلیت توسعه اراضی می‌باشد (۱۸). تخریب جنگل‌ها و ایجاد زمین‌های کشاورزی سبب بروز حرکات توده‌ای در سطح وسیع می‌گردد (۱ و ۱۶). از

آنجا که تغییرات در کاربری اراضی در سطوح وسیع و گسترده صورت می‌گیرد، بنابراین تکنولوژی سنجش از راه دور ابزاری ضروری و با ارزش جهت پایش تغییرات می‌باشد (۷ و ۱۱). همچنین آنالیز ویژگی‌های مکانی و زمانی تغییرات کاربری اراضی برای فهم درست از الگوی توسعه شهری ضروری می‌باشد (۱۵).
 Askew و Garrattand (1996) داده‌های ماهواره‌ای لندست TM و اسپات را برای بررسی پوشش مرتعی در انگلستان به کار گرفتند و به طبقه‌بندی پوشش گیاهی با دقت بالا در مقایسه با روش‌های سنتی نایل شدند. Rai و Sharma (1998)، تغییرات کاربری اراضی و خصوصیات هیدرولوژیکی آبخیزهای سیکما در هند را مورد مطالعه قرار دادند. نتایج نشان داد تغییرات کاربری اراضی از جنگل به اراضی کشاورزی، ۱۱ درصد از سال ۱۹۸۸ تا ۱۹۹۲ افزایش یافته بود. در طول همین دوره‌ها نواحی پایدار جنگل‌های متراکم نیز به جنگل‌های تخریب یافته تبدیل شده بود. در مجموع میزان هدررفت خاک در یک دوره زمانی سه ساله ۱۹۹۴-۱۹۹۷ مورد مطالعه قرار گرفت و مشخص شد که هدررفت خاک از کل حوزه نرخی بین ۴/۱۸ تا ۸/۸۲ تن در هکتار در سال بود. Hashiba et al. (2000)، در ژاپن تغییرات کاربری اراضی حوزه آبخیز تاما را با استفاده از اطلاعات سنجنده‌های مختلف MSS و TM لندست مورد تجزیه و تحلیل قرار دادند. در این تحقیق مناطق دارای پوشش آمیخته با استفاده از اطلاعات سنجنده MSS و TM به‌طور جداگانه طبقه‌بندی گردید. نتایج نشان داد که بین دو طبقه‌بندی تفاوت دیده می‌شود.

حوزه آبخیز سد آزاد استان کردستان مورد بررسی قرار گرفته و برآوردی از میزان درآمدها در دو حالت قبل و بعد از تغییرات صورت پذیرفت و در نهایت بررسی این تغییرات بر روی هدررفت خاک با استفاده از مدل EPM انجام گرفت و در آخر ارزیابی اثرات اقتصادی هدررفت خاک و کاربری اراضی برای حوزه انجام گرفت.

مواد و روش ها

موقعیت منطقه مورد مطالعه:

حوزه آبخیز سد آزاد در غرب ایران و در دامنه های زاگرس قرار دارد (شکل ۱). وسعت این حوزه حدود ۱۰۵۸ کیلومتر مربع بوده و ارتفاع حداکثر آن ۳۰۲۰ متر و ارتفاع حداقل آن ۱۳۸۰ متر می باشد. موقعیت جغرافیایی حوزه $33^{\circ} 22' 46''$ تا $35^{\circ} 22' 49''$ طول شرقی و $46^{\circ} 19' 46''$ تا $43^{\circ} 24' 43''$ عرض شمالی می باشد. شیب متوسط حوزه ۲۱/۹۲ درصد و متوسط بارش سالانه ۴۵۰ میلی متر است.

همچنین امکان بررسی تغییرات کاربری اراضی در طولانی مدت با استفاده از هر دو سنجنده MSS و TM امکان پذیر است، نهایتاً اینکه تغییرات کاربری اراضی در حوزه آبخیز تاما در طی ۲۵ سال گذشته را می تواند نشان داد.

Falah و Farajzadeh (2008) برای بررسی نوع تغییرات پوشش گیاهی حوزه رودخانه تجن، تصاویر TM و ETM⁺ سال های ۱۹۹۲ و ۲۰۰۱ را انتخاب و پس از تصحیح و بارزسازی، برای ارزیابی تغییرات، از روش های تفریق، نمایش رنگی، شاخص پوشش گیاهی و مقایسه بعد از طبقه بندی استفاده نمودند. نتایج نشان داد که علی رغم سیر نزولی بارندگی در این دوره زمانی، دبی افزایش یافته است. با توجه به عدم تغییر توپوگرافی و شیب حوزه طی این دوره، می توان نتیجه گرفت، افزایش رواناب بیشتر به دلیل کاهش جنگل و مرتع بوده است.

در این تحقیق، اقدام به بررسی تغییرات کاربری اراضی طی سال های ۱۹۸۷ و ۲۰۰۶ به وسیله تصاویر ماهواره ای سنجنده های TM و ETM⁺ لندست، با استفاده از تکنیک های RS و GIS گردید و تغییرات کاربری اراضی و تخریب در



شکل ۱- موقعیت منطقه مورد مطالعه در ایران و استان

روش تحقیق:

بررسی تغییرات کاربری اراضی:

در تحقیق حاضر، اولین قدم شناسایی انواع کاربری‌ها برای منطقه بود، لذا تهیه نقاط کنترلی و بازدید صحرایی را الزامی می‌نمود و انواع کاربری اراضی شامل:

- اراضی آبی

- مراتع ضعیف (اراضی دارای پوشش گیاهی کمتر از ۲۰ درصد و غیر زراعی)

- مراتع متوسط (پوشش ۲۰ تا ۳۰ درصد)

- مراتع خوب (پوشش بالای ۳۰ درصد همراه با درختچه)

- دیمزارها و دیمزارهای رها شده

با کمک افراد محلی در منطقه شناسایی شد. با استفاده از GPS برای هر کاربری سطوح ۱۵۰×۱۵۰ متری (۲۲۵۰۰ متر مربع) برداشت شد (۱۵ سطح برای هر کاربری). تصاویر

ماهواره‌ای TM سال ۱۹۸۷ و ETM⁺ سال ۲۰۰۶ برای بررسی تغییرات کاربری ارضی در این بازه زمانی مناسب تشخیص داده شد. از

نقشه‌های رقومی ۱:۲۵۰۰۰ (شبکه هیدروگرافی و شبکه راه‌ها) سازمان نقشه‌برداری کشور جهت تصحیح خطای ژئومتری استفاده گردید. لازم به ذکر است که تصحیح مکانی از اصول اولیه

استفاده از تصاویر ماهواره‌ای می‌باشد. سپس با تهیه نقشه توپوگرافی منطقه، مرز حوزه آبخیز سد آزاد مشخص و در محیط GIS برش خرده و ژئورفرنس شد.

داده‌های ماهواره‌ای مورد استفاده عاری از لکه‌های ابر بود و از وضوح مناسبی برخوردار بود و به علت عدم مقایسه دو داده غیر هم‌زمان در

این مطالعه انجام تصحیحات اتمسفری ضروری نبود.

به منظور تهیه نقشه نهایی، با بکارگیری اطلاعات صحرایی و اطلاعات موجود، از روش طبقه‌بندی نظارت شده استفاده گردید. این روش بر اطلاعات زمینی و دانش قبلی مفسر از منطقه، استوار است و بسیار قابل کنترل‌تر از روش طبقه‌بندی نظارت نشده می‌باشد که طی مراحل زیر انجام پذیرفت:

نمایش مکانی نمونه‌ها بر روی باند اصلی (FS):

یکی از روشهای پی بردن به کیفیت نمونه‌های تعلیمی در طبقات از نظر جدا بودن، تداخل یا هم‌پوشانی مشاهده پراکنش طبقات در یک نمایش مکانی چند بعدی است. در این طرح از باند ۳ و ۴ برای نمایش مکانی نمونه‌های تعلیمی در طبقات مختلف استفاده گردید. بر اساس این نمودار هر طبقه طبق ارزش عددی پیکسل‌های متعلق به آن نمونه تعلیمی و در محدوده خاصی از فضای بین محورهای باند ۳ و ۴ قرار می‌گیرد. هرچه طبقات مختلف در فضای بین این دو محور هم‌پوشانی و تداخل کمتری داشته و یا از یکدیگر جدا و تفکیک شده باشند، نشان‌دهنده دقت خوب و صحیح بودن تعیین نمونه‌های تعلیمی می‌باشند (۴).

طبقه‌بندی داده‌های رقومی و استخراج نقشه کاربری اراضی:

در این طرح از ترکیب رنگی کاذب (RGB) باندهای ۲، ۳ و ۴ برای طبقه‌بندی نظارت شده با الگوریتم حداکثر احتمال که بسیار متداول می‌باشد و توسط سایر محققان نیز توصیه شده است، استفاده گردید. لازم به ذکر است که در مطالعات مختلف و مشابه، استفاده از ترکیب

مشخصه ضریب فرسایش حوزه آبخیز، ضریب استفاده از زمین، ضریب حساسیت سنگ و خاک به فرسایش و شیب متوسط حوزه مورد بررسی قرار می گیرد.

محاسبه میزان فرسایش بر اساس این روش به صورت رابطه ۱ ارائه گردیده است:

$$W_{sp} = T.H.Z^{\frac{3}{2}}.\pi \quad (1)$$

که در آن:

W_{sp} : فرسایش ویژه بر حسب متر مکعب در کیلومتر مربع در سال، H : متوسط بارندگی سالانه بر حسب میلی متر، Z : ضریب شدت فرسایش، T : ضریب درجه حرارت.

ضریب درجه حرارت از طریق رابطه ۲ به دست می آید:

$$T = \left(\frac{t}{10} + 0.1 \right)^{\frac{1}{2}} \quad (2)$$

که در آن:

t : میانگین دمای سالیانه بر حسب درجه سانتی گراد.

همچنین ضریب شدت فرسایش با استفاده از رابطه ۳ به دست می آید:

$$Z = YX_a (\psi + I^{0.5}) \quad (3)$$

که در آن:

Y : ضریب حساسیت سنگ و خاک به فرسایش، X_a : ضریب استفاده از زمین، ψ : ضریب فرسایش، I : شیب متوسط حوزه آبخیز بر حسب درصد.

در این مدل از ضرایبی برای تبدیل میزان فرسایش به رسوب استفاده می شود که ضریب رسوبدهی حوزه نامیده می شود و از رابطه ۴ محاسبه می گردد:

$$R_u = \frac{4(P \times D)^{\frac{1}{2}}}{L + 10} \quad (4)$$

که در آن:

باندی های مختلف برای طبقه بندی ذکر شده است اما بر اساس مطالعات *Arzani et al.*, (2007)، در حوزه آبخیز طالقان ترکیب باندی ۲، ۳ و ۴ را ترکیب باندی مناسبی برای طبقه بندی دانسته اند. لذا در این تحقیق نیز به آن استناد شده و از ترکیب باندی فوق الذکر جهت انجام طبقه بندی استفاده شده است. الگوریتم حداکثر احتمال نیز الگوریتمی است که پس از آزمون نرمال بودن داده ها در هر طبقه، میانگین داده ها را محاسبه می کند، سپس پیکسل های طبقه بندی نشده را در طبقه ای قرار می دهد که با حداکثر احتمال به آن طبقه تعلق دارد (۴).

ارزیابی صحت طبقه بندی: بعد از استخراج نقشه کاربری اراضی، اطمینان از صحت نقشه های به دست آمده، امری ضروری می باشد. روش های متفاوتی برای ارزیابی صحت طبقه بندی وجود دارد. در این طرح از روش Assessment Accuracy که بر مبنای مقایسه نقشه استخراج شده از داده های ماهواره ای با اطلاعات واقعیت زمینی نظیر برداشت ها و بازدیدهای صحرائی، عکس های هوایی، نقشه های موجود و دانش کارشناسی مفسر استوار است، استفاده شد (۴).

بررسی تغییرات میزان هدررفت خاک و تغییرات درآمد سالانه حوزه:

تشریح مدل EPM:

مدل EPM با استفاده از اطلاعات حاصل از قطعه زمین های فرسایشی و اندازه گیری رسوب پس از ۴۰ سال تحقیقات در کشور یوگسلاوی سابق به دست آمد و در سال ۱۹۹۸ در کنفرانس بین المللی رژیم رودخانه توسط گالوریلویچ ارائه شد (۳). در این روش چهار

تعیین ضریب فرسایش استفاده گردید. لذا با توجه به عوامل موجود در جدول مربوطه و اطلاعات موجود در گزارشات فوق و بعد از ترکیب با نقشه‌های زمین‌شناسی و خاک-شناسی، نقشه ضریب فرسایش محاسبه شد.

۳- شیب متوسط حوزه آبخیز (I)

برای تعیین این لایه از DEM یا مدل رقومی ارتفاع منطقه مورد مطالعه استفاده شد. سپس با استفاده از نرم‌افزار ArcGIS شیب منطقه تعیین و برای هر واحد هیدرولوژیک، شیب متوسط محاسبه و با به توان ۰/۵ رساندن، وارد مدل گردید.

قابل توضیح است که تعداد واحدهای هیدرولوژیک منطقه مورد مطالعه، ۵۷ عدد بوده که در محیط Arc Hydro تهیه شدند و سپس عملیات تعیین شیب متوسط، بر روی هر واحد هیدرولوژیک به صورت جداگانه انجام گرفت و در نهایت، برای کل حوزه مورد مطالعه، شیب متوسط محاسبه گردید.

۴- ضریب حساسیت سنگ و خاک به فرسایش (Y)

حساسیت ذاتی سازندهای زمین‌شناسی به هوازدهی و فرسایش که در مطالعات بسیاری نظیر Shariat Jafari et al., (2006) به خوبی به آن پرداخته شده است یکی دیگر از عوامل چهارگانه مورد نیاز در مدل EPM است که در این تحقیق نیز لایه ضرایب حساسیت سازندهای زمین‌شناسی موجود در منطقه مورد مطالعه، تهیه گردید و بر اساس جدول تعیین حساسیت سازندها به فرسایش در مطالعه مذکور، مقدار وزنی هر سازند تعیین و امتیاز بندی صورت پذیرفت.

R_U : ضریب رسوبدهی حوزه آبخیز، L : طول حوزه آبخیز بر حسب کیلومتر، D : اختلاف ارتفاع متوسط حوزه آبخیز با ارتفاع نقطه خروجی رودخانه بر حسب متر، P : محیط حوزه آبخیز بر حسب کیلومتر.

برای محاسبه رسوب سالانه حوزه از رابطه ۵ استفاده می‌شود:

$$V_p = F \times W_{SP} \quad (5)$$

که در آن:

V_p : رسوب حوزه بر حسب متر مکعب در سال،
 F : مساحت حوزه بر حسب کیلومتر مربع، W_{SP} : فرسایش ویژه بر حسب متر مکعب در کیلومتر مربع در سال.
 تشکیل لایه‌های ورودی برای تهیه نقشه حساسیت در روش EPM بر اساس تکنیک‌های RS و GIS:

۱- تعیین ضریب استفاده از زمین (X_a)

طی بررسی‌های انجام شده در کشور امریکا، در مورد چگونگی استفاده از زمین، مقادیر مختلفی برای مناطق کشاورزی و منابع طبیعی تدوین گردیده است (۳). برای تعیین ضریب استفاده از زمین در روش امریکایی، از نقشه کاربری اراضی استفاده شد. سپس با استفاده از داده‌های ماهواره‌ای لندست ETM^+ با قدرت تفکیک ۳۰ متر، صحت نقشه و بهبود آن مورد بررسی قرار گرفت.

۲- ضریب فرسایش حوزه آبخیز (Ψ)

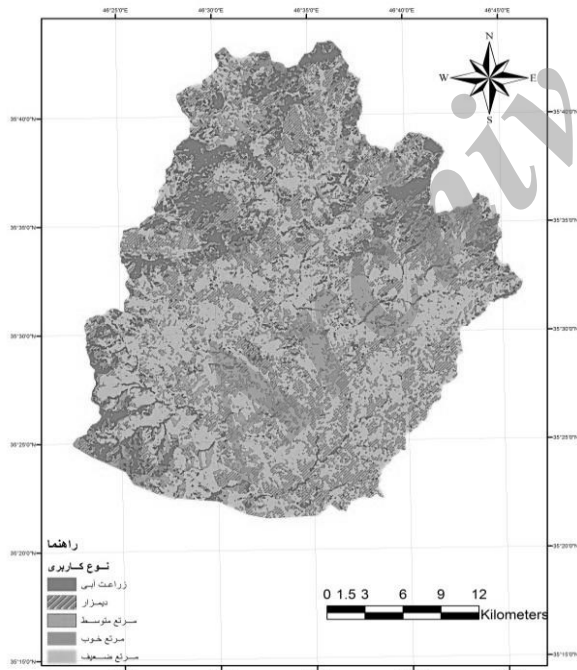
در این بخش مطالعه، از جدول استاندارد، تفسیر تصاویر ماهواره‌ای منطقه، اطلاعات موجود در گزارش‌های پوشش گیاهی، زمین‌شناسی، خاک‌شناسی و باز دیده‌های زمینی برای

بر اساس مساحی این نقشه‌ها که در جدول ۱ آورده شده است، مساحت کل حوزه برای سالهای ۱۹۸۷ و ۲۰۰۶ معادل ۹۷۰۳۷۹ کیلومتر مربع تعیین گردید. همچنین، بر اساس تفسیر تصاویر ماهواره‌ای سال‌های مذکور، درصد مساحت زراعت آبی، مراتع ضعیف، مراتع متوسط، مراتع خوب و دیم‌کاری در سال ۱۹۸۷ به ترتیب ۰/۰۰۲، ۱۶/۹۹، ۵۲/۵۷، ۲۹/۹۴ و ۰/۰۵ درصد بوده و برای سال ۲۰۰۶ این میزان به مقادیر ۱/۵، ۳۷/۶۸، ۴۰/۵۴، ۱۸/۳۱ و ۰/۱۱ درصد تغییر پیدا کرده است که نشان دهنده تغییرات و کاهش مراتع خوب و متوسط منطقه و افزایش زمین‌های دیم‌کاری و تخریب عرصه‌های طبیعی است (جدول ۱).

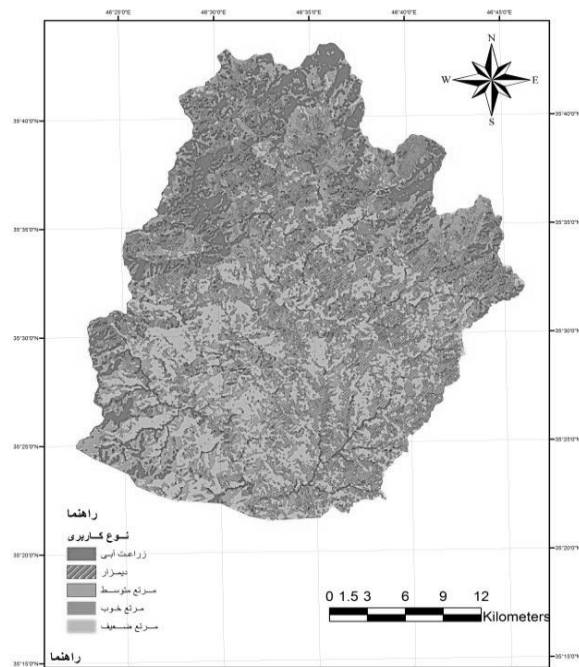
جهت تهیه این لایه، نقشه زمین‌شناسی حوزه به ده کلاس طبقه‌بندی شد که کلاس یک مربوط به سست‌ترین سنگ‌ها با امتیاز ۲ و کلاس ده مربوط به مقاوم‌ترین آنها با امتیاز ۰/۲۵ می‌باشد (۲).

نتایج

نقشه کاربری اراضی منطقه مورد مطالعه: نقشه کاربری اراضی منطقه مطالعاتی برای سالهای ۱۹۸۷ و ۲۰۰۶ که به روش طبقه‌بندی نظارت شده تهیه شده است در اشکال ۲ و ۳ نشان داده شده است. همچنین، بر اساس نقشه‌های به‌دست آمده، مساحت هر یک از کاربری‌های مختلف موجود در منطقه مورد مطالعه، محاسبه و در جداول ۱ و ۲ ارائه گردیده است.



شکل ۳- نقشه کاربری اراضی سال ۲۰۰۶



شکل ۲- نقشه کاربری اراضی سال ۱۹۸۷

همچنین درآمد حاصل شده قبل و بعد از تغییرات کاربری اراضی در جدول ۲ آورده شده

تحقیق حاضر، تفکیک کیفیت مراتع مختلف، با اطمینان و صحت بالا انجام پذیرفت. همچنین، جهت تعیین میزان درآمد سالانه در هر کاربری و در تمام حوزه آبخیز مورد مطالعه، به نتایج تحقیقات Pishdad Soleimanabad *et al.*, (2011) استناد گردید و مطابق با تحقیق مذکور، محاسبه میزان درآمد منطقه‌ای و بررسی‌های لازم صورت گرفته و تغییرات معقول اعمال شد.

است (۵). در این تحقیق، تفکیک مراتع مختلف بر اساس ضوابط و دستورالعمل پردازش رقومی تصاویر ماهواره‌ای ETM^+ در استخراج نقشه کاربری و پوشش اراضی در مطالعات ساماندهی دشت که توسط سازمان مدیریت و برنامه‌ریزی کشور انجام شده، صورت گرفته است. همچنین، از مطالعه Kazemi *et al.*, (2011)، جهت انجام این کار و تفکیک‌پذیری صحیح مراتع موجود در منطقه مورد مطالعه استفاده گردید. لذا در

جدول ۱- درصد مساحت محاسبه شده هر یک از کاربری‌های حوزه آبخیز مورد مطالعه (۱۲)

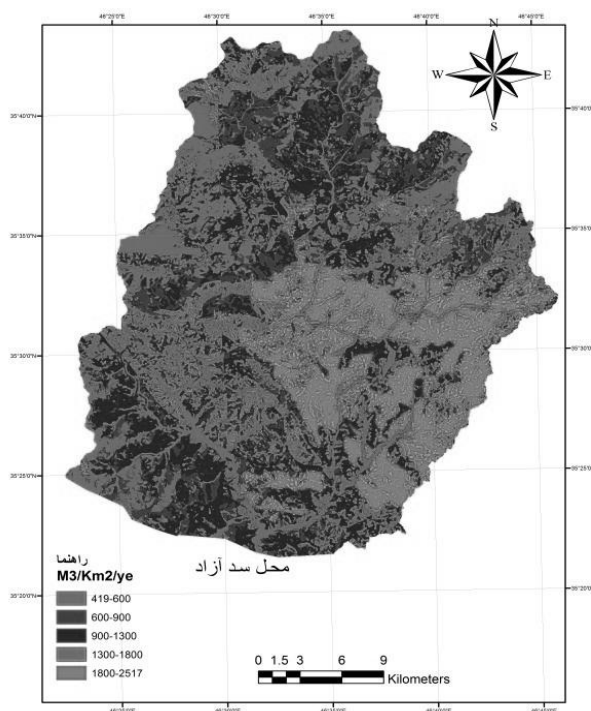
سنگینده	اراضی آبی	مراتع ضعیف	مراتع متوسط	مراتع خوب با پوشش درختچه‌ای	دیم‌کاری	جمع
TM (۱۹۸۷)	۱۴/۳۳	۲۴/۳۷	۲۸/۵۶۷	۱۷/۳۰	۱۵/۴۳۳	٪۱۰۰
ETM^+ (۲۰۰۶)	۱۳/۷۰	۴۲/۱۷	۱۴/۸۶	۲/۶۴	۲۶/۶۳	٪۱۰۰

جدول ۲- مساحت هر کاربری در دو سال مورد بررسی و میزان درآمد سالانه (۱۳)

نوع کاربری	مساحت در سال ۱۹۸۷	مساحت در سال ۲۰۰۶	درآمد سالانه در هر هکتار بر حسب هزار ریال	درآمد هر کاربری در سال ۱۹۸۷ (هزار ریال)	درآمد هر کاربری در سال ۲۰۰۶ (هزار ریال)
زراعت آبی	۱۵۱۶۱/۱۴	۱۴۴۹۶/۶	۵۰۰۰	۷۵۸۰۵۷۰۰	۷۲۴۸۳۰۰۰
مراتع ضعیف	۲۵۷۸۳/۴۶	۴۴۶۱۵/۸۶	۳۰۰	۷۷۳۵۰۳۸	۱۳۳۸۴۷۵۸
مراتع متوسط	۳۰۲۲۳/۸۸	۱۵۷۲۱/۸۸	۵۰۰	۱۵۱۱۱۹۴۰	۷۸۶۰۹۴۰
مراتع خوب با پوشش درختچه‌ای	۱۸۳۰۳/۴	۲۷۹۳/۱۲	۱۲۰۰	۲۱۹۶۳۶۰۰	۳۳۵۱۷۴۴
دیم‌کاری	۱۶۳۲۶/۱۱۴	۲۸۱۷۴/۵۴	۲۵۰۰	۴۰۸۱۵۲۸۵	۷۰۴۳۶۳۵۰
جمع	۱۰۵۷۹۷	۱۰۵۷۹۷	۹۵۰۰	۱۶۱۴۳۱۵۶۳	۱۶۷۵۱۶۷۹۲

خاک به فرسایش (Y) و شیب متوسط حوزه آبخیز (I) نقشه جداگانه‌ای تهیه شد و پس از روی هم‌گذاری این نقشه‌ها، نقشه شدت فرسایش تولید گردید. در این لایه‌ها هر پیکسل ارزش عددی خود را دارد و از مجموع ارزش

نقشه شدت فرسایش منطقه مورد مطالعه: برای تهیه نقشه شدت فرسایش ابتدا برای هر یک از عوامل تعیین کننده مقدار ضریب شدت فرسایش (Z) یعنی ضریب استفاده از زمین (X_a) ، ضریب فرسایش (ψ)، ضریب حساسیت



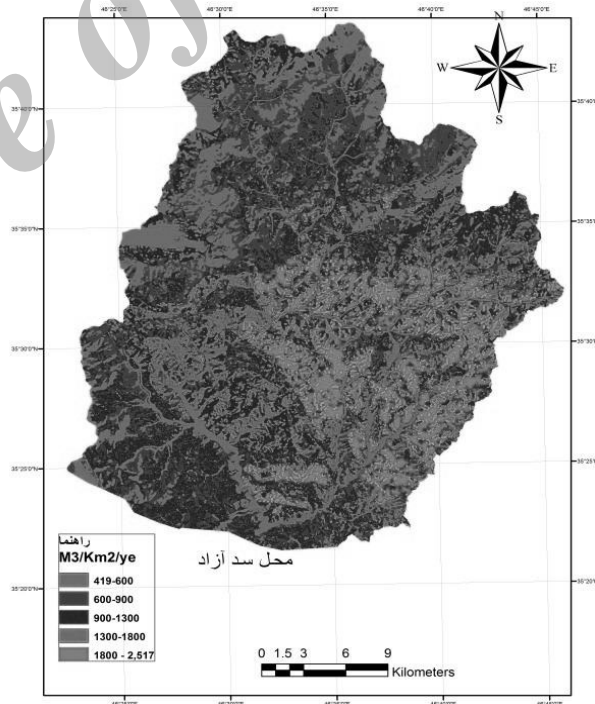
شکل ۵- نقشه شدت فرسایش حوزه در سال ۲۰۰۶

بحث و نتیجه گیری

بر اساس نقشه‌های فرسایشی تهیه شده برای حوزه و محاسبات میزان فرسایش کل حوزه، نقشه‌های کاربری اراضی و تفکیک اراضی از اطلاعات بسیار مهم برای اعمال مدیریت در حوزه آبخیز سدهای کشور می‌باشد. صحت و درستی مرز کاربری‌ها، مشخص شدن محدوده های اراضی و موقعیت مکانی آنها امکان اجرای بهتر و دقیق‌تر برنامه‌های مدیریتی و به خصوص بررسی وضعیت روند تغییرات دبی و رسوب را میسر می‌سازد. تهیه نقشه کاربری اراضی با استفاده از داده‌های ماهواره‌ای یکی از سریع ترین و کم هزینه‌ترین روش‌ها برای رسیدن به این هدف می‌باشد.

بر اساس تفسیر تصاویر ماهواره‌ای سال‌های ۱۹۸۷ و ۲۰۰۶ و مقایسه آنها (با استفاده از نرم‌افزار ENVI)، درصد مساحت زراعت آبی،

این پیکسل‌ها و میزان لایه‌های مختلف با توجه به رابطه ۳، نقشه شدت فرسایش تهیه گردید (اشکال ۴ و ۵). این نقشه نمایانگر نحوه اثر سیستم‌های فرسایشی در حوزه بوده و نقاط حساس و آسیب‌پذیر در معرض خطر فرسایش را نشان می‌دهد که می‌توان از آن برای الویت بندی مناطق جهت اجرای عملیات کنترل فرسایش و رسوب استفاده نمود. قابل توضیح می‌باشد که در اشکال ۴ و ۵ استفاده و تهیه نقشه‌های وکتوری و صورت پولیگونی به دلیل پایین بودن کیفیت و عدم نمایش صحیح (در صورت بالا بردن پیکسل سایز و اندازه پیکسل ها) میسر نبوده و به کار گرفته نشد.



شکل ۴- نقشه شدت فرسایش حوزه در سال ۱۹۸۷

۸ و ۱۱). همچنین، روش حداکثر احتمال، الگوریتم مناسبی جهت طبقه‌بندی رقومی تصاویر ماهواره‌ای می‌باشد که با نتایج تحقیقات Arzani (2002)، Hoseini (1996)، Alavi Panah *et al.* (2007) و Kazemi *et al.* (2011) مطابقت داشته و آنها نیز این الگوریتم را جهت انجام طبقه‌بندی مناسب دانسته و توصیه نموده‌اند (۲، ۴، ۸ و ۱۰). این الگوریتم در نرم‌افزار، پارامترهای آماری نظیر میانگین، واریانس و همبستگی بین داده‌ها را محاسبه می‌کند. در مرحله بعد با فرض اینکه توزیع داده‌ها در هر کلاس نرمال است، مرکز این توزیع که همان میانگین داده‌هاست محاسبه می‌شود. سپس در یک شعاع جستجوی معین، پیکسل طبقه‌بندی نشده را در آن کلاسی که با حداکثر احتمال به آن تعلق دارد طبقه‌بندی می‌کند (۴). برتری این الگوریتم در طبقه‌بندی داده‌های ماهواره‌ای بخصوص در تهیه نقشه کاربری توسط Hoseini (2002) و Alavi Panah (1996) تأیید شده که بر مزیت این الگوریتم نسبت به سایر الگوریتم‌ها تأکید نموده‌اند.

همان‌طور که در جدول ۲ آمده است، درآمد حاصل از تبدیل مراتع خوب و افزایش دیم‌کاری در حوزه در کوتاه مدت موجب بالا رفتن ظاهری درآمد آبخیزنشینان و استفاده دو منظوره کشاورزی و دامداری از اراضی و ایجاد انگیزه برای تخریب بیشتر در این بازه زمانی شده است که حدود ۶ میلیارد ریال افزایش درآمد را در پی داشته است، اما با محاسبه افزایش هدررفت ۱۵۸۶۹۳ متر مکعبی خاک حاصلخیز حوزه در اثر تغییرات غیرکارشناسی اراضی در این بازه زمانی و با در نظر گرفتن هر

مراتع ضعیف، مراتع متوسط، مراتع خوب و دیم‌کاری در سال ۱۹۸۷، نسبت به سال ۲۰۰۶ به ترتیب ۰/۶۶، ۱۷/۸، ۱۳/۷۳، ۱۴/۷۰- و ۱۱/۲+ تغییر را نشان می‌دهد که این امر نشان دهنده تغییرات و کاهش مراتع خوب و متوسط منطقه و افزایش زمین‌های دیم‌کاری و تخریب عرصه‌های طبیعی است. به‌طور کلی، بر اساس نتایج به‌دست آمده، افزایش سطح مراتع ضعیف و افزایش دیم‌کاری‌ها و تخریب پوشش در منطقه مشاهده می‌شود.

ضعیف بودن صحت طبقه‌بندی در طبقه زراعت (۶۶٪) و طبقه دیمزار (۷۴٪) در این تحقیق به این دلیل می‌باشد که ویژگی‌های رفتار طیفی در اراضی زراعت‌های سالانه و دیمزارهای رها شده در اواخر فروردین و اوایل اردیبهشت ماه، یعنی زمان اخذ داده‌ها توسط ماهواره، مشابه یا خیلی نزدیک به هم می‌باشد. بنابراین پیکسل‌هایی که در تصویر، اراضی مرتعی و زراعت‌های سالانه را پوشش می‌دهند دارای ارزش پیکسل یکسان یا نزدیک به هم هستند (۸ و ۱۱) که این موضوع در مطالعات Garrattand و Askew (1996) و Kazemi *et al.* (2011) نیز به آن اشاره شده و مورد بررسی قرار گرفته است. نتایج مطالعه حاضر و مطالعات انجام شده دیگری نظیر Arzani *et al.* (2007)، Kazemi *et al.* (2011) و Garrattand و Askew (1996) نشان می‌دهد که برای تفکیک مناسب زراعت از سایر کاربری‌ها به‌خصوص مرتع و دیمزارهای رها شده، استفاده از داده‌های زمانی مختلف در دوره رویش گیاهان زراعی به‌خصوص در اواسط و پایان دوره زراعی برای تفکیک بهتر طبقه زراعت و دیمزارهای رها شده مناسب است (۴)،

اطلاعات جغرافیایی بر صحت نقشه تهیه شده می‌افزاید که در تحقیقات سازمان مدیریت و برنامه‌ریزی کشور نیز در زمینه پردازش رقومی تصاویر ماهواره‌ای ETM⁺ در استخراج نقشه کاربری و پوشش اراضی، به این مهم اشاره شده است.

لازم به ذکر است که به دلیل نقص در اصلاح کننده خط پرواز در تصاویر ETM⁺ از سال ۲۰۰۳ به بعد گپ وجود دارد که باعث ایجاد خطا می‌شود. همچنین، تصاویر ماهواره‌ای ETM⁺ در سطوح پایین مورد تصیحات هندسی قرار گرفته‌اند، ولی دقت آن‌ها خیلی کم و در حدود ۵۰۰ متر نسبت به موقعیت واقعی می‌باشد. لذا به منظور مرتفع نمودن چنین مشکلاتی پیشنهاد می‌گردد با استفاده از نقشه های توپوگرافی رقومی ۱:۲۵۰۰۰ که هم دقت بالایی دارد و هم نسبتاً بهنگام می‌باشند، نقاط کنترل زمینی (تقاطع جاده‌ها، رودخانه‌ها در مناطق کوهستانی، تأسیسات موجود در هر منطقه و غیره) را انتخاب نموده و نسبت به زمین مرجع نمودن تصاویر با استفاده از نقاط کنترل زمینی اقدام گردد که در تحقیق حاضر نیز از این روش بهره جسته شد. علاوه بر این، در صورت امکان بهتر است از تصاویر تصحیح هندسی شده توسط سازمان نقشه‌برداری کشور که دارای دقت و پوشش یکنواختی است استفاده شود (۷).

متر مکعب خاک حاصلخیز برابر ارزش ۱۰۰۰۰۰ ریال، (این رقم به صورت منطقه‌ای و تقریبی با بررسی مناطقی که خاک اراضی کشاورزی در آنها از بین رفته و دوباره خاکریزی صورت گرفته است، تعیین گردید. به عبارتی دیگر، هزینه عملیات خاکریزی هر متر مکعب خاک حاصلخیز به طور تقریبی حدود ۱۰۰۰۰۰ ریال بوده که در این تحقیق نیز به این رقم اکتفا شده است) سالانه ۱۵۸۶۹۳۰۰۰۰ ریال هدررفت خاک حاصلخیز در حوزه آبخیز سد آزاد و متعاقب آن تله‌اندازی این مقدار رسوب در پشت سد و کاهش حجم مفید این سد مهم استان را در پی داشته و مشکلات کاهش کیفیت آب و سایر جوانب قضیه از جمله رهاسازی اراضی دیم بعد از چند سال استفاده که در حوزه مورد مطالعه روبه افزایش است را به دنبال خواهد داشت. آبخیزنشینان سالانه حداقل حدود ۱۰ میلیارد ریال (حاصل کسر ۶ میلیارد ریال افزایش درآمد از ۱۶ میلیارد ریال خسارات هدررفت خاک) به صورت مستقیم متضرر هدررفت خاک در اثر تغییر و تخریب اراضی حوزه می‌شوند.

به طور کلی، نتایج تحقیق حاضر، نشان‌دهنده کارایی مناسب داده‌های ماهواره‌ای لندست ۷ برای تهیه نقشه کاربری اراضی، جهت تسهیل در برنامه‌ریزی مدیریت اراضی از جمله طبقه‌بندی کاربری اراضی می‌باشد. در این خصوص کنترل دقیق زمینی و استفاده از سامانه

References

1-Ahmadi, R., 1995. Role of Land-use in the Development and Intensification of Mass Movements in Vaz Forest, M.Sc. Thesis, Humanities Faculty, Tarbiat Modares University, 127pp.

- 2-Alavi Panah, S.K., 1996. Land-use Mapping using TM Landsat Satellite Digital Data and Geographic Information System in Case Study of Mook Area in Fars Province. *Journal of Agriculture and Natural Resources Science* 7(1):65-76.
- 3- Ahmadi, H., 2007. *Applied Geomorphology, Vol 1 (Water Erosion)*, Tehran University Press, 688pp.
- 4- Arzani, H., Kh., Mirakhorlou, S.Z., Hoseini, 2007. Land-use mapping using ETM⁺ sensor data of Landsat7 satellite (Case Study: A Part of Rangelands in Taleghan Watershed). *Iranian Journal of Range and Desert Research* 16(2):150-160.
- 5- Arekhi, S., Y., Niazi, 2008. Evaluation of Different Methods of Remote Sensing for Land-use Changes Monitoring (Case study: Darreh Shahr Area, Ilam Province). *Iranian Journal of Range and Desert Research* 17(1):74-93.
- 6- Chapi, K., 1998. Investigation of the Erosion Type and Rate in relation to Management of the Land Utilization and Determination of Sediment Yield Portion in order to Land-use Optimization. M.Sc. Thesis, Natural Resources Faculty, Tarbiat Modares University, 185pp.
- 7- Farajzadeh, M., M., Falah, 2008. Assessment of Land-use and Land Cover Change Impacts on Tajan River Flood Regimes using Remote Sensing Techniques. *Journal of Geographical Research* 64:89-104.
- 8- Garrattand, A., D., Askew, 1996. Assessing Vegetation characteristics of enclosed grassland using satellite imagery. *Remote Sensing Science and Industry* (11-14 sep. 1996 University of Durham U.K).
- 9- Hashiba, H., K., Kameda, S., Uesugi & S., Tanaka, 2000. Land use change Analysis of Tama of river basin with different spatial resolution sensor data by land sat MSS and TM. *J. of Adv. Space. Res.* 26(7):1069-1073.
- 10- Hoseini, S.Z., 2002. Investigation of ETM⁺ Landsat satellite data capability for Land-use Mapping (Case Study: Chamestan Area of Mazandaran), M.Sc. Thesis, Natural Resources Faculty, Tehran University.
- 11- Halder, A., A., Ghosh, S., Ghosh, 2011. Supervised and unsupervised landuse map generation from remotely sensed images using ant based systems. *Applied Soft Computing* 11:5770-5781.
- 12- Kazemi, M., Y., Mahdavi, A., Nohegar, P., Rezaei, 2011. Estimation of Land Cover and land-use Changes using Remote Sensing and Geographic Information System Techniques (Case Study: Tang Bostanak of Shiraz Watershed), *Journal of Applied RS and GIS Techniques in Natural Resource Science* 2(1):103-116.
- 13- Pishdad Soleimanabad, L., A., Salman Mahini, A., Najafinezhad, 2011. Economic Assessment of Land Us Land-use Change using Geographic Information Systems (Case Study: Cheragh-Veis Watershed, Saghez). *Journal of Applied RS and GIS Techniques in Natural Resource Science* 2(1):15-29.
- 14- Rules and Instruction of ETM⁺ Satellite Images Digital Processing in Map Extracting of Land Use and Land Cover of Plains Organizing Studies, Publication Num. 356. Management and Planning Organization of Country, Ministry of Agriculture Jihad.
- 15- Rai, S.C., E., Sharma, 1998. Comparative Assessment of Runoff characteristic under different land use pattern within a Himalaya watershed. *Journal of Hydrological Processes* 13(12):2235-2248.
- 16- Shataei Joibari, Sh., 1996. Forest Mapping using Satellite Images and Digitizing Methods, M. Sc. Thesis, Natural Resources Faculty, Tehran University, 111pp.
- 17- Shariat Jafari, M., J., Ghayomian, H.R., Peyrovan, 2006. Intrinsic Susceptibility of Geological Formations to Weathering and Erosion in the located basins in Sedimentary-

Structural Zone of Central Iran Sub-Continent, Tarbait Moalem University Sciences Journal 6(2):709-722.

18- Zobeiri, M., A., Majd, 1996. Introduction to Remote Sensing Technology and Its Application in Natural Resources, Tehran University Press, 317pp.

19- Zebardast Rostami, H., 2008. Study of Groundwater Resources Condition using GIS and RS Techniques and Investigation of Land-use Change, M. Sc. Thesis, Sari Natural Resources Faculty, Mazandaran University, 54pp.

20- Zhang, X., T., Kang, H., wang, Y., Sun, 2010. Analysis on spatial structure of landuse change based on remote sensing and geographical information system. International Journal of Applied Earth Observation and Geo information 12:145–150.

Archive of SID