فصلنامه علوم محیطی، دوره شانزدهم، شماره ۱، بهار ۱۳۹۷

۲۰۷-۲۲۴

تغییرات در کاربری اراضی و خدمات اکولوژیک محدوده سد سهند با استفاده از تکنیک سنجش‌ازدور

فرهاد نوری، هادی ویسی*و رضا میرزایی

گروه کشاورزی اکولوژیک، پژوهشکده علوم محیطی، دانشگاه شهید بهشتی

تاریخ دریافت: ۹۶/۱۰/۲۶ تاریخ پذیرش: ۹۷/۱/۲۰

نوری، م.، ه. ویسی و ر. میرزایی. ۱۳۹۷. تغییرات در کاربری اراضی و خدمات اکولوژیک محدوده سد سهند با استفاده از تکنیک سنجش از دور. فصلنامه علوم محیطی. ۱۶ (۱): ۲۰۷- ۲۲۴.

سابقه و هدف: تغییر کاربری یکی از عوامل مهم در تغییر تنوع زیستی و خدمات اکوسیستمی در یک منطقه می‌باشد. سدها به‌عنوان یکی از سازه‌های ذخیره آب نقش بسزایی در این تغییرات دارند. به دلیل گسترش سدسازی در ۴۰ سال گذشته در ایران تناقض بین بهره‌برداری از سد و کاهش خدمات اکوسیستمی بسیار نگران‌کننده می‌باشد. این مطالعه باهدف بررسی تأثیر احداث سد سهند بر تغییر کاربری و پوشش اراضی و محاسبه ارزش خدمات اکوسیستمی با استفاده از تصاویر ماهواره لند ست انجام شد.

مواد و روش‌ها: سه تصویر ماهواره‌ای لند ست در یک دوره ۲۸ساله (۱۹۸۹، ۲۰۰۶ و ۲۰۱۷) با اعمال تصحیحات هندسی، اتمسفری و توپوگرافی مورداستفاده قرار گرفت. پس از شناسایی مناطق تحت تأثیر سد به‌عنوان محدوده مطالعه، با استفاده از روش طبقه‌بندی نظارت‌شده، حداکثر احتمال، کاربری و پوشش اراضی تعیین و صحت آن‌ها در بازدیدهای میدانی ارزیابی شد. صحت کاربری و ضریب کاپا برای تمامی نقشه‌ها به ترتیب بالاتر از ٪ ۷۹ و ٪ ۶۳ به دست آمد. ارزش خدمات اکوسیستمی و تغییرات اراضی مرتعی و کشاورزی در بین سال‌های ۱۳۶۸ و ۱۳۹۶ با استفاده از تفسیر عکس‌های هوایی و تصاویر ماهواره‌ای در ۴۹۴۰۰ هکتار از اراضی اطراف سد سهند واقع در استان آذربایجان شرقی در شمال غرب ایران انجام گرفت.

نتایج و بحث: نتایج نشان داد که در طی دوره ۲۸ ساله مساحت اراضی مرتعی بشدت کاهش یافت و در مقابل افزایش قابل‌ملاحظه‌ای در وسعت اراضی کشاورزی مشاهده شد. درمجموع کاهش ۵۶ درصدی سهم اراضی مرتعی و افزایش ۳۸ و ۳۲ درصدی سهم اراضی کشاورزی آبی و دیم تغییرات شدیدی را در کاربری زمین نشان می‌دهد. تغییر کاربری از مرتع به اراضی کشاورزی منجر به کاهش بیش از سی‌وپنج میلیون و نه‌صد هزار دلار به‌صورت سالانه در ارزش خدمات اکوسیستمی شده است (۱۰/۶ دلار در هکتار در سال).

نتیجه‌گیری: اگرچه، احداث سد و تغییر کاربری به سمت کشاورزی ممکن است به لحاظ اقتصادی سودمند باشد ولی به دلیل کاهش توانایی اکوسیستم‌ها در ارائه خدمات اکوسیستمی، خسارت درازمدت بر منافع کوتاه‌مدت فائق می‌آید. از اینرو تصمیم سازان ذی‌ربط می‌بایست ضمن حفظ تعادل بین نیازهای جامعه و ارجحیت‌ها، اثرات مخرب درازمدت سدها نیز مدنظر قرار دهند. درنتیجه تدوین و ترسیم

*Corresponding Author. *E-mail Address*: h_veisi@sbu.ac.ir

نقشه راه و راهبردهای مناسب مدیریت زمین در برنامه‌هایی توسعه اقتصادی آینده بسیار ضروری به نظر می‌رسد. سودمندی زمانی به دست خواهد آمد اگر اکوسیستم‌های طبیعی حفظ‌شده و به‌اندازه ظرفیت آن‌ها مورداستفاده قرار گیرند.

واژه‌های کلیدی: تنوع زیستی، سد سهند، خدمات اکوسیستمی، کار بری اراضی، کشاورزی.

مقدمه

سدسازی به‌عنوان یکی از روش‌های راهبردی در مهار و جلوگیری از هدر رفت آب، تولید برق، جلوگیری از سیل، ازدیاد سطح کشت و تأمین آب شرب در اکثر کشورها موردتوجه است. پس‌ازاین که آثار زیان‌بار این سازه‌ها در بین جوامع علمی، طرفداران محیط‌زیست، کشاورزان و مردم روستاهایی که به سبب قرار گرفتن در مخازن سدهای بزرگ مجبور به مهاجرت می‌شدند به‌تدریج آشکار شد، نهضت‌هایی علیه سدسازی شکل گرفت (Basiri esfahani,1390; Billinton *et al*., 2005). پروژه‌های سدسازی از همان مراحل آغازین خود، منابع محیط زیستی را تحت تأثیر قرار می‌دهند. به‌طوری‌که ایجاد دریاچه‌های بزرگ در پشت سد می‌تواند موجب از بین رفتن منابع زیستی باارزش در منطقه، تخریب زیستگاه جانوران و گیاهان بومی، از بین رفتن ارزش‌های طبیعی و آلودگی آب‌وخاک شود (Abedi *et al*., 1390). از طرفی احداث سد خود موجب تغییر در الگوی کاربری سرزمین در زمین‌های اطراف سد می‌شود (Hu *et al*., 2012). این تغییرات کاربری در کنار استفاده بی‌رویه از منابع طبیعی و تخریب آن افزون بر اقلیم خشک و نیمه‌خشک حاکم بر کشور موجب شده تا سیلاب‌ها سال‌به‌سال چه ازنظر تعداد دفعات و چه ازنظر شدت خسارات افزایش چشمگیری داشته باشد. همچنین، به علت دخالت انسان در چرخه طبیعی آب از طریق تخریب پوشش گیاهی در عرصه‌های آبخیز، احتمال سیل‌خیزی در مناطق گوناگون افزایش‌یافته است (Soleymani Sardo *et al*., 2014). در مقیاس جهانی، استفاده از سرزمین و تغییر پوشش، منجر به کاهش یا تغییر تنوع زیستی و همچنین، کاهش خدمات اکوسیستم و منافع آن‌ها برای جامعه می‌شود (Nahuelhual *et al*., 2013). درزمینه بررسی تغییرات کاربری سرزمین مطالعاتی در ایران و جهان صورت گرفته که در اکثر آن‌ها تأثیر توسعه انسانی در تخریب محیط‌زیست تأییدشده است (Talebi Amiri *et al*., 1388). تغییرات کاربری سرزمین نه‌تنها آثار مهمی بر تنوع زیستی منطقه، تولید، کیفیت خاک، حجم آب رودخانه‌ها و میزان رسوب دارد، بلکه یکی از عوامل اصلی تغییر جهانی اقلیم نیز محسوب می‌شود (Hu *et al*., 2012). تغییرات در کاربری سرزمین یک حوزه آبخیز می‌تواند بر کیفیت آب و ذخایر آب تأثیر بگذارد. برای مثال، تغییرات الگوی کاربری سرزمین به دلیل توسعه آبخیز، باعث افزایش سطح رواناب، کاهش سطح تغذیه آب‌های زیرزمینی و انتقال آلاینده‌ها می‌شود (Butt *et al*., 2015). با توجه به اینکه هدف نهایی در حوزه آبخیز اعمال مدیریت جامع، هماهنگ و یکپارچه بر کلیه منابع آبخیز است، به‌نحوی‌که ضمن بهره‌برداری مناسب و منطقی و بهینه از منابع طبیعی، کشاورزی و انسانی، میزان فرسایش و هدر رفت خاک به حداقل ممکن تقلیل یابد. لازم است با تعیین انواع کاربری اراضی، روند تغییرات کاربری اراضی در حوزه به‌درستی تعیین شود (Barati ghahfarokhi *et al*., 1388). از این‌رو، هرچند شناسایی، نظارت و پایش تغییرات پوشش سطح زمین یک فرایند پیچیده است (Sun and Zhou, 2016). اما آشنایی با میزان تغییرات کاربری اراضی طی گذشت زمان می‌تواند زمینه مدیریت و برنامه‌ریزی دقیق برای آینده را فراهم آورد (Mohamad Pour *et al*., 1393). زیرا، تنها با اعمال مدیریت صحیح کاربری زمین می‌توان از تخریب بیشتر

منطقه براثر دخالت‌های انسانی، چرای بی‌رویه دام و توسعه کشاورزی جلوگیری کرده و به حفظ تنوع زیستی آن در آینده امیدوار بود (Eskandari *et al*., 1390). در این راستا، در این تحقیق با استفاده از فناوری سنجش از دور و فناوری سیستم اطلاعات جغرافیایی (GIS) که یک فناوری برتر و کارآمد در بررسی تغییرات محیطی و مدیریت منابع است و اطلاعات به‌روز را برای اهداف مدیریتی فراهم می‌کند (Mohamad Pour *et al*., 1393) تأثیر احداث سد سهند بر تغییر کاربری و پوشش اراضی از طریق محاسبه ارزش خدمات اکوسیستمی بررسی شد. شایان‌ذکر است که استفاده از داده‌های ماهواره‌ای با توجه به ویژگی‌هایی مانند دید وسیع و یکپارچه، استفاده از قسمت‌های مختلف طیف گسترده انرژی الکترومغناطیسی جهت ثبت ویژگی‌های پدیده‌ها، پوشش تکراری و امکان به‌کارگیری سخت‌افزارها و نرم‌افزارها، در دنیا با استقبال زیادی روبه‌رو بوده است و می‌توان با کاربرد تصاویر و داده‌های ماهواره‌ای به تهیه نقشه کاربری اراضی و بررسی تغییرات کاربری اراضی طی دوره‌های مختلف پرداخت (Barati ghahfarokhi *et al*., 1388). در این راستا، در این تحقیق سه تصویر ماهواره‌ای لند ست در دوره ۲۸ساله متعلق به سال‌های ۱۹۸۹، ۲۰۰۶و ۲۰۱۷ بـا اعمال تصحیحات هندسی، اتمسفری و توپوگرافی برای بررسی اثرات سد سهند بر تغییر کاربری و پوشش اراضی و محاسبه ارزش خدمات اکوسیستمی استفاده شد.

تاکنون مطالعات بسیاری در دنیا به بررسی و تحلیل تغییرات در حوزه آبخیز با روش‌های مختلف پرداخته‌اند تا استراتژی‌های مؤثر و مناسبی جهت مدیریت حوزه‌های آبخیز سراسر دنیا ارائه کنند (Butt *et al*., 2015; Bazgeera *et al*., 2008; Caruso *et al*., 2005; Dietzel *et al*., 2005; Gajbhiye and Sharma., 2012; Stewart *et al*., 2004; Wang *et al*., 2004; Hu *et al*., 2012; Parker and Meretsky, 2004). Butt *et al*. (2015) در مطالعه خود از روش طبقه‌بندی حداکثر احتمال به‌منظور تعیین تغییرات پوشش و کاربری اراضی در حوزه آبریز سد Simly در پاکستان استفاده نموده و پنج طبقه کاربری عمده با استفاده از تصاویر ماهواره‌های اسپات و لند ست مربوط به سال‌های ۱۹۹۲ و ۲۰۱۲ را تهیه کردند. بررسی تغییرات پوشش و کاربری تبدیل عمده پوشش‌های گیاهی و آبی را به کشاورزی و اراضی بایر و بدون پوشش نشان می‌دهد که این تبدیل کاربری‌ها تهدیدی جدی برای منابع حوزه آبخیز به‌حساب می‌آید Rautela *et al*. (2002) با کمک روش‌های GIS پایه و استفاده از نقشه‌های پوشش کاربری اراضی تهیه‌شده توسط ابزارهای سنجش‌ازدور تصاویر ماهواره‌ای، به بررسی آثار احداث سد بر کاربری‌های اراضی حوزه آبخیز Tehri در هند پرداختند. نتایج این مطالعه نشان داد سد مخزنی Tehri که بر حوزه بالادست رودخانه گا نگا احداث‌شده به‌طور مستقیم بر ۲۸۸۹ هکتار از زمین‌های کشاورزی تأثیر گذاشته و منجر به تغییر ۳۳۴۷ هکتار از سایر اراضی اطراف مخزن شده است. در ایران هم مطالعاتی درزمینه بررسی تغییرات کاربری اراضی با روش‌های مختلف در حوزه‌های آبخیز باهدف نشان دادن آثار سد بر این تغییرات صورت گرفته که می‌توان به مطالعه‌ای که توسط Motakian *et al*. (2011) باهدف بررسی رابطه میان تغییرات پوشش اراضی با احداث و آبگیری سد مخزنی طالقان انجام دادند، اشاره کرد. آن‌ها در مطالعه خود از روش‌های سنجش‌ازدور جهت تهیه نقشه کاربری اراضی در یک دوره زمانی ۲۰ ساله استفاده کردند. در این مطالعه، از شاخص آماری LQ به‌منظور بررسی تغییرات مکانی انواع کلاس‌های موردنظر کمک گرفته شد. نتایج بررسی‌ها نشان داد ویلا سازی و ساخت تفرجگاه توسط افراد بومی و غیربومی در حوالی دریاچه سد نقش قابل‌توجهی در کاهش سطح اراضی کشاورزی آبی و دیم و تغییرات در زیر حوضه‌های اطراف دریاچه سد و حواشی رودخانه اصلی داشته است. در مطالعه‌ای دیگر Hadian *et al*. (2013) از قابلیت تصاویر ماهواره لند ست در طبقه‌بندی کاربری‌ها و پوشش

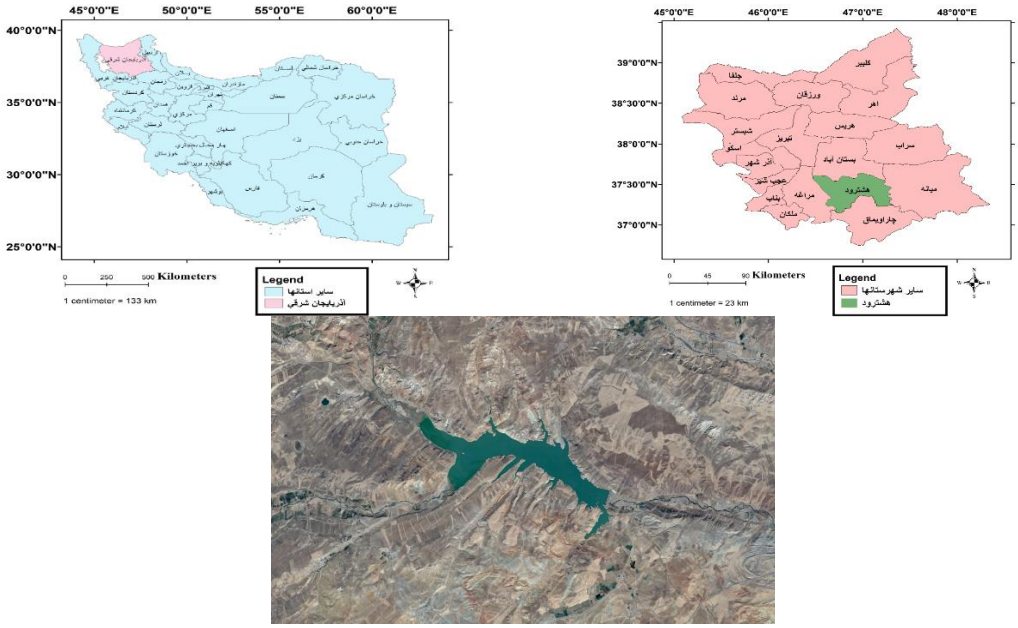
سرزمین به‌منظور بررسی تأثیر احداث سد حنا در اصفهان بر تغییرات کاربری و پوشش اراضی استفاده نمودند. به دلیل احداث سد در سال ۱۹۹۸و در سالهای شروع آبگیری سد زمین‌های کشت آبی در اطراف سد افزایش یافت ولی پس از ۱۵ سال کاهشی شدید در سطح این اراضی مشاهده شد. در ارتباط با بررسی تغییرات کاربری اراضی در حوزه آبخیز نیز مطالعات بسیاری در داخل و خارج از کشور صورت گرفته است که از آن میان می‌توان به مطالعه‌ای که Barati ghahfarokhi *et al*. (2009) اشاره کرد. در این مطالعه تغییرات کاربری اراضی در زیر حوزه قلعه شاهرخ با استفاده از تصاویر ماهواره لند ست مربوط به سال‌های ۱۳۸۹ ،۱۳۵۴و ۱۳۸۱ بررسی‌شده است. آن‌ها نقشه‌های کاربری اراضی به روش هیبرید (طبقه‌بندی نظارت‌شده و نظارت‌نشده) را تهیه کردند. نتایج این تحقیق نشان داد در دوره زمانی اول (سال ۱۳۵۴) مراتع تنک و اراضی با پوشش پراکنده بیشترین وسعت کاربری اراضی را به خود اختصاص دادند، درحالی‌که کمترین وسعت مربوط به کشاورزی آبی بود. این در حالی است که دوره سوم مطالعه نتایجی متفاوت داشت به این صورت که بیشترین وسعت کاربری مربوط به کشاورزی دیم و کمترین وسعت مربوط به کشاورزی آبی بود. نتایج حاصل از بررسی پیشینه تحقیق در داخل و خارج کشور نشان می‌دهد تصاویر ماهواره‌ای و تکنیک‌های سنجش‌ازدور با نمایش و ارائه طبقات پوشش زمین طی فرایند طبقه‌بندی، امکان تحلیل تغییرات پوشش و کاربری اراضی را به‌درستی فراهم می‌آورند. از طرفی، بررسی تغییراتی که در اثر احداث سد در اراضی بالادست آن پدید آمده نشانگر آن است که باوجود افزایش زمین‌های کشاورزی در سال‌های اولیه احداث سد، کاهش مراتع و پوشش گیاهی در سال‌های پس از احداث وجود دارد، به‌طوری‌که زمین‌های بدون پوشش و رهاشده بسیاری در سطح حوزه‌های موردمطالعه مشاهده‌شده است. هرچند تغییرات صورت گرفته در پوشش گیاهی مرتعی در زمین‌های کشاورزی و تأثیر این تغییرات بر ارزش خدمات اکوسیستمی در ایران به‌صورت جامع تاکنون بررسی نشده است. غیر تجارتی و رایگان بودن تولیدات و خدمات اکوسیستم‌ها نیمه‌طبیعی، درک ارزش تجاری این اکوسیستم‌ها را مشکل می‌کند (Costanza *et al*., 2014; McDonald *et al*., 2014). به همین دلیل است که ارزش‌گذاری اقتصادی خدمات اکوسیستم به استفاده پایدار و کارآمد از این اکوسیستم‌ها کمک خواهد کرد (Yi *et al*., 2017). در این رابطه Kreuter *et al*. (2001) در مطالعه خود در بکسر ایالت تگزاس ۶/۲۴ میلیون دلار کاهش خدمات اکوسیستم را در اثر کاهش ۶۵ درصدی سطح مراتع و افزایش ۲۹ درصدی سطح شهرها گزارش نمودند. همچنین Rezaei *et al*. (2017) از ۹ مورد از خدمات ارزش‌گذاری شده اکوسیستم در منطقه موردمطالعه خود فقط افزایش ارزش خدمات دریافتی از اکوسیستم در تولید غذا را گزارش نمودند و در ۸ مورد دیگر (کنترل گازهای گلخانه‌ای، تأثیر بر اقلیم، تنظیم آب، کنترل فرسایش، خنثی‌سازی ضایعات، تنوع زیستی، مواد خام، تفریح) روند در اثر تغییر کاربری اراضی منفی بوده است. البته باید توجه داشت که تغییر کاربری اراضی از سطوح طبیعی و نیمه‌طبیعی به سایر کاربری‌ها پدیده‌ای پیچیده است (Gibbs *et al*., 2010). لذا هماهنگ کردن سیاست‌ها و تصمیم‌گیری‌ها برای حفظ این مناطق ضروری است (Boron *et al*., 2016). بر همین اساس، این تحقیق باهدف بررسی تعیین وسعت و روند تغییرات پوشش و کاربری اراضی به‌عنوان دو شاخص مؤثر به‌طور عام و کاربری کشاورزی و خدمات اکوسیستمی به‌طور خاص به دلیل احداث سد سهند در یک بازه زمانی ۲۸ ساله (۱۹۸۹ -۲۰۱۷) در محدوده تحت تأثیر سد سهند با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای لندست انجام گرفت. هر اکوسیستم دارای ساختار و عملکرد مربوط به خود است. ساختار اکوسیستم مربوط به مجموع گونه‌ها، ترکیب، جمعیت، ساختار جامعه و روابط درونی آنها و شکل آب،

هوا و خاک و زیستگاه گیاهان و جانوران است، اما عملکرد اکوسیستم مربوط به خصوصیات سیستم، یا فرایندهایی است که بین یک، یا چند اکوسیستم روی می‌دهد (ostanza *et al*., 1997). به‌بیان‌دیگر عملکرد اکوسیستم به‌روشنی ظرفیت فرایندهای طبیعی و اجزای آن در تهیه سرویس‌ها و خدماتی است که احتیاجات انسانی را به‌صورت مستقیم، یا غیرمستقیم مرتفع می‌سازد Groot (De *et al*., 2002).

مواد و روش‌ها

موقعیت جغرافیایی منطقه

سد سهند بر روی رودخانه قرانقو چای از سرشاخه‌های قزل‌اوزن در شهرستان هشترود استان آذربایجان شرقی احداث و در سال ۱۳۸۵ افتتاح شد. سد سهند از نوع خاکی با ارتفاع ۴۷ متر از بستر رودخانه و ۵۹ متر از پی می‌باشد. حجم کل سد ۱۶۵ میلیون مترمکعب و طول مخزن ۱۰ کیلومتر می‌باشد این سد محدوده‌ای شامل روستاهای مختلف را بین ۲۰ دقیقه و ۳۷درجه تا ۲۹ دقیقه و ۳۷درجه عرض شمالی و ۴۰ دقیقه و ۴۷درجه تا ۴۶ دقیقه و ۴۷درجه طول شرقی تحت تأثیر قرار داده است. منطقه موردمطالعه طرح در استان آذربایجان شرقی و در فاصله ۲۵ کیلومتری شهرستان هشترود واقع‌شده است. اراضی محدوده طرح در طرفین رودخانه قرانقو و همچنین دو طرف جاده هشترود به مراغه قرار دارند. به‌منظور بررسی تغییرات ایجادشده ازنظر کاربری اراضی در منطقه موردمطالعه از محل احداث سد به شعاع ۱۰ کیلومتر تغییرات ایجادشده موردبررسی قرار گرفت. به‌منظور تعیین وضعیت کلی اقلیم در حوزه مطالعاتی، شاخص‌های آب و هوائی تعدادی از ایستگاه‌های موجود در حوزه و اطراف آن با روش‌های طبقه‌بندی اقلیمی آمبرژه، دومارتن، دومارتن اصلاح‌شده و سیلیانینوف بررسی گردیده و با در نظر گرفتن شرایط اقلیمی که هر یک از سیستم‌های طبقه‌بندی مذکور در آن تجربه‌شده است. نتایج حاصله نشان می‌دهند که به‌طورکلی مناطق شمالی و حوزه آبریز سد کلقان دارای اقلیم مرطوب و نواحی مرکزی منطقه و امتداد شمالی – جنوبی آن شامل حوزه آبریز گورچینلو و دشت‌های زراعی که در مجاورت هشترود قرار دارند دارای اقلیم نیمه مرطوب و بخش‌های جنوبی منطقه و دشت‌های زراعی که در آن ناحیه قرار دارند دارای اقلیم نیمه‌خشک می‌باشند.



شکل ۱-موقعیت مکانی منطقه موردمطالعه،(سد سهند در مرکز تصویر مشخص می‌باشد)

Fig. 1- Location of the study area (Sahand dam is visible in the center of the image)

خصوصیات تصاویر مورداستفاده

برای مطالعه تغییرات کاربری اراضی منطقه سهند از تصاویر ماهواره لند ست ۴و ۷و ۸ استفاده گردید (جدول ۱). به‌منظور کاهش تغییرات بازتابی گیاهان که از شرایط فنولوژیکی گیاهان منطقه ناشی می‌گردد، سعی شد که تصاویر مورداستفاده ازنظر فصلی تقریباً در وضعیت یکسانی باشند و به دلیل مشخص شدن کاربری اراضی منطقه در تصاویر ماهواره ای و نبود لکه های ابر در عکس های برداشت شده تصاویر مورد بررسی را برای اوایل تابستان سالهای مورد مطالعه انتخاب نمودیم.

پیش‌پردازش تصاویر ماهواره‌ای

برای پیش‌پردازش تصاویر جدول ۱. از نرم-افزارهای ArcGIS V13، Global Mapper V16، MicroStation V8i، ENVI V5.3 استفاده شد. تصحیح‌های هندسی، اتمسفری و همچنین تصحیح توپوگرافی به علت کوهستانی بودن منطقه، روی کلیه تصاویر اعمال شد. در تصحیح هندسی ابتدا باندهای ۳۰متری سنجنده TM با خطای ۳۸/۰پیکسل به نقشه توپوگرافی با مقیاس ۱:۲۵۰۰۰ ثبت داده شد و از آن برای زمین مرجع نمودن تصاویر لندست با روش ثبت تصویر به تصویر استفاده شد (Jafari *et al.*, 2007). جهت آشکارسازی تغییرات از برنامه Change Detection در نرم‌افزار ENVI به دلیل اطلاعات کاملی که از تغییرات انواع کاربری اراضی به یکدیگر ارائه می‌کند، استفاده شد. تغییرات کاربری اراضی در سه زمان مشخص‌شده (۱۹۸۹، ۲۰۰۶ و ۲۰۱۷) مشخص شد و بررسی۲۸ساله (۲۰۱۷-۱۹۸۹) و۱۱ساله(۲۰۱۷-۲۰۰۶) به روش مقایسه بعد از طبقه‌بندی برای بررسی تغییرات کاربری اراضی مورداستفاده قرار گرفت (Ramezani *et al.*, 1390; Torahi and Chndrai, 2011).

جدول۱- ماهواره‌های استفاده شده

Table 1. Different Satellite used

ماهواره Satellite	سنجنده Sensor	سال تصویربرداری Year of imaging	تعداد باند Band number	قدرت تفکیک زمینی (متر) Power dissipation	منبع اطلاعات Data source
لندست ۸ Landset8	OLI	2017/1396	11	30	USGSLOVIS
لندست ۷ Landset7	TM	2006/1385	8	30	USGSLOVIS
لندست Landset4۴	MSS	1989/1368	4	60	USGSLOVIS

جدول ۲- طبقات کاربری اراضی موجود در منطقه موردمطالعه

Table 2. Land use categories in the study area

نوع پوشش و کاربری اراضی Land cover and use	کد کاربری User code	توضیحات Descriptions
مرتع Rangeland	1	انواع گونه‌های گون (*Astragalus* spp) و گونه‌های علفی چندساله نظیر (*Bromus tomentellus*) و (*Stipa barbata*) و یک‌ساله در این مراتع غالب می‌باشند. Various *Astragalus* species (spp.), perennial grasses such as (*Bromus tomentellus*) and (*Stipa barbata*), and annual grasses are dominant in these rangelands.
کشت آبی و باغات Irrigated cropping and orchards	2	شامل اراضی زیر کشت محصولات آبی (گندم) و باغات (سیب) Including irrigated crops (wheat) and orchards (apple)
کشت دیم Dryland cropping	3	شامل اراضی زیر کشت محصولات دیم مانند گندم و جو Including dryland wheat and barley
آب عمیق Deep water	4	مخزن سد سهند با عمق زیاد آب Sahand Dam reservoir with great water depth

ارزیابی صحت طبقه‌بندی

ارزیابی صحت نقشه کاربری اراضی با استفاده از ۳۰ نقطه کنترل زمینی در هر یک از طبقات انجام شد. به‌منظور ارزیابی صحت نقشه۲۰۱۷از بازدید زمینی و نقاط برداشت‌شده به کمک GPS استفاده گردید و در نقاط کوهستانی به دلیل صعب‌العبور بودن از نرم‌افزار Google Earth کمك گرفته شد. ارزیابی صحت تصاویر۲۰۰۶و ۱۹۸۹به ترتیب با کمک نقشه‌های توپوگرافی ۲۵۰۰۰ و ۲۵۰۰۰۰ منطقه در سال‌های ۲۰۰۶(۱۳۸۵) و ۱۹۸۹(۱۳۶۸) انجام گرفت. برای ارزیابی تصاویر به استناد Estehman (2004) که ضرایب صحت کلی و کاپای بزرگ‌تر از ۰/۷ را خیلی خوب و کمتر از ۰/۴ را ضعیف عنوان کرده نتایج به‌دست‌آمده قابل‌قبول می‌باشد.

جدول ۳- نتایج ماتریس خطای نقشه طبقه‌بندی‌شده مطالعاتی
Table 3. The results of the classification error map matrix study

ماهواره Satellite	ضریب کاپا Kappa coefficient	صحت کاربر User authenticity
لندست ۸ Landset8	0.5984	0.762
لندست ۷ Landset7	0.6092	0.8
لندست ۴ Landset4	0.683	0.819
صحت کلی General accuracy	0.6302	0.793667

معرفی کالاها و خدمات اکوسیستمی

بر اساس چارچوب ارزیابی اکوسیستم هزاره، خدمات اکوسیستم شامل موارد ذیل است:

۱. خدمات پشتیبانی (به‌عنوان نمونه، تشکیل خاک، چرخه مواد مغذی، تولید اولیه)،

۲. خدمات تأمینی (مثلاً مواد غذایی، آب شیرین، هیزم، فیبر، مواد بیوشیمیایی، منابع ژنتیکی)،

۳. خدمات تنظیمی (به‌عنوان نمونه تنظیم آب‌وهوا، تنظیم بیماری‌ها، تنظیم آب، تصفیه آب، گرده‌افشانی)،

۴. خدمات فرهنگی (مثلاً موارد معنوی و مذهبی، تفریحی و گردشگری طبیعی، موارد مربوط به زیبایی‌شناختی و الهام‌بخش، امور آموزشی، ایجاد حالات خاص و محل جهت برانگیختن احساسات و میراث فرهنگی).

جهت محاسبه ارزش اقتصادی خدمات اکوسیستم ابتدا مطالعات صورت گرفته در این زمینه بررسی و میانگین اعداد بیان‌شده برای کاربری‌های موردنظر و موجود محل و وزن دهی به هر یک از عوامل تأثیرگذار در خدمات اکوسیستمی استخراج و با استفاده از رفرنس‌ها ارزش‌گذاری گردید سپس مقادیر به‌صورت ارزش خدمات اکوسیستم به دلار در سال ۲۰۱۷ تبدیل شد. جدول ۴ ارزش خدمات اکوسیستم به‌دست‌آمده در کاربری‌های موردمطالعه را نشان می‌دهد.

جدول ۴- ارزش خدمات اکوسیستم در کاربری‌های مختلف (دلار آمریکا در سال در هکتار)
Table 4. Land classes used in this study, and value coefficients (2015US$/ha/yr)

طبقات کاربری اراضی Land use classes	ضریب ارزش Value coefficients	منابع Reference
اراضی مرتعی Renge land	5979	de Groot *et al*., 2012; Yi *et al*., 2017; Xie *et al*., 2015; Zhang *et al*., 2017; Xie *et al*., 2008
اراضی کشاورزی دیم Rainfed agriculture land	2457	Costanza *et al*., 2014; Costanza *et al.*, 1997; Yi *et al*., 2017; Yazdani *et al*., 2014
اراضی کشاورزی آبی Irigated agriculture land	4094	Yi *et al*., 2017; de Groot *et al*., 2012; Xie *et al.*, 2015; Zhang *et al*., 2017; Xie *et al.*, 2008
آب Water	2993	Yi *et al*., 2017; Zhang *et al*., 2017

نتایج و بحث

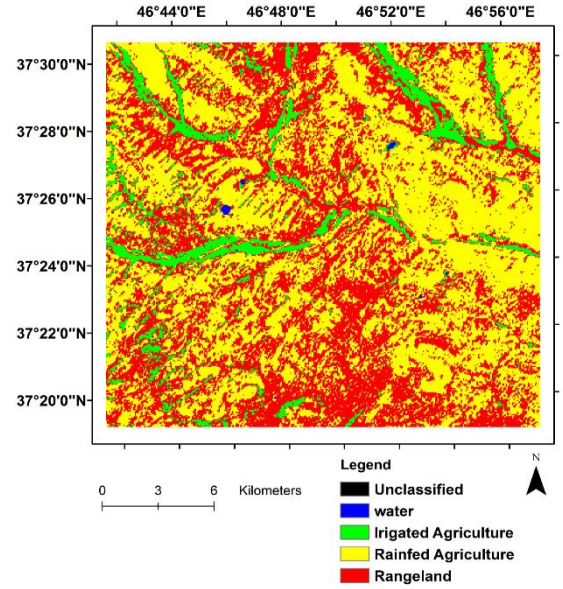
پوشش و کاربری اراضی

تعداد طبقات پوشش و کاربری اراضی در منطقه در سال ۱۹۸۹به ۳ طبقه شامل مرتع، اراضی کشت آبی و باغات، اراضی کشت دیم کلاس‌بندی شد. بعد از تأسیس سد در سال ۲۰۰۶ یک کاربری جدید (آب عمیق) در منطقه به وجود آمد. در نقشه طبقه‌بندی‌شده کاربری اراضی منطقه، صحت کلی کاربری بالای ۷۹%و ضریب کاپای کلی بالاتر از ۰/۶۳ برای سال‌های مطالعاتی مشاهده گردید(جدول۳). بررسی تغییرات کاربری با استفاده از روش مقایسه پس از طبقه‌بندی که در سال‌های موردمطالعه حاکی از آن است Post-classification (technique) که در سال‌های ۱۹۹۸، ۲۰۰۶ و ۲۰۱۷ بیشترین سطح منطقه به کشاورزی دیم اختصاص داشته است. میزان اراضی کشت دیم به ترتیب از ۲۵۷۵۱ هکتار در سال ۱۹۸۹ به ۲۹۸۴۰ هکتار در سال ۲۰۰۶ و سپس ۳۴۰۹۹ هکتار رسیده است. اراضی مرتعی منطقه موردمطالعه نیز در طی این سال‌ها به‌صورت چشمگیری کاهش‌یافته به‌طوری‌که در فاصله سال‌های ۱۹۸۹تا ۲۰۱۷ از ۱۹۶۱۳به ۸۶۲۰ هکتار رسیده است درحالی‌که بر وسعت اراضی کشاورزی دیم و آبی و آب عمیق در منطقه افزوده‌شده است. نتایج به‌دست‌آمده در این تحقیق در راستای نتایج به‌دست‌آمده در سایر مطالعات می‌باشد (Motakan *et al.*, 2011; Mesdaghi *et al.*, 2002; Bergkamp *et al.*, 2000; Holcock *et al.*, 2010). زمین‌های دیم از سال ۱۹۸۹ تا سال ۲۰۱۷ در حدود ۸۳۴۸ هکتار افزایش داشته است (اشکال ۳ تا ۶) و با تأسیس سد سهند تغییرات نوع پوشش و کاربری زیادی به وجود آمده است و حدود ۱۰۲۶هکتار از وسعت زمین‌های دارای پوشش گیاهی و مفید (کشاورزی و مرتع) به مخزن سد تبدیل‌شده است. نتایج این بخش مشابه نتایج Hadian *et al*. (2013) بوده با این تفاوت که افزایش کاربری زمین‌های کشاورزی اطراف سد حنا در بعد از گذشت ۱۵ سال به یک رکود رسیده و زمین‌های آبی نیز به زمین‌های کشاورزی دیم تبدیل‌شده است و یک کاهش شدید پیداکرده که به خاطر کمبود آب و عدم بهره‌وری مناسب این زمین‌ها بوده است. بر اساس نتایج این مطالعه مشخص گردید که وجود منبع آب دائمی در منطقه ابتدا باعث شخم زدن مناطق مرتعی (۱۰۹۹۲هکتار) و تبدیل آن‌ها به مناطق کشاورزی شده است. بنابراین میزان سطح زمین‌های کشاورزی آبی منطقه در سال ، ۱۹۸۹، ۸ درصد بوده که در سال ۲۰۰۶، این رقم به ۹/۶ درصد رسیده و در سال ۲۰۱۷ به۱۱/۱ درصد افزایش‌یافته و زمین‌های مرتعی نیز کاهش شدیدی به علت تبدیل‌شدن به زمین‌های کشاورزی آبی و دیم و مخزن سد پیداکرده است به‌طوری‌که از ۳۹/۶ درصد کل اراضی منطقه به ۱۷/۴ درصد کاهش پیداکرده است مضافاً اینکه زمین‌های دیم و آب عمیق به ترتیب از ۵۲ و ۰/۱۴ درصد به ۶۹/۱ و ۲/۲۲ درصد افزایش‌یافته‌اند (اشکال۳تا ۶و جدول۴). تأسیس سد در منطقه باعث تخریب و به زیرآب رفتن حدود ۱۰۹۹ هکتار از اراضی کشاورزی و مرتع شده است.

جدول۵- تغییرات مساحت کاربری اراضی(برحسب هکتار) در دوره موردمطالعه

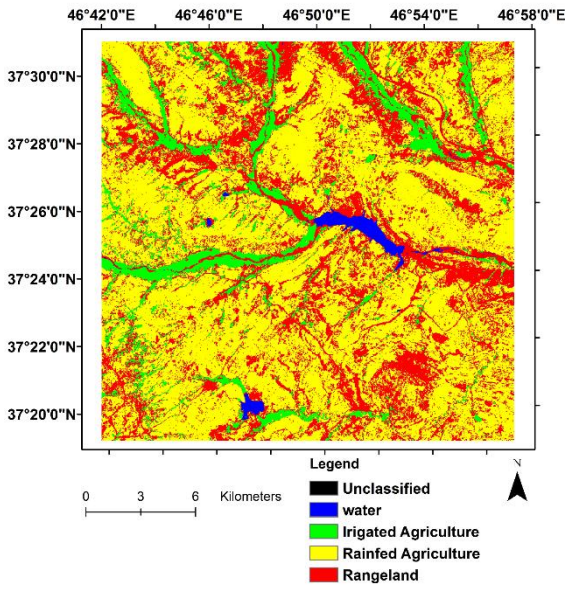
Table 5. Changes in land use in hectareduring the study period

طبقات کاربری اراضی Land use classes	1989		2006		2017		تغییرات 1989-2006	تغییرات 1989-2017	تغییرات 2017-2006
	هکتار Ha	درصد Percent	هکتار Ha	درصد Percent	هکتار Ha	درصد Percent	هکتار Ha	هکتار Ha	هکتار Ha
آب Water	72.72	0.147105	525.24	1.064606	1099.08	2.227719	452.52	1026.36	573.84
کشاورزی آبی Irigated agriculture	3996.72	8.084942	4762.17	9.652416	5516.91	11.18219	765.45	1520.19	754.74
کشاورزی دیم Rainfed agriculture	25751.16	52.09188	29840.13	60.48279	34099.92	69.11694	4088.97	8348.76	4259.79
مرتع Renge land	19613.52	39.67608	14209.02	28.80018	8620.65	17.47315	-5404.5	-10992.9	-5588.37
جمع کل Total	49434.12	100	49336.56	100	49336.56	100			



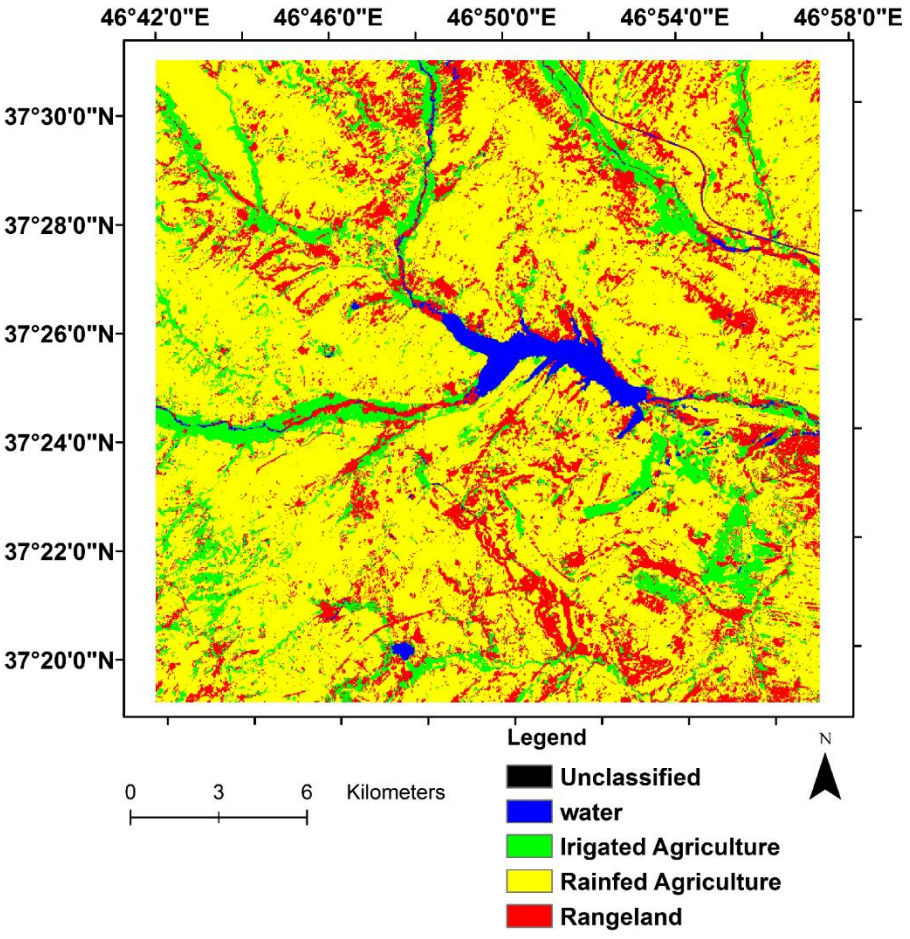
شکل۲- نقشه کاربری اراضی سال۱۹۸۹

Fig. 2- Land use map of 1989



شکل ۳- نقشه کاربری اراضی سال ۲۰۰۶

Fig. 3- Land use map 2006



شکل۴- نقشه کاربری اراضی سال ۲۰۱۷

Fig. 4- Land use map in 2017

جدول ۶- مساحت و ارزش خدمات اکوسیستم (هزار دلار در سال) در کاربری مختلف در سال‌های ۱۳۶۸ و۱۳۸۵و ۱۳۹۶

Table 6. Land use and ecosystem-service value (2015US*1000$/yr) in 1989 and 2006and 2017

کاربری اراضی Land use	سال (۱۹۸۹)۱۳۶۸		سال (۲۰۰۶)۱۳۸۵		سال (۲۰۱۷)۱۳۹۶		تغییرات سال ۱۹۸۹به۲۰۰۶			تغییرات سال ۲۰۰۶ به ۲۰۱۷			تغییرات سال ۱۹۸۹ به ۲۰۱۷		
	هکتار Ha	ارزش خدمات Coefficiets	هکتار Ha	ارزش خدمات Coefficients	هکتار Ha	ارزش خدمات Coefficients	هکتار Ha	درصد Percent	ارزش خدمات Coefficients	هکتار Ha	درصد Percent	ارزش خدمات Coefficients	هکتار Ha	درصد Percent	ارزش خدمات Coefficients
مرتع Renge land	19614	117269	14209	84955.7	8620.7	51543	-5404.5	-27.5	-32314	-5588.37	-28.4	-33412.9	-10992.8	-56.047	-65726.4
اراضی کشاورزی دیم Rainfed agriculture land	25751	63271	29840	73317.2	34100	83784	4088.97	15.8	10047	4259.79	16.5	10466.3	8348.76	32.421	20512.9
اراضی کشاورزی آبی Irigated agriculture land	3996.7	16363	4762	19496.3	5516.9	22586	765.45	19.1	3133.8	754.74	18.8	3089.90	1520.19	38.036	6223.658
آب Water	72.72	217.65	525.2	1572.04	1099.8	3291.7	452.52	622.2	1354.4	574.56	790.0	1719.65	1027.08	1412.4	3074.05
جمع Total	49434	197120	49337	179341	49337	161204	-97.56		-17779	0.72		-18137	-96.84		-35915.8

درمجموع به نظر می‌رسد کاهش ۵۶ درصدی سهم اراضی مرتعی و افزایش ۳۸و ۳۲درصدی سهم اراضی کشاورزی آبی و کشاورزی دیم در این سطح نمی‌تواند نشان‌دهنده سهم قابل‌توجه سیاست‌های مرتبط با قواعد حفاظت از ارزش‌های زیست‌محیطی و دارایی‌های بیولوژیک در برنامه‌ریزی‌های منطقه‌ای و بخشی باشد. درحالی‌که تکه‌تکه شدن اراضی طبیعی در اثر تغیر کاربری تهدیدی اساسی در کاهش تنوع زیستی به شمار می‌رود (Rugani and Rocchini, 2017; Souza *et al*., 2015). در منطقه موردمطالعه در اثر هجوم کاربری کشاورزی، ارزش خدمات اکوسیستمی اراضی موردمطالعه با افت تقریبی ۳۶ میلیون دلاری در سال مواجه است این مسئله به علت از بین رفتن مراتع منطقه به جهت کشاورزی بوده است که اراضی مرتعی از ۱۹۶۱۴ هکتار به ۸۶۲۰ هکتار رسیده است. این در حالی است که احتمال این می‌رود که در آینده نه‌چندان دور مرتع و منابع طبیعی منطقه بازهم شاهد کاهش مساحت باشد و ازآنجاکه اراضی باقی‌مانده دارای پوشش بسیار فقیر خواهد بود نمی‌توانند کارکرد اکولوژیکی لازم را از خود نشان دهد.

احداث سدها بر روی رودخانه‌ها باعث تغییرات زیادی در اکوسیستم منطقه می‌شود. بر اساس مطالعات صورت گرفته ساخت یک سد محدوده وسیعی از اکوسیستم رودخانه را تحت تأثیر قرار داده و اکثر ذخیره آب آن برای کشت گیاهان با نیاز آبی بالا مصرف می‌کنند (Reid *et al*., 2005). در این رابطه در محدوده مطالعاتی سد سهند نتایج نشان داد که طی ۲۸سال گذشته، سطح مراتع با کاهش چشمگیری روبرو شده‌اند. علاوه بر این سطح بسیاری از مراتع به زمین کشاورزی تبدیل‌شده‌اند. در همین رابطه می‌توان شخم زدن مراتع را به‌عنوان یکی از مهم‌ترین علل تخریب مراتع در منطقه سهند به دلیل وجود یک منبع آب کافی و ماشین‌آلات جهت فعالیت‌های کشاورزی دانست. در رابطه با چنین

شواهدی Holcock *et al*. (2010) افزایش جمعیت و نیاز به مواد غذایی بیشتر را دلیل اصلی شخم زدن مراتع و تبدیل آن‌ها به زمین‌های کشاورزی می‌دانند. محققین مختلف نیز افزایش سطح زمین‌های زیر کشت را در اثر تخریب مراتع بیان می‌کنند (Motakyan *et al*., 2011; Mesdaghi *et al*., 2004; Bergkamp *et al*., 2000). اگرچه خشک‌سالی نیز یکی از دلایل کاهش پوشش گیاهی و بروز فشار چرایی بیشتر در مراتع و تغییر نوع پوشش اراضی در منطقه به شمار می‌رود اما طبق بررسی آمار هواشناسی در این منطقه دوره‌های خشک‌سالی و ترسالی متعددی طی ۳۶سال اخیر در منطقه وجود داشته است، ازاین‌رو با در نظر گرفتن آمار بارش، نمی‌توان خشک‌سالی را تنها دلیل اصلی تخریب پوشش گیاهی معرفی نمود. زیرا با احداث سد زمان‌بندی کار کشاورزی تا حدودی تغییریافته است و اهالی فکر می‌کنند که در هر زمان (حتی فصول کم‌آبی) نیز می‌توانند اراضی را زیر کشت ببرند. این تفکر "حباب آب" باعث مصرف بیشتر، در زمان نامناسب و با گونه‌هایی که مصرف آب بالایی دارند می‌شود. از اثرات مستقیم سد نیز می‌توان به ساختمان سد و نیز تخریب‌هایی که در عملیات عمرانی در منطقه داشته اشاره نمود. از طرف دیگر سد سهند با تجمع آب باعث از دست رفتن ذخیره آب براثر تبخیر شده است. بر اساس محاسبات صورت گرفته تغییرات صورت گرفته در کاربری اراضی منجر به کاهش بیش از سی‌وپنج میلیون و نه‌صد هزار دلار به‌صورت سالانه در ارزش خدمات اکوسیستم شده است که با توجه به وسعت منطقه رقمی معادل ۷۲۶/۵۴- دلار در سال برای هر هکتار رقم قابل‌توجه است. با در نظر گرفتن محصولات کشت‌شده در منطقه و پوشش گیاهی مراتع منطقه موردمطالعه و مقایسه نتایج (۱۰/۶ دلار در هکتار در سال) با گزارش‌های Tolessa *et al*. (2017) که ۱۱/۴ دلار در هر هکتار در سال، Kreuter *et al*. (2001) که ۲۳/۲۲ دلار در هکتار در سال و Rezaei *et al*. (2017) که ۹/۳۸ دلار بوده است کاهش خدمات اکوسیستمی منطقه رقم قابل‌توجهی می‌باشد. شایان‌ذکر است که در بیشتر مطالعات گزارش‌شده قبلی، بخش عظیمی از این کاهش در رابطه با کاهش سطح جنگل‌ها و اراضی مرطوب یا باتلاقی است که ارزش خدمات اکوسیستمی آن‌ها بسیار بالا است حال‌آنکه در منطقه موردمطالعه حاضر به لحاظ خشکی اقلیم این نوع کاربری‌ها وجود ندارد.

نتیجه‌گیری

در این مطالعه تغییرات سطح پوشش و کاربری اراضی قبل از تأسیس سد سهند و ۱۷سال بعدازآن در اولین سال بهره‌برداری و ۱۱ سال بعد از اولین سال احداث سد موردبررسی قرار گرفت. این مطالعه نشان داد که تأسیس سد نه‌تنها باعث بهبود در وضعیت منطقه نشده است بلکه کاهش سطح مراتع را به دنبال داشته است و با کاهش سطح مراتع، منطقه شاهد هجوم موجوداتی که زیستگاه طبیعی خود را ازدست‌داده‌اند به مزارع کشاورزی بوده است. ضمن اینکه با کاهش سطح مراتع و اختلال در اکوسیستم آبی، خسارات زیادی ازنظر تنوع زیستی در منطقه نیز ایجادشده و می‌شود. بنابراین با در نظر گرفتن هزینه‌های ساخت سد، احداث این سد نه‌تنها آثار مثبت زیادی نداشته، بلکه در درازمدت باعث رشد منفی اقتصادی خواهد شد و مضافاً اینکه که ارزش زیست-محیطی چشم‌اندازهای کشاورزی و ارزش خدمات اکوسیستم در محدوده موردمطالعه سد سهند به دلیل تغییر غیراصولی کاربری اراضی کاهش‌یافته است. به گفته Hietala-Koivu *et al*. (2004) چنین اثراتی در طی نیم‌قرن گذشته باعث آن شده است که بسیاری از مناطق طبیعی و نیمه‌طبیعی با کارکردهای اکولوژیکی بی‌بدیل خود که از سرمایه‌های عظیم جهانی موسوم به گنجینه ژنتیکی گیاهی محافظت می‌کند را از میان برده و یا با قطعه‌قطعه شدن و کاهش بیش‌ازحد اندازه قطعات کارکرد

لازم را ندارد. در همـــین راستا، و در توافـــق با (Hietala-Koivu *et al*., 2004) از مجموع مساحت مناطق نیمه‌طبیعی می‌توان به‌عنوان یک ابزار نظارتی سریع، ارزان و قوی جهت مشخص نمودن تغییر در ارزش خدمات اکوسیستم در این منطقه نیز استفاده نمود (Hietala-Koivu *et al*., 2004). دراین‌ارتباط در منطقه موردمطالعه کاهش فوق‌العاده شدید ۵۶ درصدی در مساحت این اراضی مشاهده‌شده است. از طرف دیگر قطعات کوچک واقع در اراضی کشاورزی به‌عنوان مناطق بافر اکولوژیک(محافظت کننده) که قابلیت کمک به برخی از این کارکردها برای افزایش خدمات اکوسیستمی منطقه را از طریق ایجاد پناهگاه برای حشرات مفید و حفظ برخی گونه‌ها را دارد، تغییر معنی‌داری نکرده است، هرچند کاهش در تعداد آن رخ‌داده است. لذا توجه جدی‌تر به مدیریت زمین و تعیین نقشه راه و اعمال الگوهای کشت مناسب و مدنظر قرار دادن مسائلی چون ذخایر ژنتیکی و پارک‌های ملی و پناهگاه حیات‌وحش در مکان‌هایی که چنین سازه‌هایی ایجاد می‌شوند توصیه می‌شود تا از این طریق کاربری فعلی مشخص و برای استفاده مناسب از آن در برنامه‌های توسعه اقتصادی آینده، و در حال حاضر با توجه به حفاظت از تنوع زیستی منطقه برنامه‌ریزی‌های لازم معمول گردد.

منابع

Abedi, Z., Muharram Nejad, N., Mathematics, B. and bayat, m., 2012. Estimation of Damage Damage of the Vegetation Covered within the Lake of Zaban Dam. Environmental Science and Technology. 4(13), 87-80.(In Persian with English abstract).

Barati Ghahfarhi, S., Soltani Kupayi, S., Khajeedin, S.J. and Freebies, B., 2010. Investigating Land Use Change Changes in Qaleh Shahrokh Area Using Time Estimating Technique (1384-1354) and Agricultural and Natural Resources Engineering. 13 (47), 349-365. (In Persian with English abstract).

Basiri Isfahani, M., 2012. Design of Unspecified Damage. Proceedings of Damage Conference, Isfahan University of Technology.

Bazgeera, S., Sharma, P.K., Maheya, R.K., Hundala, S.S. and Sood, A., 2008. Assessment of land use changes

using remote sensing and GIS and their implications on climatic variability for Balachaur watershed in Punjab, India. Desert. 12, 139–147.

Bergkamp, G. M., McCartney, P., Dugan, J.,

Neely. Mc. and Acreman, M., 2000. Dams, Ecosystem Functions and

Environmental Restoration. World Commission on Dams (WCD), USA. p. 199.

Billington, D.P., Jackson. D.C. and Melosi M.V., 2005. The History of Large Federal Dams: Planning, Design, and Constration. U.S. Department of the Interior Bureau of Reclamation Denver Colorad. p. 623.

Boron, V., Payán, E., MacMillan, D. and Tzanopoulos, J., 2016. Achieving sustainable development in rural areas in Colombia: Future scenarios for biodiversity conservation under land use change. Land Use Policy. 59, 27-37.

Butt, A., Shabbir, R., Saeed Ahmad, S. and Aziz, N., 2015. Land use change mapping and analysis using Remote Sensing and GIS: A case study of Simly watershed, Islamabad, Pakistan. The Egyptian Journal of Remote Sensing and Space Sciences. 18, 251–259.

Caruso, G., Rounsevell, M.D.A. and Cojacarus, G., 2005. Exploring a spatiodynamic neighborhood-

based model of residential behavior in the Brussels peri-urban area. Int. J. Geograph. Inf. Sci. 19, 103–123.

Costanza, R., d'Arge, R., de Groot, R., Farber, S., Grasso, M., Hannon, B., Limburg, K., Naeem, S., ONeill, R.V., Paruelo, J., Raskin, R.G., Sutton, P. and Van den Belt, M., 1997. The value of the world's ecosystem services and natural capital. Nature. 387 (6630), 253-260.

Costanza, R., De Groot, R., Sutton, P., van der Ploeg, S., Anderson, S.J., Kubiszewski, I.,Farber, S. and Turner, R.K., 2014. Changes in the global value of ecosystem services. Glob. Environ. Chang. 26, 152-158.

De Groot, R., Brander, L., van der Ploeg, S., Costanza, R., Bernard, F., Braat, L., Christie, M., Crossman, N., Ghermandi, A., Hein, L., Hussain, S., Kumar, P., McVittie, A., Portela, R., Rodriguez, L.C., ten Brink, P. and Beukering, P., 2012. Global estimates of the value of ecosystems and their services in monetary units. Ecosyst. Serv. 1(1), 50–61.

Dietzel, C., Herold, M., Hemphill, J.J. and Clarke, K.C., 2005. Spatialtemporal dynamics in Californias central

Valley: empirical links to urban theory. Int. J. Geograph. Inf. Sci. 19, 175-195.

Eskandari, S., Moradi, A. and Parent, C., 2012. Land Use and Analysis of Terrestrial Landscape of the White Flower Village for Environmental Use Using RS and GIS Land Application, .13.(In Persian with English abstract).

Estehman, S.V., 2004. A critical evaluation of the normalized error matrix in map accuracy assessment. Photogrammetric Engineering and Remote Sensing. 70, 743-751.

Gajbhiye, S. and Sharma, S.K., 2012. Land use and land cover change detection of Indra river watershed through

remote sensing using multi-temporal satellite data. Int. J. Geomatics Geosci. 3, 89-96.

Gibbs, H.K., Ruesch, A.S., Achard, F., Clayton, M.K., Holmgren, P., Ramankutty, N. and Foley, J.A., 2010. Tropical forests were the primary sources of new agricultural land in the 1980 and 1990. Proc. Natl. Acad. Sci. U. S. A. 107, 16732–16737.

Hadian, F., Jafari, R., Bashari, H. and Ramezani, N.B., 2013. Field Methods in Remote Sensing. University Press Publishing House, Tehran. (In Persian with English abstract).

Holcock, J.A., Piper, R.D. and Hril, K. U., 2010. Principles and methods of rangeland (translation). University of Tehran Publication Center. (In Persian with English abstract).

Hu, H.B., Liu, H.Y., Hao, J.F. and An, J., 2012. Analysis of land use change characteristics based on remote

Hietala-Koivu, R., Järvenpää, T. and Helenius, J., 2004. Value of semi-natural areas as biodiversity indicators in agricultural landscapes. Agriculture, Ecosystems and Environment. 101, 9–19.

Jafari, R., Lewis. M.M. and Ostendorf. B., 2007. Evaluation of vegetation indices for assessing vegetation cover in southern arid lands in South Australia. The Rangeland Journal. 29, 39-49.

Kreuter, U.P., Harris, H.G., Matlock, M.D. and Lacey, R.E., 2001. Change in ecosystem service values in the San Antonio area, Texas. Ecol. Econ. 39 (3), 333–346.

McDonald, R., Güneralp, B., Zipperer, W. and Marcotullio, P.J., 2014. The future of global

urbanization and the environment. Solutions. 5 (6), 60–69.

Mesdaghi, M., 2004 Rangeland in Iran. Fourth edition, Imam Reza University Press, p. 333.

Mohammadpour, M., Abdi, N. and al-Madrasi, S.A., 2015. Detection of Land Use Change Using Satellite Image Processing and Landform Metrics: A Case Study of Urmia. First National Conference on Application of Advanced Models of Spatial Analysis (GIS) and GIS in Land Use, Yazd: Islamic Azad University, Yazd Branch. (In Persian with English abstract).

Motakyan, ah. h., Saeedi, A.S. and Hosseini Asl. A., 2011. Investigation of Land Cover Changes in Connection with Taleghan Dam Construction Use of remote sensing technique. Quarterly Journal of Applied Geographic Sciences. 16(19), 45-64. (In Persian with English abstract).

Nahuelhual, L., Carmona, A., Aguayo, M. and Echeverria, C., 2013. Land use change and ecosystem services

provision: a case study of recreation and ecotourism opportunities in Southern Chile. Landsc. Ecol. 29(2), 329–344.

Parker, D. and Meretsky, V., 2004. Measuring pattern outcomes in an agent-based model of edge-effect externalities using spatial metrics. Agric. Ecosyst. Environ. 101, 233–250.

Rautela, P., Rakshit, R., Jha, V.K., Kumar Gupta, R. and Munshi, A., 2002. GIS and remote sensing-based study of the reservoir-induced land-use/ land-cover changes in the catchment of Tehri dam in Garhwal Himalaya, Uttaranchal (India). Current Science. 83(3), 308-311.

Ramezani, N., Jafari. R. and Esenloo, A., 2012. Study of Land Use Change in North Khorasan Province of Esfarayen in the last four decades. Magazine Remote Sensing and GIS Iran. 3(2), 19-37. (In Persian with English abstract).

Reid, W.V., 2005 Ecosystems and Human Well-being: Synthesis, A Report of the Millennium Ecosystem Assessment. Island Press., Washington.

Rezaei, M.E., Barmaki, M. and Vaisi, H., 2017. Land use change trends and the value of ecosystem services in Hamedan-Bahar plain, with emphasis on semi-natural areas in science-Promotion of environment and development in print. (In Persian with English abstract).

Rugani, B. and Rocchini, D., 2017. Boosting the use of spectral heterogeneity in the impact assessment of agricultural land use on biodiversity. Journal of Cleaner Production. pp. 516-524.

Soleimani Sardou, F., Soltani Kupai, S. and Salajegh, A.S., 2014. Selection of suitable flood index using rainfall-runoff model HEC-HMS and GIS and RS techniques. Case study: Jiroft dam area. Journal of Watershed Management Research.4 (8), 90-105. (In Persian with English abstract).

Souza, D.M., Teixeira, R.F. and Ostermann, O.P., 2015. Assessing biodiversity loss due to land use with Life Cycle Assessment: are we there yet?. Global change biology. 21(1), 32-47.

Stewart, T.J. Janssen, R. and Van Herwijnen, M., 2004. A genetic algorithm approach to multiobjective land

use planning. Compute and Operation. Research. 31, 2293–2313.

Sun, B. and Zhou, Q., 2016. Expressing the spatio-temporal pattern of farmland change in arid lands using landscape metrics. Arid Environments. 124, 118-127.

Talebi Amiri, Sh., Azari Dehkordi, F., Sadeghi, H. and Soof Baf, R., 2009. Analysis of the destruction of the landscape of the waters of the waters of the waters of Neka using Land Ecology Metrics. Journal of Environmental Science . 6(3),133-144. (In Persian with English abstract).

Tolessa, T., Senbeta, F. and Kidane, M., 2017. The impact of land use/land cover change on ecosystem services in the central highlands of Ethiopia. Ecosystem Services. 23, 47–54.

Torahi, A.A. and Chand Rai, S., 2011. Land cover classification and forest change analysis, using satellite imagery a case study in dehdez area of zagros Mountain in Iran. Journal of Geographic Information System.

Wang, X., Yu, S. and Huang, G.H., 2004. Land allocation based on integrated GIS-optimization modeling at a watershed level. Landscape Urban Plann. 66, 61–74.

Xie, G.D. Zhang, C.X. Zhang, L.M. Chen, W.H. and Li, S.M., 2015. Improvement of the evaluation method for ecosystem services value based on per unit area. J. Nat. Res. 30, 1245–1254.

Xie, G.D. Zhen, L., Lu, C.X. Xiao, Y. and Chen, C., 2008. Expert knowledge based valuation method of ecosystem services in China. Journal of Natural Resources. 23(5), 911–919.

Yi, H., Güneralp, B., Filippi, A.M. Kreuter, U.P. and Güneralp, I., 2017. Impacts of Land Change on Ecosystem Services in the San Antonio River Basin, Texas, from 1984 to 2010. Ecological Economics. 135, 125–135.

Yazdani, S. and Hashemi Bonab, S., 2015. Changing the use of agricultural land and environmental damage in the economy Economic. Journal of Agricultural Economics (Special Letter). 54-45.

Zhang, L., Yu, X., Jiang, M., Xue, Z., Lu, X. and Zou, Y., 2017. A consistent ecosystem services valuation method based on Total Economic Value and Equivalent Value Factors: A case study in the Sanjiang Plain, Northeast China. Ecological Complexity. 29, 40–48.

Environmental Sciences Vol.16 / No.1 / Spring 2018

207-224

Changes in land use and ecosystem services at Sahand Dam using remote sensing technique

Farhad Nouri Najafi, Hadi Veisi* and Reza Mirzaee Talarposhti
Deptrtment of Agroecology, Environmental Sciences Research Institute, University of Shahid Beheshti, Tehran, Iran

Received: 2018.01.16 **Accepted:** 2018.04.09

Nouri Najafi, M., Veisi, H. and Mirzaee Talarposhti, R., 2018. Changes in land use and ecosystem services at Sahand Dam using remote sensing technique. Environmental Sciences. 16 (1), 207-224.

Introduction: Recently, land use change is one of the main potential causes in losing biodiversity and ecosystem services. Dams as main human-made structures play an important role in saving surface water. Due to the rapid increase in dam construction over the last 40 years in Iran, the contradiction between dam productivity and the loss of ecosystem services has become an issue of increasing concern. The aim of this study was to investigate the impact of Sahand Dam construction on land use, land use changes and ecosystem services.

Materials and methods: In this study three Landsat satellite images were used to track land use changes over a period of 28 years (1989, 2006 and 2017). First, these images were used for geometric, atmospheric and topographic correction. The maximum possibility of different land uses and cover were determined using a supervised classification method and their accuracy was checked again by field inspection. The user authenticity and Kappa coefficient calculated and resulted in value of 63 and 79 percent respectively. The value of ecosystem services and changes in land uses carried out using aerial photographs and satellite imagery between 1989 and 2017 throughout 49400 ha of areas around Sahand Dam in East Azarbaijan Province.

Results and discussion: The results showed that the total area for rangeland decreased significantly between years 1989 and 2017 while there has been a noticeable increase in cropping land. In general, the share of area under rangeland decreased by 56% over period 1989-2017. The total area for rainfed and irrigated cropping areas increased by 38 and 32 percent, respectively, indicating significant changes in this area. As regards to the services of ecosystem value, land use changes from rangeland to crop land led to a 35900000 dollars annually loss in ecosystem services value ($10.6 per hectare per year).

*Corresponding Author. *E-mail Address*: h_veisi@sbu.ac.ir

Conclusions: To conclude, although dam construction and shifting from natural land toward crop land may be profitable but due to the depletion of the ecosystem capacities to deliver ecosystem services, long-term losses may exceed short-term gains. Land use and policy-making should aim at balancing society needs and preferences, while considering the long-term negative effects of dams and ecosystem service losses. Therefore, providing a land management roadmap for future economic development programs is now receiving a great priority. It will be beneficial if natural ecosystems are preserved and used adequately.

Keywords: Land use, Sahand Dam, Agriculture, Biodiversity, Ecosystem services.