

پایش تغییرات ناشی از احداث سد شیرین دره بر پوشش و کاربری اراضی پایین دست حوزه آبخیز

زهرا پرور^۱، کامران شایسته*^۲، مرتضی بهزادفر^۳، نجمه عزیزخانی شادیشه^۴

۱ دانشجوی کارشناسی ارشد ارزیابی محیط‌زیست، دانشکده منابع طبیعی و محیط‌زیست، دانشگاه ملایر
۲ استادیار گروه محیط‌زیست، دانشکده منابع طبیعی و محیط‌زیست، دانشگاه ملایر
۳ دانش آموخته دکتری علوم و مهندسی آبخیزداری، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه تربیت مدرس
۴ دانش آموخته کارشناسی ارشد ارزیابی محیط‌زیست، دانشکده منابع طبیعی و محیط‌زیست، دانشگاه ملایر

(تاریخ دریافت: ۱۳۹۳/۰۵/۱۸؛ تاریخ تصویب: ۱۳۹۵/۱۱/۰۴)

چکیده

شناسایی کاربری‌ها و تغییرات کاربری اراضی جهت بررسی و پایش مناطق حساس به‌منظور طرح‌ریزی و مدیریت پایدار سرزمین امری ضروری می‌باشد. سنجش‌ازدور و استفاده از فناوری سیستم اطلاعات جغرافیایی، امروزه به‌عنوان یکی از روش‌های متداول و رایج دنیا در امر پایش بررسی تغییرات سرزمین به‌ویژه در بررسی اراضی با وسعت بالا به شمار می‌رود. در این مطالعه، سه بازه زمانی با توجه به زمان احداث سد در نظر گرفته شد؛ به طوری که گویای تغییرات کاربری‌های اراضی قبل و بعد احداث و آبخیز سد باشد. با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای لندست ۸، ۷ و ۵ و سنجنده‌های OLI، ETM و TM به ترتیب، نقشه‌های کاربری اراضی در بازه زمانی مطالعه تهیه شد. مساحت و درصد کاربری‌ها به کمک نرم‌افزار GIS تهیه شد. نتایج به‌دست آمده نشان دهنده قابلیت و کارایی روش‌های سنجش‌ازدور در آشکارسازی و پایش تغییرات پوشش و کاربری اراضی می‌باشد. مشاهده و مقایسه نقشه‌های تهیه شده نشان می‌دهد در طول کل دوره مطالعه، مساحت کاربری باغ و کشاورزی کاهش داشته و در مقابل سطح کاربری کشاورزی دیم افزایش یافته و بسیاری از زمین‌های پایین‌دست حوزه، از کاربری باغ و کشاورزی به زراعت دیم تغییر کاربری دادند.

کلیدواژه‌ها: تغییر پوشش / کاربری اراضی، سنجش‌ازدور، سیستم اطلاعات جغرافیایی، آشکارسازی تغییرات، سد شیرین‌دره

سرآغاز

سدها یکی از سازه‌های مهم در دستگاه‌های انتقال و منابع آب می‌باشند که آثار مثبت و منفی بسیاری بر روی محیط‌زیست دارند (پیرستانی و شفقتی، ۱۳۸۸). احداث سد جهت تولید برق، کشاورزی، ذخیره آب شرب و کنترل سیلاب از دیرباز مدنظر تمدن‌های بشری بوده است (عباس‌زاده و لطیفی، ۱۳۹۲). از جمله مزایای سد را می‌توان کنترل جریان‌های سطحی و در نتیجه جلوگیری از وقوع سیلاب، تامین آب کشاورزی و مصارف شهری از طریق ذخیره آب و تولید انرژی عنوان کرد. اما، احداث سدهای بزرگ با وجود منافع زیاد آن، مضراتی را نیز به همراه داشته که در پاره‌ای از موارد جبران‌ناپذیر هستند (پیرستانی و شفقتی، ۱۳۸۸). پروژه‌های سدسازی از همان مراحل آغازین خود، منابع محیط‌زیست را تحت تأثیر قرار می‌دهند. ایجاد دریاچه‌های بزرگ در پشت سد می‌تواند موجب از بین رفتن منابع زیستی با ارزش در منطقه، تخریب زیستگاه جانوران و گیاهان بومی، از بین رفتن ارزش‌های طبیعی و آلودگی آب‌وخاک شود (عابدی و همکاران، ۱۳۹۰). از طرفی احداث سد خود موجب تغییر در الگوی کاربری سرزمین در زمین‌های اطراف سد می‌شود. تغییر کاربری سرزمین نتیجه تعامل میان جوامع انسانی و محیط طبیعی، همچنین، بروز تغییرات اکولوژی محیط‌زیست در سطح زمین می‌باشد (Hu et al., 2012). اما، در این میان اهمیت کاربری اراضی به دلیل نقش مؤثر انسان در آن نسبت به دیگر عوامل تغییر کاربری اراضی بیش‌تر است. به عبارت دیگر، نوع بهره‌برداری از اراضی عامل بسیار مهمی در فرسایش و تولید رسوب حوضه‌های آبخیز به شمار می‌رود (آرخی و همکاران، ۱۳۹۲). فعالیت‌های انسانی مثل تخریب پوشش گیاهی، توسعه کشت غلط و فن‌های نامناسب کشاورزی مکانیسم‌های طبیعی را تغییر می‌دهند (اسکندری و همکاران، ۱۳۹۰). همچنین، استفاده بی‌رویه از منابع طبیعی و تخریب آن افزون بر اقلیم خشک و نیمه‌خشک حاکم بر کشور موجب شده تا سیلاب‌ها سال به سال چه از نظر تعداد دفعات و چه از نظر شدت خسارات افزایش چشمگیری داشته باشد. همچنین، به علت دخالت انسان در چرخه طبیعی آب از طریق تخریب پوشش گیاهی در عرصه‌های آبخیز، احتمال سیل خیزی در مناطق گوناگون افزایش یافته است (سلیمانی ساردو و همکاران، ۱۳۹۲). استفاده از زمین و تغییر پوشش زمین به احتمال زیاد یکی از مهم‌ترین عوامل مؤثر بر رفاه انسان در سراسر جهان است. 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). در زمینه بررسی تغییرات کاربری سرزمین مطالعاتی در ایران و جهان صورت گرفته که در اکثر آن‌ها تأثیر توسعه انسانی در تخریب محیط‌زیست تأیید شده است (طالبی امیری و همکاران، ۱۳۸۸). تغییرات کاربری سرزمین نه تنها 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، به‌نحوی که 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 به درستی تعیین شود (براتی قهفرخی و همکاران، ۱۳۸۸).

شناسایی، نظارت و پایش تغییرات پوشش سطح زمین یک فرایند پیچیده است (Sun & Zhou, 2016). اما، آشنایی با میزان تغییرات کاربری اراضی طی گذشت زمان می‌تواند زمینه مدیریت و برنامه‌ریزی دقیق برای آینده را فراهم آورد (محمدپور و همکاران، ۱۳۹۳). زیرا، تنها با اعمال مدیریت صحیح کاربری زمین می‌توان از تخریب بیشتر منطقه بر اثر دخالت‌های انسانی، چرای بی‌رویه دام و توسعه کشاورزی جلوگیری کرده و به حفظ تنوع زیستی آن در آینده امیدوار بود (اسکندری و همکاران، ۱۳۹۰).

در این راستا، استفاده از فناوری سنجش‌ازدور و فناوری سیستم اطلاعات جغرافیایی (GIS) به‌عنوان یک فناوری برتر و کارآمد در بررسی تغییرات محیطی و مدیریت منابع است که اطلاعات بروز را برای اهداف مدیریتی فراهم می‌کند (محمدپور و همکاران، ۱۳۹۳). استفاده از روش‌های سنتی جهت بررسی تغییرات کاربری‌های اراضی و پوشش اراضی مانند نقشه‌برداری زمینی، به‌طور معمول وقت‌گیر و پرهزینه است. اما، استفاده از داده‌های ماهواره‌ای با توجه به ویژگی‌هایی مانند دید وسیع و یکپارچه،

مطالعه، از شاخص آماری LQ به منظور 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 قابل توجهی 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، (هادیان و همکاران، ۱۳۹۲) از قابلیت تصاویر ماهواره لندست در طبقه‌بندی کاربری‌ها و پوشش سرزمین به منظور بررسی تأثیر احداث سد حنا در اصفهان بر تغییرات کاربری و پوشش اراضی استفاده نمودند. به دلیل احداث سد در سال ۱۹۹۶ و در سال‌های شروع آبیگری سد (۱۹۹۸)، زمین‌های کشت آبی در اطراف سد افزایش یافت ولی پس از ۱۵ سال یک کاهش 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 (براتی قهفرخی و همکاران، ۱۳۸۸) انجام دادند، اشاره کرد. در این کار تغییرات کاربری اراضی در زیر حوزه قلعه شاهرخ را با استفاده از تصاویر ماهواره لندست مربوط به سال‌های ۱۳۵۴، ۱۳۶۹ و ۱۳۸۱ بررسی نمودند. نقشه‌های کاربری اراضی به روش هیبرید (طبقه‌بندی نظارت شده و نظارت نشده) تهیه شد. نتایج این تحقیق نشان می‌داد در دوره زمانی اول (سال ۱۳۵۴) مرتع تنک و اراضی با پوشش پراکنده بیشترین وسعت کاربری اراضی را به خود اختصاص می‌دهد، در حالی که کم‌ترین وسعت مربوط به کشاورزی آبی بوده است. این در حالی است که دوره سوم مطالعه نتایج متفاوت دارد به این صورت که بیشترین وسعت کاربری مربوط به کشاورزی دیم و کمترین وسعت مربوط به کشاورزی آبی می‌باشد.

نتایج حاصل از بررسی پیشینه تحقیق در داخل و خارج کشور نشان می‌دهد تصاویر ماهواره‌ای و تکنیک‌های سنجش‌ازدور با نمایش و ارایه طبقات پوشش زمین طی فرایند طبقه‌بندی، امکان تحلیل تغییرات پوشش و کاربری اراضی را به درستی فراهم می‌آورند. از طرفی، بررسی تغییراتی که در اثر احداث سد در اراضی بالادست آن پدید آمده نشانگر آن است که با وجود افزایش زمین‌های کشاورزی در سال‌های اولیه احداث سد، شاهد کاهش مراتع و پوشش گیاهی در سال‌های پس از احداث هستیم، به طوری که زمین‌های بدون پوشش و رها شده بسیاری در سطح حوزه‌های مورد مطالعه مشاهده می‌شود.

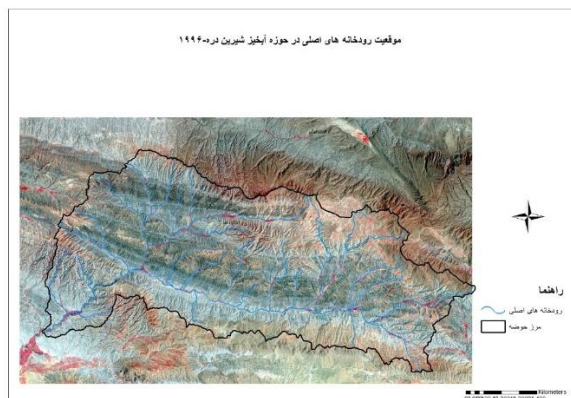
استفاده از قسمت‌های مختلف طیف گسترده انرژی الکترومغناطیسی جهت ثبت ویژگی‌های پدیده‌ها، پوشش تکراری و امکان به‌کارگیری سخت‌افزارها و نرم‌افزارها، در دنیا با استقبال زیادی روبه‌رو بوده است. از جمله کاربرد تصاویر و داده‌های ماهواره‌ای تهیه نقشه کاربری اراضی و بررسی تغییرات کاربری اراضی طی دوره‌های مختلف می‌باشد (براتی قهفرخی و همکاران، ۱۳۸۸).

تاکنون، مطالعات بسیاری در دنیا به بررسی و تحلیل تغییرات در حوزه آبخیز با روش‌های مختلف پرداخته‌اند که تمامی این مطالعات استراتژی‌های مؤثر و مناسبی جهت مدیریت حوزه‌های آبخیز سراسر دنیا ارایه می‌کنند (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 & Meretsky, 2004).

(Butt et al, 2015)، در مطالعه خود از روش طبقه‌بندی حداکثر احتمال به منظور تعیین تغییرات پوشش و کاربری اراضی در حوزه آبریز سد Simly در پاکستان استفاده نمودند. پنج طبقه کاربری عمده با استفاده از تصاویر ماهواره‌های اسپات و لندست مربوط به سال‌های ۱۹۹۲ و ۲۰۱۲ تهیه شد. 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 به حساب می‌آید. (Rautela et al., 2002) با کمک روش‌های GIS پایه و استفاده از نقشه‌های پوشش/ کاربری اراضی/ تهیه شده 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 گانگا احداث شده به طور مستقیم بر ۲۶۸۹ هکتار از زمین‌های کشاورزی تأثیر گذاشته و منجر به تغییر ۳۳۴۷ هکتار از سایر اراضی اطراف مخزن شده است.

در ایران هم مطالعاتی در زمینه 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 (متکیان و همکاران، ۱۳۸۹) باهدف بررسی رابطه میان تغییرات پوشش اراضی با احداث و آبیگری سد مخزنی طالقان انجام دادند، اشاره کرد. آن‌ها در کار خود از روش‌های سنجش‌ازدور جهت تهیه نقشه کاربری اراضی در یک دوره زمانی ۲۰ ساله استفاده کردند. در این

سال‌های مختلف، به‌منظور تحلیل روند تخریب در سرزمین ضروری می‌باشد و کمک می‌کند تا بتوان با برنامه‌ریزی و مدیریت سرزمین از تخریب بیشتر در آینده جلوگیری نمود. مطالعه حاضر، باهدف استفاده از قابلیت روش‌های سنجش‌ازدور و GIS پایه در شناسایی و پایش تغییرات پوشش/کاربری سرزمین در حوزه آبریز سد شیرین دره انجام شده است.



شکل (۱): موقعیت رودخانه‌های اصلی در منطقه مورد مطالعه

مواد و روش‌ها

منطقه مورد مطالعه

حوزه آبخیز شیرین دره در استان خراسان شمالی واقع شده است. محدوده مطالعاتی شیرین دره در موقعیت جغرافیایی $57^{\circ} 6' 22''$ تا $57^{\circ} 57' 14''$ طول شرقی و $37^{\circ} 38' 53''$ تا $38^{\circ} 00' 10''$ عرض شمالی واقع شده است. منطقه مورد مطالعه با وسعت $161713/6$ هکتار به شکل مستطیلی با طول ۷۵ کیلومتر و عرض ۳۷ کیلومتر در فاصله حدود ۶۰ کیلومتری شمال شهرستان بجنورد در استان خراسان شمالی و در مجاورت مرز ایران با ترکمنستان قرار گرفته است (شکل ۲).

از نظر توپوگرافی، منطقه کوهستانی بوده و ارتفاع از غرب به شرق حوزه افزایش پیدا می‌کند. ارتفاع بلندترین نقشه حوزه آبخیز 2687 متر از سطح دریا و در شرق حوزه قرار دارد. متوسط ارتفاع حوزه 1480 متر و متوسط شیب آن برابر ۲۱ درصد محاسبه شده است. رودخانه اصلی شیرین دره از اتصال دو رودخانه بزرگ ایوب و قرق شکل گرفته است که تا محل اتصال به رودخانه اترک وسعتی در حدود ۱۷۵ هزار هکتار دارد. از رودخانه‌های فرعی می‌توان به رودخانه‌های پسین دره، پیریز، میان زو، رزقانه، جودر، گیفان بالا، ایزمان، سنجد، برزلان، تفتار و سولدی اشاره نمود. شکل حوزه کشیده می‌باشد.

در این پژوهش، حوزه آبخیز شیرین دره که در سال‌های اخیر به سبب تغییرات کاربری ناشی از احداث سد شیرین در معرض تهدید جدی قرار گرفته است، مورد مطالعه قرار می‌گیرد. سد مخزنی شیرین دره در فاصله حدود ۵۶ کیلومتری شمال غربی شهرستان بجنورد بر روی رودخانه شیرین دره که یکی از بزرگ‌ترین سرشاخه‌های شمالی رودخانه اترک به شمار می‌رود، احداث شد (شمسی‌ثانی و جفایی، ۱۳۹۲). مراحل ساخت بدنه سد در $1382/02/07$ شروع و در تاریخ $1383/11/15$ پس از ۶۳۳ روز به اتمام رسید. شروع عملیات آبیگری در تاریخ $1383/03/30$ آغاز شد (عباس‌زاده و لطیفی، ۱۳۹۲). این سد از نوع خاکی با هسته رسی بوده و دارای $61/5$ میلیون مترمکعب حجم مفید می‌باشد. هدف از احداث این سد، تامین آب کشاورزی اراضی پایاب سد، مهار سیلاب و جلوگیری از خسارت سیل، تامین قسمتی از آب شرب شهر بجنورد و جلوگیری از فرسایش رودخانه شیرین دره است (شمسی‌ثانی و جفایی، ۱۳۹۲).

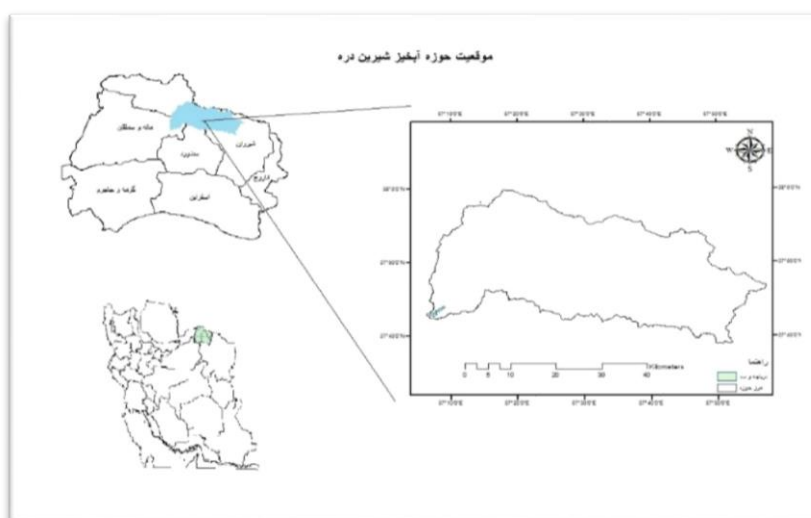
رودخانه شیرین دره از دامنه‌ها کوه امام حاضر با ارتفاع 2273 متر واقع در 27 کیلومتر شمال شهر شیروان سرچشمه می‌گیرد. جریان آب رودخانه شیرین دره به دو صورت جریان‌های زیرزمینی و سطحی تامین می‌شود. شکل (۱) موقعیت رودخانه‌های اصلی را در منطقه مورد مطالعه نشان می‌دهد.

سرشاخه‌ها اصلی این رودخانه عبارت‌اند از:

- سرشاخه پیغمبر: این رودخانه از دو سرشاخه کوچک‌تر به نام‌های آسیازو و میان زو تشکیل شده است. این سرشاخه از ارتفاعات مرز ایران و ترکمنستان سرچشمه می‌گیرد.
- سرشاخه قرق: این رودخانه دارای جریان فصلی بوده، در روستا قتلش با پیوستن به سرشاخه پیغمبر، رودخانه شیرین دره را به وجود می‌آورد (صدری و همکاران، ۱۳۹۲).

حوزه آبخیز شیرین دره نیز دارای 48 زیر حوزه بوده که 28 زیر حوزه آن مستقل بوده و 20 زیر حوزه آن داخل حوزه‌ای می‌باشد. مساحت این حوزه در مجموع برابر $161213/59$ هکتار است (مشاورین وزنا).

احداث سد منجر به تغییرات عمده‌ای در سطح منطقه و نواحی که تحت تأثیر سد هستند، از جمله اراضی بالادست حوزه آبریز سد می‌شود. این آثار ممکن است بر وضعیت و رفتار هواشناسی، زیست‌شناسی، فرهنگ، آثار باستانی و غیره تأثیر گذاشته و به شدت موجب تغییر و پیچیدگی آن شود (پیرستانی و شفقتی، ۱۳۸۸). از این رو، شناسایی و پایش تغییرات کاربری و پوشش سرزمین در



شکل (۲): موقعیت جغرافیایی حوزه آبخیز شیرین دره در کشور و استان

منطقه مورد مطالعه، اطلاعات، داده‌ها، لایه‌های رقومی شده و نقشه توپوگرافی مربوط به حوزه آبخیز تهیه و جمع‌آوری شد. همچنین، تصاویر ماهواره‌ای از پایگاه داده زمین‌شناسی آمریکا (USGS) تهیه شدند. اطلاعات مربوط به این تصاویر در جدول (۱)، ذکر شده است.

جهت تهیه نقشه کاربری اراضی از سه تصویر ماهواره لندست ۵ سنجنده TM (سال ۱۹۹۵ میلادی)، لندست ۷ سنجنده ETM+ (سال ۲۰۰۵ میلادی) و لندست ۸ سنجنده OLI (سال ۲۰۱۵ میلادی) استفاده شد. حوزه آبخیز شیرین دره در مسیر^(۱) ۱۶۱ و ردیف^(۲) ۳۴ تصاویر ماهواره‌ای لندست قرار گرفته است.

داده‌های سری‌های مختلف ماهواره‌ای لندست از لحاظ هندسه اخذ داده، کالیبراسیون، ویژگی‌های پوشش، ویژگی‌های طیفی، کیفیت محصول خروجی و در دسترس بودن داده‌ها با هم سازگار هستند و بدین‌وسیله امکان مطالعات پوشش گیاهی و مطالعات تغییر کاربری اراضی در طول زمان را فراهم می‌کنند (طیبیان، و دادراست، ۱۳۸۱).

منطقه مورد مطالعه در حد واسط منطقه دشت گرگان با آب و هوای مرطوب و بارندگی به نسبت بالا در غرب و آب و هوای خشک و سرد در شرق و بخش مرتفع حوزه قرار گرفته است. در این حوزه، با افزایش ارتفاع از میزان بارندگی کاسته می‌شود. میزان بارندگی از ۲۰۰ میلی‌متر تا ۳۲۵ میلی‌متر متغیر بوده و متوسط بارندگی آن ۲۷۰ میلی‌متر گزارش شده است. حداکثر درجه حرارت در تیرماه و مردادماه به ۳۵ درجه سانتی‌گراد و حداقل درجه حرارت ۶- درجه سانتی‌گراد می‌باشد. با توجه به متوسط ارتفاع حوزه و گرادیان حرارتی متوسط دمای سالیانه ۱۰/۵ درجه سانتی‌گراد محاسبه شده است. بارندگی به طور معمول از مهرماه شروع و تا آخر فروردین‌ماه ادامه دارد. دوره یخبندان در حوزه به‌طور متوسط ۱۱۱ روز می‌باشد.

روش پژوهش

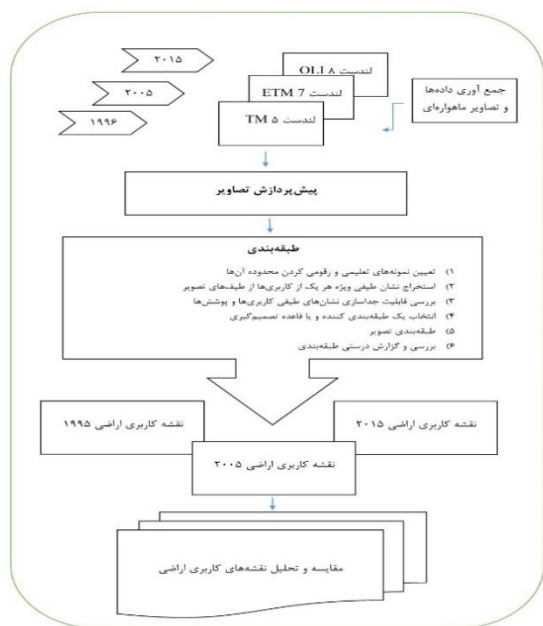
جمع‌آوری داده‌ها

در این مطالعه، پس از انجام مطالعات میدانی و کتابخانه‌ای در

جدول (۱): مشخصات تصاویر ماهواره‌ای اخذ شده

ماهواره	سنجنده	سال تصویربرداری	تعداد باندها	منبع اطلاعات
لندست ۸	OLI	۲۰۱۵	۱۱	USGS GLOVIS
لندست ۷	ETM	۲۰۰۵	۸	USGS GLOVIS
لندست ۵	TM	۱۹۹۶	۷	USGS GLOVIS

حد امکان خالص بودند بر روی تصویر رقومی شود. با توجه به کم بودن پیکسل‌های مربوط به آب‌های کم‌عمق در تصاویر از آن صرف‌نظر شد. در مرحله بعد، نشان طیفی با استفاده از سه باند برای نمونه‌های تعلیمی استخراج شد و با مقایسه میانگین قابلیت جداسازی نشان‌های طیفی^(۵) کاربری‌ها و پوشش‌ها بررسی شد. روش حداکثر احتمال^(۶) بر پایه تئوری احتمال بیس بنا گذاشته شده است. در این روش، با استفاده از میانگین، واریانس و کواریانس نمونه‌های تعلیمی، این طبقه‌بندی کننده مشخص می‌کند که احتمال پسیین تعلق یک پیکسل به یک طبقه مفروض چقدر است. از میان روش‌های طبقه‌بندی نظارت‌شده، روش حداکثر احتمال، به‌عنوان دقیق‌ترین و پر استفاده‌ترین روش نظارت‌شده ذکر شده است. شکل (۳)، مراحل انجام طبقه‌بندی را نشان می‌دهد.



شکل (۳): مراحل تهیه نقشه‌های کاربری اراضی

برای بررسی خطا لازم است که تصویر طبقه‌بندی‌شده با یک تصویر مرجع حاوی تعدادی نقاط کنترل زمینی مقایسه شود. این کار، در محیط نرم‌افزار ArcGIS 10 و با استفاده از ۵۰ نقطه کنترل زمینی برای هر کاربری صورت گرفت. پس از طبقه‌بندی تصاویر، نقشه کاربری اراضی تهیه می‌شود. در این مطالعه، جهت بررسی و آشکارسازی تغییرات، سه نقشه به‌دست آمده در محیط نرم‌افزار Arc GIS 10 با هم مقایسه می‌شوند (شکل‌های ۴، ۵ و ۶).

با توجه به آنگیری سد سال ۲۰۰۵، یکی از سال‌هایی که باید مبنای تحلیل‌ها قرار گیرد تصاویر ماهواره‌ای مربوط به این سال است و برای مقایسه تغییرات ایجادشده ناشی از احداث سد، نقشه کاربری ده سال قبل و بعد نیز باید تهیه می‌شود. در این مطالعه، از تصاویر ماهواره‌ای Google Earth، نرم‌افزارهای ArcGIS10، ENVI5 و IDRISI Selva17 و Excel استفاده شده است.

تهیه نقشه‌های کاربری اراضی

پیش از استفاده از تصاویر ماهواره، لازم است تا فرایندهای پردازشی (شکل ۳) جهت حذف نویز یا خطاهای موجود در تصویر که بر اثر خطای آشکارسازی سنجنده‌ها یا شرایط اتمسفری ایجاد می‌شود، بر روی تصویر اعمال شود. در این مطالعه، تصحیح اتمسفری و تصحیح رادیومتریک در محیط نرم‌افزار ENVI 5 بر روی تصاویر صورت گرفت. پس از انجام تصحیحات لازم و برش مرز حوضه آبخیز، طبقه‌بندی تصاویر به روش نظارت‌شده^(۳) انجام می‌شود (رونالد جی، ۱۳۸۸). شکل‌های (۴) الی (۶)، به ترتیب نقشه‌های کاربری اراضی استخراج شده در سال‌های ۱۹۹۶، ۲۰۰۵ و ۲۰۱۵ را نشان می‌دهد.

در طبقه‌بندی نظارت‌شده، ما می‌دانیم که در سطح منطقه چه تیپ‌های پوششی و چه کاربری‌هایی وجود دارد. در ضمن، ما باید بتوانیم این کاربری‌ها و تیپ‌های پوششی را بر روی تصویر شناسایی کرده و محدوده‌هایی از آن‌ها را انتخاب کنیم. به همین دلیل پیش از انجام طبقه‌بندی، با بررسی‌های میدانی و سپس تفسیر چشمی تصاویر ماهواره‌ای که بر اساس ترکیب باندهای مختلف صورت گرفت، کاربری‌های که در منطقه وجود دارد، در ۷ کلاس اصلی شناسایی شد. سپس جهت طبقه‌بندی نهایی کاربری‌های سرزمین، روش طبقه‌بندی نظارت‌شده در محیط نرم‌افزار ادیسی انجام شد. برای این منظور، مراحل زیر طی شد: ابتدا، نمونه‌های تعلیمی برای هر طبقه باید به دقت تعیین شود. برای این کار اندازه کاربری‌ها و پوشش موردنظر بر اساس پیکسل تصویر باید از تعداد کافی پیکسل تشکیل شده باشد؛ این عدد باید بیش از ۱۰ پیکسل باشد. علاوه بر آن باید بدانیم که پدیده موردنظر را می‌توان با استفاده از باندهای تصویر جدا نمود و میزان انتظار باید بر اساس محتوای اطلاعاتی باندهای تصویر باشد. در نهایت، با استفاده از ابزار رقومی‌گر^(۴) محدوده‌هایی از هر کاربری را که تا

یافته‌ها

نقشه پوشش و کاربری سرزمین با طبقه‌بندی نظارت‌شده به روش حداکثر احتمال تهیه شد. جهت افزایش اعتبار و درستی نقشه‌ها، با نقاط کنترل زمینی نیز مقایسه شدند.

در این مطالعه، ۶ کاربری با توجه به هدف مطالعه تعیین شد که این کاربری‌ها به شرح زیر می‌باشند:

طبقه جنگل: شامل اراضی جنگلی

طبقه مرتع: شامل اراضی مشجر و غیر مشجر که مراتع با کیفیت

بالا تا مراتع فقیر را شامل می‌شود

طبقه باغ و کشاورزی: کلیه باغات و اراضی کشت آبی

طبقه کشاورزی دیم

طبقه اراضی بدون پوشش: شامل مناطق بدون پوشش و سنگلاخی

طبقه آب: دریاچه سد

با توجه به نتایج به دست آمده از نقشه‌های کاربری اراضی، مراتع

در هر سه سال مطالعه بیشترین سهم کاربری‌ها را به خود

اختصاص داده است و کمترین سطح اراضی نیز مربوط به پهنه‌های

آبی می‌باشد (نمودار ۱).

سال ۱۹۹۶، اراضی کشاورزی و باغات ۵/۰۴ درصد و کشاورزی

دیم ۱/۵۶ درصد از سطح منطقه را به خود اختصاص داده بود. اما،

سال ۲۰۰۵ و هم‌زمان با آبیگری سد بیشترین کاربری کشاورزی

دیم ۷ درصد و باغ و کشاورزی آبی حدود ۶ درصد از کل کاربری‌ها

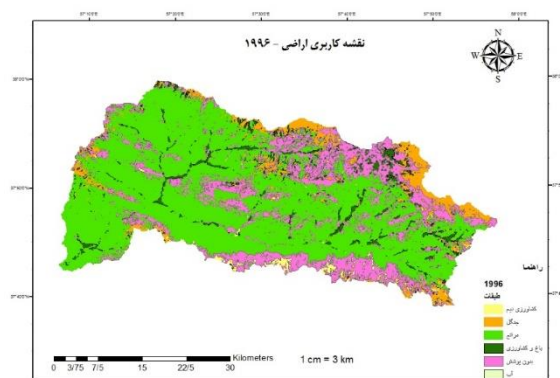
را به خود اختصاص داده است. در نهایت، با بررسی نقشه کاربری

اراضی سال ۲۰۱۵ نیز مورد مشاهده قرار می‌گیرد؛ کشاورزی دیم

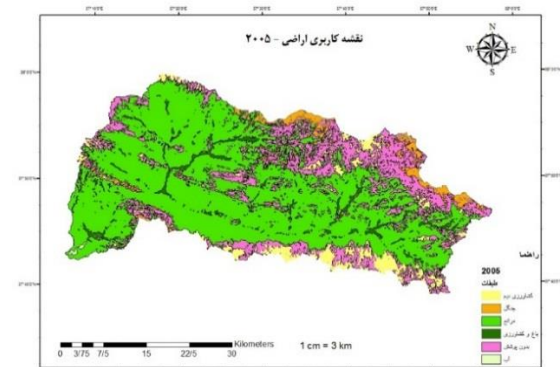
همچنان درصد بیشتری از اراضی را نسبت به باغ و کشاورزی

شامل می‌شود. در جدول (۲) تمامی اطلاعات به دست آمده از

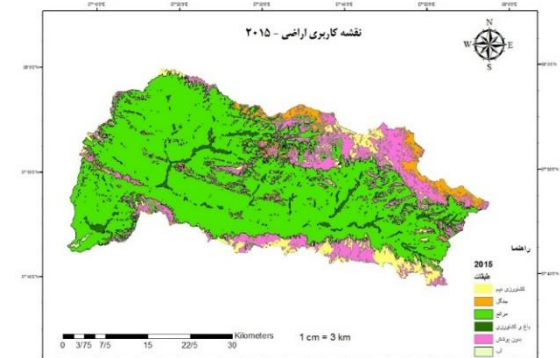
نقشه‌های کاربری اراضی در طول دوره مطالعه مشاهده می‌شود.



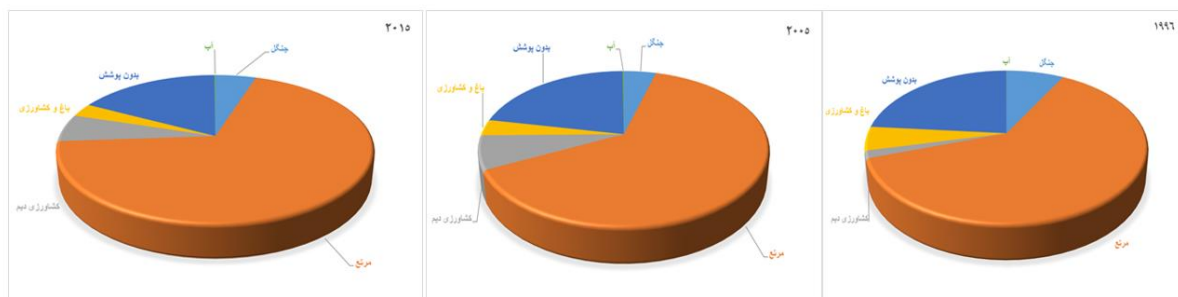
شکل (۴): نقشه کاربری اراضی سال ۱۹۹۶



شکل (۵): نقشه کاربری اراضی سال ۲۰۰۵



شکل (۶): نقشه کاربری اراضی سال ۲۰۱۵



نمودار (۱): مساحت کاربری اراضی (بر حسب درصد) در سال‌های ۱۹۹۶-۲۰۰۵-۲۰۱۵

جدول (۲): مساحت و درصد کاربری‌های اراضی در طول دوره مطالعه

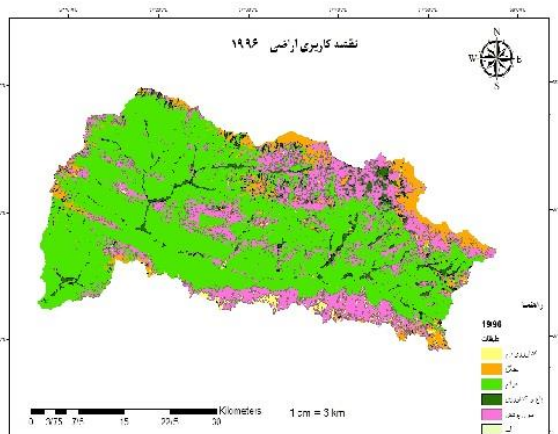
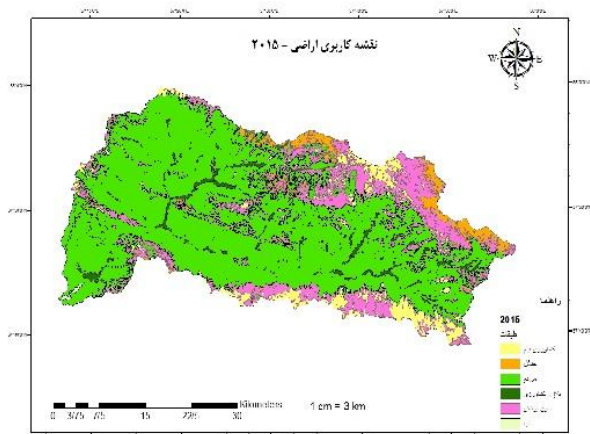
۲۰۱۵		۲۰۰۵		۱۹۹۶		نوع کاربری
درصد	مساحت (ha)	درصد	مساحت (ha)	درصد	مساحت (ha)	
۴/۹۴	۷۹۷۹/۷۲	۴/۳۲	۶۹۶۵/۳۱	۷/۸۴	۱۲۶۷۸/۹۶	جنگل
۶۸/۹۳	۱۱۱۱۲۸/۳۴	۶۳/۴۳	۱۰۲۲۵۵/۷۵	۶۱/۹۵	۹۹۸۷۱/۲۶	مرتع
۵/۹۶	۹۶۰۸/۴۲	۷/۰۱	۱۱۳۰۶/۲۵	۱/۵۶	۲۵۳۰/۵۲	کشاورزی دیم
۲/۹۲	۴۷۱۲/۹۰	۳/۳۵	۵۴۰۹/۰۱	۵/۰۴	۸۱۲۷/۲۱	باغ و کشاورزی
۱۷/۱۱	۲۷۵۸۳/۴۵	۲۱/۷۱	۳۵۰۰۵/۲۶	۲۳/۵۳	۳۷۹۴۱/۹۳	بدون پوشش
۰/۱۲	۱۹۴/۰۹	۰/۱۶	۲۶۶/۰۴	۰/۰۳	۵۴/۵۹	آب
۱۰۰	۱۶۱۲۰۶/۹۲۶	۱۰۰	۱۶۱۲۰۶/۹۲۶	۱۰۰	۱۶۱۲۰۶/۹۲۶	جمع

مقایسه دوبه‌دوی طبقات

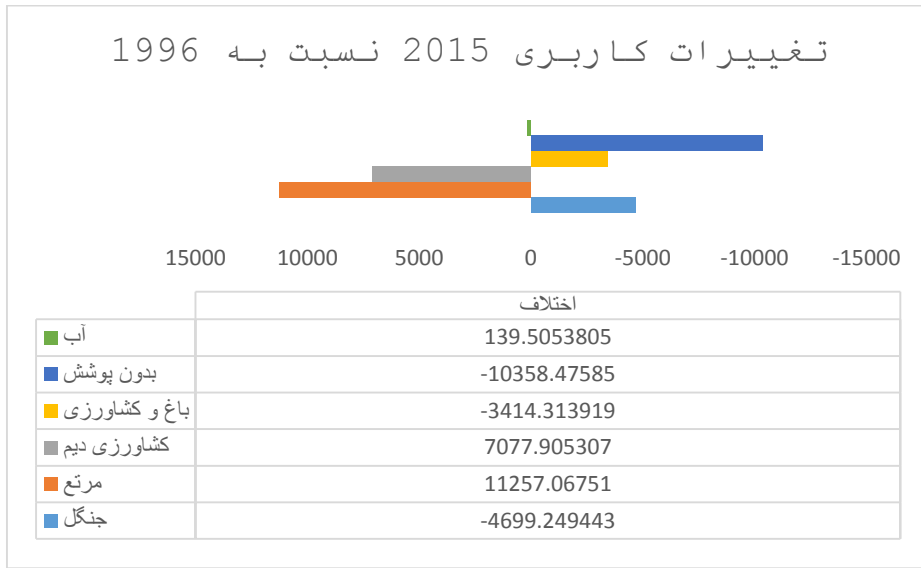
با مقایسه دوبه‌دوی نقشه‌های کاربری اراضی و بررسی آن‌ها می‌توان تصویر گویاتری از روند تغییرات کاربری‌ها در طول دوره مطالعه به‌دست آورد. همان‌طور که در شکل (۷) و نمودار (۲) مشاهده می‌شود، از سال ۱۹۹۶ تا ۲۰۱۵ روند تغییرات محسوس و چشمگیر می‌باشد. اراضی مرتعی و کشاورزی دیم نسبت به سال ۱۹۹۶ بیشتر شده‌اند. از سوی دیگر، کاربری‌های باغ و کشاورزی، جنگل‌ها و اراضی بدون پوشش بیشتر شدند. سال ۱۹۹۶، مراتع ۹۹۸۷۱ هکتار از کل منطقه را تشکیل می‌داد که تا سال ۲۰۱۵ این مقدار افزایش پیدا کرد و به ۱۱۱۱۲۸ هکتار رسید. در مورد اراضی بدون پوشش نیز میزان تغییر به این قرار بود که سال ۱۹۹۶ حدود ۳۷۹۴۱ هکتار مساحت داشت که این مقدار سال ۲۰۱۵ به ۲۷۵۸۳ هکتار کاهش یافت. در مورد کشاورزی دیم همان‌طور که بیان شد روند افزایشی مشاهده شد، به‌طوری که از ۲۵۳۰ هکتار سال ۱۹۹۶ به ۹۶۰۸ هکتار رسید. باغ و کشاورزی روند کاهشی

داشت، به‌طوری که سال ۱۹۹۶ حدود ۸۱۲۷۲ هکتار مساحت داشت. از این مقدار سال ۲۰۱۵ حدود ۴۷۱۳ هکتار به این کاربری تعلق داشته است. کاربری جنگل نیز افت محسوسی داشته است؛ به‌طوری که از ۱۲۶۷۹ هکتار به ۷۹۷۹ هکتار در سال ۲۰۱۵ می‌رسد.

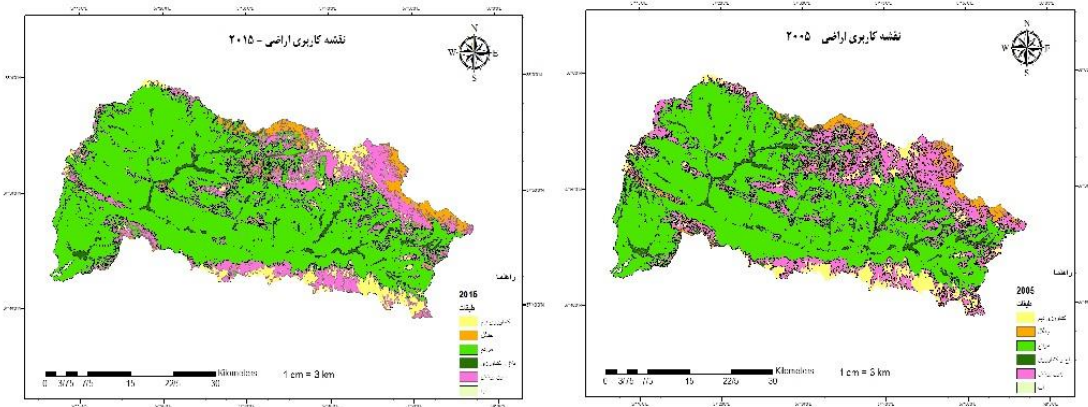
برای بررسی بهتر وضعیت تغییرات سرزمین پس از احداث و آبیگری سد (سال ۲۰۰۵) نیز مقایسه‌ای صورت گرفت که نتایج آن در نمودار (۳) و شکل (۸)، مشاهده می‌شود. مساحت باغ و کشاورزی، اراضی بدون پوشش و همچنین، کشاورزی دیم در این سال‌ها کاهش پیدا کرده است. مساحت کاربری کشاورزی از ۱۱۳۰۶ هکتار در سال ۲۰۰۵ به ۹۶۰۸ هکتار رسید و باغ و کشاورزی نیز نسبت به سال ۲۰۰۵ کمتر شده است و از ۵۴۰۹ هکتار در سال ۲۰۰۵، تنها ۴۷۱۳ هکتار از اراضی در سال ۲۰۱۵ به این کاربری تعلق دارد. سطح مراتع اندکی افزایش داشته و از ۱۰۲۲۵۵ هکتار به ۱۱۱۱۲۸ هکتار رسیده است.



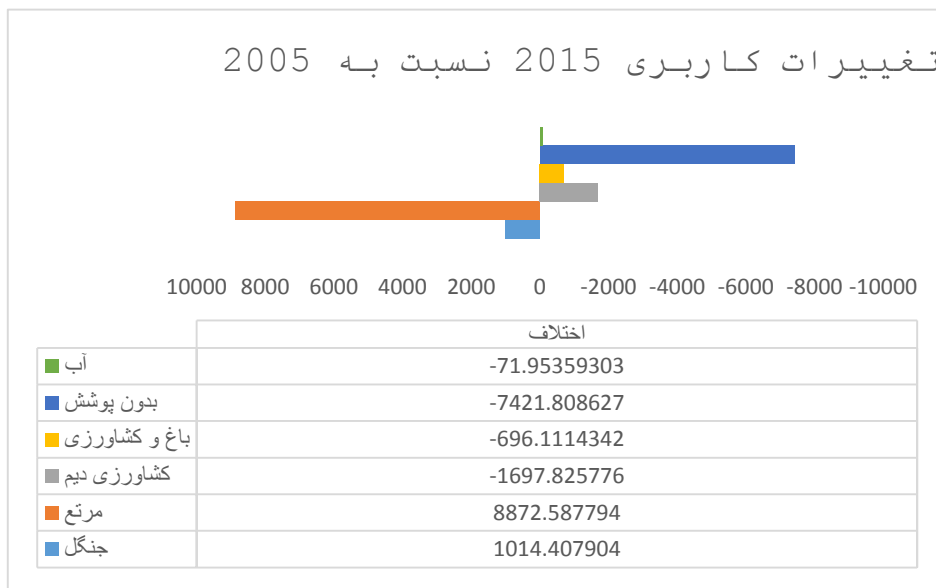
شکل (۷): مقایسه تغییرات کاربری‌ها ۱۹۹۶ تا ۲۰۱۵



نمودار (۲): تغییرات کاربری سال ۲۰۱۵ نسبت به سال ۱۹۹۶



شکل (۸): مقایسه تغییرات کاربری ها ۲۰۰۵ تا ۲۰۱۵



نمودار (۳): تغییرات کاربری ۲۰۱۵ نسبت به ۲۰۰۵

بحث و نتیجه‌گیری

تحلیل تغییرات در این مطالعه، بر اساس آشکارسازی تغییرات تصاویر طبقه‌بندی‌شده و با استفاده از GIS صورت گرفت. در میان تغییرات مختلف سرزمین، در این مطالعه بیشتر بر تغییرات پوشش گیاهی تمرکز شده است. محاسبات پردازش‌های مربوط مساحت و درصد کاربری‌ها با نرم‌افزار Arc MAP انجام شد. با مطالعه و بررسی نقشه‌های کاربری به‌دست آمده در طول دوره مطالعه، این نتیجه به دست می‌آید که تصاویر ماهواره‌ای و تکنیک‌های سنجش‌ازدور به‌خوبی تغییرات کاربری اراضی را در یک بازه زمانی به نسبت طولانی نشان می‌دهد. همچنین، بررسی مطالعات مشابه در این زمینه نیز گویای این مطلب است از جمله می‌توان به مطالعه‌ای که (متکیان و همکاران، ۱۳۸۹) با استفاده از روش‌های سنجش‌ازدور در بازه زمانی ۲۰ ساله انجام دادند اشاره کرد.

مطالعه حاضر نشان می‌دهد در هر دو مقطع زمانی مورد بررسی، مرتع پوشش غالب سرزمین می‌باشد. (متکیان و همکاران، ۱۳۸۹)، نیز در مطالعه خود علت افزایش سطح پوشش مرتعی منطقه مورد مطالعه خود را رهاسازی اراضی کشاورزی به‌ویژه اراضی دیم عنوان کردند که این امر سبب تبدیل اراضی زراعی رهاشده به مراتع شده است.

اراضی جنگلی هر دو بازه زمانی مطالعه کاهش یافته که با بررسی تصاویر می‌توان روند تخریب و تغییر آن‌ها را به اراضی بدون پوشش مشاهده نمود.

همچنین، سطح اراضی کشاورزی آبی که در دوره اول مطالعه به‌طور یکنواخت اطراف انشعابات رودخانه‌های اصلی در کل حوزه پراکنده بودند. پس از احداث سد و با مهاجرت مردم به اراضی نزدیک سد، این کاربری بیشتر در اطراف دریاچه سد متمرکز شد. احداث سدها بر روی رودخانه‌ها سبب 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 در کشاورزی با گیاهان با نیاز آبی بالا مصرف می‌شود (هادیان و همکاران، ۱۳۹۲). از این‌رو، بسیاری از زمین‌های پایین‌دست حوزه، از کاربری باغ و کشاورزی به زراعت دیم تغییر کاربری دادند. در مطالعه (متکیان و همکاران، ۱۳۸۹) نیز سطح اراضی کشاورزی آبی و دیم دارای نوسان بوده که دلیل آن مهاجرت و بازگشت مجدد مردم به منطقه در این فاصله بیان شده است و الگوی مکانی پوشش‌های مختلف نیز در حواشی رودخانه اصلی بیشترین تغییرات را داشت.

از مقایسه و بررسی یافته‌ها، این‌گونه می‌توان نتیجه گرفت که وضعیت کنونی حوزه با توجه به این‌که تنها ده سال از ساخت سد می‌گذرد، دستخوش تغییرات بسیاری شده است. کاهش محسوس در سطح کاربری‌های کشاورزی و زراعت دیم و جنگل‌ها و روند تغییرات بیانگر تهدید منطقه به تخریب در آینده‌ای نه‌چندان دور است. در مطالعه‌ای که (هادیان و همکاران، ۱۳۹۲)، بر روی تغییرات کاربری اراضی سد حنا داشتند، تغییرات سطح پوشش و کاربری اراضی قبل از تأسیس سد حنا و ۱۴ سال بعد از آن، نشان داد که تأسیس سد نه تنها سبب بهبود در وضعیت منطقه نشده است، بلکه کاهش سطح مراتع و زمین‌های کشاورزی و افزایش سطح زمین‌های بایر و بدون پوشش گیاهی را به دنبال داشته است.

یادداشت‌ها

1. Patch
2. Row
3. Supervised Classification
4. Digitizer
5. Signature
6. Maxlike

فهرست منابع

- آرخی، ص.؛ یوسفی، ص. و رستمی‌زاد، ق. ۱۳۹۲. بررسی تأثیر بهینه‌سازی کاربری اراضی در کاهش فرسایش و رسوب حوضه آبخیز سد چم‌گردلان به کمک GIS. جغرافیا و آمایش شهری-منطقه‌ای، (۶): ۷۵-۸۴.
- اسکندری، س.؛ مرادی، ا. و اولادی، ج. ۱۳۹۰. کاربری اراضی و تحلیل سیمای سرزمینی روستای گل سفید از نظر محیط‌زیستی با استفاده از RS و GIS. آمایش سرزمین، ۳(۴): ۱۳۳-۱۴۴.
- براتی قهفرخی، س.؛ سلطانی کوپایی، س.؛ خواجه‌الدین، س.ج. و رایگانی، ب. ۱۳۸۸. بررسی تغییرات کاربری اراضی در زیر حوزه قلعه شاهرخ با استفاده از تکنیک سنجش‌ازدور (دوره زمانی ۱۳۸۴-۱۳۵۴). علوم و فنون کشاورزی و منابع طبیعی، ۱۳ (۴۷): ۱۳-۲۰.

پیرستانی، م. و شفقتی، م. ۱۳۸۸. بررسی آثار زیست محیطی احداث سد. نشریه نگرش های نو در جغرافیای انسانی (جغرافیای انسانی)، ۳۹-۵۰: (۳)۱

رونالد جی، ای. ۱۳۸۸. سنجش از دور و سامانه های اطلاعات جغرافیایی کاربردی با نرم افزار ایدریسی. (ترجمه ع. سلمان ماهینی و ح. کامیاب). تهران: مهر مهدیس.

سلیمانی ساردو، ف.، سلطانی کوپایی، س.، و سلاجقه، ع. ۱۳۹۲. انتخاب شاخص سیل خیزی مناسب با استفاده از مدل بارش-رواناب HEC-HMS و تکنیک های GIS و RS مطالعه موردی: حوزه سد جیرفت. پژوهشنامه مدیریت حوزه آبخیز، ۴(۸).

شمسی ثانی، ر. و جفایی، م. ۱۳۹۲. بررسی آثار اجتماعی اقتصادی سد شیرین دره بجنورد با استفاده از رویکرد تحلیل عوامل استراتژیک (SWOT). کنفرانس بین المللی عمران، معماری و توسعه پایدار شهری. تبریز: دانشگاه آزاد واحد تبریز.

صدری، ب.؛ محمدزاده، ح.؛ محمودی قرایی، م. ح. و مساعدی، ا. ۱۳۹۲. بررسی هیدروژئوشیمی منابع آب حوزه آبریز سد شیرین دره (خراسان شمالی). هشتمین همایش انجمن زمین شناسی مهندسی و محیط زیست ایران. مشهد: دانشگاه فردوسی مشهد.

طالبی امیری، ش.؛ آذری دهکردی، ف.؛ صادقی، ح. و صوف باف، ر. ۱۳۸۸. تحلیل تخریب سیمای سرزمین حوزه آبخیز نکا با استفاده از متریک های اکولوژی سیمای سرزمین. مجله علوم محیطی ۶ (۳): ۱۴۴-۱۳۳.

طیبیان، م. و دادراست، م. ج. ۱۳۸۱. پایش (نظارت) تغییرات کاربری اراضی در زیر حوزه دروغ زن فارس با استفاده از RS و GIS. نشریه محیط شناسی، ۲۸(۲۹): ۹۱-۷۹.

عابدی، ز.؛ محرم نژاد، ن.؛ ریاضی، ب. و بیات، م. ۱۳۹۰. برآورد خسارت تخریب پوشش گیاهی واقع در محدوده دریاچه سد سازین. علوم و تکنولوژی محیط زیست، ۱۳(۴): ۸۰-۶۷.

عباس زاده، ا. و لطیفی، م. ۱۳۹۲. بررسی اثر مدل های رفتاری در تحلیل تنش تغییر شکل پایان ساخت در سدهای خاکی (مطالعه موردی سد شیرین دره). هفتمین کنگره ملی مهندسی عمران، دانشکده مهندسی شهید نیکبخت، زاهدان: دانشگاه سیستان و بلوچستان.

متکیان، ع. ا.؛ سعیدی، خ.؛ شکیبیا، ع. و حسینی اصل، ا. ۱۳۸۹. ارزیابی تغییرات پوشش اراضی در ارتباط با سد طالقان با استفاده از تکنیک های سنجش از دور. نشریه تحقیقات کاربردی علوم جغرافیایی، ۱۶(۱۹): ۶۴-۴۵.

محمدپور، م.؛ عبدی، ن. و المدرسی، س.ع. ۱۳۹۳. آشکارسازی تغییرات کاربری اراضی با استفاده از پردازش تصاویر ماهواره ای و متریک های سیمای سرزمین: مطالعه موردی شهر ارومیه. نخستین همایش ملی کاربرد مدل های پیشرفته تحلیل فضایی (سنجش از دور و GIS) در آمایش سرزمین، یزد: دانشگاه آزاد اسلامی واحد یزد.

هادیان، ف.؛ جعفری، ر.؛ بشری، ح. و رضانی، ن. ۱۳۹۲. بررسی آثار سد حنا بر تغییرات سطح کشت و کاربری اراضی. اکولوژی کاربردی، ۱۱۳-۱۰۱: (۴)۲.

Bazgeera, S.; Sharma, P.K.; Maheya, R.K.; Hundala, S.S. & 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.

Butt, A.; Shabbir, R.; Saeed Ahmad, S. & 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. & Cojaccarus, 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.

Dietzel, C.; Herold, M.; Hemphill, J.J. & Clarke, K.C. 2005. Spatialtemporal dynamics in Californias central Valley: empirical links to urban theory. Int. J. Geograph. Inf. Sci. 19: 175-195.

- Gajbhiye, S. & 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.
- Hu, H.B.; Liu, H.Y.; Hao, J.F. & An, J. 2012. Analysis of land use change characteristics based on remote sensing and GIS in the Jiuxiang river watershed. *Int. J. Smart Sens. Intell. Syst.* 5: 811–823.
- Nahuelhual, L.; Carmona, A.; Aguayo, M. & Echeverria, C. 2013. Land use change and ecosystem services provision: a case study of recreation and ecotourism opportunities in Southern Chile. *Landscape Ecol.* 29 (2):329–344.
- Parker, D. & 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. & 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
- Stewart, T.J.; Janssen, R. & Van Herwijnen, M. 2004. A genetic algorithm approach to multiobjective land use planning. *Comput. Oper. Res.* 31: 2293–2313.
- Sun, B. & Zhou, Q. 2016. Expressing the spatio-temporal pattern of farmland change in arid lands using landscape metrics. *Arid Environments.* 124:118-127.
- Wang, X.; Yu, S. & Huang, G.H. 2004. Land allocation based on integrated GIS-optimization modeling at a watershed level. *Landscape Urban Plann.* 66: 61–74.