

پایش کاربری اراضی با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای و بررسی ارتباط آن با خشکسالی در حوضه دویرج استان ایلام

فاطمه بالویی^۱، پوریا محیط اصفهانی^۲ و سعید سلطانی کوپائی^{۳*}

(تاریخ دریافت: ۱۳۹۸/۷/۲۹؛ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۹/۲/۱۶)

چکیده

امروزه عوامل متعددی سبب شده تا بسیاری از حوضه‌های آبخیز در معرض تخریب شدید قرار گیرند و به دنبال آن تغییر در روند طبیعی اکوسیستم یک منطقه به وجود آید. هدف از این مطالعه پایش تغییرات کاربری اراضی و بررسی ارتباط آن با خشکسالی در حوضه آبخیز دویرج استان ایلام بود. از تصاویر ماهواره لندست مربوط به سال‌های ۱۳۷۴، ۱۳۸۴ و ۱۳۹۳ برای پایش تغییرات کاربری اراضی و از شاخص خشکسالی بارش استاندارد SPI برای تعیین دوره‌های خشک و تر استفاده شد. نتایج نشان داد که طی بیست سال گذشته تخریب اراضی جنگلی و مرتعی همواره وجود داشته اما در دوره دوم ۱۳۹۳-۱۳۸۴ نسبت به دوره اول ۱۳۸۴-۱۳۷۴ شدت تخریب و تبدیل اراضی کمتر بود. به طور کلی در دو دهه اخیر حدود یک چهارم از اراضی جنگلی و بیش از نیمی از اراضی مرتعی به کاربری‌های دیگر و اراضی بایر تبدیل شده‌اند. همچنین وضعیت خشکسالی در سال ۱۳۷۴ به صورت ترسالی بسیار شدید شناسایی شد در حالی که در سال‌های ۱۳۸۴ و ۱۳۹۳ به سمت وضعیت‌های نرمال و نزدیک به نرمال سوق پیدا کرده است. لذا در دوره اول علاوه بر عوامل انسانی عوامل اقلیمی نیز روی تغییرات و تخریب کاربری‌های جنگلی و مرتعی نقش داشته است.

واژه‌های کلیدی: شاخص خشکسالی، کاربری اراضی، لندست

۱. گروه مرتع و آبخیزداری، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه صنعتی اصفهان
* مسئول مکاتبات، پست الکترونیکی: ssoltani@cc.iut.ac.ir

مقدمه

تغییر در نوع استفاده از عرصه‌های طبیعی کشور مشکلی است که از گذشته‌های دور مطرح بوده است. شیوه‌های بهره‌برداری از اراضی، بهره‌برداری از جنگل‌ها و مراتع، ایجاد مناطق مسکونی و شهری از عواملی هستند که بر شدت فرسایش و تولید رسوب منطقه اثر می‌گذارند (۱۹). چنین تغییراتی معمولاً به‌وسیله فعالیت‌های انسانی مثل جنگل‌زدایی، شهرنشینی، تشدید کشاورزی، چرای مفرط و به‌دنبال آنها تخریب اراضی ایجاد می‌شوند؛ با این حال عوامل طبیعی نیز می‌توانند منجر به فرسایش و تولید رسوب شوند (۱۳). استفاده از فناوری‌های دورسنجی و به‌کارگیری داده‌های ماهواره‌ای اغلب موجب کاهش هزینه‌ها، صرفه‌جویی در وقت، افزایش دقت و سرعت می‌شود. سنجش از دور و فناوری سیستم اطلاعات جغرافیایی از جمله فناوری‌های برتر و کارآمد در بررسی تغییرات محیطی و مدیریت منابع است که اطلاعات به‌روز را برای اهداف مدیریتی فراهم می‌آورد (۲۲). تحقیقات بسیاری به‌منظور آشکارسازی تغییرات کاربری اراضی و همچنین ارزیابی خشکسالی با استفاده از شاخص بارش استاندارد SPI (Standardized Precipitation Index) صورت گرفته است. آرخی و همکاران (۳) به بررسی مقایسه تکنیک‌های مختلف پایش تغییر کاربری اراضی/ پوشش گیاهی در حوضه دره‌شهر استان ایلام پرداختند. در تحقیق آنها مشخص شد روش تفاضل NDVI (Normalized Difference Vegetation Index) با ضریب صحت کل ۹۸/۵ و ضریب کاپای ۹۷ درصد از بین تکنیک‌های پایش بیشترین دقت را در پایش تغییرات کاربری اراضی/ پوشش گیاهی را در منطقه داشت. عبادی و عزیزیان (۶) تهیه نقشه کاربری اراضی/ پوشش اراضی را با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای در حوضه نائین‌رود استان قزوین انجام دادند. بررسی آنها قابلیت بالای تصاویر ETM+ را در تولید نقشه‌های کاربری اراضی/ پوشش اراضی حوضه مطالعاتی نشان داد. کیانی و همکاران (۱۲) ارزیابی صحت طبقه‌بندی تصویر ماهواره IRS-P6 با استفاده از پایگاه اطلاعاتی Google Earth را به‌منظور تهیه نقشه پوشش/ کاربری اراضی در حوضه طالقان

انجام دادند. درنهایت پیشنهاد کردند که به‌علت دقت مناسب تصاویر Google Earth به‌منظور ارزیابی صحت طبقه‌بندی و حتی تفسیر بصری پوشش/ کاربری اراضی استفاده شود. جباری و همکاران (۱۰) خشکسالی و تأثیر آن بر تغییر کاربری اراضی/ پوشش در سمیرم استان اصفهان را بررسی کردند و با استفاده از میانگین بارندگی سالیانه، سال ۱۹۹۹ را به‌عنوان سال خشک و سال ۲۰۰۴ را به‌عنوان سال تر مشخص کردند. بررسی تغییر کاربری در این دو سال نشان داد میزان پوشش سال خشک نسبت به سال تر کاهش چشمگیری دارد. طلوعی و همکاران (۲۴) برای بررسی اثرات خشکسالی روی تغییرات کاربری اراضی در دشت روداب شهرستان سبزوار از شاخص SPI و روش میانگین متحرک هفت‌ساله و برای بررسی تغییرات کاربری و پوشش گیاهی از شاخص NDVI استفاده کردند. نتایج بررسی آنها نشان داد که کاهش زراعت آبی به‌میزان ۹۸/۸۵ درصد، مرتع خوب به‌میزان ۹۶/۷۳ درصد، باغات به‌میزان ۸۶/۸۶ درصد، منطقه مسکونی به‌میزان ۳۷/۲۲ درصد و دیم‌زارها به‌میزان ۲۵/۴۶ درصد و افزایش آیش به‌میزان ۹۹/۲۷ درصد، مرتع متوسط به‌میزان ۲۶/۴۳ درصد، اراضی بایر به‌میزان ۵/۹۵ درصد و مرتع ضعیف به‌میزان ۴/۵۹ درصد است. خشکسالی هواشناسی و به‌دنبال آن عدم تغذیه سفره‌های آب زیرزمینی، همگی باعث کاهش سطح زیر کشت زراعت آبی، باغات و دیم‌زارها و افزایش آیش و زمین‌های بایر و همچنین تبدیل مراتع خوب به مراتع متوسط و ضعیف شده و در مجموع با توجه متکی بودن اقتصاد منطقه به دامداری و کشاورزی همه این موارد روی آمار جمعیت انسانی و کاهش مناطق مسکونی مؤثر بوده است. محمدی و همکاران (۱۵) به بررسی پایش و پیش‌بینی تغییرات کاربری/ پوشش گیاهی و ارتباط آن با خشکسالی در حوضه آبخیز زاینده‌رود پرداختند. نتایج پژوهش آنها نشان داد بین تغییرات کاربری اراضی/ پوشش و خشکسالی در حوضه مطالعاتی ارتباط معنی‌دار وجود دارد. مختاری و همکاران (۱۶) به بررسی تأثیر خشکسالی بر تغییرات پوشش گیاهی و فضای سبز شهر اصفهان (با استفاده از داده‌های چندزمانه ماهواره لندست) پرداختند. نتایج پژوهش آنها نشان

تخریب شدید قرار گیرند. این امر خود منجر به افزایش رواناب و رسوب می‌شود؛ علم سنجش از دور با صرف زمان و هزینه کم این امکان را به وجود می‌آورد که با داشتن نقشه کاربری‌های به‌روز به برنامه‌ریزان برای مدیریت حوضه کمک کند. با توجه به اینکه تاکنون ارزیابی روند خشکسالی در سطح کل حوضه دویرج استان ایلام صورت نگرفته است و این منطقه از حوضه‌های اصلی مرزی است، این پژوهش با هدف بررسی تغییرات زمانی و مکانی وضعیت خشکسالی و بررسی ارتباط آن با تغییرات کاربری اراضی / پوشش اتفاق افتاده در حوزه دویرج استان ایلام با استفاده از تصاویر لندست و تکنیک‌های سنجش‌ازدور به‌همراه شاخص SPI انجام شد.

مواد و روش‌ها

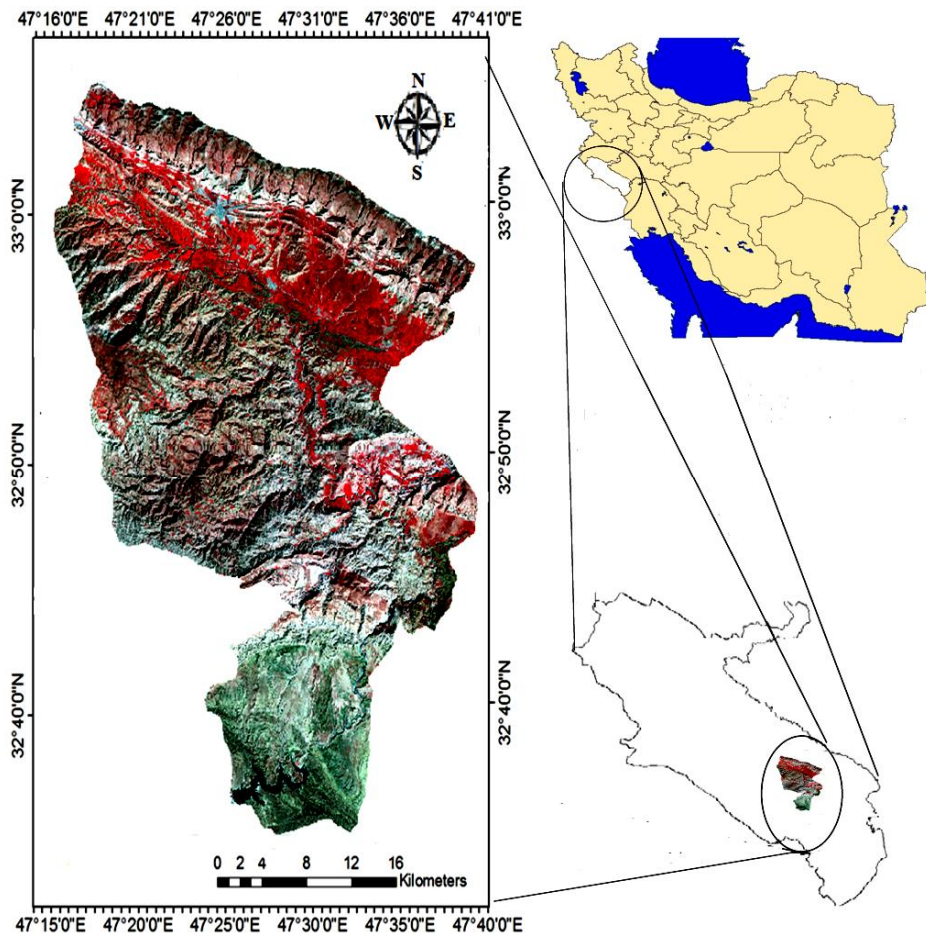
منطقه مورد مطالعه

حوضه آبخیز رودخانه «دویرج» با مساحت ۱۲۱۶۰۰ هکتار، در جنوب شرقی استان ایلام واقع شده است که دارای مختصات جغرافیایی ۱۶° ۴۷' تا ۴۰° ۴۷' طول شرقی ۳۴° ۳۲' تا ۳۳° ۵' عرض شمالی است. این حوضه از شمال به کبیر کوه، در جنوب به موسیان در شرق به کوه دال‌پری و حوضه آبخیز رودخانه چیخواب و از غرب به دینار کوه و دهلران محدود می‌شود (۷). موقعیت منطقه و مشخصات ایستگاه‌های مورد استفاده در پژوهش حاضر در شکل ۱ و جدول ۱ نشان داده شده است.

تصاویر ماهواره‌ای

برای انجام این مطالعه از تصاویر ماهواره لندست استفاده شد که از سایت سازمان زمین‌شناسی آمریکا USGS برداشت شد. از آنجایی که هدف از این مطالعه بررسی تأثیر روند تغییرات کاربری / پوشش و بررسی ارتباط آن با وقایع خشکسالی است؛ تصاویر مورد نظر به‌گونه‌ای استخراج شد که علاوه بر داشتن شرایط مناسب برای تفسیر، از لحاظ موقعیت زمانی تصویربرداری نیز به هم نزدیک بوده و با فاصله ۱۰ سال از یکدیگر باشند. با توجه به بازدیدهای صحرائی و بررسی

داد شاخص‌های گیاهی انتخاب شده، افزایش نسبی سطح مناطق با درصد تاج پوشش کمتر و کاهش سطح کلاس‌های با درصد تاج پوشش بالا به‌خوبی تأثیر خشکسالی و تغییر کاربری شهری را بیان می‌کند. ناطقی و همکاران (۱۷) به بررسی تغییرات پوشش گیاهی بر اساس شاخص‌های گیاهی NDVI، SAVI (Soil Adjusted Vegetation Index)، RVI (Ratio Vegetation Index) و WDI (Weighted Difference Vegetation Index) با استفاده از سنجش از دور پرداختند. نتایج آنها نشان داد شاخص SAVI با بیشترین ضریب کاپا و شاخص WDI با کمترین مقدار به‌ترتیب بهترین و ضعیف‌ترین عملکرد را بین شاخص‌ها داشتند. وینتر و روزنبری (۲۵) به بررسی اثر خشکسالی بر تالاب پیری (Prairie) واقع در ایالت متحده آمریکا پرداختند. نتایج بررسی آنها نشان داد که خشکسالی عامل مهمی در خشک شدن تالاب بوده است. هایس و همکاران (۹) با استفاده از شاخص SPI و پالمر (PDSI: Palmer Drought Severity Index) به ارزیابی خشکسالی ایالت‌های آمریکا پرداختند. آنها شاخص بارش استاندارد شده را ابزاری مناسب برای هشدار خشکسالی دانستند. از مطالعات مهم که به‌تازگی در زمینه خشکسالی در کشور ایران انجام شده می‌توان به تعیین دوره‌های بازگشت و ریسک تداوم خشکسالی در ایستگاه‌های قدیمی ایران با فرض استقلال و ایستایی سرهای زمانی بارندگی سالانه و برآورد ریسک خشکسالی به‌ازای ۵۰ درصد احتمال وقوع خشکسالی توسط خلیلی و همکاران (۱۱) اشاره کرد. داس و همکاران (۵) با استفاده از تصاویر ETM+ و شاخص SPI برای پایش وضعیت خشکسالی در گجرات هند پرداختند و اظهار داشتند که ترکیب تصاویر ماهواره‌ای و شاخص‌های خشکسالی در بررسی مطالعات مفید است. سلیمانی ساردو و همکاران (۲۳) با استفاده از شاخص بارش استاندارد شده به پهنه‌بندی و تحلیل خشکسالی در استان کرمان پرداختند. نتایج مطالعه آنها نشان داد تمرکز خشکسالی بیشتر در جنوب، شرق و مرکز استان بوده است. به‌دلیل افزایش رشد جمعیت، اقدامات مدیریتی نادرست و عدم نظارت، روند تخریب پوشش اراضی سبب شده بسیاری از حوزه‌های آبخیز در معرض



شکل ۱. موقعیت کشوری و استانی حوضه آبخیز دویرج

جدول ۱. مشخصات جغرافیایی ایستگاه‌های مورد مطالعه

نام ایستگاه	عرض جغرافیایی (درجه)	طول جغرافیایی (درجه)	میانگین بارش ایستگاه (میلی متر)
مهران	۴۶/۱۸	۳۳/۱۱	۲۳۳/۹۴
دهلران	۴۷/۲۶	۳۲/۶۸	۲۴۳/۴۸
دره شهر	۴۷/۴	۳۳/۱۳	۴۳۴/۱۷
ایلام	۴۶/۴۳	۳۳/۶۳	۶۰۰/۷۶
ایوان	۴۶/۱۹	۳۳/۵	۶۵۷/۰۸
سرابله	۴۶/۳۴	۳۳/۴۷	۳۸۷/۷۶
آبدانان	۴۷/۴۰	۳۲/۹۷	۵۹۰/۵
پل دختر	۴۷/۷۱	۳۳/۱۵	۳۷۹/۹۲
کوه‌دشت	۴۷/۶۳	۳۳/۵۳	۳۷۶/۵۶

جدول ۲. مشخصات تصاویر اخذ شده

ردیف	ماهواره	سنجنده	تاریخ تصویر به میلادی	تاریخ تصویر به شمسی	قدرت تفکیک باندهای مورد استفاده بر حسب متر
۱	لندست ۵	TM	۱۹۹۶/۰۳/۰۷	۱۳۷۴/۱۲/۱۶	۳۰
۲	لندست ۷	ETM+	۲۰۰۶/۰۳/۱۱	۱۳۸۴/۱۲/۲۰	۳۰
۳	لندست ۸	OLI	۲۰۱۵/۰۳/۱۲	۱۳۹۳/۱۲/۲۱	۳۰

کردن پیکسل‌های جا افتاده با استفاده از تصاویر کمکی بود. در این مطالعه از تصاویر ماهواره لندست ۷ مربوط به تاریخ ۱۳۷۹/۰۱/۰۷ به‌علت نزدیکی دو تصویر از نظر تاریخ گرفتن تصویر به‌لحاظ فصل رویش پوشش گیاهی برای رفع خطای راه‌شدگی تصویر ۱۳۸۴ استفاده شد. با توجه به تصحیحات اولیه که در سری ماهواره لندست انجام می‌پذیرد دقت تصاویر با خطای RMSE (Root-Mean Square Error) کمتر از یک پیکسل در فایل فراداده موجود هستند؛ بنابراین تصاویر حاصل ژئورفرنس و دارای خطای هندسی پایین هستند. برای تصحیح اتمسفری از الگوریتم Dark Subtraction استفاده شد. کلیه عملیات بارزسازی از قبیل بزرگ‌نمایی و کوچک‌نمایی تصویر، ترکیب رنگی کاذب 4+3+2 برای لندست ۵ و ۷ و ترکیب رنگی ۳،۴،۵ برای لندست ۸، تحلیل مؤلفه‌های اصلی PCA (Principal Component Analysis) و شاخص گیاهی NDVI برای اطلاع از وضع پوشش گیاهی به‌کار گرفته شد. ارزش این شاخص بین ۱ و -۱ است که مقادیر بیشتر و نزدیک به ۱ بیانگر پوشش گیاهی متراکم و مقادیر کمتر و نزدیک به -۱ بیانگر ابرها، برف و آب است. همچنین مقادیر نزدیک به صفر این شاخص نشان‌دهنده عوارض سنگی و اراضی بایر است (۲).

طبقه‌بندی تصاویر ماهواره‌ای

ابتدا با استفاده از تفسیر تصاویر ماهواره‌ای، عکس‌های هوایی، تصاویر Google Earth و ایجاد ترکیب رنگی کاذب و طبقه‌بندی نظارت نشده که بیانگر خصوصیات طیفی سطح زمین با کاربری‌های معلوم است روی تصویر پلی‌گون‌های نمونه‌برداری به‌عنوان نمونه‌های آموزشی ایجاد شد. برای هر

تصاویر ماهواره لندست در ماه‌های مختلف اگر چه در مناطق مرتفع که دارای پوشش جنگل است در اردیبهشت شرایط مطلوب‌تری از نظر رشد وجود دارد اما در مناطق پست پایین دست به‌علت دمای بالا تنها در اسفند و فروردین دارای پوشش گیاهی مرتع و سپس رشد آن پایان می‌یابد همچنین در اراضی دیم کشت گندم اواسط اسفند و فروردین گیاه قبل از مراحل خوشه‌دهی دارای شرایط شادابی است. گیاه سالم و شاداب معمولاً ۴۰ تا ۵۰ درصد انرژی مادون قرمز نزدیک در محدوده ۰/۷ تا ۱/۱ میکرومتر دریافتی را منعکس می‌کند (۱). تصاویر ماه‌های که سطح حوضه دارای حداکثر پوشش گیاهی و بدون ابر بود دانلود شد. این حوضه در اسفند و فروردین دارای شرایط مطلوبی از نظر پوشش ضمن همزمانی حضور مرتع، جنگل و کشاورزی با هم بود. مشخصات تصاویر گرفته شده در جدول ۲ آورده شده است.

پردازش تصاویر ماهواره‌ای

پس از نمایش تک‌باندها و ترکیبات مختلف رنگ روی صفحه نمایش نرم‌افزار ENVI5.1 لایه‌ها به‌لحاظ خطاهای رادیومتریکی و هندسی، مورد پردازش اولیه قرار گرفتند. تصاویر از نظر اشکالاتی از قبیل تیرگی، وجود ابر، خطای نوار شدگی و غیره مورد بررسی قرار گرفتند. تصاویر مربوط به سال ۱۳۷۴ و ۱۳۹۳ دارای چنین اشکالاتی نبود. تنها تصویر برداشت شده از ماهواره لندست ۷ (۱۳۸۴) به‌علت نقص فنی به‌وجود آمده در این سنجنده، تصویر دارای خطای راه‌راه شدگی بود. برای رفع خطای این تصویر از افزونه Landsat_Gapfill در نرم‌افزار ENVI5.1 استفاده شد. به‌علت اینکه در روش درون‌یابی برای رفع خطای نوارشدگی تصویر به‌صورت پلکانی به‌دست آمد مناسب‌ترین روش جایگزین

مناسب اطراف نقاط برداشت صحرائی و قرار دادن کلاس‌های مشابه در یک گروه به‌گونه‌ای که ۳۰ درصد منطقه را شامل شود برای هشت کلاس موردنظر ایجاد شد. نمونه‌ها در محیط ROI Tools در نرم‌افزار ENVI فراخوانی و صحت‌سنجی نقاط طبقه‌بندی شده کاربری اراضی ارزیابی شد. دقت ماهواره Quikbird حدود ۵/۰ متر است و بدین ترتیب مشکل فقدان نقشه واقعیت زمینی مرتفع می‌شود (۱۲). صحت نقشه ۱۳۷۴ و ۱۳۸۴ با انتخاب ۴۰۰ نقطه کنترل زمینی برداشت شده از تصاویر رنگی کاذب مورد ارزیابی قرار گرفت. در این مطالعه از ضریب کاپا، صحت کلی، دقت تولید کننده و دقت کاربر در فرایند بررسی روند طبقه‌بندی استفاده شد.

ارزیابی خشکسالی

شاخص SPI توسط مک کی و همکاران در سال ۱۹۹۳ از مرکز اقلیمی کلرودا و مرکز ملی کاهش خشکسالی ایالت متحده آمریکا به‌منظور تعریف و پایش وضعیت فعلی خشکسالی ایجاد شد (۱۴). در تحقیق حاضر از داده‌های بارش ۹ ایستگاه هواشناسی در داخل و نزدیک به حوضه مورد مطالعه استفاده شد. مشخصات ایستگاه‌های مورد مطالعه در جدول ۱ نشان داده شده است. از مقادیر SPI ۱۲ ماهه منتهی به ماه سپتامبر برای سال‌های ۱۳۷۴، ۱۳۸۴ و ۱۳۹۳ برای بررسی شرایط خشکسالی منطقه و تأثیر ارتباط آن روی تغییرات کاربری اراضی/ پوشش با بررسی درصد تغییرات کاربری/ پوشش استفاده شد. وضعیت‌های خشکسالی شاخص SPI بر اساس جدول ۳ طبقه‌بندی شد.

نتایج

طبقه‌بندی تصاویر

در مطالعه حاضر طبقه‌بندی به‌روش طبقه‌بندی نظارت شده و الگوریتم حداکثر احتمال انجام شد. نقشه کاربری اراضی/ پوشش در شکل ۲ و مساحت و درصد مساحت برای سه دوره زمانی ۱۳۷۴، ۱۳۸۴ و ۱۳۹۳ در جدول ۴ آورده شده است.

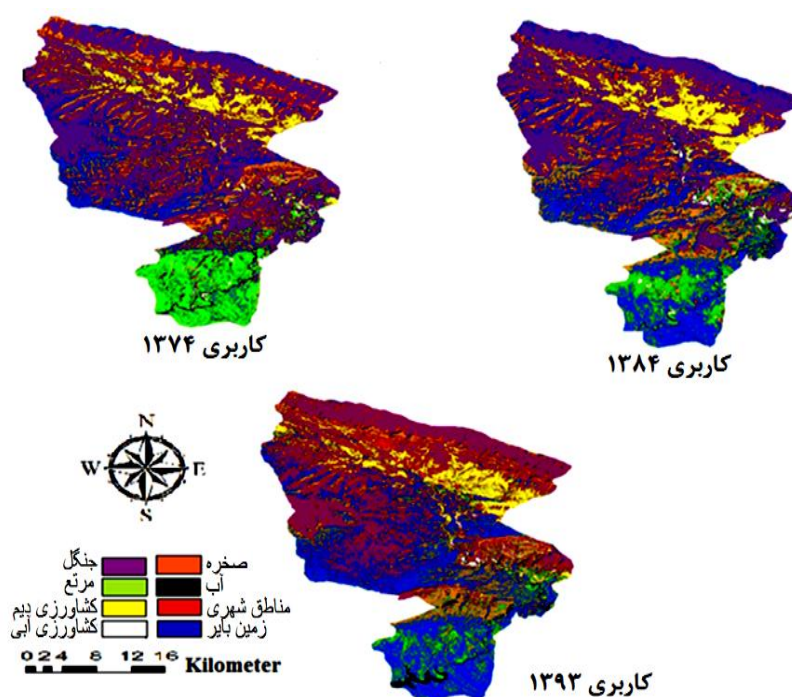
نمونه آموزشی بر اساس مطالعه رابرت (۲۱) حداقل ۱۰۰ پیکسل درنظر گرفته شد. همچنین برای دستیابی به یک طبقه‌بندی نظارت شده و صحیح در ماه‌های اسفند و فروردین به تکرار از منطقه بازدید صحرائی به‌عمل آمد و اصلاحات لازم برای افزایش دقت طبقه‌بندی در محیط‌های نرم‌افزاری مورد پردازش قرار گرفت و در نهایت هشت کلاس کاربری شامل: جنگل، مرتع، آب، زمین بایر، کشاورزی دیم، کشاورزی آبی، مناطق شهری و صخره در حوضه مورد مطالعه شناسایی شد.

صحت طبقه‌بندی

بعد از طبقه‌بندی تصاویر ماهواره‌ای با استفاده از نمونه‌های تعلیمی که در روند طبقه‌بندی دخالت نداشته‌اند، اقدام به ارزیابی صحت طبقه‌بندی شد. با توجه به توپوگرافی خشن و صعب‌العبور بودن در بسیاری از نقاط حوضه، امکان برداشت نقاط صحرائی با پراکنش مناسب امکانپذیر نبود. از این‌رو با استفاده از برداشت نقاط محدود در کلاس‌های کاربری و با استفاده از تصاویر ماهواره Quickbird که توسط نرم‌افزار Google Earth ارائه می‌شود ارزیابی صحت طبقه‌بندی مورد بررسی قرار گرفت. در گام بعد مرز منطقه مورد مطالعه در نرم‌افزار Arc GIS 10.3 با فرمت kml ذخیره و سپس وارد نرم‌افزار Google Earth شد. پس از آن با استفاده از نقاط برداشت شده روی لایه‌های خطی نظیر جاده‌ها و رودخانه‌ها ارزیابی دقت تصویر Google Earth با خطای RMSE کمتر از سه متر برآورد شد. کیانی و همکاران (۱۲) نیز ضمن ارزیابی صحت نقشه طبقه‌بندی کاربری اراضی/ پوشش در حوضه طالقان با استفاده از تصاویر Google Earth مقدار خطای RMSE دقت تصاویر را بین یک تا دو متر گزارش کردند. نظری سامانی (۱۸) بر اساس مطالعاتی که با استفاده از تصاویر Google Earth در استان بوشهر انجام داد دقت تصاویر را 1×1 متر برآورد کرد. در ادامه با ایجاد بزرگ‌نمایی روی صفحه نمایش رایانه بر تصاویر Google Earth تا سطح کاربری نمونه‌های پلیگونی در داخل منطقه مورد مطالعه، با پراکنش

جدول ۳. طبقه‌بندی وضعیت خشکسالی بر اساس شاخص SPI (۱۴)

وضعیت خشکسالی	نمایه SPI
ترسالی خیلی شدید	۲ و بیشتر
ترسالی شدید	بین ۱/۵ تا ۱/۹۹
ترسالی متوسط	بین ۱ تا ۱/۴۹
نزدیک نرمال	بین ۰/۹۹- تا ۰/۹۹
خشکسالی متوسط	بین ۱- تا ۱/۴۹-
خشکسالی شدید	بین ۱/۵- تا ۱/۹۹-
خشکسالی بسیار شدید	۲- و کمتر



شکل ۲. نقشه کاربری اراضی سال‌های ۱۳۷۴، ۱۳۸۴ و ۱۳۹۳ (رنگی در نسخه الکترونیکی)

تغییرات کمتری نسبت به کاربری‌های جنگل، مرتع و زمین بایر بوده و تغییرات کاربری صخره نزدیک به صفر بود. درصد تغییرات کاربری‌های مختلف در دوره‌های مورد مطالعه در شکل ۴ نشان داده شده است.

تعیین دقت نقشه کاربری تولیدشده

دقت کاربری، دقت تولید کننده، صحت کلی و ضریب کاپا برای نقشه‌های تولید شده در جدول ۵ آورده شده است.

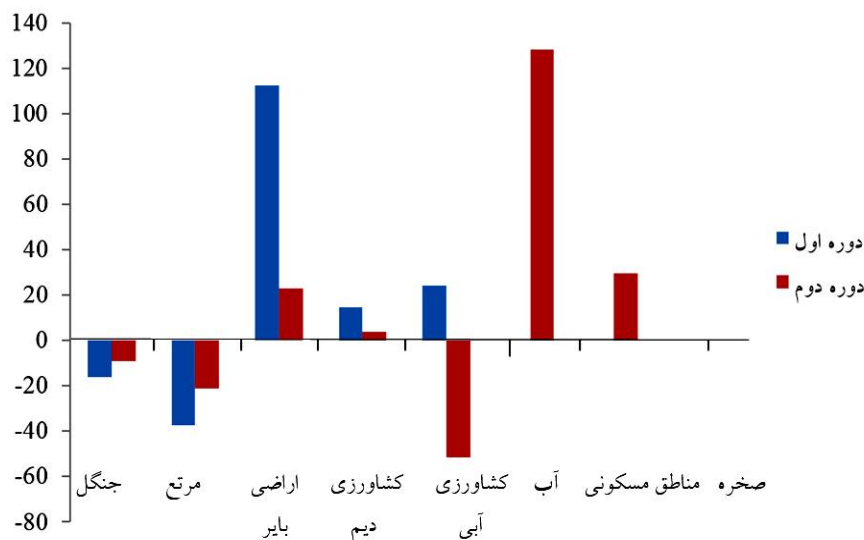
تفسیر نقشه‌های کاربری تولید شده نشان داد که بیشترین تغییرات مربوط به تخریب جنگل و مرتع و افزایش زمین بایر است به طوری که میزان وسعت جنگل در سال ۱۳۷۴، ۱۳۸۴ و ۱۳۹۳ به ترتیب برابر ۵۱/۱، ۴۲/۸ و ۳۸/۹ درصد و مراتع به ترتیب برابر ۱۲/۷، ۸/۰۹ و ۶/۴ درصد و زمین بایر برای این سال‌ها برابر با ۱۱/۲، ۲۳/۲ و ۲۸/۵ درصد است. سایر تغییرات کاربری‌ها در شکل ۳ آورده شده است. سایر کاربری‌های شهری، آب، کشاورزی آبی، کشاورزی دیم دارای

جدول ۴. مساحت و درصد مساحت طبقات کاربری اراضی سال‌های ۱۳۷۴، ۱۳۸۴ و ۱۳۹۳

کاربری اراضی	مساحت (هکتار) ۱۳۷۴	درصد مساحت ۱۳۷۴	مساحت (هکتار) ۱۳۸۴	درصد مساحت ۱۳۸۴	تبدیل‌شده در دوره اول ۱۳۷۴-۱۳۸۴	درصد اراضی	مساحت (هکتار) ۱۳۹۳	درصد مساحت ۱۳۹۳	تبدیل‌شده در دوره دوم ۱۳۸۴-۱۳۹۳
جنگل	۵۹۷۸۶	۵۱/۵۲	۴۹۷۴۲	۴۲/۸۰	-۱۶/۸	۳۸/۹۱	۴۵۲۲۴	۳۸/۹۱	-۹/۰۸
مرتع	۱۵۰۱۹	۱۳/۷۹	۹۴۰۶	۸/۰۹	-۳۷/۳۷	۶/۴۰	۷۴۳۶	۶/۴۰	-۲۰/۹۴
اراضی بایر	۱۲۷۲۳	۱۰/۱۱	۲۷۰۴۰	۲۳/۲۷	+۱۱۲/۵۳	۲۸/۵۷	۳۳۲۵۰	۲۸/۵۷	+۲۲/۹۶
کشاورزی دیم	۸۴۲۱	۷/۲۵	۹۶۶۱	۸/۳۱	+۱۴/۷۲	۸/۶۴	۱۰۰۴۳	۸/۶۴	+۳/۹۵
کشاورزی آبی	۱۷۷۲	۱/۵۴	۲۱۹۹	۱/۸۹	+۲۴/۱	۰/۹۲	۱۰۶۳	۰/۹۲	-۵۱/۶۵
آب	۸۵۰	۰/۷	۸۵۰	۰/۷	۰	۱/۶۹	۱۹۴۱	۱/۶۹	+۱۲۸/۳۵
مناطق مسکونی	۴۶۰	۰/۴	۴۵۸	۰/۴	۰	۰/۵۱	۵۹۴	۰/۵۱	۲۹/۶۹
صخره	۱۷۳۵۴	۱۴	۱۶۹۵۰	۱۴	۰	۱۴	۱۶۷۱۲	۱۴	۰



شکل ۳. مقایسه درصد تغییرات کاربری جنگل، مرتع و زمین بایر برای کاربری‌های ۱۳۷۴، ۱۳۸۴ و ۱۳۹۳ برحسب درصد مساحت (رنگی در نسخه الکترونیکی)



شکل ۴. مقایسه درصد تغییرات کاربری‌های مختلف حوضه دویرج در دو دوره ۱۳۷۴-۱۳۸۴ و ۱۳۸۴-۱۳۹۳

جدول ۵. ماتریس خطای طبقه‌بندی شده

سال	دقت کاربر (درصد)	دقت تولید کننده (درصد)	صحت کلی (درصد)	ضریب کاپا (درصد)
۱۳۷۴	۸۷/۱	۹۴/۵	۹۳/۶	۹۱/۱
۱۳۸۴	۹۰/۳	۹۵/۶	۹۶/۶	۹۵/۱
۱۳۹۳	۹۷/۳	۹۶/۸	۹۵/۳	۹۴/۲

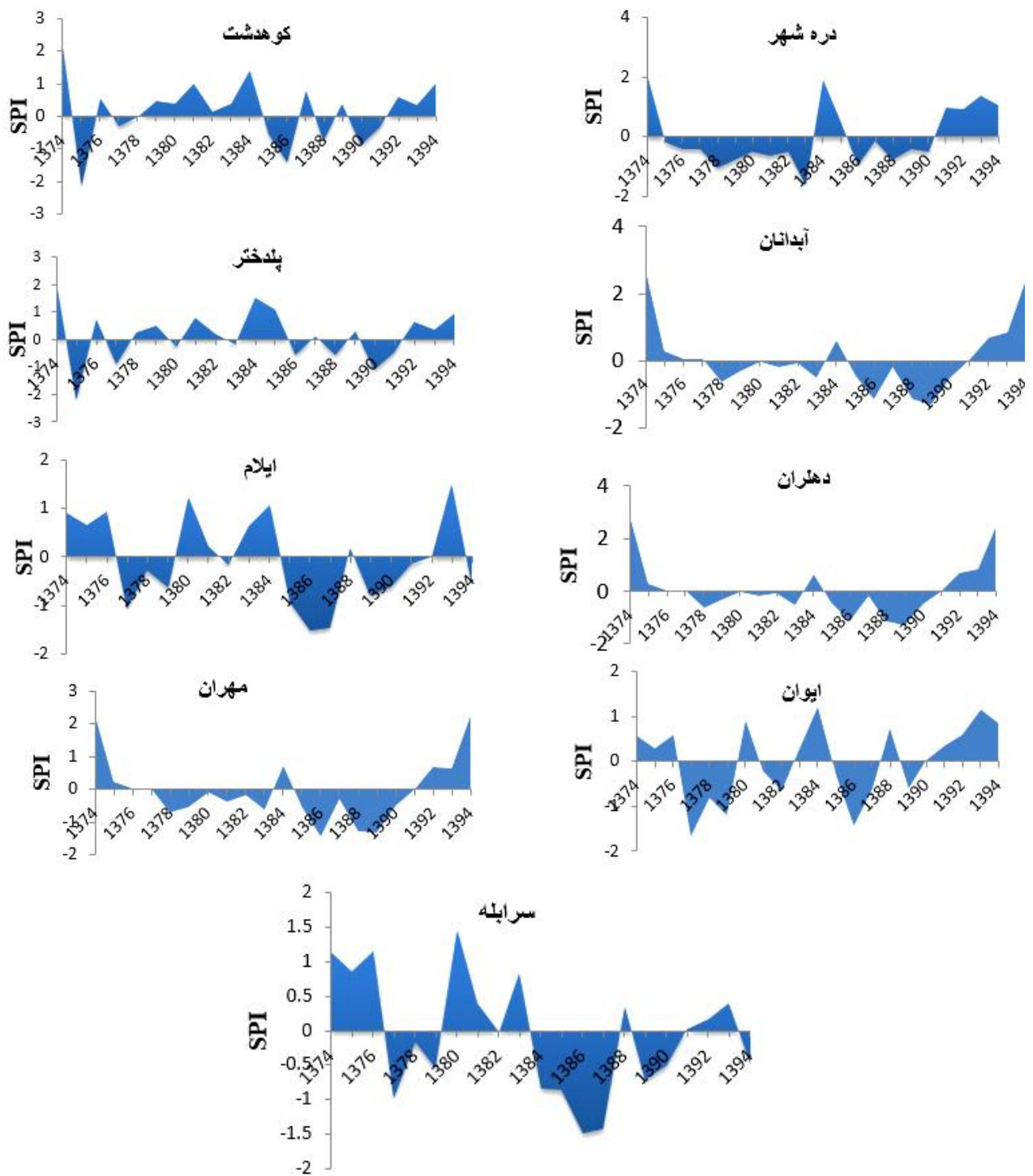
ارزیابی خشکسالی

بررسی شرایط خشکسالی حوضه مورد مطالعه بر اساس شاخص بارش استاندارد نشان داد که کل حوضه دویرج طی سال ۱۳۷۴ دارای وضعیت ترسالی خیلی شدید $SPI > 2$ و در سال‌های ۱۳۸۴ و ۱۳۹۳ شرایط رطوبتی در اکثر بخش‌های حوضه دارای وضعیت نزدیک به نرمال بوده است. در طول دوره مطالعاتی به‌جز سال‌های ۱۳۸۶، ۱۳۸۸ و ۱۳۸۹ که شرایط رطوبتی منطقه در طبقه خشکسالی متوسط قرار دارند سایر سال‌ها از نظر خشکسالی در طبقه نزدیک به نرمال قرار می‌گیرند. به‌طور کلی روند خشکسالی در طول دوره مطالعاتی با تغییرات اندک برای اکثر سال‌ها در طبقه نزدیک به نرمال قرار دارد. نمودار تغییرات شاخص خشکسالی SPI ۱۲ ماهه در شکل ۵ برای ایستگاه‌های مورد مطالعه نشان داده شده است. هرچند تصاویر متعلق به یک روز خاص هستند اما در دل خود حاوی حافظه اطلاعاتی از گذشته هستند. برای نمونه پوشش گیاهی در یک ماه خاص بیانگر پیشینه رطوبتی و حرارتی در طی یک هفته گذشته، یک ماه گذشته، فصل گذشته و ... است. مطالعات اخیر نشان داده که بسته به گونه‌های گیاهی مختلف (چوبی یا علفی) اثر پیشینه رطوبتی متفاوت است. برای نمونه یک جنگل با گونه‌های درختی با یک واقعه خشکسالی یک ماهه دچار تغییرات چندانی نمی‌شود؛ لذا در این مطالعه از شاخص SPI ۱۲ ماهه استفاده شد چرا که نه تنها خشکسالی‌های شناخته شده در این مقیاس زمانی روی گونه‌های درختی منطقه تأثیرگذار است بلکه با مورد دست‌خوش قرار دادن سیستم هیدرولوژیک منطقه روی کاربری‌های وابسته مانند کشاورزی آبی و اراضی دیم منطقه نیز تأثیرگذار خواهد بود. در ادامه برای نمایش بهتر نتایج با توجه به

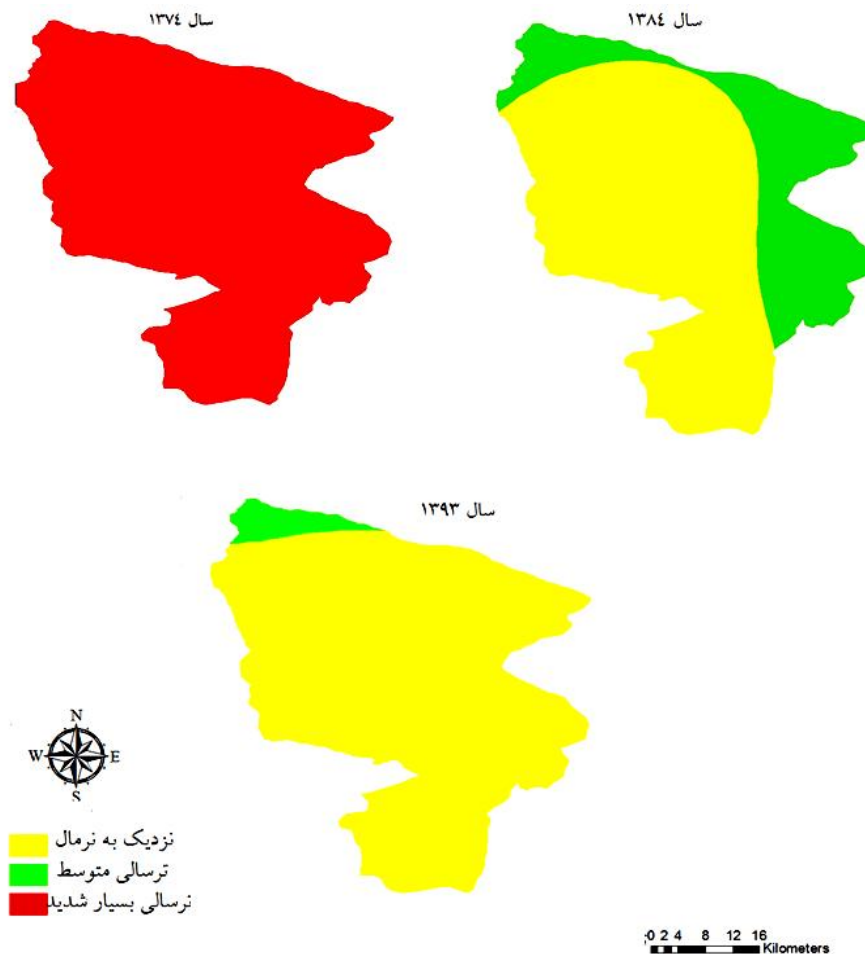
مقادیر SPI ۱۲ ماهه منتهی به ماه سپتامبر در نرم‌افزار ArcGIS با استفاده از روش معکوس فاصله وزنی (Inverse Distance Weighted) نقشه‌های پهنه‌بندی خشکسالی مربوط به سال‌های ۱۳۷۴، ۱۳۸۴ و ۱۳۹۳ ترسیم شد. نقشه پهنه‌بندی شاخص خشکسالی برای منطقه مورد مطالعه در شکل ۶ نشان داده شده است پس از تفسیر مکانی و زمانی خشکسالی در سال‌هایی که نقشه کاربری اراضی / پوشش تهیه شده بود میزان تغییرات با توجه به شرایط خشکسالی تفسیر شد.

بحث و نتیجه‌گیری

امروزه به‌دلیل افزایش جمعیت، اقدامات مدیریتی نادرست و عدم نظارت، روند تخریب پوشش اراضی سبب شده بسیاری از حوضه‌های آبخیز در معرض تخریب شدید قرار گیرند. این امر خود منجر به افزایش رواناب و رسوب می‌شود؛ بنابراین داشتن نقشه کاربری‌های به‌روز به برنامه‌ریزان برای مدیریت حوضه کمک می‌کند. ارزانی و همکاران (۴) از ترکیب رنگی کاذب RGB 4:3:2 برای طبقه‌بندی نظارت شده با استفاده از الگوریتم حداکثر احتمال که بسیار متداول است و توسط سایر پژوهشگران نیز توصیه شده، استفاده کرده‌اند. نتایج حاصل از این پژوهش با توجه به نقشه‌های کاربری اراضی نشان داد که روند تغییرات کاربری جنگل از سال ۱۳۷۴ تا ۱۳۹۳ روند کاهشی داشته به‌طوری که سطح اراضی جنگلی از ۵۹۴۶۸ هکتار در سال ۱۳۷۴ به ۴۵۲۲۴ هکتار در سال ۱۳۹۳ و اراضی مرتعی نیز از ۱۵۰۱۹ هکتار در سال ۱۳۷۴ به ۷۴۳۶ هکتار در سال ۱۳۹۳ رسیده است. به‌عبارتی حدود یک چهارم از اراضی جنگلی و نیمی از اراضی مرتعی حوضه دویرج در طی دو دهه اخیر از بین رفته است. در مقابل سطح



شکل ۵. تغییرات شاخص خشکسالی SPI در ایستگاه‌های مورد مطالعه در دوره زمانی ۱۳۷۴ تا ۱۳۹۴



شکل ۶. نقشه پهنه‌بندی وضعیت‌های خشکسالی برای حوضه دویرج در سال‌های ۱۳۷۴، ۱۳۸۴ و ۱۳۹۳ (رنگی در نسخه الکترونیکی)

فرخزاده و همکاران (۸)، جباری و همکاران (۱۰) و طلوعی و همکاران (۲۴) نیز است. همچنین در طی دوره دوم با کاهش بیش از ۵۰ درصد اراضی کشاورزی آبی مساحت اراضی آبی حوضه دویرج افزایش ۱۵۰ درصدی داشته که اهمیت مصرف آب توسط بخش کشاورزی را تا حدود زیادی نشان می‌دهد. استفاده از شاخص خشکسالی SPI برای توجیه علت تغییرات کاربری در حوضه دویرج استان ایلام از جنبه‌های مهم نوآوری این مطالعه محسوب می‌شود. با توجه به نتایج به‌دست آمده از پژوهش حاضر، تغییرات کاربری اراضی و پوشش زمین در حوضه دویرج تا حد زیادی وابسته به تغییرات شرایط خشکسالی است. این امر به‌خوبی با بررسی تغییرات کاربری/پوشش طی سال‌های ۱۳۷۴

نشان داد که میزان این تغییرات در دوره اول نسبت به دوره دوم روند بیشتری داشته است، این درحالی است که در دوره اول در بازه بین سال‌های ۱۳۷۴ تا ۱۳۸۴ وضعیت رطوبتی حوضه دویرج از ترسالی بسیار شدید به سمت وضعیت‌های خشک‌تر مثل نرمال و ترسالی متوسط تبدیل شده است اما طی دوره دوم بین سال‌های ۱۳۸۴ تا ۱۳۹۳ شرایط رطوبتی کمتر دچار تغییرات شده و شرایط نرمال منطقه برقرار بود. لذا می‌توان به‌وضوح نقش خشکسالی را روی تغییرات کاربری اراضی/پوشش به‌ویژه کاربری‌های جنگل، مرتع و کشاورزی در این حوضه مشاهده کرد که هم‌راستا با نتایج سایر پژوهشگران، از جمله محمدی و همکاران (۱۵)، راثو و همکاران (۲۰)، مختاری و همکاران (۱۶)،

نقاط جهان به‌ویژه کشور ایران افزایش یافته است و به‌نوبه خود علاوه بر فعالیت‌های انسانی اثر مضاعفی روی سیستم‌های طبیعی وارد کرده است. بنابراین در صورت وقوع خشکسالی و کاهش پوشش جنگل و مرتع، فشار چرا روی مراتع باقی مانده، فرسایش خاک و رواناب افزایش می‌یابد.

زمین‌های بایر از ۱۳۰۲۳ هکتار در سال ۱۳۷۴ به ۳۳۲۵۰ هکتار در سال ۱۳۹۳ افزایش بیش از ۱/۵ برابر داشته است. نتایج تا ۱۳۸۴ و ۱۳۸۴ تا ۱۳۹۳ که به‌ترتیب دارای تغییر فازهای شرایط خشکسالی متفاوت و یکسان هستند؛ در حوضه دویرج آشکار شد. در چند دهه اخیر به‌علت تغییرات اقلیمی و گرمایش جهانی فراوانی رویدادهای حدی مانند سیل و خشکسالی نیز در اکثر

منابع مورد استفاده

1. Alavi Panah, S. K. 2013. Application of Remote Sensing in Earth Sciences (Soil Sciences). University of Tehran, Tehran, Iran, 500 p.
2. Allison, E. W. 1989. Monitoring drought affected vegetation with AVHRR Digest. *International Geoscience and Remote Sensing Symposium* 4: 1965-1967.
3. Arekhi, S., Y. Niazi and H. Arzani. 2011. Comparison of different land use/vegetation land use monitoring techniques using RS & GIS (Case study: Darehshahr basin - Ilam province). *Iranian Journal of Environmental Science* 3: 81-96. (In Farsi).
4. Arzani, H., Kh. Mirakhorlo and S. Z. Hoseaini. 2009. Preparation of land use map using Landsat 7 satellite ETM+ satellite data (Case study part of Taleghan watershed rangelands). *Scientific and Research Journal of Iran Range and Desert Research* 2: 150-160. (In Farsi).
5. Das, S., M. R. Choudhury, S. Gandhi and V. Joshi. 2016. Application of earth observation data and standardized precipitation index based approach for meteorological drought monitoring, assessment and prediction over Kutch, Gujarat, India. *International Journal of Environment and Geoinformatics* 3(2): 27-37.
6. Ebadi, M. and A. Azizian. 2013. Preparation of Land Use Map Using Imagery Images and Remote Sensing Method (Case study of Nain River in Qazvin province). First National Conference on Geography, Urban Planning and Sustainable Development, Tehran, Kumesh Environmental Association, University of Aviation Industry, March 28th, 1-11. (In Farsi).
7. Ebrahimi, H., A. R. Moghadamnia and H. Karimi. 2014. Comparison of two rainfall-runoff models for flow simulation (Case study: Doiraj River catchment basin in Ilam province, Range and Watershed Management. *Iranian Journal of Natural Resources* 524-541. (In Farsi).
8. Farrokhzadeh, B., Sh. Mansouri and Sepehri, A. 2017. Determination of correlation between NDVI and EVI vegetation indices with respect to SPI meteorological drought (Case study: Lowland rangelands of Golestan province). *Journal of Agricultural Meteorology* 5: 56-65. (In Farsi).
9. Hayes, M. J., D. Svoboda, D. A. Wilhite and O. V. Vanyarkho. 1999. Monitoring the 1996 drought using the standardized precipitation index. *Bulletin of the American Meteorological Society* 80: 429-438.
10. Jabbari, S., S. C. Khajeeddin and S. Soltani Kupai. 2011. Drought and Its Impact on Land Use Change, Case Study: Semirom Isfahan Province. First National Conference on Drought and Climate Change, Karaj, Dehydration and Drought Research Center in Agriculture and Natural Resources, , 28 May, 1-9. (In Farsi).
11. Khalili, A. and J. Bazrafshan. 2008. Evaluation of drought duration risk using annual secular precipitation data in ancient stations of Iran. *Iranian Journal of Geophysics* 2(2): 13-23
12. Kiani, V., A. Alizadeh Shabani and A. A. Nazari Samani. 2014. Evaluation of IRS-P6 satellite image classification accuracy using google inheritance database for mapping/land use (Case study: Talogan watershed). *Journal of Geographical Information* 23(90): 51-60. (In Farsi).
13. Lambin, E. F. 1997. Modelling and monitoring land cover change processes in tropical regions. *Progress in Physical Geography* 21(3): 375-393.
14. McKee, T. B., J. Doesken and N. J. Kleist. 1993. The relationship of drought frequency and duration to time scales, Eighth Conference on Applied Climatology, 17-22 January, Anaheim, California, 179-183.
15. Mohammadi, Sh., Kh. Habashi and S. Pormanafi. 1397. Monitoring and prediction of land use/land cover changes and its relationship with dryland (Case study: Parcel B2 sub-basin, Zayandehrood watershed). *Iranian Journal of Remote Sensing and Geographic Information System in Natural Resources* 1: 24-38. (In Farsi).
16. Mokhtari, E., N. Kavehzadeh and F. Shanbeh Dastjerdi. 2006. Investigation of drought impact on vegetation and green space changes in Isfahan city using Landsat TM and ETM+ multi-temporal data. *Journal of Research in*

- Agricultural Sciences* 2(1): 25-36. (In Farsi).
17. Nateghi, S., A. Nohegar, A. H. Ehsani and A. Bazrafshan. 2017. Investigation of vegetation changes based on vegetation indices using remote sensing. *Iranian Journal of Rangeland and Wildlife Research* 24(4): 778-790. (In Farsi).
 18. Nazari Samani, A. 2008. Investigation of effective mechanisms in gully erosion to determine topographic thresholds, runoff and sediment yield (Case study: Bushehr province). PhD dissertation, Faculty of Natural Resources, University of Tehran. 181 p. (In Farsi).
 19. Nazarisamani, A., H. Haravi, M. Panahi and M. Jafari Shalamzar. 2012. Effect of land use change and rainfall changes on sediment yield of Taleghan basin. *Pasture and Watershed of Iranian Natural Resources* 1: 157-165. (In Farsi).
 20. Roa, G. R., B. V. Reddy, G. T. Naidu and B. H. Malini. 2013. Impact of drought on landuse/land cover changes in Srikakulam district of Andhra Pradesh- A Syudy through remote sensing and GIS. *International Journal of Multidisciplinary Educational Research* 2: 88-103.
 21. Robert, A. S. 1987. Techniques for Image Processing and Classification. Remote Sensing University of Arizona, Academic Press, New York, 387 p.
 22. Rosta, Z., S. M. Monavari, M. Darvishi and F. Falahati. 1391. Application of remote sensing data (RS) and geographic information system (GIS) in extracting land use maps of Shiraz. *Iranian Journal of Land Planning* 6: 149-164. (In Farsi).
 23. Soleymani Sardo, F., S. Soltani Kopaei and A. Sarhadi. 2008. Drought Zonation and Analysis Using Standard Precipitation Index (SPI) in Kerman Province. Third Conference on Iranian Water Resources Management. Tabriz University of Civil Engineering October 14-16. (In Farsi).
 24. Tolooei, S., A. Akbari and H. Barabadi. 2013. Impacts of Meteorological Drought on Land Use Changes (Case Study: Roudab Plain of Sabzevar). First National Conference on Sustainable Agriculture and Natural Resources, Tehran, Mehr-e-Arvand Higher Education Institute, Eco-Friendly Promotion Group, and Iran Nature Conservation Association, February 1. (In Farsi).
 25. Winter, T. C. and D. O. Rosenberry. 1998. Hydrology of prairie pothole wetlands during drought and deluge: A 17-year study of the cottonwood lake wetland complex in North Dakota in the perspective of longer term measured and proxy hydrological records. *Climatic Change* 40: 189-209.

Land Use Monitoring using Satellite Imagery and Its Relationship with Drought in the Doiraj Watershed of Eilam Province

F. Baluei¹, P. Mohit Esfahani¹ and S. Soltani Kupaei^{1*}

(Received: October 21-2019; Accepted: May 05-2020)

Abstract

Today, there are many factors affecting watersheds, consequently changing natural ecosystems succession. The aim of this study was to investigate the effect of drought events on land use changes at Doiraj Watershed of Ilam Province from 1996 to 2015. For this purpose, Landsat satellite images were used for land use change monitoring and Standardized Precipitation Index (SPI) was applied for drought characterization. The results showed that during the two last decades, the forest and rangeland have been continuously destroyed. However, in the first period (1996-2006), land use changes and land degradation have been more intensive than the second period (2006-2015). Generally, in the past twenty years, about a quarter of the forest land and more than half of the rangeland had been destroyed or changed to become other land uses. Drought monitoring results also showed an extremely wet condition in 1996 and normal and near normal conditions for 2006 and 2015. Therefore, we can conclude that in the first period, in addition to human activities, changes in drought condition as a climatic factor could affected land use change and land degradation.

Keywords: Drought, Land use, Landsat

1. Dept. of Rangeland and Watershed, Faculty of Natur. Resour., Isfahan Univ. of Tech., Isfahan, Iran.

*: Corresponding Author, Email: ssoltani@cc.iut.ac.ir