



دانشگاه آزاد اسلامی واحد اهر  
فصلنامه‌ی علمی فضای جغرافیایی

سال بیستم، شماره‌ی ۷۲  
زمستان ۱۳۹۹، صفحات ۲۰۴-۱۸۵

روح اله رضائی<sup>۱</sup>  
\* جمال قدوسی<sup>۲</sup>  
امیر حسام حسنی<sup>۳</sup>  
رضا ارجمندی<sup>۴</sup>  
علیرضا وفایی نژاد<sup>۵</sup>

## طبقه‌بندی و ارزیابی تغییرات کاربری اراضی با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای لندست (مطالعه موردی: آبخوان دشت قزوین)

تاریخ پذیرش: ۱۳۹۹/۱۱/۰۵

تاریخ دریافت: ۱۳۹۹/۰۶/۲۲

### چکیده

تغییرات کاربری اراضی بر اثر فعالیت‌های انسانی از موضوعات مهم در برنامه‌ریزی‌های منطقه‌ای و توسعه‌ای است. برای استفاده مناسب از زمین، آگاهی از تغییرات کاربری اراضی و نوع استفاده انسان از سرزمین لازم و ضروری است، این امر با آشکارسازی تغییرات کاربری اراضی میسر می‌شود. از این رو بررسی تغییرات کاربری اراضی نقش اساسی در مطالعات زیست‌محیطی ایفا می‌کند. امروزه فن‌آوری سنجش از دور و سیستم اطلاعات جغرافیایی، به طور مؤثر جهت شناسایی و تعیین مقدار تغییرات کاربری اراضی و اثرات آن بر محیط‌زیست استفاده می‌شوند. این پژوهش با هدف بررسی تغییرات تبدیل کاربری‌ها با استفاده از فن‌آوری سنجش از دور و تصاویر ماهواره‌ای برای چهار دوره زمانی ۵ ساله، از سال ۱۳۷۸ تا ۱۳۹۸ در سطح آبخوان دشت قزوین که بخشی از حوزه آبخیز قزوین

۱- دانشجوی دکتری گروه مدیریت محیط‌زیست، دانشکده منابع طبیعی و محیط‌زیست، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد علوم و تحقیقات، تهران، ایران.

۲- گروه مدیریت محیط‌زیست، دانشکده منابع طبیعی و محیط‌زیست، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد علوم و تحقیقات، تهران، ایران. (نویسنده مسئول).

E-mail: Jamal\_go@yahoo.com

۳- گروه مهندسی محیط‌زیست، دانشکده منابع طبیعی و محیط‌زیست، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد علوم و تحقیقات، تهران، ایران.

۴- گروه مدیریت محیط‌زیست، دانشکده منابع طبیعی و محیط‌زیست، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد علوم و تحقیقات، تهران، ایران.

۵- گروه ژئوتکنیک و حمل‌ونقل، دانشکده مهندسی عمران، آب و محیط‌زیست، دانشگاه شهید بهشتی، تهران، ایران.

می‌باشد انجام شده است. جهت تهیه نقشه‌های کاربری اراضی سال‌های ۱۳۷۸، ۱۳۸۳، ۱۳۸۸، ۱۳۹۳ و ۱۳۹۸ از تصاویر ماهواره‌ای TM و OLI ماهواره‌ای لندست ۵ و ۸ استفاده شد. در ادامه تصاویر ماهواره‌ای به روش طبقه‌بندی نظارت شده و با استفاده از الگوریتم حداکثر احتمال همسایگی با صحت کلی ۸۸/۲۳ تا ۹۶/۲۸ درصد بر اساس جدول (۵) در پنج کلاس کاربری طبقه‌بندی شدند. در نهایت نقشه‌های کاربری اراضی حاصله مورد مقایسه قرار گرفتند. تجزیه و تحلیل تغییرات نشان داد که مساحت اراضی مرتعی در طول سال‌های مورد مطالعه روند کاهشی و سایر کاربری‌ها روند افزایشی را طی نموده است، به طوری که وسعت اراضی با کاربری زراعی آبی، مناطق مسکونی و صنعتی، اراضی دیم و رهاشده و اراضی شورزار و بایر به ترتیب به میزان ۱۴/۲۴ درصد، ۳۸/۸ درصد، ۲۵/۳۷ درصد و ۸/۳۷ درصد افزایش یافته ولی اراضی با کاربری مرتع به میزان ۲۱/۱۶ درصد کاهش یافته است.

**کلید واژه‌ها:** تصاویر ماهواره‌ای، الگوریتم حداکثر احتمال همسایگی، طبقه‌بندی نظارت شده، کاربری اراضی، آبخوان دشت قزوین.

#### مقدمه

کاربری اراضی، استفاده از زمین در شرایط حاضر است و انواع بهره‌برداری از زمین را با توجه به استفاده از آن نشان می‌دهد (Zhang et al., 2010). ارزیابی تغییرات نیز، شناسایی و تفکیک تفاوت‌ها در وضعیت یک کاربری یا پدیده مورد نظر در زمان‌های مختلف است (Lu et al., 2004). تغییرات کاربری اراضی، فرآیند رو به رشدی است که در بسیاری از موارد علت ایجاد این تغییرات اقدامات انسانی می‌باشد، این تغییرات سبب از دست رفتن تنوع گونه‌های زیستی، گرمایش جهانی، جنگل‌زدایی و افزایش تعداد سیلاب‌های فاجعه‌بار و ... شده است (Zhao et al., 2008). بنابراین، بررسی تغییرات کاربری اراضی و به بیان دیگر نحوه استفاده از زمین و داده‌هایی که از بررسی تغییرات کاربری اراضی به دست می‌آید، به عنوان اطلاعات پایه و حیاتی در برنامه‌ریزی آبی و مدیریت منابع طبیعی، از اهمیت ویژه‌ای برخوردار می‌باشد (Iiu & Yang, 2015). استفاده از روش‌های سنتی در دهه‌های گذشته از قبیل نقشه‌های کاغذی، اجرای عملیات صحرایی و داده‌های آماری در دسترس جهت شناسایی کاربری اراضی و تغییرات آن، زمان‌بر و مقرون به صرفه نبود (Shanani et al., 2017: 244). امروزه تکنولوژی سنجنش از دور و سامانه اطلاعات جغرافیایی (GIS) ابزارهای مناسب و موثری برای پایش تغییرات محیطی و استخراج کاربری اراضی است و دارای بیش‌ترین سرعت و دقت در این زمینه می‌باشد که می‌توان با استفاده از داده‌های چندزمانه سنجنش از دور در کوتاه‌ترین زمان و کم‌ترین هزینه نسبت به استخراج کاربری‌های اراضی اقدام کرد و سپس با مقایسه آن در دوره‌های زمانی مختلف نسبت تغییرات را ارزیابی نمود (Feizizadeh, 2017: 22). سنجنش از دور علم به دست آوردن اطلاعات درباره یک جسم یا پدیده، بدون تماس فیزیکی با آن است (Gupta et al., 2003: 655). طبقه‌بندی داده-

های رقومی ماهواره‌ای یکی از مهم‌ترین روش‌ها برای استخراج اطلاعات کاربردی است، بنابراین با به‌کارگیری داده‌های سنجنش از دور و پردازش رقومی آن‌ها با الگوریتم‌های طبقه‌بندی مناسب می‌توان سبب به حداقل رساندن خطاهای انسانی شد و جزئیات پدیده‌هایی را که چشم انسان قادر به تشخیص و تمایز آن‌ها نیست، شناسایی و تفکیک کرد. به‌نظر می‌رسد با استفاده از این داده‌ها و تکنیک‌های طبقه‌بندی آن‌ها می‌توان آن دسته از اراضی را که دارای شباهت‌های سطحی و بازتاب مشابه هستند را در یک طبقه قرار داد (Arekhi & Fathizad, 2015: 134) ویژگی‌هایی مانند سطح پوشش وسیع، چندطیفی بودن، قابلیت تکرار دوره‌ای در طی زمان و به‌روز شدن مداوم، سبب شده است که بسیاری از محققان، از داده‌های سنجنش از دور جهت تولید نقشه‌های کاربری اراضی و پایش تغییرات آن استفاده کنند (Turner et al., 2001). در چند دهه اخیر مطالعات متعددی در زمینه به‌کارگیری سنجنش از دور و تصاویر ماهواره‌ای جهت استخراج نقشه‌های کاربری اراضی و بررسی تغییرات ایجاد شده در پوشش زمین انجام گرفته است که به چند مورد از آن‌ها اشاره شده است. (Kayhk & Kukkonen (2014) با استفاده از داده‌های سنجنش از دور با انجام تحلیل زمانی و مکانی به بررسی اختلاف میان تغییرات کاربری اراضی و تغییرات جنگل در تانزانیا پرداختند. نتایج نشان داد که گسترش مهاجرت داخلی، رشد جمعیت، شهرسازی، توریسم و نیاز فزاینده به محصولات کشاورزی و جنگلی اصلی‌ترین عوامل جنگل‌زدایی در منطقه‌ی مورد مطالعه می‌باشند. Pandian et al (2014) با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای و سیستم اطلاعات جغرافیایی، تغییرات کاربری اراضی منطقه تامیل نادو کشور هند را در دو بازه زمانی مورد بررسی قرار دادند، نتایج نشان داد که در بازه زمانی مورد نظر در پژوهش، تغییرات عمده در کاربری اراضی ایجاد شده است که از آن جمله می‌توان به اراضی با کاربری کشاورزی که از ۳۳/۹ درصد به ۲۶/۳ درصد کاهش یافته است و زمین‌های بایر از ۴۳/۹ درصد به ۵۴ درصد افزایش یافته اسس، اشاره کرد (Sreenivasula & Mallupattu (2013) اقدام به تجزیه و تحلیل تغییرات کاربری اراضی و پوشش زمین با استفاده از سنجنش از دور، سامانه اطلاعات جغرافیایی و تصاویر ماهواره‌ای در منطقه‌ی شهری تیری پاتی در هند در بازه زمانی ۱۹۷۳ تا ۲۰۰۳ کردند، نتایج این مطالعه نشان دهنده‌ی گسترش قابل توجه در مناطق شهری و همچنین کاهش معنی‌دار مناطق کشاورزی و جنگلی در طی دوره‌ی مورد مطالعه است. (Guan et al (2017) در تحقیقی با استفاده از فنون سنجنش از دور و سامانه اطلاعات جغرافیایی، تغییرات کاربری اراضی ناشی از رشد شهر Kitakyushu در کشور ژاپن را بررسی نمودند. آن‌ها با استفاده از ۴ سری تصاویر ماهواره‌ای لندست در سال‌های ۱۹۹۰، ۱۹۹۵، ۲۰۰۰، ۲۰۰۵ میلادی، نقشه‌های توسعه شهری تهیه را نمودند، سپس با استفاده از مدل سلول‌های خودکار مارکوف میزان و شدت تغییرات را تا سال ۲۰۵۰ میلادی محاسبه کردند. نتایج این تحقیق نشان داد که رشد شهری شامل تغییر انواع مختلفی از طبقات کاربری اراضی به کاربری سکونت‌گاهی است. (Thapa & Murayama (2006) در تحقیقی اقدام به آشکارسازی تغییرات کاربری اراضی در دره کاتماندو نپال کردند، آن‌ها از تصاویر ماهواره‌ای مربوط به سال‌های ۱۹۸۹، ۱۹۹۹ و ۲۰۰۵ برای تهیه نقشه کاربری اراضی استفاده کردند. نتایج بیانگر این بود که تغییرات در اراضی کشاورزی نسبت به سایر کاربری‌ها زیاده‌تر بوده است. مناطق مسکونی ۲۳ درصد از کل حوزه را در سال

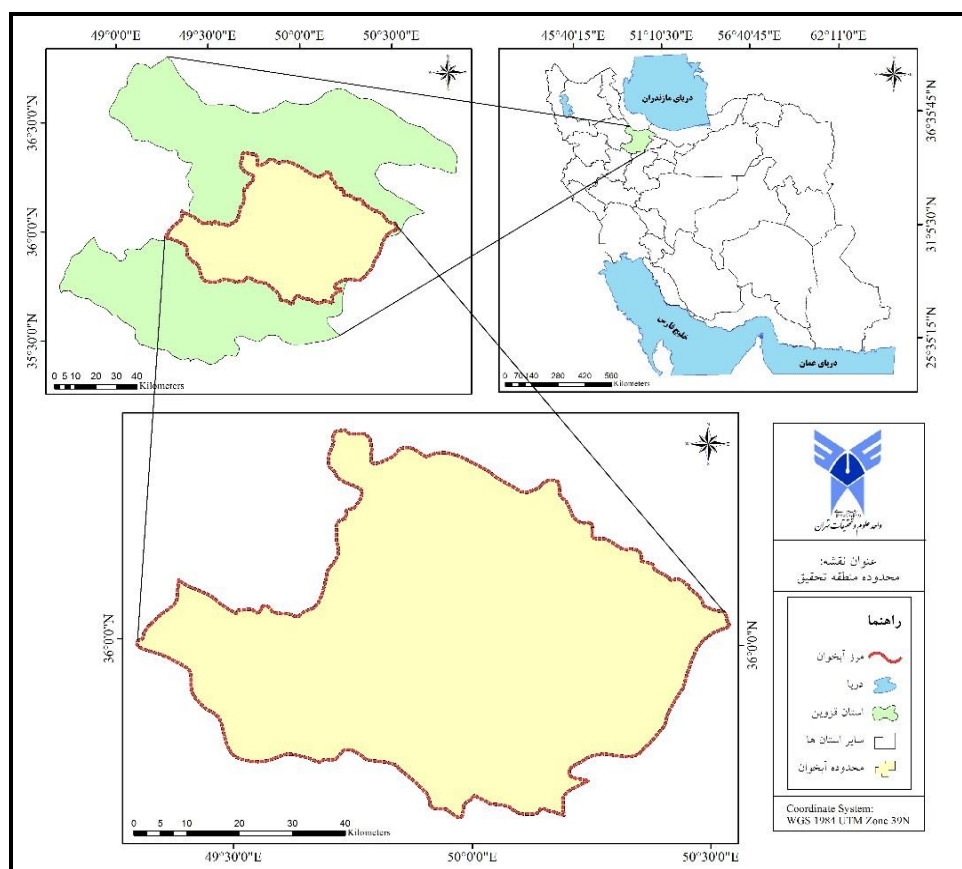
۱۹۸۹ تشکیل می‌دادند و در سال ۲۰۰۵ این مقدار ۱۷ درصد افزایش داشته است و سطح اراضی کشاورزی از ۳۶ درصد در سال ۱۹۸۹ به ۲۲ درصد در سال ۲۰۰۵ کاهش یافته است. (Hosseini et al (2020) در مطالعه‌ی تغییرات کاربری منطقه طارم، واقع در شمال غرب ایران را مورد بررسی قرار دادند، سپس با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای لندست ۸ مربوط به سال‌های ۱۳۹۳ و ۱۳۹۸ انواع کاربری‌های منطقه به روش طبقه‌بندی نظارت شده حداکثر احتمال تشابه استخراج شد. نتایج نشان داد، بیش‌ترین مساحت محدوده مطالعاتی، متعلق به پهنه کوهستانی است و مشخص گردید که بیش‌ترین تغییرات در کاربری اراضی مربوط به اراضی بایر و مراتع است که در طی سه سال، تبدیل به باغات گردیده و در آن‌ها درخت‌کاری انجام شده است. (Yousefi & Farsi (2014) تغییرات کاربری اراضی دشت بجنورد را مورد بررسی قرار دادند. در این پژوهش از الگوریتم حداکثر احتمال جهت طبقه‌بندی تصاویر ماهواره‌های لندست ۵ و ۸ در سال‌های ۱۳۷۷، ۱۳۸۵ و ۱۳۹۲ استفاده گردید. نتایج بیانگر تغییرات گسترده‌ای در منطقه مورد مطالعه بوده است. اراضی دیم و مراتع روندی کاهشی را در بازه زمانی مورد مطالعه داشته است. اراضی کشاورزی آبی و باغات نیز تا سال ۱۳۸۵ روند کاهشی و در بازه بعدی تا سال ۱۳۹۲ روند افزایشی داشته است. اراضی شهری و انسان ساخت نیز از ۱۷/۷ درصد کل منطقه در سال ۱۳۷۷ به ۳۰/۲ درصد در سال ۱۳۸۵ و ۳۶/۴۸ درصد در سال ۱۳۹۲ افزایش یافته است.

(Mazaheri et al (2014) در پژوهشی به بررسی تغییرات زمانی کاربری اراضی منطقه‌ی جیرفت با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای لندست (TM و ETM<sup>+</sup>) در بازه‌ی زمانی ۱۹۷۸ تا ۲۰۱۰ پرداختند. تجزیه و تحلیل تغییرات زمانی تصاویر نشان داد که طی در ۲۳ سال در منطقه‌ی تحقیق، مناطق مسکونی ۷/۹ درصد و مناطق زراعی ۴۲/۱۰ درصد افزایش یافته‌اند و از سویی دیگر مناطق باغی و بایر نیز هر کدام به ترتیب ۱۷/۹۳ و ۳۲/۰۷ درصد کاهش یافته‌اند. (Sabzghabaei et al (2017) در تحقیقی با استفاده از تصاویر ماهواره‌های MSS و TM لندست ۵ و ۸ در سال‌های ۱۳۶۴، ۱۳۷۹ و ۱۳۹۲ به روش طبقه‌بندی نظارت شده با الگوریتم حداکثر احتمال تشابه، تغییرات کاربری اراضی بخش جنوبی شهر اندیمشک را طی سال‌های ۱۳۶۴ تا ۱۳۹۲ مورد بررسی قرار دادند، نتایج نشان داد که از سال ۱۳۶۴ تا ۱۳۹۲ مساحت مراتع کاهش یافته و به مساحت مناطق مسکونی، زمین‌های کشاورزی و اراضی پوشیده از آب افزوده شده است. بیش‌ترین تغییر در میان کاربری‌های مورد مطالعه در بازه زمانی ۲۸ ساله مربوط به زمین‌های مرتعی می‌باشد که به میزان ۱۷۹۰۵/۰۹ هکتار کاهش داشته است و کم‌ترین تغییر مربوط به مناطق شهری می‌باشد که به میزان ۲۸۴۰/۹۷ هکتار افزایش داشته است. (Kiani salmi & Ebrahimi (2018) در تحقیقی با استفاده از تصاویر ماهواره‌های ETM<sup>+</sup> و OIL لندست ۷ و ۸ در فاصله زمانی ۱۳۸۲ تا ۱۳۹۵ با الگوریتم حداکثر احتمال تشابه اقدام به شناسایی تغییرات کاربری اراضی شهرکرد کردند، تغییرات نشان می‌دهد میزان اراضی شهری از ۱۶۳۲ هکتار در سال ۱۳۸۲ به ۲۲۲۰ هکتار در سال ۱۳۹۵ توسعه یافته است. میزان فضای سبز شهری نیز از ۵۷۷ هکتار در سال ۱۳۸۲ به ۶۶۴ هکتار در سال ۱۳۹۵ افزایش یافته است. نتایج نشان می‌دهد که میزان اراضی شهری در سال ۱۳۹۵، به میزان ۱۳ درصد نسبت به سال ۱۳۸۲ افزایش یافته است، در حالی که فضای سبز شهری ۱۱/۶ درصد افزایش یافته است.

تحقیق حاضر با هدف آشکارسازی تغییرات کاربری اراضی برای چهار دوره زمانی ۵ ساله، از سال ۱۳۷۸ تا ۱۳۹۸ در سطح آبخوان دشت قزوین انجام شده است.

محدوده مورد مطالعه

استان قزوین با وسعتی معادل ۱۵۴۴۰ کیلومترمربع، بین طول‌های شرقی ۱۰'۴۹°- ۴۰'۵۰° و عرض‌های شمالی ۲۰'۳۵°- ۳۰'۳۶° جغرافیایی، در بخش غربی و در فاصله حدود ۱۵۰ کیلومتری شمال غربی تهران قرار گرفته است. آبخوان مطالعاتی دشت قزوین از نقطه نظر تقسیمات کشوری بخشی از استان قزوین را شامل می‌شود که با وسعتی برابر با ۴۶۶۴/۲ کیلومترمربع، در محدوده متریک ۳۴۴۷۱۴ الی ۴۶۷۲۹۰ شرقی و ۳۹۳۶۵۵۶ الی ۴۰۳۱۷۷۱ شمالی در زون ۳۹ شمالی قرار دارد (شکل ۱). منطقه تحقیق بخشی از حوضه قزوین را شامل می‌شود که از نقطه نظر تقسیم‌بندی هیدرولوژیکی حوضه‌های آبریز کشور در حوضه آبریز دریاچه نمک حوض سلطان قرار گرفته است و در واقع به عنوان زیر حوضه رودخانه شور محسوب می‌شود. این محدوده از شمال با حوضه آبریز شاهرود، از غرب با حوضه‌های آبریز ابهر رود و خررود، از جنوب با حوضه آبریز رودخانه‌های شورچای، قره‌بلاغ لار و قره چای و از شرق با حوضه‌های آبریز رودخانه‌های کردان و کرج هم‌جوار می‌باشد (Kholghi & Taki, 2004: 258).



شکل ۱: موقعیت جغرافیایی منطقه‌ی مطالعاتی

Figure 1: Geographical location of the study area

## داده‌ها و نرم‌افزارهای مورد استفاده

جهت مشخص کردن تغییرات کاربری اراضی از تصاویر ماهواره‌ای لندست استفاده شده است. تصاویر ماهواره‌ای که توسط سازمان زمین‌شناسی ایالات متحده (USGS)<sup>۶</sup> از ماهواره لندست ۵ و ۸ برای سال‌های ۱۳۷۸، ۱۳۸۳، ۱۳۸۸، ۱۳۹۳ و ۱۳۹۸ ارائه شده است برای شناسایی کاربری اراضی مورد استفاده قرار گرفت. دو تصویر در شماره گذر<sup>۷</sup> (مسیر) ۱۶۵ و ۱۶۶ و شماره ردیف<sup>۸</sup> ۰۳۵ منطقه تحقیق را در بر می‌گیرند. با انجام تصحیحات اتمسفری مورد نیاز، بر اساس ورودی‌های مدل (FLAASH)<sup>۹</sup> در جدول (۴) و تایید زمین مرجع بودن تصاویر با استفاده از روش تصویر- وکتور (همه تصاویر اخذ شده دارای سیستم مختصات (UTM)<sup>۱۰</sup> و زون ۳۹ می‌باشند)، با یکدیگر موزاییک و ادغام شدند و سپس بر اساس مرزهای محدوده مورد مطالعه، تصاویر حاصل از مرحله قبل برش داده شده و به عنوان تصاویر نهایی برای انجام پژوهش انتخاب شدند. از آنجایی که هدف مطالعه‌ی حاضر، بررسی تغییرات کاربری اراضی آبخوان دشت قزوین است، تصاویر مورد نیاز به گونه‌ای از میان تصاویر در دسترس انتخاب شدند که دارای حداقل پوشش ابر، حداکثر میزان سبز بودن در گیاهان و درختان موجود در منطقه و تاریخ تصاویر از نظر ماه به هم نزدیک باشند. همچنین جهت پردازش و رقوم‌سازی این تصاویر از نرم‌افزارهای ENVI5.3 و GIS10.6 استفاده شده است. مشخصات تصاویر ماهواره‌ای مورد استفاده در تحقیق در جدول (۱) و مشخصات باندهای طیفی لندست ۵ و ۸، در جداول (۲ و ۳) ارائه شده است.

جدول ۱- مشخصات تصاویر ماهواره‌ای مورد استفاده در تحقیق

Table 1- Specifications of satellite images used in the research

تصاویر ماهواره‌ای	سنجنده	تاریخ تصویربرداری	گذر	ردیف	حد وضوح مکانی	حد تفکیک زمانی
لندست ۵	TM	۱۹۹۹/۰۶/۱۳ ۱۹۹۹/۰۶/۲۰	۱۶۵ ۱۶۶	۰۳۵	۳۰ تا ۱۲۰ متر	۱۸ روزه
لندست ۵	TM	۲۰۰۴/۰۶/۰۲ ۲۰۰۴/۰۶/۰۹	۱۶۵ ۱۶۶	۰۳۵	۳۰ تا ۱۲۰ متر	۱۸ روزه
لندست ۵	TM	۲۰۰۹/۰۷/۱۰ ۲۰۰۹/۰۷/۰۱	۱۶۵ ۱۶۶	۰۳۵	۳۰ تا ۱۲۰ متر	۱۸ روزه
لندست ۸	OLI	۲۰۱۴/۰۶/۲۲ ۲۰۱۴/۰۶/۱۳	۱۶۵ ۱۶۶	۰۳۵	۱۵ تا ۱۰۰ متر	۱۶ روزه
لندست ۸	OLI	۲۰۱۹/۰۶/۲۰ ۲۰۱۹/۰۶/۱۱	۱۶۵ ۱۶۶	۰۳۵	۱۵ تا ۱۰۰ متر	۱۶ روزه

6- United States Geological Survey

7- Path

8- Row

9- Fast Line-of-sight Atmospheric Analysis of Spectral Hypercube

10- Universal Transverse Mercator

جدول ۲- باندهای طیفی لندست ۸

Table 2- Landsat 8 spectral bands

نام باند	طول موج (میکرومتر)	قدرت تفکیک مکانی (متر)
باند ۱- فوق آبی Band 1- Ultra blue or Coastal / Aerosol	۰/۴۳۳ تا ۰/۴۵۳	۳۰
باند ۲- آبی Band 2- Visible blue	۰/۴۵۰ تا ۰/۵۱۵	۳۰
باند ۳- سبز Band 3- Visible green	۰/۵۲۵ تا ۰/۶۰۰	۳۰
باند ۴- قرمز Band 4- Visible red	۰/۶۳۰ تا ۰/۶۸۰	۳۰
باند ۵- مادون قرمز نزدیک Band 5- Near-infrared (NIR)	۰/۸۴۵ تا ۰/۸۸۵	۳۰
باند ۶- مادون قرمز طول موج کوتاه ۱ Band 6- Short wavelength infrared (SWIR 1)	۱/۵۶ تا ۱/۶۶	۳۰
باند ۷- مادون قرمز طول موج کوتاه ۲ Band 7- Short wavelength infrared (SWIR 2)	۲/۱۰ تا ۲/۳۰	۳۰
باند ۸- سیاه و سفید Band 8- Panchromatic	۰/۵۰ تا ۰/۶۸	۱۵
باند ۹- سیروس Band 9- Cirrus	۱/۳۶ تا ۱/۳۹	۳۰
باند ۱۰- مادون قرمز طول موج بلند ۱ Band 10- Long wavelength infrared (TIRS 1)	۱۰/۳ تا ۱۱/۳	۱۰۰
باند ۱۱- مادون قرمز طول موج بلند ۲ Band 11- Long wavelength infrared (TIRS 2)	۱۱/۵ تا ۱۲/۵	۱۰۰

جدول ۳- باندهای طیفی لندست ۵

Table 3- Landsat 5 spectral bands

نام باند	طول موج (میکرومتر)	قدرت تفکیک مکانی (متر)
باند ۱- آبی Band 1- Visible blue	۰/۴۵ تا ۰/۵۲	۳۰
باند ۲- سبز Band 2- Visible green	۰/۵۲ تا ۰/۶۰	۳۰
باند ۳- قرمز Band 3- Visible red	۰/۶۳ تا ۰/۶۹	۳۰
باند ۴- مادون قرمز نزدیک Band 4- Near-infrared (NIR)	۰/۷۶ تا ۰/۹۰	۳۰
باند ۵- مادون قرمز طول موج کوتاه ۱ Band 5- Short wavelength infrared (SWIR 1)	۱/۵۵ تا ۱/۷۵	۳۰
باند ۶- حرارتی Band 6- Thermal	۱۰/۴۰ تا ۱۲/۵۰	۱۲۰
باند ۷- مادون قرمز طول موج کوتاه ۲ Band 7- Short wavelength infrared (SWIR 2)	۲/۰۸ تا ۲/۳۵	۳۰

## مواد و روش‌ها

آماده‌سازی، پیش‌پردازش<sup>۱۱</sup> و پردازش<sup>۱۲</sup> تصاویر ماهواره‌ای

پیش از شروع تجزیه و تحلیل بر روی داده‌های سنجنش از دور<sup>۱۳</sup> باید تصحیحاتی بر روی این داده‌های خام انجام شود. از مهم‌ترین مراحل در پردازش تصاویر ماهواره‌ای، مرحله پیش‌پردازش این تصاویر است، به دلیل این‌که تمامی محاسبات بعدی بر اساس تصویر تولیدی در این مرحله انجام می‌گیرد (Chandler et al., 2009). در این مرحله بایستی خطاها<sup>۱۴</sup> شناسایی شوند، به عبارت دیگر داده‌های ماهواره‌ای دارای یکسری خطاها می‌باشند که باید نسبت به برطرف کردن آن‌ها اقدام کرد.

این خطاها را می‌توان به دو گروه خطاهای ژئومتری<sup>۱۵</sup> و خطاهای رادیومتری<sup>۱۶</sup> دسته‌بندی کرد (Shalaby & Tateishi, 2007). هر عامل یا پارامتری که امواج الکترومغناطیس EMR<sup>۱۷</sup> رسیده به سنجنده را تحت تاثیر قرار دهد به گونه‌ای که ماهیت اولیه آن را تغییر دهد به عنوان یک عامل اثرگذار و خطای رادیومتریکی شناخته می‌شود. تصحیح اتمسفری نیز در راستای تصحیح رادیومتریکی بوده و برای برطرف‌سازی اثرات اتمسفر که به وسیله پراکنش و جذب مولکولی ذرات موجود در اتمسفر در هنگام تابش و در حسگر در هنگام بازتاب از سطح ایجاد می‌شود به کار می‌رود، مهم‌ترین عوامل ایجادکننده خطاهای رادیومتریکی زمین، اتمسفر و سنجنده است (San & Suzan, 2010). معمولاً تصاویر ماهواره‌ای دارای انحرافات هستند و نمی‌توان از این تصاویر به‌عنوان نقشه‌های مسطحاتی به طور مستقیم استفاده کرد. هدف از تصحیحات هندسی جبران خطاهایی است که لایه‌ی رقومی تصحیح شده قابلیت انطباق با موقعیت‌های سطح زمین را داشته باشد (Shanani & Zarei, 2017: 239). در این تحقیق جهت پردازش تصاویر ماهواره‌ای ابتدا خطاهای هندسی و رادیومتریکی داده‌های خام شناسایی و برطرف شدند. برای تصحیح هندسی تصاویر با توجه به زمین مرجع بودن تصاویر، از روش تصویر به تصویر<sup>۱۸</sup> استفاده شده است. برای انطباق دقیق موقعیت پدیده‌ها با مختصات جغرافیایی آن‌ها در سطح زمین، تصویر سال ۱۳۹۸ به دلیل نزدیک بودن به زمان تحقیق و شناخت بهتر پدیده‌ها بر اساس نقشه‌های توپوگرافی ۱:۵۰۰۰۰ و ۲۳ نقطه کنترل زمینی برداشت شده با

11- Pre-processing

12- Processing

13- Remote Sensing

14- Correction

15- Geometric Correction

16- Radiometric Correction

17- Electromagnetic Radiation

18- Image to Image Registration



GPS با پراکنش مناسب از تقاطع جاده‌ها و خیابان‌ها و ... با خطای  $RMS^{19}$   $0/38$  پیکسل تصحیح هندسی شد و به عنوان مرجع، تصاویر سال‌های ۱۳۹۳، ۱۳۸۸، ۱۳۸۳ و ۱۳۷۸ نسبت به آن و با استفاده از معادله درجه اول تصحیح شدند. پس از تصحیح هندسی، برای ایجاد تصویر جدید، نمونه‌برداری مجدد با روش نزدیک‌ترین همسایه انجام گرفت. در این روش برای محاسبه درجه روشنایی پیکسل تصویر جدید، از درجه روشنایی پیکسل‌های مجاور استفاده می‌شود و ارزش طیفی پیکسلی که به پیکسل جدید نزدیک‌تر است به آن تعلق می‌گیرد. این روش از تغییر ارزش پیکسل‌های اولیه جلوگیری می‌کند (Yang & Lo, 2002). در نهایت تصویر سال‌های ۱۳۹۳، ۱۳۸۸، ۱۳۸۳ و ۱۳۷۸ نسبت به تصویر سال ۱۳۹۸ با خطای RMS کم‌تر از  $0/42$  پیکسل تصحیح هندسی شدند. جهت انجام تصحیحات رادیومتریکی و اتمسفری نیز با استفاده از دستور Radiometric Calibration در نرم‌افزار ENVI، رادیانس طیفی بالای اتمسفر محاسبه شد و به عنوان ورودی مدل FLAASH جهت تصحیح اتمسفری استفاده شده است. تصحیح اتمسفری، به میزان قابل ملاحظه‌ای وضوح تصویر را افزایش می‌دهد. در جدول (۴) پارامترهای ورودی مدل FLAASH ارائه شده است.

جدول ۴- پارامترهای ورودی مدل FLAASH برای هر تصویر

Table 4- FLAASH model input parameters for each image

اندازه پیکسل سائز تصویر	ارتفاع متوسط منطقه	تعیین نوع سنجنده تصویر	تعیین محل خروجی مدل	معرفی تصویر حاصل از دستور Radiometric Calibration
انتخاب آتروسل مدل جهت حذف اثرات آتروسل‌ها	انتخاب مدل اتمسفری جهت تصحیح اتمسفری	مختصات جغرافیایی مرکز تصویر	ارتفاع ماهواره	اطلاعات مربوط به روز و ساعت اخذ تصویر

#### طبقه‌بندی تصاویر

طبقه‌بندی تصاویر به عنوان اصلی‌ترین مرحله پردازش تصاویر محسوب می‌شود در این روش، امکان تبدیل فضای تصویر (بازتاب‌های ثبت شده در باندهای مختلف) به فضای واقعی (نقشه‌های پوشش زمین و کاربری اراضی) ممکن می‌شود اصولاً، طبقه‌بندی فرآیند دسته‌بندی پیکسل‌ها در تعداد مشخصی از دسته‌بندی بر اساس ارزش‌های بازتابی ثبت شده در فضای هر تصویر ماهواره‌ای است (Omidvar et al., 2015).

جهت طبقه‌بندی نظارت شده تصاویر ماهواره‌ای، پس از تعیین کلاس‌های کاربری اراضی ابتدا باید برداشت نمونه‌های آموزشی<sup>۲۰</sup> برای هر کدام از کلاس‌ها با دقت انجام شود. انتخاب نمونه‌های آموزشی به صورتی انجام شده است تا این نمونه‌ها به طور یکنواخت سطح منطقه تحقیق را پوشش داده و دارای پراکنش مناسبی در سطح تصویر باشند. نمونه‌های آموزشی مورد نیاز بر اساس بازدیدهای صحرائی با استفاده از دستگاه GPS<sup>۲۱</sup> برای هر یک از

19- Root Mean Square Error

20- Training Sample

21- Global Positioning System

کاربردهای شناسایی شده در منطقه و تصاویر ماهواره‌ای نرم‌افزار Google Earth با بزرگ‌نمایی بالا و بازدیدهای میدانی جهت تایید صحت نمونه‌های برداشت شده از طریق Google Earth که روش توصیه شده توسط محققان مختلف است، تهیه شده است (Brandt et al., 2013 & Chen et al., 2011). پس از جمع‌آوری نمونه‌های آموزشی و پیاده‌سازی بر روی تصاویر در نرم‌افزار ENVI 5,3 از الگوریتم حداکثر احتمال همسایگی<sup>۲۲</sup> برای طبقه‌بندی تصاویر استفاده شد. در نهایت نقشه کاربری اراضی اولیه برای هر تصویر بر اساس نمونه‌های آموزشی برداشت شده و الگوریتم حداکثر احتمال همسایگی تهیه شد. جهت بهبود نتایج حاصله و حذف پیکسل نویزهای تصاویر طبقه‌بندی شده از فیلتر اکثریت<sup>۲۳</sup> با ابعاد ۳×۳ استفاده شده است. الگوریتم حداکثر احتمال همسایگی، از روش‌های طبقه‌بندی پیکسل پایه و از پرکاربردترین الگوریتم‌ها در طبقه‌بندی تصاویر ماهواره‌ای است. در این روش کلاسی به پیکسل مورد نظر تعلق می‌گیرد که بیش‌ترین احتمال تعلق پیکسل به آن کلاس وجود دارد (Torahi et al., 2017: 52). این روش پارامتریک کلاس‌بندی، از واریانس و کوواریانس داده‌ها برای تفکیک طبقات استفاده می‌کند (Rezaei et al., 2016: 67). در این روش، از پارامترهای آماری برای هر دسته (کلاس) از کاربری اراضی استفاده می‌شود و فرض می‌شود که هر کلاس کاربری در هر باند، دارای تابع توزیع نرمال می‌باشد. در این روش، احتمال تعلق یک پیکسل مشخص، به یک کلاس مورد نظر بر اساس رابطه (۱) محاسبه می‌شود (Fan & Wang, 2007).

$$gi(x) = \ln p(wi) - \frac{1}{2} \ln |\Sigma i| - \frac{1}{2} (x - mi)^T \Sigma xi^{-1} (x - mi) \quad \text{رابطه (۱)}$$

در رابطه فوق  $i$  نشانگر هر کلاس کاربری می‌باشد.  $X$  داده  $n$  بعدی است ( $n$  تعداد باندها می‌باشد). پارامتر  $p(wi)$  احتمال این‌که کلاس  $wi$  در تصویر وجود داشته باشد را محاسبه می‌کند و فرض شده است که مقدار آن برای همه کلاس‌ها یکسان است.  $\Sigma xi^{-1}$  دترمینان ماتریس کوواریانس داده‌ها در کلاس  $wi$ ، ماتریس معکوس آن و  $mi$  نیز، بردار میانگین است.

#### تعیین روش پایش تغییرات

آشکارسازی تغییرات فرآیندی است که وضعیت تغییرات پدیده‌ها را از روی تصاویر به دست آمده در زمان‌های مختلف مشخص می‌کند. روش‌های مختلفی برای آشکارسازی تغییرات کاربری اراضی از داده‌های سنجنش از دور ایجاد شده‌اند. این روش‌ها به‌طور کلی در دو طبقه قرار می‌گیرند، دسته اول روش پیش‌طبقه‌بندی<sup>۲۴</sup> است، روش‌هایی که آشکارسازی تغییرات را انجام می‌دهند و سپس طبقات را مشخص می‌کنند (Dewan & Yamaguchi, 2009). فرض اساسی در این روش‌ها این است که تغییرات کاربری زمین، در نتیجه تفاوت‌های مقادیر بازتاب

22- Maximum Likelihood Classification

23- Majority

24- Pre-Classification

25- Post-Classification

پیکسل‌ها بین تاریخ‌های مورد نظر است (Oñate & Sendra, 2010). دسته دوم، رویکرد پس طبقه‌بندی است، روش‌هایی هستند که اول طبقات را مشخص می‌کنند و سپس آشکارسازی تغییرات را انجام می‌دهند (Dewan & Yamaguchi, 2009). برای محاسبه و تعیین تغییرات در این تحقیق از روش مقایسه پس از طبقه‌بندی استفاده شد و تغییرات پوشش و کاربری اراضی در مقاطع زمانی مورد مطالعه تعیین گردید (جدول ۶ و ۷). این روش جهت تعیین تغییرات نیاز به نقشه‌های کلاس‌بندی شده‌ای دارد که به طور مستقل تهیه شده‌اند. از مزایای این روش این است که می‌تواند داده‌های پایه‌ای سازگار با محیط GIS ایجاد کند که به عنوان کلاس یا گروه تعریف می‌شود و مقادیر کمی هر کلاس را تعیین نماید (Ward et al., 2000). این محاسبه عددی با مقایسه دو نقشه طبقه‌بندی شده کاربری اراضی، با استفاده از جفت کلاس‌های مشخص شده توسط تحلیل‌گر انجام می‌شود (Lunetta & Elvidge, 1998). برای محاسبه و اندازه‌گیری بزرگی تغییرات هر یک از کلاس‌های کاربری اراضی در هر دوره زمانی، از تفاضل مساحت محدوده هر کلاس در سال دوم از مساحت سال اول بر اساس رابطه (۲) محاسبه شده است.

$$MC = A_{i2} - A_{i1} \quad \text{رابطه (۲)}$$

در رابطه فوق،  $MC$  بزرگی تغییرات،  $A_{i1}$  و  $A_{i2}$  نیز به ترتیب مساحت کلاس  $i$  در سال دوم و مساحت آن کلاس در تصویر سال قبل است. با تقسیم نتیجه رابطه (۲) بر مقدار مساحت آن کلاس در سال اول و ضرب در ۱۰۰، بر طبق رابطه (۳)، روند یا درصد تغییر ( $PC$ ) هر کلاس محاسبه می‌شود.

$$PC = (MC/A_{i1}) \times 100 \quad \text{رابطه (۳)}$$

#### ارزیابی صحت طبقه‌بندی

در فرآیند طبقه‌بندی تصاویر تا زمانی که دقت تصاویر تولید شده مورد ارزیابی قرار نگرفته و تایید نشود، به نتایج آن نمی‌توان اعتماد کرد؛ بنابراین، باید صحت تصاویر تولید شده مورد سنجش قرار گیرد. بدین منظور، آماره دقت کلی - کلاس‌بندی و ضریب کاپا، با استفاده از ماتریس خطا محاسبه شد (Brandt et al., 2013). دقت کلی طبقه‌بندی، درصد سلول‌هایی را که به درستی طبقه‌بندی شده‌اند را نشان می‌دهد و از جمع عناصر قطر اصلی ماتریس خطا، تقسیم بر تعداد کل پیکسل‌ها به دست می‌آید. در نقشه‌های کاربری استخراج شده از تصاویر ماهواره‌ای، این مقدار باید بالاتر از ۸۵ درصد باشد که از طریق رابطه (۴) محاسبه می‌شود (Hosseini et al., 2019: 141).

$$OA = \frac{1}{N} \sum P_{ij} \quad \text{رابطه (۴)}$$

در رابطه (۴)،  $OA$  بیانگر دقت کلی،  $N$  تعداد کل پیکسل‌های مورد استفاده در طبقه‌بندی و  $P_{ij}$  جمع عناصر قطر اصلی ماتریس خطا است. ضریب کاپا نیز تطابق بین نتایج طبقه‌بندی و واقعیت زمینی را نشان می‌دهد که از طریق رابطه (۵) محاسبه می‌شود (Feizizadeh, 2017: 30).

$$\text{Kappa} = \frac{PO - Pc}{1 - Pc} \times 100 \quad \text{رابطه (۵)}$$

در رابطه (۵)، PO بیانگر درستی مشاهده شده و Pc بیانگر توافق مورد انتظار است. حالت ایده‌آل برای مقدار ضریب کاپا عدد یک می‌باشد و چنانچه این مقدار برابر صفر باشد طبقه‌بندی کاملاً تصادفی و اگر مقدار منفی به دست بیاید نشان‌دهنده خطا در طبقه‌بندی است. در جدول (۵) نتایج حاصل از محاسبات دقت کلی و ضریب کاپا برای هر یک از طبقه‌بندی‌های انجام شده نشان داده شده است.

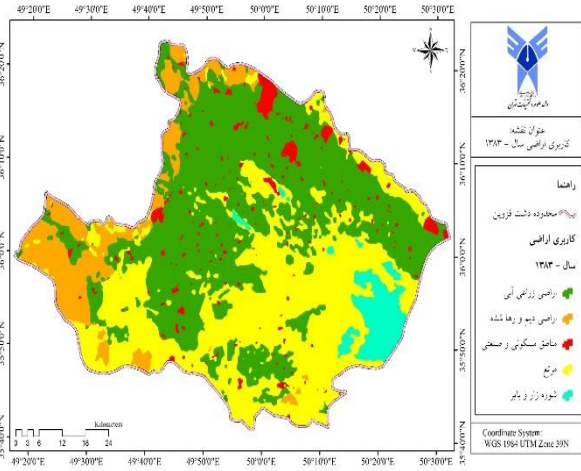
### یافته‌ها و بحث

پس از اعمال روش طبقه‌بندی نظارت شده حداکثر احتمال همسایگی با استفاده از نمونه‌های آموزشی در نرم‌افزار ENVI، طبقه‌بندی تصاویر ماهواره‌ای انجام شد. بدین ترتیب نقشه کاربری اراضی برای سال‌های ۱۳۷۸، ۱۳۸۳، ۱۳۸۸، ۱۳۹۳ و ۱۳۹۸ در ۵ کلاس کاربری اراضی شامل اراضی زراعی آبی، اراضی دیم و رهاشده، مرتع، اراضی شورزار و مناطق مسکونی و صنعتی، مطابق شکل‌های (۲ تا ۶) استخراج شد. در مرحله بعد، با انجام بازدید میدانی و نمونه‌برداری تصادفی با دستگاه GPS از کاربری‌های مختلف در سطح منطقه، پارامترهای دقت کلی و ضریب کاپا بر طبق جدول (۶) به دست آمد. سپس به منظور گرفتن خروجی و ساخت نقشه، از نرم‌افزار Arc Map 10,6 استفاده شده است. پس از به دست آوردن خروجی مدنظر، بر اساس نقشه‌های تولیدی، مساحت هر کلاس و شناسایی تغییرات کلاس‌های مختلف در طول دوره‌های زمانی مورد مطالعه بر اساس روش مقایسه پس از طبقه‌بندی در جدول‌های (۶ و ۷) محاسبه شده است.

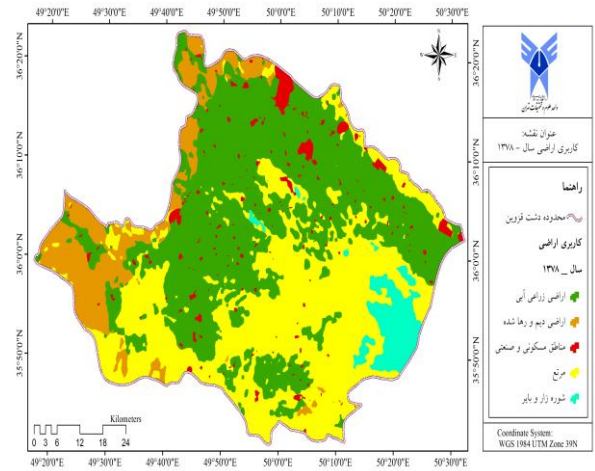
جدول ۵- نتایج حاصل از صحت طبقه‌بندی تصاویر

Table 5- Results of image classification accuracy

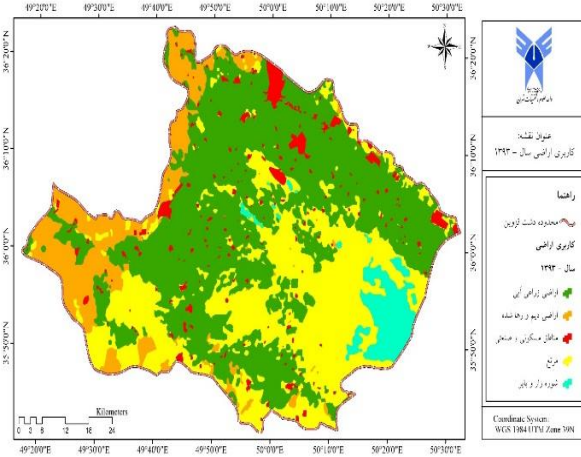
سال	تصویر	شاخص کاپا Kappa coefficient	صحت کلی Overall accuracy
۱۹۹۹	TM	۰/۸۷ %	۸۹/۳۸ %
۲۰۰۴	TM	۰/۸۶ %	۸۸/۲۳ %
۲۰۰۹	TM	۰/۹۱ %	۹۵/۶۱ %
۲۰۱۴	OLI	۰/۸۹ %	۹۲/۱۸ %
۲۰۱۹	OLI	۰/۹۴ %	۹۶/۲۸ %



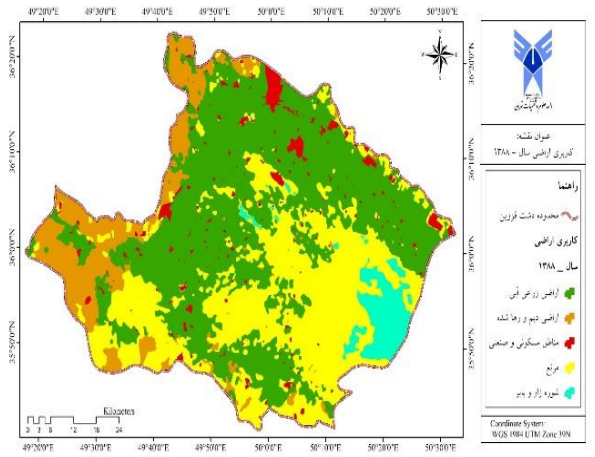
شکل ۳: نقشه کاربری اراضی ۱۳۸۳  
Figure 3: Land use map 2004



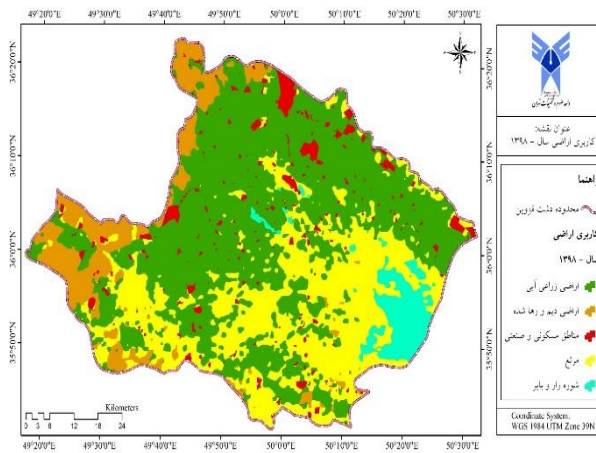
شکل ۲: نقشه کاربری اراضی ۱۳۷۸  
Figure 2: Land use map 1999



شکل ۵: نقشه کاربری اراضی ۱۳۹۳  
Figure 5: Land use map 2014



شکل ۴: نقشه کاربری اراضی ۱۳۸۸  
Figure 4: Land use map 2009



شکل ۶: نقشه کاربری اراضی ۱۳۹۸  
Figure 6: Land use map 2019

جدول ۶- مساحت و درصد انواع کاربری‌ها در مقاطع زمانی مورد مطالعه در منطقه تحقیق و تغییرات آن‌ها

Table 6- Area and percentage of different uses in the study periods in the research area and their changes

تغییرات در مقطع زمانی ۸۳-۸۸	سال ۱۳۸۸		تغییرات در مقطع زمانی ۷۸-۸۳		سال ۱۳۸۳		سال ۱۳۷۸		دوره کاربری	
	کیلومتر مربع	درصد	کیلومتر مربع	وضعیت	کیلومتر مربع	درصد	کیلومتر مربع	درصد		
افزایش	۸۴/۴	۴۷/۳۲	۲۲۰۷/۳	افزایش	۶۵/۷	۴۵/۵۲	۲۱۲۲/۹	۴۴/۱	۲۰۵۷/۲	اراضی زراعی آبی
افزایش	۵۱/۵۵	۱۲/۷	۵۹۱/۴	افزایش	۶۷/۹۹	۱۱/۵۷	۵۳۹/۸۵	۱۰/۱۲	۴۷۱/۲	اراضی دیم و رها شده
افزایش	۱۱/۴۵	۳/۵۸	۱۶۷/۲	افزایش	۷/۰۵	۳/۳۴	۱۵۵/۷۵	۳/۲	۱۴۸/۷	مناطق مسکونی و صنعتی
کاهش	۱۵۲/۳	۳۲/۰۵	۱۴۹۵/۲	کاهش	۱۴۵/۳	۳۵/۳۲	۱۶۴۷/۵	۳۸/۴۳	۱۷۹۲/۸	مرتع
افزایش	۴/۹	۴/۳۵	۲۰۳/۱	افزایش	۴/۶	۴/۲۵	۱۹۸/۲	۴/۱۵	۱۹۳/۶	شوره‌زار و بایر

جدول ۷- مساحت و درصد انواع کاربری‌ها در مقاطع زمانی مورد مطالعه در منطقه تحقیق و تغییرات آن‌ها

Table 7- Area and percentage of different uses in the study periods in the research area and their changes

تغییرات در مقطع زمانی ۷۸-۹۸	تغییرات در مقطع زمانی ۹۸-۹۳		سال ۱۳۹۸		تغییرات در مقطع زمانی ۸۸-۹۳		سال ۱۳۹۳		دوره کاربری	
	کیلومتر مربع	درصد	کیلومتر مربع	وضعیت	کیلومتر مربع	درصد	کیلومتر مربع	درصد		
+۱۴/۲۴	۲۹۳	افزایش	۶۶/۱	۵۰/۴	۲۳۵۰/۲	افزایش	۷۶/۸	۴۸/۹۷	۲۲۸۴/۱	اراضی زراعی آبی
+۲/۷۸	۱۳/۱	کاهش	۶۱/۳	۱۰/۳۸	۴۸۴/۳	کاهش	۴۵/۸	۱۱/۷	۵۴۵/۶	اراضی دیم و رها شده
+۳۸/۸	۵۷/۷	افزایش	۲۱/۱	۴/۴۲	۲۰۶/۴	افزایش	۱۸/۱	۳/۹۷	۱۸۵/۳	مناطق مسکونی و صنعتی
-۲۱/۱۶	۳۷۹/۳	کاهش	۳۰	۳۰/۳	۱۴۱۳/۵	کاهش	۵۱/۷	۳۰/۹۵	۱۴۴۳/۵	مرتع
+۸/۳۷	۱۶/۲	افزایش	۴/۱	۴/۵	۲۰۹/۸	افزایش	۲/۶	۴/۴۱	۲۰۵/۷	شوره‌زار و بایر

بر اساس نتایج حاصل، تغییرات انواع کاربری‌های اراضی برای سال‌های ۱۳۷۸، ۱۳۸۳، ۱۳۸۸، ۱۳۹۳ و ۱۳۹۸ به شرح زیر بوده است:

#### اراضی با کاربری زراعی آبی

این اراضی به صورت کشت آبی شامل زراعت آبی و باغات است و در نقشه‌های کاربری اراضی مشخص شده‌اند. مساحت این اراضی در فاصله زمانی ۱۳۷۸ تا ۱۳۹۸ به میزان ۱۴/۲۴ درصد افزایش یافته است. بر اساس نتایج مشخص شد که سطح این اراضی از ۲۰۵۷/۲ کیلومترمربع (۴۴/۱ درصد) در سال ۱۳۷۸ به ۲۱۲۲/۹ کیلومترمربع (۴۵/۵۲) درصد در سال ۱۳۸۳ و از ۲۲۰۷/۳ کیلومترمربع (۴۷/۳۲ درصد) در سال ۱۳۸۸ به ۲۲۸۴/۱ کیلومترمربع (۴۸/۹۷ درصد) در سال ۱۳۹۳ و ۲۳۵۰/۲ کیلومترمربع (۵۰/۴ درصد) در سال ۱۳۹۸ افزایش یافته‌اند.

## اراضی با کاربری مسکونی و صنعتی

سطح این اراضی در فاصله زمانی ۱۳۷۸ تا ۱۳۹۸ به میزان ۳۸/۸ درصد افزایش یافته است. سطح این اراضی از ۱۴۸/۷ کیلومترمربع (۳/۲ درصد) در سال ۱۳۷۸ به ۱۵۵/۷۵ کیلومترمربع (۳/۳۴ درصد) در سال ۱۳۸۳ و از ۱۶۷/۲ کیلومترمربع (۳/۵۸ درصد) در سال ۱۳۸۸ به ۱۸۵/۳ کیلومترمربع (۳/۹۷ درصد) در سال ۱۳۹۳ و ۲۰۶/۴ کیلومترمربع (۴/۴۲ درصد) در سال ۱۳۹۸ افزایش یافته‌اند.

## اراضی با کاربری مسکونی و صنعتی

مساحت این اراضی نیز در فاصله زمانی مذکور به میزان ۳۸/۸ درصد افزایش یافته است. سطح این اراضی از ۱۴۸/۷ کیلومترمربع (۳/۲ درصد) در سال ۱۳۷۸ به ۱۵۵/۷۵ کیلومترمربع (۳/۳۴ درصد) در سال ۱۳۸۳ و از ۱۶۷/۲ کیلومترمربع (۳/۵۸ درصد) در سال ۱۳۸۸ به ۱۸۵/۳ کیلومترمربع (۳/۹۷ درصد) در سال ۱۳۹۳ و ۲۰۶/۴ کیلومترمربع (۴/۴۲ درصد) در سال ۱۳۹۸ افزایش یافته‌اند.

## اراضی با کاربری مرتع

مساحت اراضی با کاربری مرتع طی فاصله زمانی ۱۳۷۸ تا ۱۳۹۸ به میزان ۲۱/۱۶ درصد کاهش یافته است. سطح این اراضی از ۱۷۹۲/۸ کیلومترمربع (۳۸/۴۳ درصد) در سال ۱۳۷۸ به ۱۶۴۷/۵ کیلومترمربع (۳۵/۳۲ درصد) در سال ۱۳۸۳ و از ۱۴۹۵/۲ کیلومترمربع (۳۲/۰۵ درصد) در سال ۱۳۸۸ به ۱۴۴۳/۵ کیلومترمربع (۳۰/۹۵ درصد) در سال ۱۳۹۳ و ۱۴۱۳/۵ کیلومترمربع (۳۰/۳ درصد) در سال ۱۳۹۸ رسیده است. دلیل این امر چرای بیرویه، تبدیل مراتع به اراضی کشاورزی و مناطق مسکونی و صنعتی در طی سالیان اخیر بوده است.

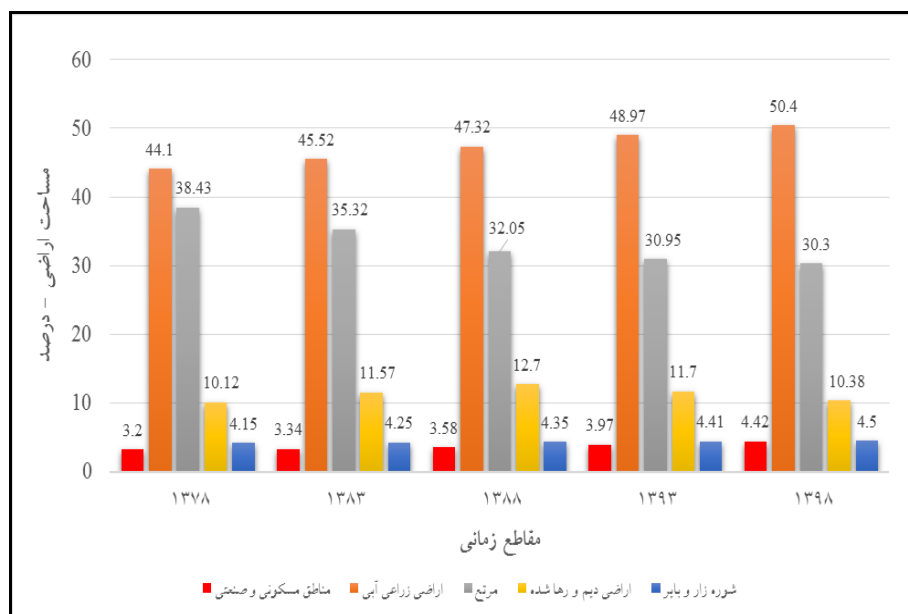
## اراضی شوره‌زار و بایر

این اراضی در منطقه شامل نمک‌زار و اراضی غیرتولیدی بایر هستند. مساحت این اراضی طی سال‌های ۱۳۷۸ تا ۱۳۹۸ به میزان ۸/۳۷ درصد افزایش یافته و از ۱۹۳/۶ کیلومترمربع (۴/۱۵ درصد) در سال ۱۳۷۸ به ۱۹۸/۲ کیلومترمربع (۴/۲۵ درصد) در سال ۱۳۸۳ و از ۲۰۳/۱ کیلومترمربع (۴/۳۵ درصد) در سال ۱۳۸۸ به ۲۰۵/۷ کیلومترمربع (۴/۴۱ درصد) در سال ۱۳۹۳ و ۲۰۹/۸ کیلومترمربع (۴/۵ درصد) در سال ۱۳۹۸ افزایش یافته‌اند.

## نتیجه‌گیری

آشکارسازی و بررسی تغییرات یکی از مهم‌ترین کاربردهای داده‌های سنجنش از دور است. قابلیت تکرار دوره‌ای در طی زمان، باعث شده است که بتوان از این داده‌ها جهت شناسایی و بررسی پدیده‌های متغیر و پویا در محیط استفاده کرد. در این راستا روش‌های رقومی متعددی برای آشکارسازی و کشف تغییرات و تحولات پدیده‌های سطح زمین در سنجنش از دور توسعه یافته است. تحقیق حاضر با هدف آشکارسازی تغییرات کاربری اراضی برای چهار دوره

زمانی ۵ ساله، از سال ۱۳۷۸ تا ۱۳۹۸ در سطح آبخوان دشت قزوین انجام شد. برای انجام تحقیق حاضر از تصاویر ماهواره‌ای چند زمانه سنجش از دور استفاده شده است و پس از تهیه نقشه کاربری اراضی هر دوره، میزان تغییرات کاربری اراضی هر دوره استخراج شد. شکل (۷) درصد مساحت کاربری‌های اراضی سال‌های ۱۳۷۸، ۱۳۸۳، ۱۳۸۸، ۱۳۹۳ و ۱۳۹۸ را نشان می‌دهد.



شکل ۷: درصد مساحت کاربری اراضی در مقاطع زمانی مورد مطالعه در منطقه تحقیق  
Figure 7: Percentage of land use area in the periods studied in the research area

بر اساس این نمودار و نتایج حاصل از بررسی تغییر کاربری اراضی در منطقه، طی فاصله زمانی ۱۳۷۸ تا ۱۳۹۸، مساحت اراضی مرتعی در بازه زمانی مورد مطالعه روند کاهشی و سایر کاربری‌ها روند افزایشی را طی نموده است، به طوری که وسعت اراضی با کاربری زراعی آبی، مناطق مسکونی و صنعتی، دیم و رها شده و شوره‌زار و بایر به ترتیب به میزان ۱۴/۲۴ درصد، ۳۸/۸ درصد، ۲۵/۳۷ درصد و ۸/۳۷ درصد افزایش یافته است ولی اراضی با کاربری مرتع به میزان ۲۱/۱۶ درصد کاهش یافته است. همچنین بررسی دقت طبقه‌بندی نقشه‌های تولیدی، نشان دهنده دقت بالای آن‌ها است که علت آن استفاده از نمونه‌های آموزشی برداشت شده با دستگاه GPS و تصاویر ماهواره‌ای نرم-افزار گوگل ارث با بزرگ‌نمایی بالا، انجام عملیات میدانی برای بررسی صحت نمونه‌های آموزشی انتخاب شده، سطح زیاد و دقت در انتخاب نمونه‌های آموزشی است. این نتیجه با نظریه جانسن که صحت قابل قبول طبقه‌بندی کاربری اراضی با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای را بالاتر از ۸۵ درصد می‌داند مطابقت دارد (Jensen, 2004). بر طبق جدول (۵) نتایج حاصل از روش طبقه‌بندی نظارت شده حداکثر احتمال همسایگی سال ۱۳۹۸ با دقت کلی ۹۶/۲۸ درصد نسبت به سال‌های ۱۳۸۳، ۱۳۸۸، ۱۳۹۳ و ۱۳۸۷ با دقت کلی به ترتیب ۹۲/۱۸ درصد، ۹۵/۶۱ درصد، ۸۸/۲۳ درصد و ۸۹/۳۸ درصد داری دقت بالاتری است. نتایج تحقیق گویای این مطلب است که مهم‌ترین عامل تغییرات



کاربری اراضی منطقه، فعالیت‌های انسانی است که موجب تغییرات بسیاری در کاربری اراضی شده است، در مجموع می‌توان عنوان کرد، در منطقه شاهد افزایش تبدیل و جایگزینی مراتع با اراضی زراعی آبی، مناطق مسکونی و صنعتی، اراضی دیم و رهاشده و شوره‌زار و بایر و بروز پدیده تخریب هستیم. بروز چنین تغییراتی علاوه بر این که می‌تواند اثرات منفی بر محیط‌زیست و منابع طبیعی منطقه داشته باشد، سبب افزایش خطرات و خسارات ناشی از بلایای طبیعی مانند سیل نیز خواهد شد. در نهایت می‌توان گفت که قابلیت بالای تصاویر ماهواره‌ای برای تهیه نقشه‌های کاربری اراضی و پایش تغییرات محیطی صورت گرفته در کاربری زمین در مقیاس‌های زمانی و مکانی می‌تواند سبب افزایش شناخت رابطه انسان با محیط‌زیست، تلاش در جهت مدیریت پایدار منابع طبیعی و اتخاذ تصمیمات مدیریتی مناسب شود.

## References

- Arekhi, S., Fathizad, H., (2015), "Evaluating the efficiency of four artificial neural network methods in preparing land cover/land use map using etm+ data case study: Doiraje, Mehran and Sarableh", *Geography and Development Iranian Journal*, 12 (37): 133-146. [In Persian].
- Brandt, J. S., Haynes, M. A., Kuemmerle, T., Waller, D. M., Radeloff, V. C., (2013), "Regime shift on the roof of the world: Alpine meadows converting to shrublands in the southern Himalayas", *Biological Conservation*, 158: 116-127.
- Chander, G., Markham, B. L., Helder, D. L., (2009), "Summary of current radiometric calibration coefficients for Landsat MSS, TM, ETM+, and EO-1 ALI sensors", *Remote sensing of environment*, 113 (5): 893-903.
- Chen, J., Zhu, X., Vogelmann, J. E., Gao, F., Jin, S., (2011), "A simple and effective method for filling gaps in Landsat ETM+ SLC-off images", *Remote sensing of environment*, 115 (4): 1053-1064.
- Dewan A. M., Yamaguchi, Y., (2009), "Land use and land cover change in Greater Dhaka, Bangladesh: Using remote sensing to promote sustainable urbanization", *Applied Geography*, 29 (3): 390-401.
- Ebrahimi, A., Kianisalm, E., (2018), "Evaluation of land-cover changes in the city of Shahrekord, and predicting its future status, using remote-sensing data and CA-Markov", *Journal of Spatial Planning*, 8 (1): 71-88. [In Persian].
- Feizizadeh, B., (2017), "Modeling the trends of the land use/cover change and its impacts on the erosion system of the Allavian dam based on the remote sensing and GIS techniques", *Journal of Hydrogeomorphology*, 3 (11): 21-38. [In Persian].
- Fan, F., Weng, Q., Wang, Y., (2007), "Land use and land cover change in Guangzhou, China, from 1998 to 2003, based on Landsat TM/ETM+ imagery", *Sensors*, 7 (7): 1323-1342.
- Guan, D., Gao, W., Watari, K., Fukahori, H., (2008), "Land use change of Kitakyushu based on landscape ecology and Markov model", *Journal of Geographical Sciences*, 18 (4): 455-468.
- Gupta, R. P., (2003), *Remote Sensing Geology*, berlin: Springer Verlag.
- Hosseini, S. B., Saremi, A., Noury Gheydari, M. H., Sedghi, H., FiroozFar, A., (2020), "Land use classification and determining the pattern of changes for 2014-2017, using OLI Sensor's Data", *Journal of Water and Soil*, 34 (1): 55-71. [In Persian].
- Hosseini, S., Saremi, A., Noori Gheydari, M., Sedghi, H., Firoozfar, A., Nikbakht, J., (2019), "Pixel based classification analysis of land use land cover in Tarom Basin", *Journal of Soil and Water Resources Conservation*, 8 (4): 135-151. [In Persian].
- Kiani salmi, E., Ebrahimi, A., (2018), "Evaluation of land-cover changes in the city of Shahrekord, and predicting its future status, using remote sensing data and CA-Markov", *Spatial Planning*, 8 (1): 71-88. [In Persian].
- Kukkonen, M., Kayhko, N., (2014), "Spatio-temporal analysis of forest changes in contrasting land use regimes of Zanzibar, Tanzania", *Applied Geography*, 55: 193-202.
- Kholghi, M., Taki, R., (2004), "Evaluating groundwater vulnerability in Ghazvin plain", *Journal of Engineering Geology*, 1 (3): 255-270. [In Persian].
- Liu, T., Yang, X., (2015), "Monitoring land changes in an urban area using satellite imagery, GIS and landscape metrics", *Applied Geography*, 56: 42-54.
- Lu, D., Mausel, P., Brondi'Zio, E., Moran, E., (2004), "Change detection techniques", *International Journal of Remote Sensing*, 25: 2365-2407.

- Lunetta, R. S., Elvidge, C. D., (1998), "**Remote sensing change detection: environmental monitoring methods and applications**", Ann Arbor Press: Chelsea.
- Mallupattu, P. K., Sreenivasula Reddy, J. R., (2013), "Analysis of land use/land cover changes using remote sensing data and GIS at an Urban Area, Tirupati, India", *The Scientific World Journal*, 2013:1-6
- Mazaheri, M. R., Esfandyari, M., Masihabadi, M. H., Kamali, A., (2014), "Monitoring time changes in land use using remote sensing techniques and GIS (Case study: Jiroft, Kerman)", *Journal of RS and GIS for Natural Resources*, 4 (2): 25-39. [In Persian].
- Omidvar, K., Narangifard, M., Abbasi, H., (2015), "Detecting the changes of land uses and vegetation cover using remote sensing in Yasooj city", *Geography and Territorial Spatial Arrangement*, 5 (16): 111-126. [In Persian].
- Oommen, T., Misra, D., Twarakavi, N. K., Prakash, A., Sahoo, B., Bandopadhyay, S., (2008), "An objective analysis of support vector machine based classification for remote sensing", *Mathematical geosciences*, 40 (4): 409-424.
- Oñate-Valdivieso, F., Sendra, J. B., (2010), "Application of GIS and remote sensing techniques in generation of land use scenarios for hydrological modeling", *Journal of Hydrology*, 395(3-4): 256-263.
- Pandian, M., Rajagopal, N., Sakthivel, G., Amrutha, D. E., (2014), "Land use and land cover change detection using remote sensing and GIS in parts of Coimbatore and Tiruppur districts, Tamil Nadu, India", *International Journal of Remote Sensing & Geoscience*, 3 (1): 15-20.
- Thapa, R. B., Murayama, Y., (2006), "Land use change analysis using remote sensing and GIS: A case study of Kathmandu metropolitan", Proceedings of annual symposium of center for spatial information science, the University of Tokyo, Tokyo, Japan (October 4-5, 2006): 22 pp.
- Rezaei Moghadam, M. H., Andaryani, S., Valizadeh Kamran, K., Almaspor, F., (2016), "Determine the best algorithm for land use and land cover extraction and changes detecting from Landsat satellite images (Case study: sufi chay basin of Maragheh)", *Journal of Geographical Space*, 16 (55): 65-85. [In Persian].
- Sabzghabaei, G., Raz, S., Dashti, S., Yousefi Khanghah, S., (2017), "Study the changes of Land Use by the Help of GIS & RS Case study: Andimeshk city", *Geography And Development Iranian Journal*, 15 (46): 35-42. [In Persian].
- San, B. T., Suzan, M. L., (2010), "Evaluation of different atmospheric correction algorithms for EO-1 Hyperion imagery", *International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Science*, 8: 392-397.
- Shalaby, A., Tateishi, R., (2007), "Remote sensing and GIS for mapping and monitoring land cover and land-use changes in the northwestern coastal zone of Egypt", *Applied Geography*, 27 (1): 28-41.
- Shanani Hoveyze, S. M., Zarei, H., (2017), "Investigation of land use changes during the past two last decades (Case study: Abolabas basin)", *Journal of Watershed Management Research*, 7 (14): 237-244. [In Persian].
- Torahi, A. A., Firozinejad, M., Abdolkhani, A., (2017), "assessment of svm and mlc algorithms on landuse/ landcover mapping of riparian forest, using OLI sensor (Case study: Riparian forest of Maroon, Behbahan)", *Iranian Journal of Remote Sensing & GIS*, 9 (1): 49-62. [In Persian].
- Turner, B. L., Villar, S. C., Foster, D., Geoghegan, J., (2001), "Deforestation in the southern Yucatán peninsular region: an integrative approach", *Forest Ecology and Management*, 154: 353-370.

- Ward, D., Phinn, S. R., Murray, A. T., (2000), "Monitoring growth in rapidly urbanizing areas using remotely sensed data", *Professional Geographer*, 52 (3): 371-386.
- Yang, X., Lo, C. P., (2002), "Using a time series of satellite imagery to detect land use and land cover change in the atlanta, georgia metropolitan area", *International Journal of Remote Sensing*, 29: 1775-1798.
- Yousefi, M., Farsi, J., (2014), "Detection of land use changes using remote sensing data (Case study: Bojnourd plain)", *Journal of Geography and Environmental Studies*, 2 (7): 95-106. [In Persian].
- Zhang, X., Kang, T., wang, H., Sun, Y., (2010), "Analysis on spatial structure of landuse change based on remote sensing and geographical information system", *International Journal of Applied Earth Observation and Geo information*, 12: 145-150.
- Zhao, G. X., Lin, G., Warner, T., (2008), "Using the maticmapper data for change detection and sustainable use of cultivated land: A case study in the Yellow river delta, China", *International Journal of Remote Sensing*, 25 (13): 25-40.