

روند توسعه مکانی و زمانی شهر بیجار با استفاده از تصاویر لندست

فرشته صادق خانی^۱، سید آرمان صمدی تودار^۲، خالد اوسطی^{۳*}

۱- دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه کردستان، سنندج، ایران

۲- دانشکده جغرافیا، دانشگاه تهران، تهران، ایران

۳- گروه پژوهشی مطالعات محیطی دریاچه زریبار، پژوهشکده کردستان شناسی، دانشگاه کردستان، سنندج، ایران

* نویسنده مسئول مکاتبات K.Osati@UOK.ac.ir

چکیده

افزایش جمعیت، تمرکزگرایی و روند صنعتی شدن در مناطق مختلف دنیا معمولاً باعث توسعه مناطق شهری می‌شود. در نیم قرن اخیر این روند تقریباً در تمام مناطق شهری ایران اتفاق افتاده است با این وجود روند توسعه مکانی و زمانی هر شهری تابع متغیرهای محلی و الگوی و شرایط خاص خود است و آگاهی دقیق از روند توسعه هر شهر یکی از ملزومات برنامه‌ریزی و توسعه پایدار شهری است. لذا در پژوهش حاضر روند و الگوی تغییرات توسعه محدوده شهر بیجار طی سال‌های ۱۹۸۴ تا ۲۰۲۳ با بهره‌گیری از تصاویر ماهواره‌ای لندست مورد بررسی قرار گرفت. به منظور تهیه نقشه‌های کاربری اراضی سال‌های ۱۹۸۴ و ۱۹۹۳ از تصاویر ماهواره‌ای لندست ۵، برای سال ۲۰۰۳ از تصاویر لندست ۷ و برای سال‌های ۲۰۱۳ و ۲۰۲۳ از تصاویر لندست ۸ استفاده شد. بررسی صحت تصاویر طبقه‌بندی شده در روش SVM نشان دهنده ضریب کاپا و صحت کلی بالای ۹۵ درصد بود که نشان دهنده دقت مناسب نقشه‌های طبقه‌بندی شده محدوده شهری بیجار است. نتایج بررسی ما نشان داد توسعه شهر بیجار طی دوره ۳۹ ساله دارای روند افزایشی سریعی بوده است بطوریکه مساحت محدوده شهر بیجار تقریباً ۳/۳ برابر شده است و توسعه شهر بیشتر در جهت شرق (شهرک اندیشه) و غرب (شهرک‌های آفتاب و مهدیه) اتفاق افتاده است. وسعت سطوح مصنوعی و عمدتاً نفوذناپذیر محدوده شهر بیجار از ۱/۷۱ کیلومتر مربع در سال ۱۹۸۴ به ۵/۶۴ کیلومتر مربع در سال ۲۰۲۳ افزایش پیدا کرده است که می‌تواند تاثیر قابل توجهی بر تولید رواناب بیشتر، رخداد سیلاب‌های بزرگ‌تر و تقویت جزایر حرارتی محدوده شهر داشته باشد.

واژگان کلیدی: بیجار، سطوح نفوذناپذیر، سنجش از دور، کاربری اراضی، لندست

مقدمه

در طول تاریخ بشر، مناطق شهری نقش بسزایی در تحول جامعه داشته‌اند. از آنجایی که گسترش زمین شهری یک نیروی محرکه مهم برای حفظ رشد اقتصادی است، اساساً کاهش روند شهرنشینی در کشورهای در حال توسعه غیرممکن به نظر می‌رسد (Zhao et al., 2023). اگرچه مناطق شهری بخش بسیار کوچکی از سطح زمین را پوشش می‌دهند اما گسترش سریع آنها بطور قابل توجهی چشم‌انداز طبیعی را تغییر داده و اثرات زیست‌محیطی، اکوسیستمی و اجتماعی عظیمی ایجاد کرده است (Ahmed et al., 2017). توسعه مناطق شهری مستلزم کاهش پوشش گیاهی و زمین‌های بایر، گسترش سطوح نفوذناپذیر و کاهش سطوح عبوری برای جریان رواناب است (Al-Ghamdi and Ajjur, 2022) و اثرات قابل توجهی بر تولید رواناب، افزایش سیل‌خیزی و آلودگی منابع آب دارد.

تحلیل تغییرات مکانی در محدوده‌های شهری معمولاً شامل بررسی تغییرات کاربری اراضی، رشد جمعیت و توسعه زیرساخت‌ها می‌شود. با توجه به قابلیت‌های سنجش از دور می‌توان تغییرات پوشش زمین را بازتابی و سرعت و

وسعت تغییرات را در مقیاس‌های زمانی مورد نیاز مشخص کرد. استفاده از تصاویر ماهواره‌ای به عنوان ابزاری موثر در این زمینه به محققان این امکان را می‌دهد که تغییرات کاربری اراضی، گسترش شهرها و تحولات زیست‌محیطی را به دقت بررسی کنند. این نوع تحلیل‌ها به ویژه در کشورهای در حال توسعه که با چالش‌های متعددی در زمینه مدیریت شهری مواجه هستند، از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است؛ بنابراین، به‌کارگیری تصاویر ماهواره‌ای یکی از مهم‌ترین شیوه‌های دستیابی به اطلاعات لازم برای نمایش تغییرات محیطی در مناطق شهری و مدیریت بحران است (یوسفی مبرهن و همکاران، ۱۳۹۹). در واقع، تغییرات کاربری و روند توسعه شهری را می‌توان با استفاده از مجموعه‌های چندزمانه از تصاویر ماهواره‌ای به‌دست آورد (Hermas et al., 2021). مطالعات مختلف نشان داده‌اند که استفاده از تکنیک‌های سنجش از دور و تصاویر ماهواره‌ای می‌تواند به شناسایی و تحلیل تغییرات کاربری اراضی کمک کنند. هادیان و همکاران (۱۳۹۴) در پژوهشی با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای به بررسی تاثیر توسعه شهری و تغییرات کاربری اراضی در محدوده شهر سمیرم طی سال‌های ۱۹۷۶ و ۲۰۱۳ پرداختند و تغییرات جمعیتی را نیز همگام با این تغییرات مورد ارزیابی قرار دادند. آنها نقشه‌های کاربری اراضی را با استفاده از روش نظارت شده حداکثر احتمال طبقه‌بندی نموده و بیان داشتند صحت کلی نتایج طبقه‌بندی برای سال ۱۹۷۶ حدود ۸۰ درصد و برای سال ۲۰۱۳ حدود ۹۲ درصد بود. به گفته آنها، افزایش جمعیت و گسترش شهرنشینی طی دوره ۳۷ ساله باعث از بین رفتن پوشش گیاهی و زمین‌های کشاورزی در اطراف شهر سمیرم شده و افزایش ۹۰ درصدی سطوح اراضی شهری را به دنبال داشته است. درویشی و همکاران (۱۳۹۹) در پژوهشی به تحلیل و پیش‌بینی روند توسعه شهری در شهرهای بانه، مریوان و سقز و تاثیر آن بر کاربری اراضی در یک دوره ۴۵ ساله پرداختند. این پژوهشگران مدلسازی نقشه‌های کاربری اراضی و رشد نواحی شهری را با استفاده از تصاویر ماهواره لندست مربوط به سال‌های ۱۹۸۷، ۲۰۰۲ و ۲۰۱۷ و با اعمال الگوریتم حداکثر احتمال و مدل CA-Markov انجام دادند. آنها براساس نتایج خود بیان نمودند که در دوره‌ی ۱۹۸۷ تا ۲۰۱۷ حدود ۸۹۷/۳۹ و ۷۹۰/۳۸ هکتار (در شهر مریوان) و ۸۰۱ و ۷۷۲/۲۹ هکتار (در شهر بانه) به ترتیب از اراضی ملی (مرتعی و جنگلی) و زمین‌های کشاورزی به نواحی شهری تبدیل شده است اما این روند برای شهر سقز کمتر بوده و رشد این شهر بیشتر نواحی بایر را به میزان ۱۲۴۹/۲۹ هکتار تحت تاثیر قرار داده بود. آنها با توجه به نتایج مدل CA-Markov بیان کردند که در طول سال‌های ۲۰۱۷ تا ۲۰۳۲ همانند دوره قبل، رشد شهر بانه در جهت شمال شرق، رشد شهر مریوان در جهت شرق و رشد شهر سقز در چهار جهت خواهد بود. ورامش و همکاران (۱۴۰۱) در مطالعه‌ای با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای لندست اقدام به ارزیابی و پایش روند توسعه فیزیکی شهر اردبیل طی دوره ۳۰ ساله نمودند. آنها تصاویر مربوط به سال‌های ۱۹۸۷، ۲۰۰۰ و ۲۰۱۷ را تهیه و با استفاده از الگوریتم‌های نظارت شده؛ ماشین بردار پشتیبان، حداکثر احتمال و شبکه عصبی طبقه‌بندی نمودند. نتایج آنها نشان داد روش نظارت شده ماشین بردار پشتیبان دقت بالاتری داشته و با توجه به نقشه‌های طبقه‌بندی شده بیان کردند وسعت اراضی ساخته شده از ۲۰/۰۲۲۳ کیلومتر مربع در سال ۱۹۸۷ به ۴۰/۵۸۵۴ کیلومتر مربع در سال ۲۰۱۷ رسیده است و به‌طورکلی توسعه نامتوازنی داشته است. Xian و Crane (۲۰۰۵) در مطالعه‌ای توسعه شهری ناحیه خلیج Tampa واقع در ایالت فلوریدا و تغییرات آن طی سال‌های ۱۹۹۱ تا ۲۰۰۲ را با استفاده از داده‌های سنجش از دور مورد بررسی قرار دادند. این پژوهشگران نقشه‌های تغییرات کاربری زمین را با استفاده از تصاویر ماهواره لندست تهیه نمودند و بر اساس نتایج خود استدلال داشتند در اثر رشد جمعیت شهری، وسعت زیادی از اراضی طبیعی به سطوح نفوذناپذیر تبدیل شده است، به‌طوری‌که وسعت محدوده شهری از سال ۱۹۹۱ تا ۲۰۰۲ سه برابر افزایش یافته بود. El Garouani و همکاران (۲۰۱۷) در مطالعه‌ای با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای و داده‌های

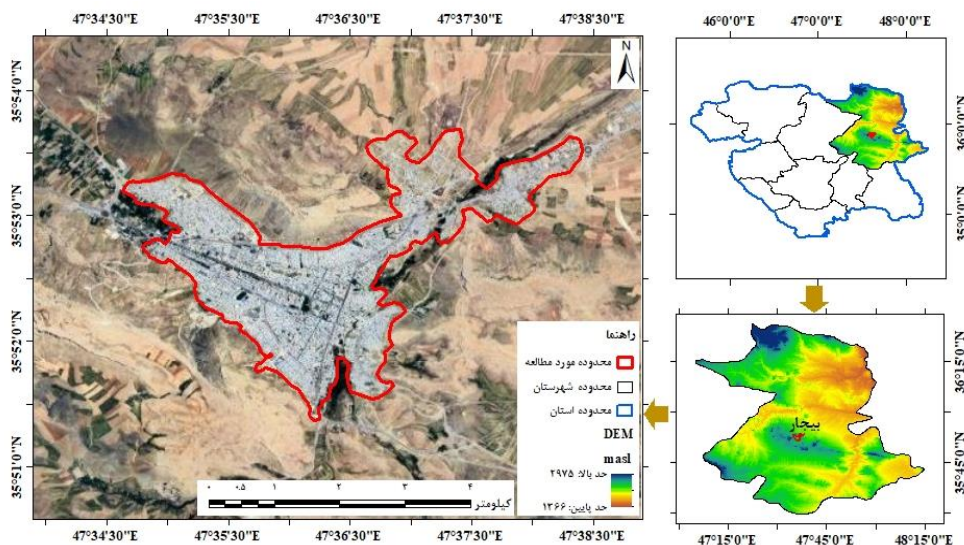
جمعیتی به بررسی رابطه بین شهرنشینی و تغییرات کاربری اراضی محدوده شهری Fez واقع در مراکش، طی دوره ۲۹ ساله (۱۹۸۴ تا ۲۰۱۳) پرداختند. به گفته این محققان نرخ شتابان رشد جمعیت باعث توسعه سریع شهری و اثرات منفی جدی بر محیط‌زیست شده بود. نتایج آنها نشان داد با افزایش نرخ رشد جمعیت، وسعت اراضی شهری و توسعه یافته حدود ۱۲۱ درصد افزایش یافته بود در حالیکه اراضی کشاورزی و جنگلی به ترتیب ۱۱ درصد و سه درصد کاهش یافته بود. Calderon و همکارانش (۲۰۲۱) در پژوهشی به تجزیه و تحلیل تغییرات مکانی و زمانی کاربری اراضی و پوشش زمین در کشور استرالیا طی سال‌های ۱۹۸۵ تا ۲۰۱۵ پرداختند. آنها بدین منظور نقشه‌های تغییرات کاربری اراضی را با استفاده از سامانه گوگل ارث انجین (GEE) در گام‌های زمانی پنج ساله تهیه و مورد بررسی قرار دادند و بیان نمودند طی دوره مورد مطالعه، مناطق ساخته شده بیشترین تغییرات را داشته‌اند، به طوریکه وسعت این مناطق از ۱۲۳۲۰ کیلومتر مربع در سال ۱۹۸۵ به ۱۵۰۱۳ کیلومتر مربع در سال ۲۰۱۵ افزایش یافته بود.

بررسی‌های انجام شده نشان می‌دهد که استفاده از تصاویر ماهواره‌ای و تکنیک‌های سنجش از دور نه تنها به شناسایی تغییرات مکانی و زمانی کمک می‌کند، بلکه می‌تواند به عنوان ابزاری برای پیش‌بینی و مدیریت بهینه منابع شهری نیز مورد استفاده قرار گیرد. این ابزارها به ویژه در شرایط نبود داده‌های مستند محلی از روند توسعه شهری و کاربری اراضی، می‌توانند به عنوان منبعی معتبر و دقیق در تهیه اطلاعات توصیفی و مکانی؛ نقش مهم و ارزنده‌ای را ایفا نموده و در بررسی روند تغییرات کاربری اراضی در مناطق شهری، اطلاعات مفیدی را فراهم کنند. در بیشتر مناطق ایران، روند افزایش جمعیت شهری سبب تغییرات در اراضی طبیعی و از بین رفتن آنها و توسعه سریع نواحی شهری شده است با این وجود سرعت تغییرات، الگو و روند توسعه هر شهر وابسته به عوامل متعددی است و می‌تواند بسیار متفاوت از سایر شهرها (حتی شهرهای همجوار) باشد. بر این اساس، بررسی تغییرات کاربری اراضی و روند توسعه هر شهری نیازمند بررسی دقیق تغییرات کاربری و عوامل موثر بر آن است. شهر بیجار (واقع در استان کردستان) یکی از شهرهایی است که در طی سال‌های اخیر با توسعه قابل توجهی همراه بوده است. لذا در این پژوهش، روند توسعه مکانی و زمانی محدوده شهر بیجار با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای لندست طی دوره ۳۹ ساله مورد بررسی قرار گرفته است.

مواد و روش‌ها

منطقه مورد مطالعه

شهر بیجار به عنوان مرکز شهرستان بیجار در شرق استان کردستان واقع شده است و یکی از قدیمی‌ترین شهرهای ایران است که در گذشته مرکز ولایت گروس بوده است (شکل ۱). شهر بیجار در منطقه‌ای کوهستانی و دارای آب و هوایی نیمه خشک واقع است که در امتداد سلسله جبال غربی ایران قرار دارد. این شهر از شمال و شمال غربی به کوه نقاره کوت، از جنوب غرب به کوه نثار، از شرق به کوه زاغه و از جنوب به کوه سراو محدود می‌شود. براساس سرشماری سال ۱۳۹۵، جمعیت این شهر ۵۰۰۱۴ نفر بوده است و آخرین برآوردها جمعیت فعلی شهر بیجار را بیش از ۶۰۰۰۰ نفر تخمین زده‌اند. شهر بیجار با ارتفاع غالب بین ۱۹۰۰ تا ۲۰۰۰ متر بالاتر از سطح دریا، از مرتفع‌ترین شهرهای ایران به حساب می‌آید.



شکل ۱: موقعیت جغرافیایی محدوده شهر بیجار در شهرستان بیجار و استان کردستان

روش تحقیق

استفاده از تصاویر لندست به عنوان ابزاری برای تحلیل توسعه شهری، نه تنها به درک بهتر از تغییرات مکانی و زمانی کمک می‌کند، بلکه می‌تواند به شناسایی چالش‌ها و فرصت‌های موجود در فرآیند توسعه شهری نیز کمک نماید. به‌طور کلی، این نوع تحلیل‌ها می‌توانند به برنامه‌ریزی بهتر و مدیریت منابع شهری کمک کنند و به توسعه پایدار شهری منجر شوند. در این مطالعه، به منظور بررسی روند تغییرات کاربری اراضی محدوده فعلی شهر بیجار طی چهار دهه اخیر (۱۹۸۴ تا ۲۰۲۳)، از تصاویر ماهواره لندست استفاده شده است (به دلیل قدمت دوره‌های زمانی، دسترسی آسان و قدرت طیفی و مکانی مناسب).

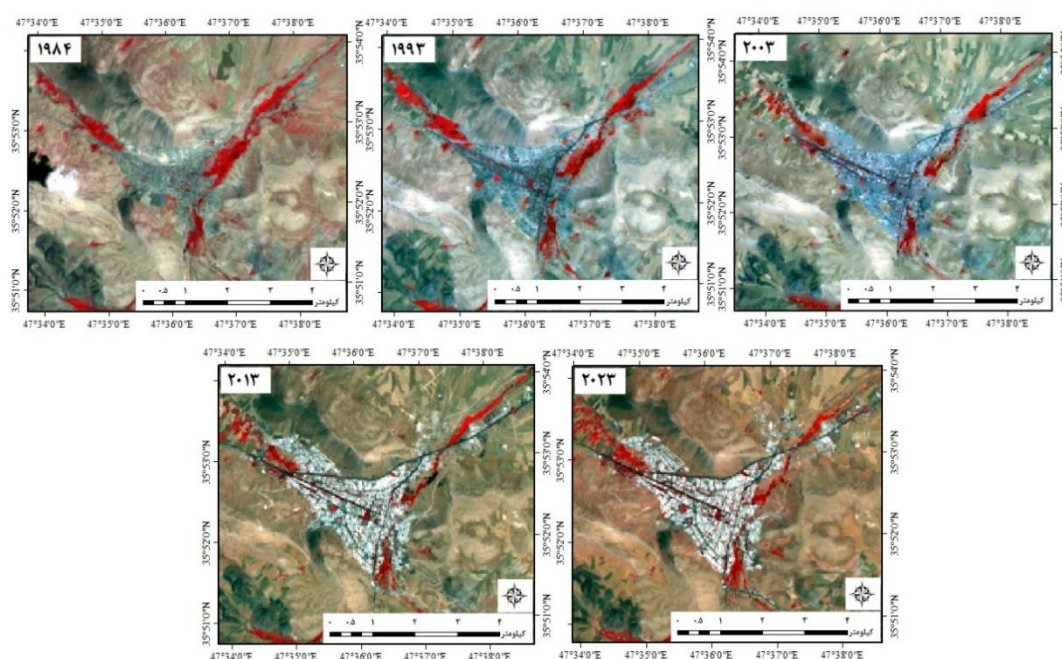
الف- تهیه و پردازش تصاویر ماهواره‌ای

به منظور ارزیابی روند تغییرات کاربری اراضی محدوده شهر بیجار، از تصاویر ماهواره‌ای لندست مربوط به سال‌های ۱۹۸۴، ۱۹۹۳، ۲۰۰۳، ۲۰۱۳ و ۲۰۲۳ استفاده شد (شکل ۲). این سال‌ها با توجه به زمان آغاز بررسی فعلی (۲۰۲۳) و گام زمانی ده ساله بین تصاویر ماهواره‌ای انتخاب شدند و به دلیل آنکه تصاویر لندست از سال ۱۹۸۴ موجود است، سال ۱۹۸۴ به عنوان سال آغازین بررسی انتخاب شد. جهت استخراج وضعیت کاربری اراضی در سال‌های ۲۰۱۳ و ۲۰۲۳ از تصاویر ماهواره لندست ۸، برای سال ۲۰۰۳ از تصاویر ماهواره لندست ۷ و برای سال‌های ۱۹۸۴ و ۱۹۹۳ از تصاویر ماهواره لندست ۵ استفاده گردید (جدول ۱). پیش از به‌کار بردن تصاویر ماهواره‌ای، لازم است فرآیندهای پردازشی برای حذف نویز یا خطاهای موجود در تصویر که در اثر خطاهای آشکارسازی سنجنده‌ها ایجاد می‌شود بر روی تصاویر اعمال شود. در این پژوهش، تهیه و پردازش تصاویر ماهواره لندست با استفاده از سامانه Google Earth Engine انجام شد. سامانه Google Earth Engine و پلتفرم Code Editor در علم سنجش از دور یکی از جدیدترین، راحت‌ترین و سریع‌ترین بسترها برای پردازش تصاویر ماهواره‌ای است (Samadi Todar et al., 2021؛ محمدنژاد آروق و همکاران،

۱۳۹۹). در بخش Code Editor با استفاده از اعمال کدهای دستوری، می‌توان هر نوع پردازش و الگوریتمی را به صورت آنلاین، سریع و راحت انجام داد و همین‌طور می‌توان از داده‌ها و تصاویر به‌روز سامانه استفاده کرد.

جدول ۱: مشخصات تصاویر ماهواره‌ای استفاده شده

سال	ماهواره	تاریخ تصویربرداری	سنجنده	قدرت تفکیک مکانی (m)	تعداد باند	باندهای استفاده شده
۱۹۸۴	لندست ۵	۱۹۸۴/۰۵/۱۶	TM	۳۰	۷ باند	باندهای اپتیک
۱۹۹۳	لندست ۵	۱۹۹۳/۰۷/۲۸	TM	۳۰	۷ باند	
۲۰۰۳	لندست ۷	۲۰۰۳/۰۸/۰۱	TM	۳۰	۷ باند	
۲۰۱۳	لندست ۸	۲۰۱۳/۰۷/۱۹	OLI	۳۰	۱۱ باند	
۲۰۲۳	لندست ۸	۲۰۲۳/۰۷/۱۵	OLI	۳۰	۱۱ باند	



شکل ۲: تصاویر خام طبقه‌بندی سال‌های ۱۹۸۴ تا ۲۰۲۳ شهر بيجار

ب- طبقه‌بندی تصاویر ماهواره‌ای و ارزیابی صحت

یکی از فرآیندهای مهم در حوزه پردازش تصاویر و مطالعات محیطی، طبقه‌بندی تصاویر ماهواره‌ای است که با استفاده از داده‌های استخراج شده از تصاویر ماهواره‌ای، سطوح زمین را به گروه‌ها یا دسته‌های مختلف کلاس‌بندی می‌کند. طبقه‌بندی به دو روش نظارت شده^۱ و نظارت نشده^۱ انجام می‌شود. طبقه‌بندی نظارت شده بر اطلاعات آموزشی

1. Supervised Classification

مبتنی بر نمونه‌های انتخاب شده تکیه دارد اما در طبقه‌بندی نظارت نشده الگوریتم الگوها را شناسایی و پیکسل‌ها را بدون نمونه‌های از پیش تعیین شده دسته‌بندی می‌کنند. در این مطالعه از روش‌های نظارت شده برای طبقه‌بندی تصاویر ماهواره‌ای استفاده شده است.

جهت انجام طبقه‌بندی تصاویر از نرم‌افزار ENVI 5.3 استفاده شده است. اولین گام در انجام یک طبقه‌بندی نظارت شده، تعریف مناطقی است که به‌عنوان نمونه‌های آموزشی برای هر کلاس استفاده می‌شوند. نمونه‌های آموزشی بصورت دستی از تصاویر خام انتخاب شده و در چهار کلاس مناطق نفوذناپذیر (شامل تاسیسات مسکونی و تجاری و جاده‌ها)، مراتع و اراضی رها شده (شامل مراتع، نواحی بدون پوشش، زمین‌های بایر، کوه‌ها و صخره‌ها)، باغات و فضای سبز (شامل پارک‌ها) و اراضی کشاورزی (اعم از اراضی آبی و دیم) تعریف شده است. سپس، به‌منظور تهیه نقشه‌های روند تغییرات توسعه شهر بیجار تصاویر با اعمال سه روش طبقه‌بندی نظارت شده ماشین بردار پشتیبان (SVM)^۲، حداکثر احتمال (ML)^۳ و شبکه عصبی (NN)^۴ طبقه‌بندی شدند. الگوریتم ماشین بردار پشتیبان؛ یکی از روش‌های نسبتاً جدید است که عملکرد بهتری نسبت به سایر روش‌ها در طبقه‌بندی تصاویر ماهواره‌ای نشان داده است و به‌طور گسترده در برنامه‌های سنجش از دور استفاده می‌شود (Noble, 2006). الگوریتم حداکثر احتمال؛ یکی از شناخته‌شده‌ترین و گسترده‌ترین روش‌های طبقه‌بندی تصاویر ماهواره‌ای است که در آن احتمال اینکه یک پیکسل متعلق به تمام کلاس‌ها باشد محاسبه می‌شود و پیکسل با بالاترین احتمال به کلاس اختصاص داده می‌شود (Frieden, 1972). الگوریتم شبکه عصبی؛ سیستمی از نورون‌های مصنوعی است که آزادانه مغز انسان را تقلید می‌کند و تصویر را براساس یادگیری تحت نظارت طبقه‌بندی می‌کند (Krogh, 2008).

جهت حصول اطمینان از نتایج به دست آمده، صحت طبقه‌بندی تصاویر براساس صحت کلی^۵ و ضریب کاپا^۶ مورد سنجش قرار گرفت (Lu et al., 2004). از آنجا که یکی از راه‌های موثر به منظور بررسی طبقات مختلف کاربری زمین استفاده از تصاویر گوگل ارث می‌باشد (درویشی و همکاران، ۱۳۹۹)، ارزیابی صحت نتایج طبقه‌بندی با استفاده از تصاویر با وضوح بالای گوگل ارث و براساس پارامتر آماری ماتریس درهم ریختگی^۷ صحت کلی و ضرایب کاپای نقشه‌های طبقه‌بندی شده انجام شد.

نتایج

بررسی روند تغییرات مکانی و زمانی محدوده شهر بیجار نشان داد که طی چهار دهه اخیر، توسعه شهری در این منطقه با رشد سریع اتفاق افتاده است. با توجه به قدرت تفکیک مکانی و محدودیت تصاویر ماهواره‌ای لندست نمی‌توان به وضوح به تفکیک المان‌های شهری شامل مناطق تجاری، مسکونی، جاده‌ها و ... پرداخت. بنابراین همه المان‌های مصنوعی شهری (بجای فضای سبز) به عنوان مناطق نفوذناپذیر در نظر گرفته شد. قبل از ارائه نتایج لازم است صحت

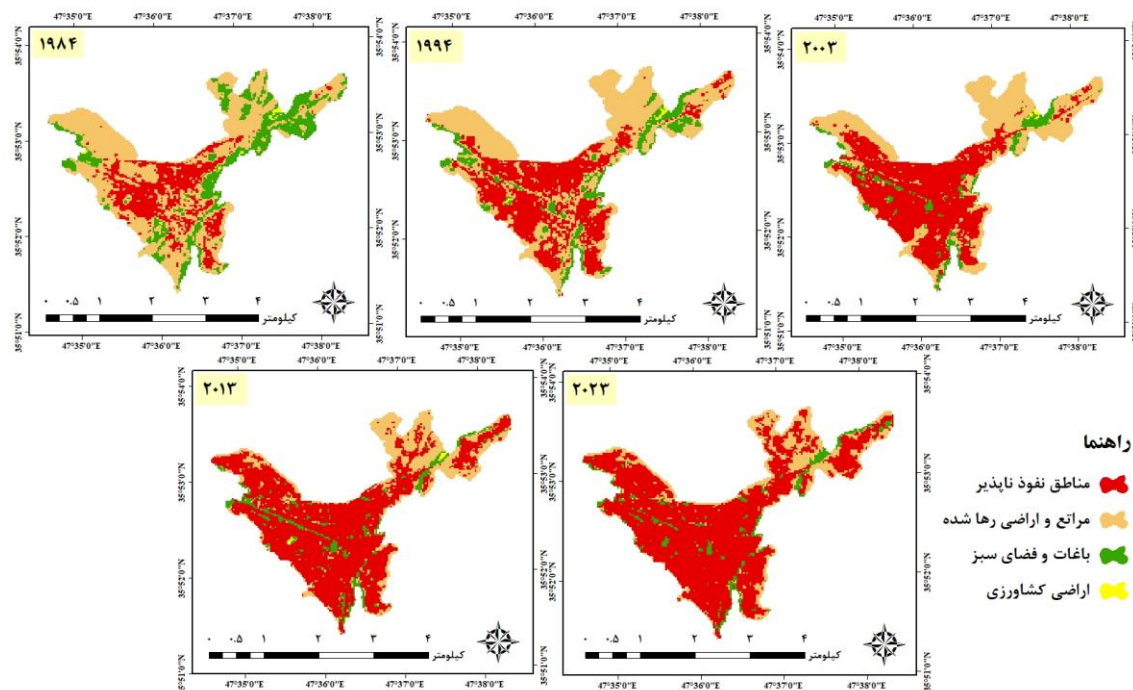
-
1. Unsupervised Classification
 2. Support Vector Machine
 3. Maximum Likelihood
 4. Neural Network
 5. Overall Accuracy
 6. Kappa Coefficient
 7. Confusion Matrix

نتایج طبقه‌بندی و اطلاعات استخراج شده از تصاویر ماهواره‌ای مورد بررسی قرار گیرد. نتایج اعتبارسنجی و برآورد صحت نقشه‌های طبقه‌بندی شده نشان داد ضریب کاپا و صحت کلی نقشه‌ها در الگوریتم نظارت شده SVM در دوره‌های مختلف بیشتر از دو الگوریتم دیگر بود به‌طوری که در روش SVM ضریب کاپا برای دوره‌های مختلف بالاتر از ۰/۹۳ و صحت کلی بالاتر از ۹۵/۴ درصد، در روش ML ضریب کاپا و صحت کلی به ترتیب بالاتر از ۰/۷۶ و ۸۴/۱ درصد و در روش NN ضریب کاپا و صحت کلی به ترتیب بالاتر از ۰/۸۴ و ۹۰ درصد محاسبه شد که نشان می‌دهد روش SVM عملکرد بهتری نسبت به دیگر روش‌های مورد استفاده داشت. بر این اساس؛ روش SVM مبنای طبقه‌بندی تصاویر ماهواره‌ای قرار داده شد.

جدول ۲: ضریب کاپا و صحت کلی نقشه‌های طبقه‌بندی شده با روش‌های مختلف

سال	ضریب کاپا			صحت کلی		
	NN	ML	SVM	NN	ML	SVM
۱۹۸۴	۰/۹۵	۰/۸۴	۰/۹۴	۹۶/۷	۹۳	۹۷/۷
۱۹۹۳	۰/۹۵	۰/۹۶	۰/۸۷	۹۶/۷	۹۷/۶	۹۱/۹
۲۰۰۳	۰/۹۳	۰/۸۷	۰/۸۴	۹۵/۴	۹۱	۹۰
۲۰۱۳	۰/۹۶	۰/۹۵	۰/۹۶	۹۷/۲	۹۶/۶	۹۷/۲
۲۰۲۳	۰/۹۵	۰/۷۶	۰/۹۱	۹۶/۵	۸۴/۱	۹۴/۳

براساس طبقه‌بندی روش SVM، روند توسعه مکانی و زمانی محدود شهر بیجار مورد بررسی قرار گرفت. به این منظور ابتدا تصاویر خام تهیه شده منطبق با کلاس‌های تعریف شده طبقه‌بندی شدند و خروجی کار براساس محدوده فعلی شهر بیجار در نرم‌افزار ArcGIS برش داده شد (شکل ۳).



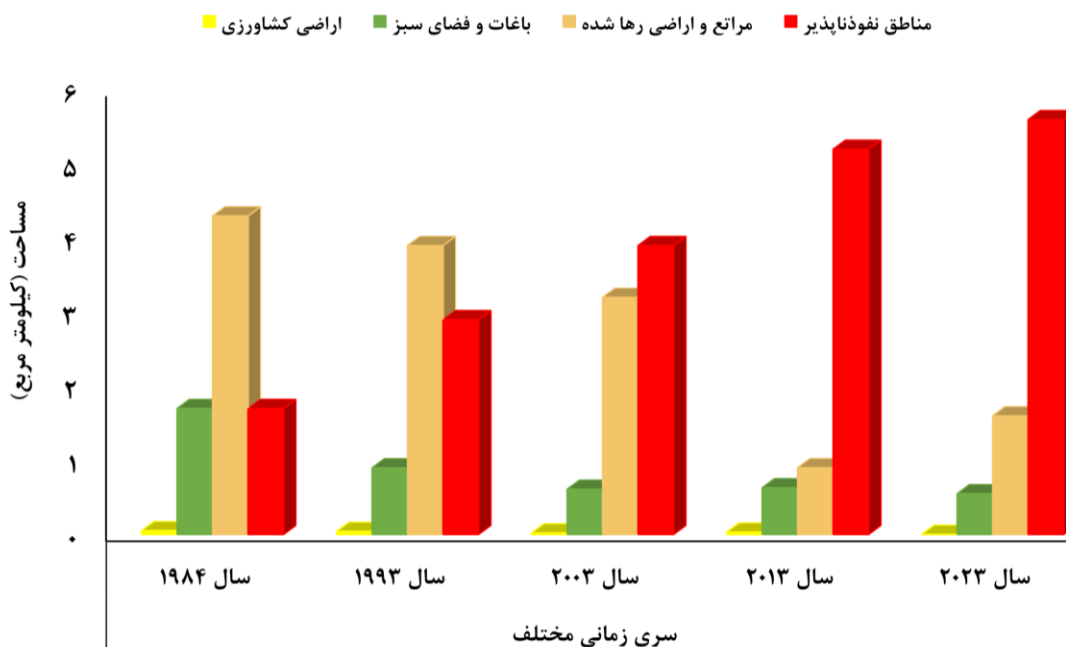
شکل ۳: روند توسعه شهر بيجار طی سال‌های ۱۹۸۴ تا ۲۰۲۳

به منظور بررسی روند تغییرات کاربری‌های مختلف، نقشه‌های طبقه‌بندی شده با یکدیگر مورد مقایسه قرار گرفتند. مساحت محدوده مورد مطالعه برابر با $7/76$ کیلومتر مربع می‌باشد. در طول دوره مورد بررسی (۱۹۸۴ تا ۲۰۲۳)، تغییرات متعددی در سطح کلاس‌های کاربری اراضی رخ داده است (جدول ۳). شکل ۴ روند زمانی توسعه شهر بيجار را براساس تصاویر طبقه‌بندی شده نشان می‌دهد. محدوده شهر بيجار طی دوره زمانی ۳۹ ساله دارای روند افزایشی بوده است به‌طوری‌که وسعت مناطق نفوذناپذیر از $1/71$ کیلومتر مربع در سال ۱۹۸۴ به $5/64$ کیلومتر مربع در سال ۲۰۲۳ افزایش پیدا کرده است. مراعات و اراضی رها شده دارای روند کاهشی بوده است به‌طوری‌که وسعت آن از $4/33$ کیلومتر مربع در سال ۱۹۸۴ به $1/57$ کیلومتر مربع در سال ۲۰۲۳ رسیده و به مناطق نفوذناپذیر تبدیل شده‌اند. همچنین طی دوره مشابه، وسعت کلاس باغات و فضای سبز بین سال‌های ۱۹۸۴ تا ۲۰۰۳ از $1/67$ کیلومتر مربع به $0/61$ کیلومتر مربع کاهش یافته است و مساحت این کلاس کاربری اراضی در سال ۲۰۱۳ برابر با $0/64$ کیلومتر مربع و در سال ۲۰۲۳ به $0/55$ کیلومتر مربع رسیده است. همچنین، مساحت اراضی کشاورزی نیز دارای روند کاهشی بوده است و از $0/05$ کیلومتر مربع در سال ۱۹۸۴ به $0/02$ کیلومتر مربع در سال ۲۰۰۳، $0/03$ کیلومتر مربع در سال ۲۰۱۳ تغییر کرده است و در نهایت در سال ۲۰۲۳ این سطوح کاملاً از بین رفته و به سطوح نفوذناپذیر تبدیل شده‌اند. لازم به ذکر است که روند کلی ارائه شده با واقعیات منطقه همخوانی دارد. با این وجود قدرت تفکیک مکانی متوسط تصاویر لندست، در دسترس نبودن تصاویر برخی از سال‌ها و اختلاف در تاریخ دریافت تصاویر می‌تواند بر نتایج ارائه شده اثرگذار باشند و بالطبع استفاده از تصاویر با قدرت تفکیک مکانی بالاتر (در بیشتر موارد این تصاویر رایگان نمی‌باشند) می‌تواند به بهبود نتایج و کاهش خطا کمک نماید.

بطور کلی طی دوره مورد بررسی (۱۹۸۴ تا ۲۰۲۳)، سطح شهر بیجار تقریباً ۳/۳ برابر شده است و مطابق نتایج به دست آمده توسعه مکانی شهر بیجار بیشتر در جهت شرق (شهرک اندیشه) و غرب (شهرک‌های آفتاب و مهدیه) اتفاق افتاده است.

جدول ۳: مساحت کاربری‌های مختلف طی دوره مورد بررسی

مساحت (کیلومتر مربع)					کلاس کاربری اراضی
سال ۲۰۲۳	سال ۲۰۱۳	سال ۲۰۰۳	سال ۱۹۹۳	سال ۱۹۸۴	
۵/۶۴	۵/۱۶	۳/۹۲	۲/۹۳	۱/۷۱	مناطق نفوذناپذیر
۱/۵۷	۱/۹۳	۳/۲۱	۳/۹۱	۴/۳۳	مراتع و اراضی رها شده
۰/۵۵	۰/۶۴	۰/۶۱	۰/۸۸	۱/۶۷	باغات و فضای سبز
۰	۰/۰۳	۰/۰۲	۰/۰۴	۰/۰۵	اراضی کشاورزی



شکل ۴: روند تغییرات سطح کاربری اراضی طی سال‌های ۱۹۸۴ تا ۲۰۲۳

بحث و نتیجه‌گیری

مدیریت مناسب عرصه‌های طبیعی و شهری و برنامه‌ریزی توسعه مکانی هر ناحیه نیازمند دسترسی به آمار و اطلاعات مربوط به انواع کاربری‌ها و بررسی تغییرات آن در گذر زمان است. امروزه با به‌کارگیری مجموعه‌های چندزمانه تصاویر ماهواره‌ای می‌توان اطلاعات لازم برای نمایش تغییرات کاربری‌های مختلف و روند توسعه شهری را در طول زمان بدست آورد. نبود برنامه‌ریزی مناسب و عدم نظارت بر تغییرات کاربری اراضی منجر به پیامدهای جبران ناپذیری مانند مشکلات محیط‌زیستی، تخریب گسترده جنگل‌ها و مراتع، از بین رفتن زمین‌های کشاورزی و گسترش سطوح نفوذناپذیر

(از قبیل مناطق مسکونی، تجاری، جاده‌ها و پوشش‌های آسفالتی و ...) می‌شود. بر این اساس، بررسی روند مکانی و زمانی تغییرات کاربری اراضی حائز اهمیت بالایی است. در این پژوهش روند توسعه شهر بيجار و تغییرات کاربری اراضی در پنج مقطع زمانی (۱۹۸۴، ۱۹۹۳، ۲۰۰۳، ۲۰۱۳ و ۲۰۲۳) با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای لندست ۵، ۷ و ۸ مورد مطالعه قرار گرفت. براساس نتایج اعتبارسنجی و برآورد صحت نقشه‌های طبقه‌بندی شده (ضریب کاپا و صحت کلی نقشه‌ها) مشخص شد که طبقه‌بندی تصاویر با الگوریتم نظارت شده SVM در منطقه مورد مطالعه به واقعیت‌های منطقه نزدیک‌تر و از صحت قابل قبولی برخوردار است. با توجه به یافته‌های بدست آمده مراتع و اراضی رها شده بیشترین سطوحی بوده‌اند که به مناطق نفوذناپذیر شهری تبدیل شده است. تخریب اراضی طبیعی مانند اراضی کشاورزی، جنگلی و مرتعی و تبدیل آنها به سطوح نفوذناپذیر شهری در دهه‌های اخیر با سرعت بیشتری اتفاق افتاده است و این مسئله در تحقیقات مشابه از جمله مطالعات؛ هادیان و همکاران (۱۳۹۴)، درویشی و همکاران (۱۳۹۹)، Crane and Xian., 2005 و Calderon et al., 2021 نیز گزارش شده است. بهره‌گیری از داده‌های ماهواره‌ای با قدرت تفکیک مکانی بالا (مانند تصاویر ماهواره IKONOS) و استفاده از تکنیک ادغام تصاویر ماهواره‌ای (به منظور افزایش وضوح تصاویر)، می‌تواند استخراج اطلاعات دقیق‌تر از تصاویر و تفکیک امان‌های مختلف شهری را ممکن سازد و این اطلاعات ارزشمند؛ تصمیم‌گیران را در برنامه‌ریزی و نظارت بهتر بر روند توسعه شهری یاری می‌رساند.

مراجع

- درویشی، ش. سلیمانی، ک. و شعبانی، م. ۱۳۹۹. تحلیل و پیش‌بینی روند رشد شهری و تاثیر آن بر کاربری اراضی با استفاده از سنجش از دور و مدل CA-Markov (مطالعه موردی: شهرهای مریوان، بانه و سقز). فصلنامه اطلاعات جغرافیایی، دوره ۲۹، شماره ۱۱۴، صفحات ۱۶۳-۱۴۷.
- محمدنژاد آروق، وحید. ۱۳۹۹. شناسایی اراضی شهری با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای سنتینل ۱ و ۲ بر پایه سامانه گوگل ارث انجین (GEE). پژوهش‌های جغرافیای برنامه‌ریزی شهری، دوره ۸، شماره ۳، صفحات ۶۳۰-۶۱۳.
- ورامش، سعید، محترم عنبران، سهراب، و روح‌نواز، زهرا. ۱۴۰۱. ارزیابی و پایش روند گسترش فیزیکی سی ساله شهر اردبیل با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای. فصلنامه اطلاعات جغرافیایی، دوره ۳۱، شماره ۱۲۳، صفحات ۱۵۳-۱۳۹.
- هادیان، فاطمه، جعفری، رضا، و بشری، حسین. ۱۳۹۴. پایش تغییرات کاربری و پوشش اراضی در اثر توسعه مکانی و جمعیتی شهرستان سمیرم با استفاده از داده‌های ماهواره‌ای. تحقیقات مرتع و بیابان ایران، شماره ۴، صفحات ۷۳۰-۷۴۴.
- یوسفی مبرهن، ا. سلیمانی، ک. و وهاب‌زاده، ق. ۱۳۹۹. اثر تغییرات کاربری اراضی بر وضعیت آب‌گرفتگی شهری (مطالعه موردی: حوضه شهری دامغان). نشریه مدیریت اراضی، جلد ۸، شماره ۲، صفحات ۲۵۲-۲۳۹.

Ahmed, P. A., Bhat, P., ul Shafiq, A., and A. Mir, A., 2017. Urban sprawl and its impact on landuse/land cover dynamics of Dehradun City, India. International Journal of Sustainable Built Environment. 6: 513-521.

- Ajjur, S.B., and Al-Ghamdi, S.G., 2022. *Exploring urban growth–climate change–flood risk nexus in fast growing cities*. Scientific Reports. 12:12265.
- Calderon, M., Hadjikakou, M., & Bryan, B.A. (2021). *High Resolution Wall to Wall Land-Cover Mapping and Land Change Assessment for Australia from 1985 to 2015*. Remote Sensing of Environment, 252, pp. 1-15.
- El Garouani, A., Mulla, D.J., El Garouani, S., Knight, J., 2017. *Analysis of urban growth and sprawl from remote sensing data: Case of Fez, Morocco*. International Journal of Sustainable Built Environment, (2017) 6, 160–169.
- Frieden B.R. 1972. *Restoring with maximum likelihood and maximum entropy*. J Opt Soc Am. 62 (4): 511-518.
- Hermas, E., Gaber, A., and El Bastawesy, M. 2021. *Application of remote sensing and GIS for assessing and proposing mitigation measures in flood-affected urban areas, Egypt*. The Egyptian Journal of Remote Sensing and Space Sciences, 24: 119-130.
- Krogh, A. 2008. *What are artificial neural networks?*. Nat Biotechnol 26, 195–197.
- Lu, D., Mausel, P., Brondizio, E., and Moran, E., 2004. *Change detection techniques*. International Journal of Remote Sensing, 25(12), p: 2365–2407.
- Noble, W. 2006. *What is a support vector machine?*. Nat Biotechnol 24, 1565–1567.
- Samadi Todar, S.A., Attarchi, S., and Osati, Kh., 2021. *Investigation the seasonality effect on impervious surface detection from Sentinel-1 and Sentinel-2 images using Google Earth engine*. Advances in Space Research 68 (2021) 1356–1365.
- Xian, G. & Crane, M. 2005. *Assessments of Urban Growth in the Tampa Bay Watershed Using Remote Sensing Data*. Remote Sensing of Environment, 97(2), pp. 203-215.
- Zhao, H., Gu, T., Tang, J., Gong, Zh., and Zhao, P., 2023. *Urban flood risk differentiation under land use scenario simulation*. iScience 26,106479: 1-28.

Spatio-temporal development of Bijar city using Landsat imagery

Fereshteh Sadeghkhani¹, Seyed Arman Samadi Tadar², Khaled Osati^{1 & 3}*

1- Faculty of Natural Resources, University of Kurdistan, Sanandaj, Iran

2- Faculty of Geography, University of Tehran, Tehran, Iran

3- Department of Zrebar Lake Environmental Research, Kurdistan Studies Institute, University of Kurdistan, Sanandaj, Iran

Corresponding Author: K.Osati@UOK.ac.ir

Abstract

The increase in population, centralization, and the process of industrialization in various regions of the world usually lead to the expansion of urban areas. Over the past half-century, this trend has been reported in nearly all urban regions of Iran. However, the spatio-temporal development of each city is influenced by local variables and its unique patterns. Accurate knowledge of the development trends of each city is essential for its urban planning and sustainable development. Therefore, in the present study, the trends and patterns of urban development in Bijar city from 1984 to 2023 were investigated using Landsat satellite imagery. To prepare land use maps for the years 1984 and 1993, Landsat 5 satellite images were used; for 2003, Landsat 7 images were utilized; and for 2013 and 2023, Landsat 8 images were employed. The accuracy assessment of the classified images using the SVM (Support Vector Machine) method indicated a Kappa coefficient and overall accuracy of over 95%, demonstrating the high precision of the classified maps of Bijar's urban area. Our results revealed that the development of Bijar city over the 39-year period has followed a rapid upward trend, with the urban area expanding approximately 3.3 times. The city's development has primarily occurred in the eastern direction (Andisheh Town) and the western direction (Aftab and Mahdīyeh Towns). The area of man-made and largely impervious surfaces in Bijar city increased from 1.71 square kilometers in 1984 to 5.64 square kilometers in 2023. This significant expansion can have considerable impacts, including increased runoff generation, the occurrence of larger floods, and the intensification of urban heat islands in the region.

Keywords: Bijar, Impervious areas, Remote sensing, land use, Landsat