

تبیین تحولات کاربری زمین در توسعه پایدار شهر کاشان (سال‌های ۱۳۷۰ تا ۱۴۰۰)

مصطفی طحانی یزدلی^۱، علی شماعی^{۲*}

۱. گروه شهرسازی، دانشکده هنر و معماری، دانشگاه گیلان، رشت، ایران
۲. گروه جغرافیا و برنامه‌ریزی شهری، دانشکده جغرافیا، دانشگاه خوارزمی، تهران، ایران
(دریافت: ۱۴۰۰/۰۴/۰۹ پذیرش: ۱۴۰۰/۰۹/۱۸)

چکیده

تبیین و ارزیابی نقشه‌های کاربری زمین و شناخت توان و استعداد زمین، منبع مهم اطلاعاتی برای اتخاذ سیاست‌های اصولی و تدوین برنامه‌های توسعه پایدار به شمار می‌رود. هدف از پژوهش حاضر، تبیین کمی میزان تغییرات کاربری زمین شهر کاشان در راستای تحقق توسعه پایدار شهری طی سال‌های ۱۳۷۰ تا ۱۴۰۰ است. روش تحقیق حاضر توصیفی-تحلیلی، روش جمع‌آوری داده و اطلاعات روش اسنادی و میدانی، ابزار مورد استفاده جهت تجزیه و تحلیل در این تحقیق نیز نرم‌افزارهای Arc GIS 10.8، Idrisi Selva، Envi 5 هستند. در این تحقیق به منظور تحلیل توسعه شهری و تغییرات کاربری زمین در طی دوره‌های مختلف از سنجش از دور و تصاویر ماهواره‌ای لندست، سنجنده TM سال ۱۳۷۰، لندست سنجنده +ETM سال ۱۳۹۰، لندست ۸ سال ۱۴۰۰ استفاده شده است. برای تحلیل تغییرات از تابع Crosstab در محیط نرم‌افزار Idrisi Selva استفاده شده است. نتایج تحقیق نشان می‌دهد که مساحت زمین انسان‌ساخت در شهر کاشان، از ۲۵۶۲ هکتار در سال ۱۳۷۰ به ۳۴۱۹ هکتار در سال ۱۳۹۰ و ۴۶۸۹ هکتار در سال ۱۴۰۰ افزایش یافته که این میزان توسعه شهری به ضرر کاربری‌های دیگر به خصوص زمین بایر و زمین دارای پوشش گیاهی بوده است؛ به طوری که مساحت زمین دارای پوشش گیاهی از ۳۸۹۲ هکتار در سال ۱۳۷۰ به ۲۷۳۳ هکتار در سال ۱۴۰۰ کاهش پیدا کرده است. کمبود ذخایر منابع آب زیرزمینی و کاهش نزولات جوی، روند رو به رشد شهرک‌های صنعتی و مهاجرپذیری از شهرهای اطراف، را می‌توان مهم‌ترین عوامل تاثیرگذار در تغییرات کاربری‌ها و برهم خوردن توسعه پایدار شهر کاشان دانست.

واژه‌های کلیدی: تبیین، توسعه پایدار، شهر، کاشان، کاربری زمین.

Explanation of Land use Evolutions in order to Urban Sustainable Development of Kashan city (1370 - 1400)

Tahani Yazdl¹, M., Shamaei^{2*}, A.,

1. Department of Urban Planning, Faculty of Art and Architecture, University of Guilan, Rasht, Iran
2. Department of Geography and Urban Planning, Faculty of Geography, Kharazmi University, Tehran, Iran

Received: 30/06/2021 Accepted: 09/11/2021

Abstract

Preparation and evaluation of land use maps and identify potential areas is important source of information for policy principles and the formulation of development programs. The purpose of the present study is to quantify the amount of land use change in Kashan in order to achieve sustainable urban development in the years 1370 to 1400. The method of this research is descriptive-analytical. Data gathering method is documentary and field method; the tools used for analysis in this study are also Envi 5, Idrisi Selva, and Arc Gis 10.8 software. In this research, RS data and Landsat satellite imagery, TM sensor in 1991, Landsat ETM + sensor in 2011, Landsat 8 in 2021 have been used in order to analyze the urban development and land use changes during different periods. The Crosstab function is used in Idrisi Selva software environment to analyze the land use changes. The results of the study indicated that the area of the human-made land use increased from 2562 hectares in 1991 to 3419 hectares in 2011 and it increased 4689 hectares in 2021 which these results of urban development is lead to at the expense of other land uses, in particular bare land and vegetated lands, so that land use area of vegetated lands has decreased from 3892 hectares in 1991 to 2733 hectares in 2021. Lack of groundwater resources and reduction of rainfall, the growing trend of industrial estates can be considered the most important factors affecting the sustainable development of Kashan.

Keywords: Explanation, Sustainable development, City, Kashan, Land use.

مقدمه

توسعه شهرنشینی و ظهور شهرهای مسلط و کلان‌شهرها در حال حاضر یکی از اشکال مشترک همه کشورهای جهان، بویژه کشورهای در حال توسعه است (حیدریان و همکاران، ۱۳۹۲). توسعه شهرنشینی در پی افزایش جمعیت و شهرنشینی شتابان، منجر به تغییر و تنوع الگوی توسعه و گسترش فضایی و کالبدی شهرها شده است (Silveira, 2006). گسترش کالبدی شهرها یک فرایند پویا و پیوسته است که در آن مرزهای شهر و فضای کالبدی در جهت‌های عمودی و افقی افزایش می‌یابد (اکبری و همکاران، ۱۳۹۸) و منجر به تبدیل سایر کاربری‌های زمین به کاربری شهری و صنعتی می‌شود (محمودیان و همکاران، ۱۳۹۸). الگوی گسترش فضایی و توسعه کالبدی شهرها در مقیاس جهانی، فرآیندهایی از تغییرات کاربری زمین‌ها را پیش روی شهرنشینان به‌طور اعم، مدیران، برنامه‌ریزان و مجریان شهری به‌طور اخص، قرار داده است (خمر و نمازی، ۱۳۹۶). بررسی تغییرات سریع کاربری زمین در مناطق مختلف جهان (محمودی و همکاران، ۱۳۹۹) و کسب اطلاعات از نسبت تغییرات پوشش زمین، نقش مهمی در مدیریت پوشش زمین ایفا می‌کند (شنائی هویزه و زارعی، ۱۳۹۵). زیرا این امر بر شرایط کالبدی و اقتصادی محیط‌ها و اکوسیستم‌ها و جوامع موجود در آن تأثیر گذاشته (Findell et al, 2017) و به دنبال آن پیامدهای متعددی در ابعاد اقتصادی، اجتماعی و کالبدی-اکولوژیکی بر جای می‌گذارد. بنابراین، ارزیابی روند گسترش کالبدی شهر و آگاهی از الگوهای تغییرات کاربری زمین و به‌کارگیری نتایج این مطالعات در برنامه‌ریزی شهری، ضروری است (کریمی فروزجانی و همکاران، ۱۳۹۷). برنامه‌ریزی کاربری زمین به عنوان قلب فرآیند برنامه‌ریزی شهری در توسعه پایدار نقش اساسی دارد، به گونه‌ای که در شهرسازی امروز جهان، برنامه‌ریزی کاربری زمین از محورهای اساسی شهرسازی و یکی از اهم‌های توسعه پایدار شهری به شمار می‌رود (سادات حسینی و همکاران، ۱۳۹۴). با توجه به اهمیت و ضرورت بحث برنامه‌ریزی کاربری زمین با تأکید بر نقش توسعه پایدار شهر و مشکلات

فراوان شهرهای امروزی، لازم است که از روش‌ها و ابزارهای جدیدی استفاده نمود. لذا تهیه نقشه‌های کاربری زمین و شناخت توان و استعداد زمین، منبع مهم اطلاعاتی برای اتخاذ سیاست‌های اصولی و تدوین برنامه‌های توسعه به شمار می‌رود (امیر انتخابی و همکاران، ۱۳۹۶). ایران کشوری است که بیش از دوسوم آن دارای اقلیم خشک و نیمه‌خشک و به‌طور طبیعی دارای اکوسیستم شکننده است. بسیاری از مناطق کشور با معضلاتی همچون، تخریب منابع طبیعی و بیابان‌زایی، به دلیل عواملی چون افزایش جمعیت، برداشت بی‌رویه از آب‌های زیرزمینی، چرای مفرط و توسعه صنعتی مواجه و موجب به مخاطره افتادن پایداری این نواحی شده است که با روند افزایشی نیز ادامه دارد. بنابراین ضرورت اجرای این تحقیق برای مناطق با اکوسیستم خشک و شکننده مانند شهر کاشان وجود دارد. واقع شدن دشت کاشان در منطقه‌ای خشک و مجاورت با کویر از یک‌طرف و کاهش نزولات جوی و خشکسالی‌های سالیان اخیر از طرف دیگر بیانگر کم شدن منابع تغذیه‌کننده آبخوان شده است. هیدروگراف واحد دشت نیز از سال ۶۹ تا ۹۳ نشان می‌دهد ۱۲/۶۲ متر افت سطح آب و میزان افت متوسط سالانه به حدود ۵۲ سانتیمتر می‌رسد (حیدری و همکاران، ۱۳۹۵). اکوسیستم طبیعی این دشت با توجه به روند رو به رشد تغییرات کاربری زمین به دلیل فعالیت‌های انسانی (شهرنشینی، کشاورزی غیراصولی، حفر چاه‌ها و استفاده بی‌رویه از منابع آب زیرزمینی جهت کشاورزی و صنایع) با خطر جدی فرسایش، فرونشست زمین و بیابان‌زایی روبه‌رو خواهد بود. هدف از این مطالعه بررسی تغییرات کاربری زمین شهر کاشان است به امید اینکه نتایج آن بتواند راهگشای برنامه‌ریزی و جلوگیری از ادامه تخریب در منطقه باشد. در این راستا تحقیق حاضر در پی پاسخگویی به سؤالات زیر است: تغییر و تحولات کمی هریک از کاربری‌ها، طی سه دوره پژوهش (۱۴۰۰-۱۳۹۰-۱۳۷۰) به چه میزان بوده است؟ بیشترین میزان تغییرات از سال ۱۳۷۰ تا ۱۴۰۰، در کدام یک از کاربری‌ها (زمین‌انسان‌ساخت، پوشش گیاهی، زمین بایر) اتفاق افتاده است؟

مبانی نظری و پیشینه

امروزه شهرهای کشورهای در حال توسعه با مشکلات فراوانی روبرو هستند: افزایش نرخ رشد جمعیت، مهاجرت به شهرها و نرخ رشد شهرنشینی، موجب افزایش تراکم جمعیت و تغییرات کاربری زمین با سرعت بالا در شهرها شده است. از پیامدهای طبیعی چنین فرآیندی، کمبود زمین مناسب جهت اسکان جمعیت و رشد افقی و عمودی در زمین‌های شهری است. در همین راستا استفاده غیر اصولی و بدون برنامه از زمین و تغییر کاربری‌ها بدون توجه به ظرفیت‌های محیطی، موجب از بین رفتن تعادل و توازن محیط زیست گردیده و توسعه پایدار شهری را دچار چالش نموده است. به گونه‌ای که امروزه یکی از مهم‌ترین دغدغه‌ها و نگرانی‌های مدیران و برنامه‌ریزان شهری، پایداری محیط زیست شهری است. از آنجایی که تغییرات کاربری زمین در سطوح وسیع و گسترده با سرعت نسبتاً سریع، در طول زمان صورت می‌گیرد، و از طرفی دیگر، استفاده از روش‌های سنتی برای تعیین توسعه شهری و تغییرات کاربری زمین بسیار وقت‌گیر و پرهزینه و زمانبر است (پورمحمدی و همکاران، ۱۳۹۷). بنابراین فناوری سنجش از دور و تصاویر ماهواره‌ای می‌تواند اطلاعات صحیح و به‌روز از پوشش سطح زمین را در اختیار تحلیل‌گران قرار دهد (امیر انتخابی و همکاران، ۱۳۹۶). سنجش از دور و فناوری‌های مرتبط با آن، یکی از ابزارهای نوین است که اخیراً به‌منظور پایش رشد شهری مورد استفاده قرار می‌گیرد (وارثه و همکاران، ۱۳۹۶). فناوری سنجش از دور با ارائه اطلاعات به‌روز و پوشش‌های مقرون به‌صرفه در حوزه پژوهش‌های منابع طبیعی، اهمیت زیاد دارد (Patino and Duque, 2013). با استفاده از تصاویر سنجش از دور، می‌توان تصاویر متنوع، ارزان، به‌هنگام، البته با تکرار زیاد برای اهداف مختلف به دست آورد (Langford and Maguire, 2008). تاکنون تلاش‌های بسیاری در زمینه ارزیابی و پایش تغییرات کاربری زمین در سکونتگاه‌های انسانی صورت گرفته است: لیانگ گو واکسیوهوانکسی (۲۰۲۱) در پژوهشی به بررسی تغییرات کاربری زمین شهر گوانجو چین، از سال

۱۹۸۶ تا ۲۰۱۸ با استفاده از سنجش از دور پرداخته‌اند در این پژوهش از روش طبقه‌بندی نظارت نشده و روش جنگل تصادفی استفاده است. نتایج تحقیق نشان می‌دهد که طی ۳۲ سال در منطقه مورد مطالعه زمین انسان‌ساخت روند افزایشی داشته و از وسعت زمین دارای پوشش گیاهی به نفع زمین انسان‌ساخت، کاسته شده است همچنین در دوره مطالعه مساحت پهنه‌های آبی و زمین‌های بایر نسبتاً ثابت بوده و تغییر کمی داشته است. ریتسه و همکاران (۲۰۲۰) در تحقیقی به بررسی تغییرات پوشش زمین در شرق هیمالیا و شمال شرقی هند می‌پردازند. تحقیق حاضر تغییرات کاربری زمین را در نواحی Kohima و Dimapur در ناگالند، هند مورد ارزیابی قرار می‌دهند. برای طبقه‌بندی تصاویر از تکنیک طبقه‌بندی نظارت شده به کار گرفته شد. نتایج نشان داد که مناطق ساخته شده در هر دو منطقه طی ۲۰۱۸-۱۹۹۸ افزایش چشمگیری داشته است. از سوی دیگر، زمین زراعتی و زمین جنگلی در هر دو منطقه روند کاهشی داشته است. ونگ و همکاران (۲۰۲۰) در تحقیقی، به شناسایی و پیش‌بینی تغییر کاربری و پوشش زمین در ناحیه کاتماندو نپال با استفاده از سنجش از دور و GIS می‌پردازند. نتایج نشان می‌دهد طی یک دوره ۲۰ ساله (از ۱۹۹۰ تا ۲۰۱۰)، منطقه کاتماندو ۹/۲۸ درصد از جنگل‌های خود، ۹/۸۰ درصد از زمین‌های کشاورزی و ۷۷ درصد از بدنه‌های آبی خود را از دست داده است که ۵۲/۴۷ درصد از این زمین‌ها توسط نواحی شهری در حال گسترش، جذب شده است. اوی دیتون (۲۰۱۹) در تحقیقی به بررسی روند تغییرات کاربری زمین در حوضه آبریز دریاچه چائووه در قالب چهار کاربری کلیدی پرداخته است. برای طبقه‌بندی تصاویر از تکنیک طبقه‌بندی نظارت شده و روش حداکثر احتمال برای تصاویر ماهواره‌ای، مربوط به سال ۱۹۷۹ تا ۲۰۱۵ استفاده شده است. نتایج تحقیق نشان می‌دهد استفاده از قابلیت زمین در این حوضه، برای فعالیت‌های شهری و کشاورزی به‌طور مداوم افزایش یافته است. در همین مدت، از مساحت زمین‌های جنگلی حوضه، به‌طور قابل‌توجهی کاهش یافته است. گوستین و روزیقین (۲۰۱۹) در مقاله خود به بررسی

تغییرات کاربری زمین در ساحل جزیره باتام با استفاده از سنجش از دور پرداخته‌اند. در این تحقیق، از تکنیک طبقه‌بندی نظارت شده و تصاویر ماهواره‌ای مربوط به سال‌های ۲۰۱۰ و ۲۰۱۶ برای به دست آوردن اطلاعات کاربری زمین و تغییرات در جزیره باتام، استفاده شده است. نتایج نشان می‌دهد که رابطه مستقیمی بین شرایط صنعتی منطقه، تعداد شرکت‌ها و نیروی کار با تغییرات کاربری زمین کار وجود دارد. کریمیان و همکاران (۱۳۹۹) در تحقیق خود، به پایش تغییرات کاربری زمین دشت خان میرزا، با استفاده از چهار الگوریتم حداکثر احتمال، شبکه عصبی مصنوعی، حداقل فاصله و فاصله ماله‌انویی پرداخته‌اند. نتایج حاصل از ارزیابی دقت، با استفاده از تعیین ضریب کاپا نشان داد الگوریتم شبکه عصبی مصنوعی نسبت به الگوریتم حداکثر احتمال از دقت بیشتری برخوردار است. بررسی تغییرات کاربری زمین در دوره مورد مطالعه، نشان داد کاربری‌های کشاورزی و مسکونی روند افزایشی داشته‌اند و از زمین پست‌نمدار، مراتع و زمین سنگی و لخت کاسته شده است. فروغی فر و دشتی (۱۳۹۹)، به آشکارسازی تغییرات کاربری زمین در شهرستان شوش با استفاده از تصاویر ماهواره لندست و سنجنده‌های TM, OLI و MSS پرداخته‌اند در این تحقیق برای کلاس‌بندی تصاویر، از روش نظارت شده بیشترین شباهت استفاده شده است. نتایج آشکارسازی تغییرات نشان داد که بیشترین کاهش مساحت برای زمین‌های بدون پوشش و بیشترین افزایش برای زمین کشاورزی بوده که نشان‌دهنده تغییر کاربری زمین بدون پوشش به زمین کشاورزی است.

کمالی فرد و همکاران (۱۳۹۸) در مقاله با عنوان پایش تغییرات کاربری زمین در شهر شه‌میرزاد با استفاده از سنجش از دور و سیستم اطلاعات مکانی، به بررسی تغییرات کاربری زمین در بازه زمانی ۲۰ ساله، با روش طبقه‌بندی SVM پرداخته‌اند، نتایج حاصل از آشکارسازی نشان می‌دهد که طی بازه زمانی ۱۰ سال اول حدود ۲۰ درصد از زمین باغی به زمین بایر و در بازه زمانی ۱۰ سال دوم حدود ۷ درصد از زمین بایر به زمین مسکونی و انسان‌ساخت تبدیل شده است.

شاطریان و همکاران (۱۳۹۸) در تحقیق با عنوان کاربرد سنجش از دور در آشکارسازی تغییرات کاربری زمین شهری (مطالعه موردی: شهرکرد) با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای به پایش تغییرات کاربری زمین در بازه زمانی ۳۲ ساله پرداخته‌اند، به‌منظور تهیه نقشه تغییرات کاربری زمین از روش طبقه‌بندی نظارت شده و الگوریتم حداکثر احتمال استفاده شده است. نتایج حاکی از آن است که طی دوره مورد مطالعه مساحت کاربری‌های شهری، کشاورزی و صنعتی افزایش یافته در حالی که از وسعت مرغزارها و سایر کاربری‌ها کاسته شده است. تراهی و همکاران (۱۳۹۶) در مقاله‌ای با عنوان ارزیابی عملکرد الگوریتم ماشین بردار پشتیبان در تهیه نقشه کاربری زمین (مطالعه موردی: مشکین‌شهر) از الگوریتم‌های SVM برای طبقه‌بندی کاربری اراضی حوزه سد ایلام با استفاده از ETM+ لندست مورد استفاده قرار گرفته است. نتایج نشان می‌دهد که الگوریتم‌های SVM خصوصاً سه کرنل خطی، چندجمله‌ای و شعاعی نسبت به روش طبقه‌بندی حداکثر احتمال از نظر دقت کل (حدود ۱۰٪) و ضریب کاپا (حدود ۰/۱۵) برتری دارد. امیر انتخایی و همکاران (۱۳۹۶) در پژوهشی به بررسی و آشکارسازی روند تغییرات کاربری زمین در شهرستان تالش با استفاده شبکه عصبی مصنوعی پرداخته‌اند. طبقه‌بندی تصاویر به‌صورت نظارت شده و از الگوریتم شبکه عصبی مصنوعی انجام شده است.

نتایج نشان داد که کاربری‌های زمین جنگلی و کشاورزی در بازه زمانی ۱۴ سال در شهرستان تالش روند کاهشی داشته و برعکس کاربری‌های انسان‌ساخت در حال افزایش است. در اکثر پژوهش‌ها به منظور آشکارسازی تغییرات، از باندهای مرئی تصاویر ماهواره استفاده شده ولی در پژوهش حاضر به‌منظور بالا بردن قدرت تشخیص و تفکیک کاربری‌ها و جلوگیری از اختلاط کلاس کاربری‌ها، علاوه بر باندهای مرئی تصاویر ماهواره‌ای لندست، از دو شاخص طیفی^۱ NDVI،^۲ NBDI و باند حرارتی تصاویر نیز استفاده شده است.

مواد و روش‌ها

اطلاعات ماهواره‌ای در ابتدا دارای خطاهای ژئومتری و رادیومتری هستند که این خطاها متاثر از وضعیت ماهواره، سنجنده، شرایط جوی و خطاهای هنگام ثبت، انتقال اطلاعات و دیگر موارد ناشی از آن می‌باشد. بنابراین لازم است مراحل پیش پردازش به ویژه خطا روی آنها صورت گیرد تا قابل استفاده برای مرحله پردازش شوند (شاطریان و همکاران، ۱۳۹۸).

پیش‌پردازش تصاویر ماهواره‌ای

قبل از آنالیز اصلی داده‌ها و استخراج اطلاعات، باید عملیات پیش‌پردازش صورت بگیرد (عبداللهی و همکاران، ۱۳۹۹). هدف اصلی این مرحله رفع خطاهای سیستماتیک و غیر سیستماتیک موجود در تصاویر خام و افزایش صحت و قابلیت دسته‌بندی اطلاعات رقومی مختلف است (کریمیان و همکاران، ۱۳۹۹).

عمده‌ترین پیش‌پردازش‌های لازم برای طبقه‌بندی عبارت است از: تصحیح رادیومتریکی، تصحیح هندسی، تقلیل باندها، انجام محاسبات تصویری، اعمال فیلتر (کمالی فرد و همکاران، ۱۳۹۸). در این مرحله، دو فرآیند تصحیح اتمسفری و رادیومتریکی روی تصاویر اعمال شد.

تصحیح رادیومتریکی

تصحیحات رادیومتری شامل آن دسته از تصحیحات است که فقط بر روی درجات خاکستری اعمال می‌شود و فقط با تغییر مقادیر آن‌ها به صورت مجزا (به صورت پیکسل به پیکسل) سعی در جبران بعضی خطاهای موجود تصاویر ماهواره‌ای دارند (فاطمی و رضایی، ۱۳۹۱). تصحیحات رادیومتری در قبال تغییرات منظر، نوردهی، دید هندسی، شرایط جوی و نویز سنجنده باید انجام گیرد. با استفاده از این تصحیح اثر، اختلاف زاویه خورشید و ارتفاع در داده‌های چند زمانه برطرف شد و آثار اتمسفر، توپوگرافی و خطاهای سنجنده روی داده‌های رقومی برطرف می‌شود (کریمیان و همکاران، ۱۳۹۹). تصحیحات رادیومتریکی بر روی تصاویر منتخب با دستور Radiometric Calibration در نرم‌افزار ENVI صورت گرفت.

تصحیح اتمسفری

بعد از مرحله تصحیح رادیومتریکی باندهای تصاویر در مرحله پیش‌پردازش، تصحیحات اتمسفری بر روی آن‌ها انجام می‌گیرد (کریمیان و همکاران، ۱۳۹۹). تصحیح اتمسفری مهم‌ترین بخش قبل از پردازش‌های تصاویر ماهواره‌ای از راه دور است. از این تصحیح به خصوص در مواردی که مقایسه و تجزیه و تحلیل تصاویر چند زمانه مدنظر است، استفاده می‌شود و همچنین برای دستگاه‌های تصویربرداری چند طیفی مانند اسکنرهای سنجنده‌های ماهواره لندست، که در بخش طیف مرئی و مادون قرمز نزدیک، اطلاعات را ثبت می‌کنند، اهمیت دارد (Hadjimitsis et al, 2010). در این تحقیق از دستور Quick Atmospheric Correction بر روی تصاویر اعمال گردید.

طبقه‌بندی تصاویر

ابتدا محدوده مورد مطالعه مورد بررسی بصری قرار گرفت تا طبقات و کاربری‌های مختلف تصاویر مشخص شود. تعداد ۳ طبقه شامل (زمین بایر، زمین دارای پوشش گیاهی و زمین انسان‌ساخت) در تصاویر تشخیص داده شد و سپس با استفاده روش نظارت شده اقدام به برداشت نمونه‌های تعلیمی از تصاویر شد. طبقه‌بندی تصاویر ماهواره‌ای با دو روش کلی نظارت شده و نظارت نشده انجام می‌گردد. در روش نظارت نشده طبقه‌بندی تصاویر به صورت خودکار صورت می‌گیرد ولی در روش نظارت شده طبقه‌بندی با استفاده از اطلاعات اولیه شامل نمونه‌های معلوم و کلاس‌های مشخص انجام می‌شود (کریمیان و همکاران، ۱۳۹۹). در این پژوهش برای طبقه‌بندی از روش طبقه‌بندی نظارت شده استفاده شده است. در این طبقه‌بندی از یکسری نمونه‌های تعلیمی برای طبقه‌بندی استفاده می‌شود. در انتخاب نقاط تعلیمی، به منظور کاستن از انحراف معیار نسبت به میانگین طبقات و نیز افزایش میانگین طبقات از یکدیگر، سعی شد تا نمونه‌ها از مناطق همگن، با سطوح کوچک‌تر، به تعداد زیاد، با پراکنش مناسب انتخاب گردد تا با افزایش برداشت نمونه‌های مشابه در داخل هر یک از طبقات تا حد ممکن به تفکیک پذیری بهتر طبقات کاربری کمک نمود

تصاویر، برای طبقه‌بندی با ابزار ROI در نرم‌افزار ENVI با استفاده از نمونه‌های تعلیمی، شروع به تعیین سه کاربری، شامل سطوح انسان‌ساخت، پوشش گیاهی و زمین بایر نمودیم.

(Campbell, 2002). بنابر منابع موجود، تعداد پیکسل‌های انتخاب شده در هر نمونه تعلیمی حداقل باید به اندازه ده برابر تعداد باندهای طیفی تصویر مورد استفاده باشد که این نکته در مطالعه حاضر رعایت شد. به این منظور، پس از تصحیحات انجام شده بر روی

جدول ۱: کلاس عارضه‌های استفاده شده در طبقه‌بندی

| نوع کاربری | زمین تحت پوشش |
|-----------------|---|
| زمین انسان‌ساخت | شامل همه زمین مسکونی، تجاری، درمانی، آموزشی، صنعتی |
| زمین بایر | شامل خاک لخت، زمین آیش و بدون کشت، تپه‌ها، زمین خالی از هر کاربری |
| پوشش گیاهی | شامل باغات، زمین کشاورزی، پارک‌ها و فضای سبز شهری در محدوده مورد مطالعه |

استخراج شده است (پورمحمدی و همکاران، ۱۳۹۷). منظور از صحت طبقه‌بندی، سطحی از اطمینان که از نسبت بین پیکسل‌های ارزیابی شده برای طبقه‌بندی و مجموعه‌ای از داده‌های حقایق زمینی که توسط مفسر جمع‌آوری شده حاصل می‌شود (رسولی و محمودزاده، ۱۳۸۹). برای ارزیابی صحت طبقه‌بندی معمولاً از دو روش استفاده می‌شود (۱): برآورد ماتریس خطا، (۲) محاسبه ضریب کاپا^۴ (پور محمدی و همکاران، ۱۳۹۷). برای ارزیابی دقت و صحت نقشه‌ها، با انطباق نقشه‌های طبقه‌بندی شده با نقشه واقعیت زمینی حاصل از مطالعات میدانی و نقاط برداشتی از تصاویر Google Earth، ماتریس خطا^۵ تشکیل شد و براساس آن دقت کلی و ضریب کاپا محاسبه شد. براساس استاندارد سازمان زمین‌شناسی آمریکا (USGS) حداقل مقدار قابل قبول ضریب کاپا ۸۵ درصد است (زرار و دشتی، ۱۳۹۹). با توجه به نتایج (جدول ۲)، دقت به دست آمده از طبقه‌بندی، تأیید می‌شود.

در تحقیق حاضر از الگوریتم ماشین بردار پشتیبان برای پردازش تصاویر استفاده شد که طبق نتایج تحقیقات پیشین این الگوریتم از صحت و دقت بالاتری نسبت به سایر الگوریتم‌ها برخوردار است. SVM الگوریتمی، نوع خاصی از مدل‌های خطی است که حداکثر حاشیه ابر صفحه را حاصل می‌کنند و حداکثر کردن حاشیه ابر صفحه، منجر به حداکثر شدن تفکیک بین طبقات می‌شود. به نزدیک‌ترین نقاط آموزشی به حداکثر حاشیه ابر صفحه، بردارهای پشتیبان اطلاق و تنها از این بردارها (نقاط) برای مشخص کردن مرز بین طبقات استفاده می‌شود (رستمی و همکاران، ۱۳۹۲).

ارزیابی نتایج طبقه‌بندی

در تحقیقات و بررسی‌های مربوط به طبقه‌بندی و تهیه نقشه‌های مختلف تعیین صحت حاصل از طبقه‌بندی ضروری است. هدف از بررسی صحت ارزیابی میزان همخوانی نقشه حاصل از طبقه‌بندی با واقعیت زمینی است. دقت طبقه‌بندی بیانگر سطح اعتماد به نقشه

جدول ۲: ضریب کاپا و دقت طبقه‌بندی تصاویر ماهواره لندست

| نام تصویر | دقت کلی | ضریب کاپا |
|----------------|---------|-----------|
| لندست 1991-TM | ۸۸/۳۴ | ۰/۸۱۶ |
| لندست 2011-ETM | ۹۱/۵۵ | ۰/۸۷۷ |
| لندست 2021-OLI | ۹۱/۸۴ | ۰/۸۹۳ |

پشت به کوهستان و از سوی دیگر روی به دشت کویر دارد. کاشان از لحاظ اقلیم دارای دو نوع آب هوای کویری و کوهستانی است. مناطق شمال و شرق شهرستان شامل دشت‌های هموار و گسترده‌ی دارای آب‌وهوای کویری گرم و خشک و مناطق جنوب و غرب کوهستانی و کوهپایه‌ای آن دارای آب‌وهوای معتدل کوهستانی و بیلاقی هستند (حاجی زاده وادقانی و همکاران، ۱۳۹۷). شکل ۱ موقعیت شهر کاشان را نشان می‌دهد.

پس از ارزیابی صحت طبقه‌بندی نقشه کاربری زمین تولیدی به محیط ArcGIS منتقل و مساحت طبقات کاربری زمین تعیین شد. در نهایت درصد تغییرات مساحت انواع کاربری زمین با استفاده از دستور CROSSTAB در نرم‌افزار IDRISI مشخص شد.

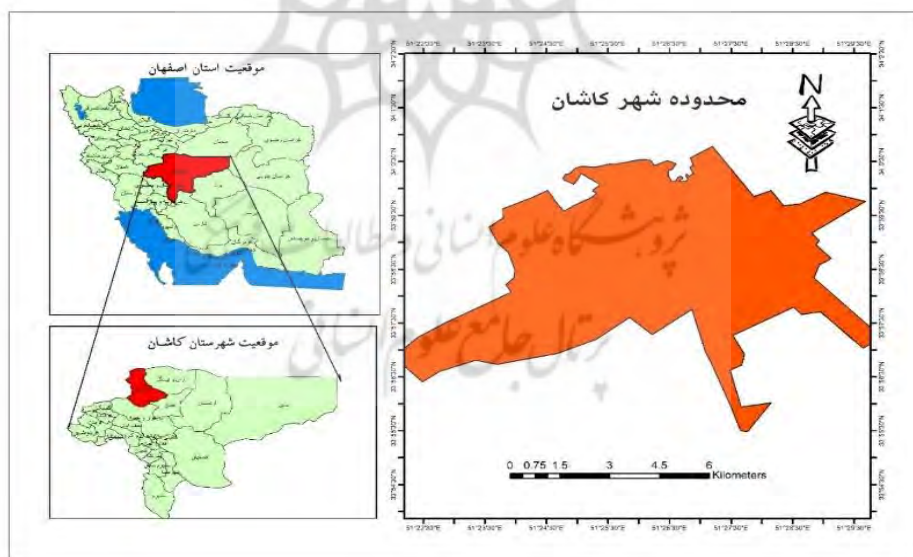
محدوده مورد مطالعه

شهرستان کاشان با وسعت ۲۰۰۰۰ کیلومترمربع و جمعیتی حدود ۴۰۰۰۰۰ نفر است. شهر کاشان با مساحت ۲۱۰۰ هکتار در ناحیه مرکزی ایران، از یک‌سو

جدول ۳: روند رشد جمعیت شهر کاشان طی سال‌های ۱۳۳۵ تا ۱۳۹۵

| سال | جمعیت | نرخ رشد |
|------|--------|---------|
| ۱۳۳۵ | ۴۵۹۵۵ | - |
| ۱۳۴۵ | ۵۸۴۶۸ | ۲/۴ |
| ۱۳۵۵ | ۸۴۸۶۳ | ۴/۷ |
| ۱۳۶۵ | ۱۳۸۵۹۹ | ۵ |
| ۱۳۷۵ | ۲۰۱۳۷۲ | ۳/۱ |
| ۱۳۸۵ | ۲۵۳۵۰۹ | ۲/۱ |
| ۱۳۹۵ | ۳۰۴۴۸۷ | ۲/۳ |

مآخذ سرشماری آماری ایران سال ۱۳۳۵ تا ۱۳۹۵



شکل ۱: موقعیت محدوده مورد مطالعه

۲۰۱۱ و تصویر سنجنده از ماهواره لندست ۸ مربوط به سال ۲۰۲۱ هستند (جدول ۲).

تصاویر ماهواره‌ای مورد استفاده، تصویر سنجنده TM از ماهواره لندست ۵ مربوط به سال ۱۹۷۰، تصویر سنجنده ETM+ از ماهواره لندست ۷ مربوط به سال

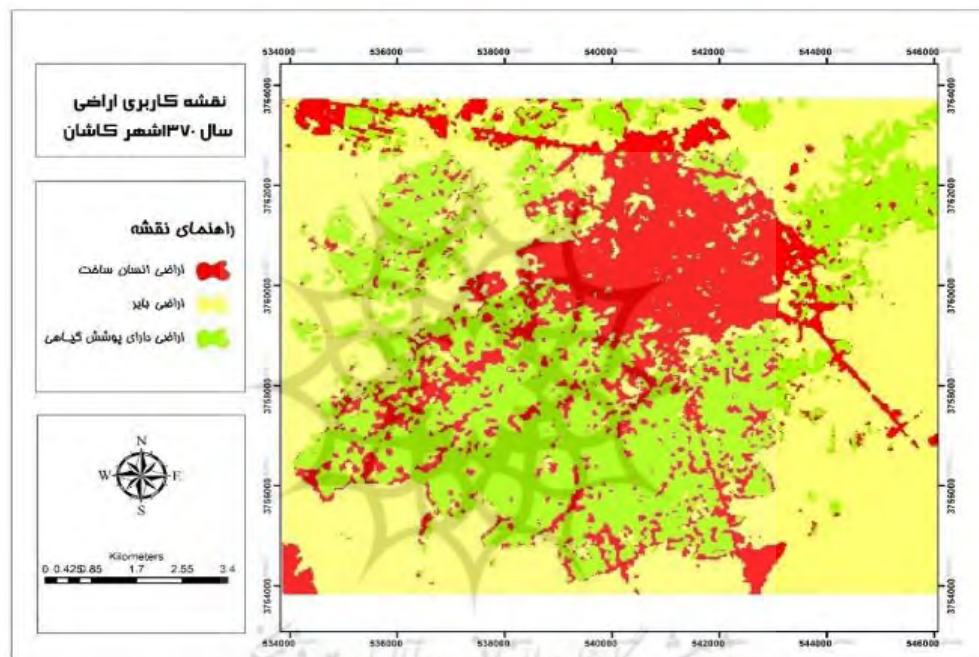
جدول ۴: مشخصات تصاویر ماهواره‌ای مورد استفاده

| تعداد باند | تاریخ | نام سنجنده | مشخصات نام ماهواره |
|------------|-----------|------------|--------------------|
| ۷ | ۱۹۹۱/۴/۱۳ | TM | لندست ۵ |
| ۸ | ۲۰۱۱/۴/۱۲ | +ETM | لندست ۷ |
| ۱۱ | ۲۰۲۱/۵/۱ | OLI | لندست ۸ |

یافته‌ها

۱۴۰۰ نشان می‌دهد. نتایج طبقه‌بندی کاربری‌ها در سال ۱۳۷۰ نشان داد کمترین مساحت کاربری‌ها، مربوط به کاربری زمین انسان‌ساخت، با ۲۵۶۲ هکتار و اختصاص ۲۱/۰۴ درصد از کل کاربری‌ها است.

شکل‌های ۲، ۳ و ۴ نقشه کاربری شهر کاشان و زمین پیرامون شهر را با روش طبقه‌بندی نظارت شده و الگوریتم شبکه ماشین بردار در طی ۱۳۷۰، ۱۳۹۰ و

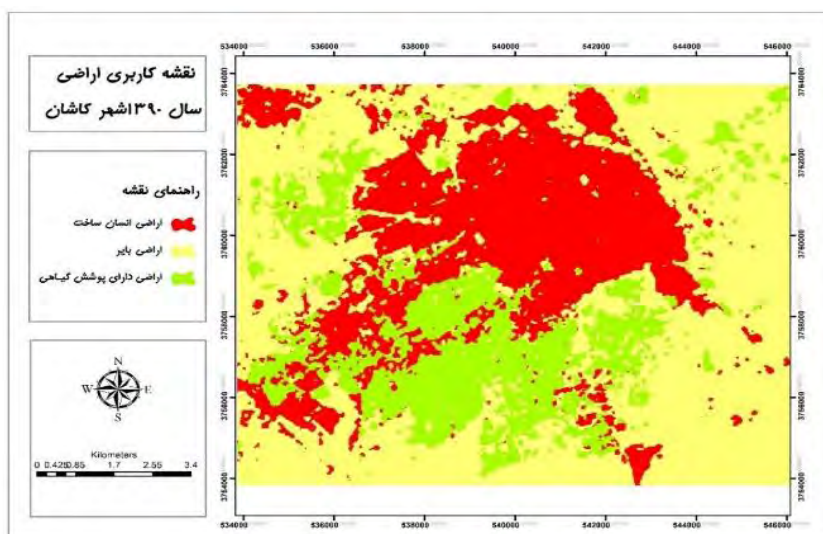


شکل ۲: کاربری اراضی شهر کاشان و اراضی اطراف، سال ۱۳۷۰

همان‌طور که در جدول ۵ مشخص است طی دوره ۱۳۷۰ تا ۱۳۹۰ از میزان زمین دارای پوشش گیاهی کاسته و به زمین انسان‌ساخت و زمین بایر در محدوده افزوده شده است، به طوری که کاربری انسان‌ساخت از ۲۵۶۲/۷۱۲ هکتار به ۴۱۹/۱۳۴ هکتار افزایش یافته است.

جدول ۵: مساحت و درصد کاربری‌ها به تفکیک دوره (۱۳۷۰-۱۳۹۰-۱۴۰۰)

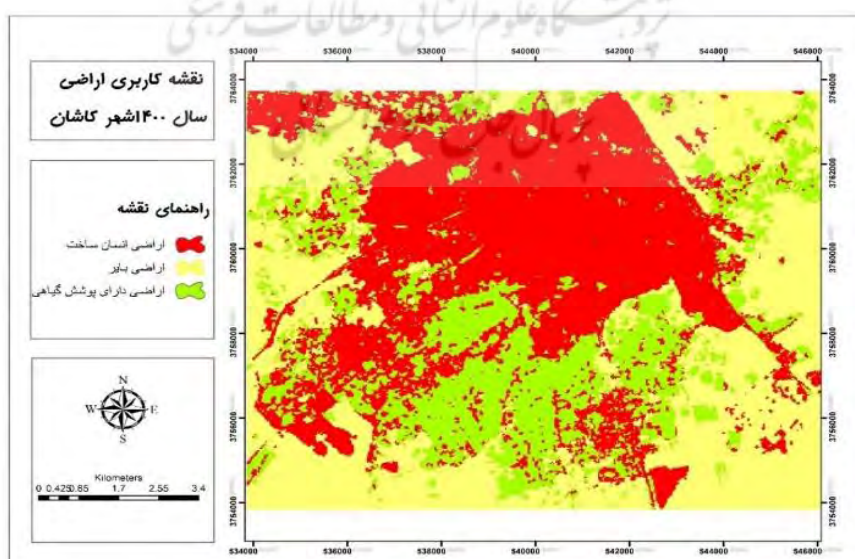
| سال | ۱۳۷۰ | | ۱۳۹۰ | | ۱۴۰۰ | |
|-----------------|----------|-------|----------|-------|----------|-------|
| | هکتار | درصد | هکتار | درصد | هکتار | درصد |
| زمین انسان ساخت | ۲۵۶۲/۷۱۲ | ۲۱/۰۴ | ۴۱۹/۱۳۴ | ۲۸/۰۷ | ۴۶۸۹/۲۵۶ | ۳۸/۵۰ |
| زمین بایر | ۵۷۲۲/۲۴۸ | ۴۶/۹۹ | ۶۳۷۷/۸۸۹ | ۵۲/۳۷ | ۴۷۵۴/۷۰۰ | ۳۹/۰۴ |
| پوشش گیاهی | ۳۸۹۲/۰۳۸ | ۳۱/۹۶ | ۲۳۷۹/۹۷۶ | ۱۹/۵۴ | ۲۷۳۳/۰۴۲ | ۲۲/۴۴ |
| مجموع | ۱۲/۱۷۷ | ۱۰۰ | ۱۲/۱۷۷ | ۱۰۰ | ۱۲/۱۷۷ | ۱۰۰ |



شکل ۳: کاربری اراضی شهر کاشان و اراضی اطراف، سال ۱۳۹۰

حدود ۱۴ درصد کاهش داشته است. نکته قابل تامل آنکه در این دوره برخلاف دوره ۱۳۹۰، علی‌رغم کمبود ذخایر منابع آب زیرزمینی و کاهش نزولات جوی، زمین دارای پوشش گیاهی رشد ۳ درصدی نسبت به دوره قبل داشته است که موجب فشار مضاعف بر توان زیست محیطی محدوده و توسعه ناپایدار شهر شده است. در نگاهی کلی به دوره سی‌ساله کاربری زمین شهر کاشان، کاربری‌های انسان‌ساخت به روند رو به رشد خود ادامه داده و از وسعت کاربری پوشش گیاهی و زمین بایر به نفع کاربری‌های انسان‌ساخت کاسته شده است.

همچنین مساحت زمین بایر از ۵۷۲۲/۲۴۸ به ۶۳۷۷/۸۸۹ هکتار رسیده که خشک‌سالی‌های چند سال اخیر در کاهش مساحت زمین دارای پوشش گیاهی به نفع سایر کاربری‌ها، بی‌تأثیر نبوده است. نقشه کاربری زمین سال ۱۴۰۰ بیانگر آن است که روند تغییرات کاربری انسان‌ساخت روندی افزایشی داشته و از مساحت ۳۴۱۹/۱۳۴ به ۴۶۸۹/۲۵۶ هکتار رسیده و رشد ۱۰ درصدی را تجربه کرده است. همچنین در این دوره، مساحت زمین بایر همچنان روند کاهشی داشته و از ۶۳۷۷/۸۸۹ به ۴۷۵۴/۷۰۰ هکتار رسیده و در



شکل ۴: کاربری اراضی شهر کاشان و اراضی اطراف، سال ۱۴۰۰

زمین دارای پوشش گیاهی در سال ۱۳۷۰ به زمین بایر در سال ۱۳۹۰ تبدیل شده است. از دیگر تغییر کاربری‌های مشهود در منطقه، تغییر در مساحت زمین انسان‌ساخت است. در این دوره ۸۳۸ هکتار به وسعت زمین انسان‌ساخت افزوده شده و ۶۲۹/۱۰۰ هکتار از این افزایش، از طریق تبدیل کاربری زمین دارای پوشش گیاهی در سال ۱۳۷۰ به زمین انسان‌ساخت در سال ۱۳۹۰ اتفاق افتاده است.

تحلیل تغییرات کاربری زمین بین سال‌های ۱۳۷۰-۱۳۹۰

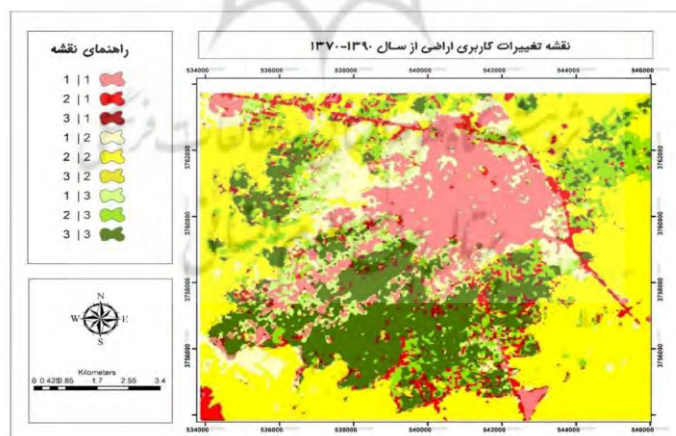
جدول ۶ تغییرات مساحت کاربری زمین شهر کاشان و پیرامون آن را طی دوره ۱۳۷۰-۱۳۹۰ نشان می‌دهد و اینکه، در این دوره، کاربری زمین دارای پوشش گیاهی بیشترین تغییرات را تجربه کرده است به طوری که به ۱۴۸۹ هکتار از وسعت زمین دارای پوشش گیاهی کاسته شده است. در این دوره ۱۲۱۷/۶۱۰ هکتار از

جدول ۶: میزان تغییرات کاربری زمین در شهر کاشان، سال‌های ۱۳۷۰-۱۳۹۰ (برحسب هکتار)

| سال ۱۳۹۰ | | سال ۱۳۷۰ | |
|----------|-----------------------|-----------|----------------------------|
| مجموع | زمین دارای پوشش گیاهی | زمین بایر | زمین انسان‌ساخت |
| ۲/۵۸۵ | ۱۹۳/۵۹۰ | ۵۷۱/۸۶۰ | ۱۸۱۹/۹۸۰ |
| ۵/۷۱۸ | ۱۶۴/۲۵۰ | ۴۵۸۰/۵۵۰ | ۹۷۳/۶۲۰ |
| ۳/۸۷۳ | ۲۰۲۶/۴۴۰ | ۱۲۱۷/۶۱۰ | ۶۲۹/۱۰۰ |
| ۱۲/۱۷۷ | ۲/۳۸۴ | ۶/۳۷۰ | ۳/۴۲۳ |
| | -۱۴۸۹ | +۶۵۲ | +۸۳۸ |
| | | | میزان تغییر مساحت به هکتار |

پوشش گیاهی، به طیف رنگی سبز می‌باشند. در قسمت راهنمای نقشه عدد سمت چپ بیانگر کاربری‌های سال ۱۳۷۰ و عدد سمت راست بیانگر کاربری‌های سال ۱۳۹۰ است.

شکل ۵ نیز این تغییرات را طی دوره ۱۳۷۰-۱۳۹۰ نشان می‌دهد. در این نقشه عدد ۱ بیانگر کاربری زمین انسان‌ساخت و به طیف رنگ قرمز است، عدد ۲ بیانگر زمین بایر به طیف رنگی زرد، عدد ۳ بیانگر زمین دارای



شکل ۵: تغییرات کاربری زمین بین ۱۳۷۰-۱۳۹۰

می‌دهد و همان‌طور که از این جدول پیداست، در این دوره زمین بایر بیشترین میزان تغییرات را تجربه کرده است به طوری که به میزان ۱۶۲۷ هکتار از وسعت زمین بایر کاسته شده است. جدول زیر نشان می‌دهد که به

تحلیل تغییرات کاربری زمین بین سال‌های ۱۳۹۰-۱۴۰۰

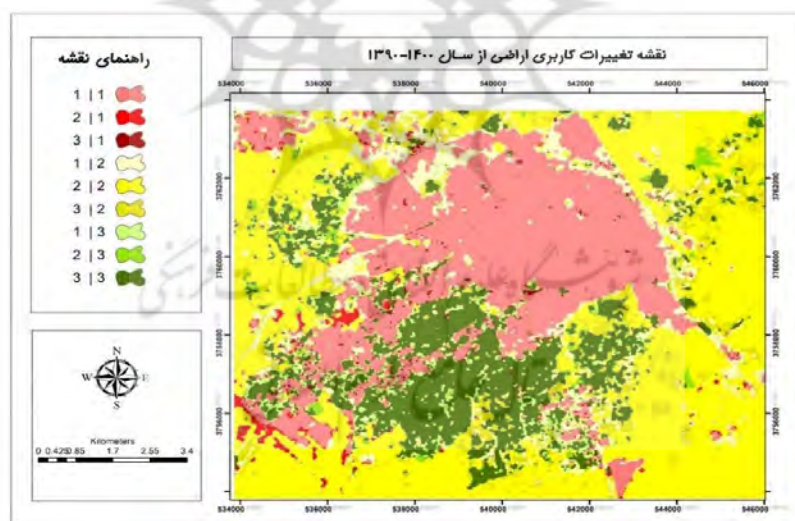
جدول ۷ تغییرات مساحت کاربری زمین شهر کاشان و زمین پیرامون شهر را طی دوره ۱۳۹۰-۱۴۰۰ را نشان

است. نکته قابل تامل در این دوره، برخلاف دوره قبل (۱۳۹۰-۱۳۷۰)، روند افزایشی مساحت زمین دارای پوشش گیاهی است. در این دوره علی‌رغم بحران آب در منطقه و خشک‌سالی‌های اخیر، ۳۶۸ هکتار به وسعت زمین دارای پوشش گیاهی افزوده شده است. شکل ۶ نیز این تغییرات را طی دوره ۱۳۹۰-۱۴۰۰ نشان می‌دهد.

میزان ۱۰۷۱/۵۴۰ هکتار از زمین بایر در سال ۱۳۹۰ به زمین انسان‌ساخت در سال ۱۴۰۰ تبدیل شده است. همچنین از دیگر تغییر کاربری‌های مشهود در منطقه، تغییر در میزان مساحت کاربری زمین انسان‌ساخت است؛ در این دوره ۱۲۵۹ هکتار به وسعت زمین انسان‌ساخت افزوده شده و ۱۰۷۱/۱۰۰ هکتار از این افزایش، از طریق تبدیل کاربری زمین بایر در سال ۱۳۹۰ به زمین انسان‌ساخت در سال ۱۴۰۰ اتفاق افتاده

جدول ۷: میزان تغییرات کاربری‌های مختلف در سال‌های ۱۳۹۰-۱۴۰۰ (برحسب هکتار)

| مجموع | سال ۱۴۰۰ | | ۱۳۹۰ | | |
|--------|-----------------------|-----------|-----------------|-----------------------|--|
| | زمین دارای پوشش گیاهی | زمین بایر | زمین انسان‌ساخت | کاربری | |
| ۳/۴۲۳ | ۷۰/۲۹۰ | ۱۲۲/۴۰۰ | ۳۲۳۰/۰۱۰ | زمین انسان‌ساخت | |
| ۶/۳۷۰ | ۸۷۳/۰۹۰ | ۴۴۲۵/۳۹۰ | ۱۰۷۱/۵۴۰ | زمین بایر | |
| ۲/۳۸۴ | ۱۸۰۸/۵۵۰ | ۱۹۵/۲۱۰ | ۳۸۰/۵۲۰ | زمین دارای پوشش گیاهی | |
| ۱۲/۱۷۷ | ۲/۷۵۲ | ۴/۷۴۳ | ۴/۶۸۲ | مجموع | |
| | +۳۶۸ | -۱۶۲۷ | +۱۲۵۹ | میزان تغییر مساحت | |



شکل ۶: تغییرات کاربری زمین بین ۱۳۹۰-۱۴۰۰

است. به طوری که از مساحت ۳۸۷۳ هکتاری در سال ۱۳۷۰ به مساحت ۲۷۵۲ هکتار در سال ۱۴۰۰ رسیده است و به میزان ۱۱۲۱ هکتار از وسعت این زمین طی ۳۰ سال اخیر از بین رفته است. در مقابل کاربری زمین انسان‌ساخت بیشترین میزان افزایش مساحت را داشته است. به طوری که از مساحت ۲۵۸۵ هکتاری در سال

تحلیل تغییرات کاربری زمین بین سال‌های ۱۳۷۰-۱۴۰۰

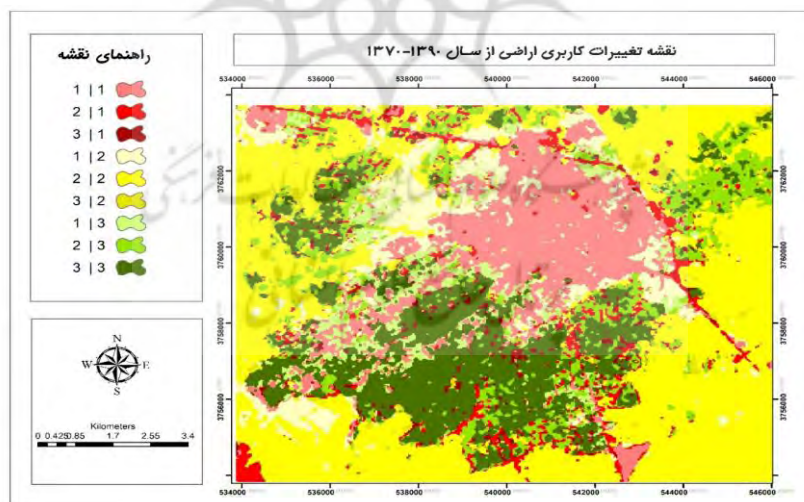
در نگاهی کلی به تغییرات کاربری زمین در محدوده شهر کاشان، طی یک دوره ۳۰ ساله (۱۳۷۰-۱۴۰۰)، می‌توان چنین برداشت کرد که کاربری زمین دارای پوشش گیاهی بیشترین تغییرات را از نظر کاهش داشته

انسان ساخت طی یک دوره ۳۰ ساله، در محدوده شهر کاشان، به قیمت نابودی و کاهش وسعت زمین بایر و زمین دارای پوشش گیاهی، تمام شده است که این تغییرات ناشی از دخالت‌های انسان و عامل اقلیمی حاکم بر منطقه طی چند سال اخیر و نیز افزایش جمعیت و افزایش فشار انسان بر روی منابع طبیعی است. جدول ۸ مساحت و میزان تغییرات کاربری زمین را بین سال‌های ۱۳۷۰-۱۴۰۰ را نشان می‌دهد. شکل ۷ نیز این تغییرات را بین ۱۳۷۰-۱۴۰۰ نشان می‌دهد.

۱۳۷۰ به مساحت ۴۶۸۲ هکتاری در سال ۱۴۰۰ رسیده است و به میزان ۲۰۹۷ هکتار به وسعت این زمین افزوده شده که از این میزان افزایش (۲۰۹۷ هکتار)، حدود ۱۳۶۷ هکتار آن، از طریق تبدیل زمین بایر به زمین انسان ساخت اتفاق افتاده است. وسعت زمین بایر نیز از ۵۷۱۸ هکتار در سال ۱۳۷۰ به وسعت ۴۷۴۳ هکتار در سال ۱۴۰۰ رسیده و به میزان ۹۷۵ هکتار از وسعت این زمین کاسته شده است. در یک نتیجه‌گیری کلی می‌توان ابراز داشت که روند رو به رشد مساحت زمین

جدول ۸: میزان تغییرات کاربری در کلاس‌های مختلف در سال‌های ۱۳۷۰-۱۴۰۰ (برحسب هکتار)

| مجموع | سال ۱۴۰۰ | | سال ۱۳۷۰ | | |
|--------|-----------------------|-----------|-----------------|-----------------------|--|
| | زمین دارای پوشش گیاهی | زمین بایر | زمین انسان ساخت | کاربری | |
| ۲/۵۸۵ | ۲۶۳/۷۰۰ | ۲۳۵/۰۸۰ | ۲۰۸۶/۶۵۰ | زمین انسان ساخت | |
| ۵/۷۱۸ | ۴۵۳/۶۹۰ | ۳۸۹۷/۳۶۰ | ۱۳۶۷/۳۷۰ | زمین بایر | |
| ۳/۸۷۳ | ۲۰۳۴/۵۴۰ | ۶۱۰/۵۶۰ | ۱۲۲۸/۰۵۰ | زمین دارای پوشش گیاهی | |
| ۱۲/۱۷۷ | ۲/۷۵۲ | ۴/۷۴۳ | ۴/۶۸۲ | مجموع | |
| | -۱۱۲۱ | -۹۷۵ | +۲۰۹۷ | میزان تغییرات | |



شکل ۷: تغییرات کاربری زمین بین ۱۳۷۰-۱۴۰۰

شده است. از پیامدهای تخریب سرزمین در قالب کاهش توان اکوسیستم در بسیاری از کشورها از جمله ایران بوده، که عامل اصلی بر سر راه توسعه پایدار به شمار می‌آید. عوامل بروز پدیده تخریب سرزمین را می‌توان به

بحث و نتیجه‌گیری

در دهه اخیر افزایش جمعیت و گسترش کالبدی اجتماعات انسانی باعث تغییرات کاربری‌ها و عدم تعادل در توزیع کاربری و تخریب سرزمین در نواحی مختلف

اثرات توسعه، روند کاهش مساحت زمین‌های بایر در محدوده مطالعه، از مساحت ۵۷۲۲ هکتار در سال ۱۳۷۰ به مساحت ۴۷۵۴ هکتار در سال ۱۴۰۰ کاهش یافته است. کاهش وسیع کاربری زمین دارای پوشش گیاهی را می‌توان به خشک‌سالی‌های اخیر در ایران، بهره‌برداری‌های بی‌رویه، حفر چاه‌های آبی و پدیده خشک‌سالی مرتبط دانست؛ که منجر به کاهش سطح سفره‌های آب زیرزمینی و از بین رفتن زمین کشاورزی و تغییر کاربری آن‌ها شده است. تبدیل زمین کشاورزی و باغات، به کاربری‌های انسان‌ساخت عمدتاً در محدوده جنوب و جنوب غرب کاشان رخ داده است. یکی از مهم‌ترین پیامدهای منفی چنین تغییرات وسیعی در الگوی کاربری زمین، کاهش توان اکولوژیکی و بیولوژیکی و برهم خوردن تعادل محیطی و توسعه پایدار در پیرامون شهر است. این درحالی است که توسعه میان‌افزا و به ویژه بازیافت زمین و توسعه مجدد به عنوان رویکردهای کارا می‌تواند در جهت کاهش آسیب به محیط زیست و تحقق توسعه پایدار شهر مورد توجه قرار گیرد. با توجه به نتایج به دست آمده، توجه به شاخص‌ها و معیارهایی که منجر به کنترل بی ضابطه توسعه شهری به روی زمین‌های کشاورزی و بایر می‌شود یکی از ضروری‌ترین فعالیت‌ها، برای متصدیان مدیریت شهری، جهت مقابله با این معضل است. در این راستا، توجه به نقش مشارکتی مردم و افراد درگیر در روند گسترش شهر در جهت جلوگیری از توسعه پراکنده و لجام‌گسیخته شهر، بسیار تاثیرگذار است. همچنین شفاف‌سازی ضوابط و مقررات کاربری زمین در حواشی شهر کاشان و نظارت و کنترل دقیق بر آن و تجدیدنظر در روند و شیوه تهیه طرح‌های شهری بسیار ضروری به نظر می‌رسد. بنابراین باید با هدایت آگاهانه از رشد بی‌رویه شهرها و اتلاف بیهوده زمین‌های دارای توان، جلوگیری کرد.

دو دسته طبیعی و انسانی طبقه‌بندی کرد که یکی از عوامل انسانی، تغییر کاربری اراضی و توسعه نواحی شهری است. اثر ساخت و ساز شهرها و توسعه شهری در محدوده زمین‌های زراعی و مراتع و زمین‌های بایر، سبب نابودی زمین، خاک و آب و توسعه ناپایدار شهر شده است. پیچیدگی و توسعه روز افزون پدیده‌های فراگیر مانند تخریب سرزمین، فکر استفاده از فناوری‌های جدید را برای ارزیابی و پایش آنها معطوف کرده است. از مهم‌ترین این فناوری‌ها که مبتنی بر داده‌های اطلاعات مکانی هستند می‌توان به سنجش از دور و سیستم اطلاعات جغرافیایی اشاره نمود. در پژوهش حاضر، به منظور بررسی تغییرات کاربری اراضی شهر کاشان، از داده‌های سنجش از دور برای یک دوره سی‌ساله در سه مقطع زمانی ۱۳۷۰، ۱۳۹۰ و ۱۴۰۰ استفاده شده است. افزایش فشار ناشی از توسعه کالبدی شهر بر عرصه‌های طبیعی منجر به تخریب اکوسیستم‌های منطقه کاشان در طول ۳۰ سال و فشار ناشی از توسعه انسانی همواره بر منابع طبیعی وارد شده است. بنابراین تغییر کاربری اراضی بیشترین تخریب و فشار را به اکوسیستم زمین‌های زراعی و باغات و زمین‌های بایر وارد کرده است. نتایج مقایسه نقشه‌های کاربری اراضی در دوره‌های مطالعاتی نشان‌دهنده تغییر سطح همه کاربری‌ها است. به طوری که کاربری‌های انسان‌ساخت طی دوره ۳۰ ساله پژوهش به روند رو به رشد خود ادامه داده است و در مقابل از مساحت زمین بایر و زمین دارای پوشش گیاهی کاسته شده است. پیامد چنین تغییراتی موجب شده است که میزان مساحت این کاربری از ۲۵۶۲ هکتار در سال ۱۳۷۰ به مساحت ۴۶۸۹ هکتار در سال ۱۴۰۰ رسیده است و رشدی نزدیک به ۱۸ درصد را شاهد بوده است. در مقابل وسعت زمین دارای پوشش گیاهی از مساحت ۳۸۹۲ هکتار در سال ۱۳۷۰ به مساحت ۲۷۳۳ هکتار در سال ۱۴۰۰ رسیده و حدود ۱۰ درصد از وسعت این زمین کاسته شده است. از دیگر

پی نوشت

- 1-Normalized Difference Vegetation Index
- 2-Normalized Difference Built-up Index
- 3-Matrix Confuse

- 4-Accuracy Overall
- 5-Coefficient Kappa

منابع

- خمر، غ. و نمازی، ع.، ۱۳۹۶. پیش‌بینی و شبیه‌سازی الگوی توسعه فضایی - کالبدی شهر چابهار در چشم‌انداز سال ۱۴۲۰ با بهره‌گیری از الگوی سلول‌های خودکار و RS، فصلنامه علمی - پژوهشی برنامه‌ریزی فضایی (جغرافیا)، ۲۷(۲)، (پیاپی ۲۵).
<https://dx.doi.org/10.22108/sppl.2017.81480.0>
- رستمی، ذ.، فتاحی زاد، ح. و ملکی، م.، ۱۳۹۲. مقایسه میزان کارایی دو روش ماشین بردار پشتیبان و حداکثر احتمال در تهیه نقشه کاربری زمین با استفاده از تکنیک سنجش از دور و سامانه اطلاعات جغرافیایی (منطقه مورد مطالعه: شهرستان ایلام)، همایش ملی ژئوماتیک.
<https://www.sid.ir/fa/seminar/ViewPaper.aspx?ID=89554>
- رسولی، ع. و محمود زاده، ح.، ۱۳۸۹. مبانی سنجش از دور دانش پایه، تبریز: علمیران، چاپ اول، ۱۹۲.
- رضانی، ن. و جعفری، ر.، ۱۳۹۳. آشکارسازی تغییرات کاربری پوشش زمین در افق ۱۴۰۴ با استفاده از مدل زنجیره مارکوف (مطالعه موردی: اسفراین)، فصلنامه تحقیقات جغرافیایی: ۴(۲۹)، ۸۳-۹۶.
<http://georesearch.ir/article-1-325-fa.html>
- سادات حسینی جنبذی، ف. و سبحانی، ن.، ۱۳۹۴. ارزیابی کاربری زمین شهری با رویکرد توسعه پایدار (مورد مطالعه: شهر سبزوار)، فصلنامه مطالعات مدیریت شهری، ۷(۲۴)، ۱۱۰-۱۰۰.
- https://journals.srbiau.ac.ir/article_9402.html
- شاطریان، م.، موسوی، س. و مومن بیک، ز.، ۱۳۹۸. کاربرد داده‌های سنجش از دور در آشکارسازی تغییرات کاربری زمین شهری مطالعه موردی شهر کرد، فصلنامه علمی - پژوهشی اطلاعات جغرافیایی، ۲۸(۱۱۱).
- http://www.sepehr.org/article_37522.html
- شنائی هویزه، س. و زارعی، و.، ۱۳۹۵. بررسی تغییرات کاربری زمین طی دو دهه دوره زمانی (مطالعه موردی: حوزه آبخیز ابوالعباس)، پژوهشنامه مدیریت حوزه آبخیز، ۷(۴)، ۱.
- <http://jwmr.sanru.ac.ir/article-1-774-fa.html>
- عبداللهی، ع.، خبازی، م. و درانی زاده، ز.، ۱۳۹۹. مدلسازی تغییرات کاربری زمین با استفاده از شبکه عصبی پرسپترون (مطالعه ی موردی: شهر لاهیجان)، برنامه‌ریزی و آمایش فضا، ۲۴(۱).
- <http://hsmmp.modares.ac.ir/article-21-35084-fa.html>
- فاطمی، س. و رضایی، ی.، ۱۳۹۱. مبانی سنجش از دور، تهران: انتشارات آزاده، چاپ ۴.
- فروغی، ا. و دشتی، س.، ۱۳۹۹. آشکارسازی تغییرات کاربری زمین با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای (مطالعه موردی: اکبری، ا.، زندی، ر. و کلاته میری، ر.، ۱۳۹۸. تحلیل و پیش‌بینی گسترش شهر مشهد با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای چند زمانه و زنجیره مارکوف (طی سال‌های ۱۴۰۴-۱۳۷۹)، جغرافیا و مخاطرات محیطی، ۳۰، ۱۴۹-۱۶۶.
<https://dx.doi.org/10.22067/geo.v0i0.78082>
- امیرانتخابی، ش.، جوان، ف. و حسنی مقدم، ح.، ۱۳۹۶. آشکارسازی تغییرات کاربری زمین و عوامل مؤثر بر آن با استفاده از شبکه عصبی مصنوعی (مورد مطالعه: شهرستان تالش)، مجله کاربرد سیستم اطلاعات جغرافیایی و سنجش از دور در برنامه‌ریزی، ۸(۳)، ۱-۱۱.
http://gisrs.semnaniau.ac.ir/article_537510.html
- پورمحمدی، م.، موذنی، م. و هادلی، ب.، ۱۳۹۷. ارزیابی و تحلیل توسعه کالبدی و تغییرات کاربری زمین شهر پارس آبادمغان با استفاده از داده‌های سنجش از دور، فصلنامه علمی پژوهشی مطالعات برنامه‌ریزی - سکونتگاه‌های انسانی، ۳۱(۳) (پیاپی ۲۴)، ۵۱-۳۷.
http://jshsp.iaurasht.ac.ir/article_540503.html
- تراهی، ع.، حسنی مقدم، ح. و عدلی عتیق، ر.، ۱۳۹۶. ارزیابی عملکرد الگوریتم ماشین بردار پشتیبان در تهیه نقشه کاربری زمین (مطالعه موردی: مشکین شهر)، دومین کنفرانس ملی مهندسی فناوری اطلاعات مکانی، دانشگاه صنعتی خواجه نصیرالدین طوسی.
<https://civilica.com/doc/895050/>
- حاجی زاده وادقانی، ب.، بالیست، ج. و کریمی، س.، ۱۳۹۷. مکان‌یابی توسعه‌ی شهری با منطق فازی و ترکیب خطی وزنی و تکنیک تصمیم‌گیری فرایند تحلیل شبکه‌ای مطالعه‌ی موردی: شهرستان کاشان، فصلنامه علمی - پژوهشی اطلاعات جغرافیایی، ۲۷(۱۰۵)، ۲۱۹-۲۳۲.
http://www.sepehr.org/article_31496.html
- حیدری، م.، دلخواه، ع.، جعفرزاده، م. و قندی، ا.، ۱۳۹۵. تغییرات طراز آب زیرزمینی دشت کاشان طی چهار دهه اخیر، اولین همایش ملی عرضه و تقاضای آب شرب و بهداشت، چالش‌ها و راهکارها.
<https://civilica.com/doc/614410>
- حیدریان، پ.، رنگزن، ک.، ملکی، س. و تقی زاده، ا.، ۱۳۹۲. پایش تغییرات کاربری زمین با استفاده از روش مقایسه پس از طبقه‌بندی تصاویر ماهواره لندست (مطالعه موردی: زمین شهر تهران)، مجله سنجش از دور و سامانه اطلاعات جغرافیایی در منابع طبیعی، دوره ۴.
http://gisrs.iaubushehr.ac.ir/article_516552.html

- شهرستان شوش)، نشریه علمی برنامه‌ریزی توسعه کالبدی: ۵(۳)، پیاپی ۱۹، ۱۰۱-۱۱۴.
https://psp.journals.pnu.ac.ir/article_7255.html
- کریمی فیروزجانی، م.، کیاورز، م. و کلانتری، م.، ۱۳۹۷. پایش و پیش‌بینی تغییرات کاربری زمین و گسترش کالبدی شهر بابل در دوره زمانی ۱۴۱۹-۱۳۶۴ با استفاده از تصاویر چند زمانه لندست، نشریه علمی - پژوهشی برنامه‌ریزی توسعه کالبدی: ۳(۷)، ۳۲-۵۲.
<https://dx.doi.org/10.30473/psp.2018.5257>
- کریمیان، ک.، امینی، ع.، باقری بداغ آبادی، م. و قیومی محمدی، ح.، ۱۳۹۹. پایش تغییرات کاربری اراضی با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای لندست (مطالعه موردی: دشت خان میرزا)، پژوهش‌های جغرافیایی انسانی: ۵۲(۲)، ۴۳۶-۴۱۹.
<https://dx.doi.org/10.22059/jhgr.2018.258473.1007708>
- کمالی فرد، ا.، بهروز، ا. و سلطانیپور، ع.، ۱۳۹۸. پایش تغییرات کاربری زمین در شهر شه‌میرزاد با استفاده از داده‌های سنجش از دور و سیستم اطلاعات مکانی، مجله کاربرد سیستم اطلاعات جغرافیایی و سنجش از دور در برنامه‌ریزی: ۱۰(۳)، ۳۰-۵۲.
http://gisrs.semnaniau.ac.ir/article_669085.html
- <https://nhess.copernicus.org/articles/10/89/2010/>
- Langford, M. and Maguire, D.J., 2008. The areal interpolation problem: estimating population using remote sensing in a GIS framework. In: L. Masser and M. Blakemore, eds. Handling geographical information: methodology and potential applications, New York: Longman Scientific, Technical/John Wiley and Sons, 55-77.
<https://ci.nii.ac.jp/naid/10003551776/>
- Oyedotun, T.D.T., 2019. Land use change and classification in Chaohu Lake catchment from multi-temporal remotely sensed images. *Geology, Ecology, and Landscapes*, 3(1), 37-45.
<https://doi.org/10.1080/24749508.2018.1481657>
- Patino, J.E. and Duque, J.C., 2013. A review of regional science applications of satellite remote sensing in urban settings. *Computers, Environment and Urban Systems*, 37, 1-17.
<https://doi.org/10.1080/24749508.2018.1481657>
- Ritse, V., Basumatary, H., Kulnu, A.S., Dutta, G., Phukan, M.M. and Hazarika, N., 2020. Monitoring land use land cover changes in the Eastern Himalayan landscape of Nagaland, Northeast India. *Environmental Monitoring and Assessment*, 192(11), 1-17.
- محمودی، ب.، دانه کار، ا. و فقهی، ج.، ۱۳۹۴. تغییرات پوشش زمین و شدت استفاده از زمین در پهنه‌های توپوگرافیک استان مازندران، مجله علوم و مهندسی محیط زیست، ۲(۲).
https://www.jesb.ir/article_13738.html
- محمودی، س.، حلی ساز، ا.، محمدی کنگرانی، ح. و غلامی، ح.، ۱۳۹۹. پیش‌بینی تغییرات کاربری زمین دشت سیرجان با استفاده از زنجیره مارکوف-سلولار، پژوهش‌های ژئومورفولوژی کمی، ۹(۱)، ۱۰۲-۱۱۶.
http://www.geomorphologyjournal.ir/article_109537.html
- محمودیان، م.، زیاری، ی. و سرور، ر.، ۱۳۹۸. تغییرات کالبدی- فضایی با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای و به کارگیری روش ترکیبی زنجیره‌های مارکوف و سلول‌های خودکار (مطالعه موردی: شهر کرمانشاه)، جغرافیا (فصلنامه علمی پژوهشی و بین‌المللی انجمن جغرافیایی ایران)، ۷(۶).
http://mag.iga.ir/article_246265.html
- وارثه، ع.، محمدزاده، ع. و جانعلی پور، م.، ۱۳۹۶. ارائه روشی جهت شناسایی تغییرات شهری با استفاده از شاخص‌های تغییرات طیفی مکانی و داده‌های سنجش از دوری، نشریه علمی- پژوهشی علوم و فنون نقشه‌برداری، ۶(۴).
<http://jgst.issge.ir/article-1-574-fa.html>
- Campbell, J.B., 2002. Introduction to remote sensing, Third edition, USA, New York: The Guilford Press, 621.
- Findell, K.L., Berg, A., Gentine, P., Krasting, J.P., Lintner, B.R., Malyshev, S. and Shevliakova, E., 2017. The impact of anthropogenic land use and land cover change on regional climate extremes. *Nature Communications*, 8(1), 989.
<https://doi.org/10.1038/s41467-017-01038-w>
- Guo, L., Xi, X., Yang, W. and Liang, L., 2021. Monitoring Land Use/Cover Change Using Remotely Sensed. *Sustainability*, 13(5), 2944 p.
<https://doi.org/10.1038/s41467-017-01038-w>
- Gustin, O. and Roziqin, A., 2019. November). Detection of land use changes in Batam Island coastal using remote sensing. In IOP Conference Series: Earth and Environmental Science: 375. 012001.
<https://doi.org/10.1088/1755-1315/375/1/012001>
- Hadjimitsis, D.G., Papadavid, G., Agapiou, A., Themistocleous, K., Hadjimitsis, M.G., Retalis, A. and Clayton, C.R., 2010. Atmospheric correction for satellite remotely sensed data intended for agricultural applications: impact on vegetation indices. *Natural Hazards and Earth System Sciences*, 10, 89-95.

<https://doi.org/10.1007/s10661-020-08674-8>
- Silveira, J.J., 2006. Agent-based model to rural-urban migration analysis". *Physical A: Statistical Mechanics and its Applications*, 364, 445-456.
<https://doi.org/10.1016/j.physa.2005.08.055>

- Wang, S.W., Gebru, B.M., Lamchin, M., Kayastha, R.B. and Lee, W.K., 2020. Land use and land cover change detection and prediction in the Kathmandu district of Nepal using remote sensing and GIS. *Sustainability*, 12(9), 3925.
<https://doi.org/10.3390/su12093925>.

