

Analysis and Forecasting of Physical Developments in Peri-urban Rural Settlements of Mashhad Metropolitan Area Privacy

Mahdi Javanshiri¹, Aliakbar Anabestani^{2*}, Hamdollah Sojasi Qeydari³

1- Ph.D. Candidate of Geography and Rural Planning, Ferdowsi University of Mashhad, Mashhad, Iran

2- Professor of Geography Department, Ferdowsi University of Mashhad, Mashhad, Iran

3- Assistant Professor in Geography and Rural Planning, Ferdowsi University of Mashhad, Mashhad, Iran

Abstract

Statement of the Problem: Land use is a dynamic phenomenon whose temporal and spatial changes are caused by human pressures and development. Knowledge of how to use user changes and their causes and factors over a period of time can be of great interest to planners and managers. The present study seeks to evaluate and extend eight sample villages in Mashhad during 2001-2019 and then predict changes to 2031 and 2046.

Methodology: The research method is descriptive-analytical and it is applied in terms of the purpose. The required data were obtained through the documentary method; and Landsat 7 ETM + satellites (2001 and 2007) and Landsat 8 OLI satellites (2013 and 2019) were used to map land use and survey changes in the study area. After supervised classification of images with maximum similarity algorithm, Markov chain model was used to investigate land use changes in sample villages. Also, the CA Markov model and the Kappa index were used to predict the trend of changes up to 2031 and 2046 for confidence in classification.

Results: The results showed that most of the user change occurred in the built ranges, and land use has increased sharply, and land and garden land use has fallen sharply, with 1008.67 hectares (241.57%) and 32.28 hectares of unused lands and 1060.55 hectares of fields and orchards, respectively. These changes were more frequent in the villages of Hossein Abad Gharqi, Georgian Sefli and Ghale Siah (Black Castle). According to Markov's Model, the built area in 2031 and 2046 will change by 110.77% and 113.18%, respectively. Therefore, it is necessary to prevent unauthorized expansion of Mashhad and surrounding villages to gardens and agricultural lands with proper planning.

Innovation: For the first time, the process of land use changes in rural settlements, especially peri-urban settlements, is studied and predicted by satellite imagery.

Keywords: Physical Development, Land Use Change, Markov Chains, Satellite Images, Mashhad Metropolitan Area Privacy

فصلنامه علمی - پژوهشی برنامه‌ریزی فضایی (جغرافیا)
سال دهم، شماره دوم، (پیاپی ۳۷)، تابستان ۱۳۹۹
تاریخ وصول: ۹۸/۰۸/۲۵ تاریخ پذیرش: ۹۸/۱۲/۲۷
صص: ۱۴۸-۱۱۹

تحلیل و آینده‌نگری تحولات کالبدی سکونتگاه‌های روستایی پیراشهری واقع در حریم کلان‌شهر مشهد

مهدی جوانشیری^۱، علی اکبر عنابستانی^{۲*}، حمداالله سجاسی قیداری^۳

۱- دانشجوی دکترا، دانشگاه فردوسی مشهد، مشهد، ایران

۲- استاد، دانشگاه فردوسی مشهد، مشهد، ایران

۳- استادیار، دانشگاه فردوسی مشهد، مشهد، ایران

چکیده

طرح مسئله: کاربری اراضی، پدیده‌ای پویا با تغییرات زمانی و مکانی ناشی از فشارهای انسانی و توسعه است. آگاهی از نحوه استفاده از تغییرات کاربری و بررسی علل و عوامل آنها در چند دوره زمانی برای برنامه‌ریزان و مدیران اهمیت ویژه‌ای دارد. بر این اساس پژوهش حاضر در پی ارزیابی و گسترش هشت روستای نمونه در حریم شهر مشهد طی سال‌های ۱۳۸۰-۱۳۹۸ و سپس پیش‌بینی تغییرات تا سال‌های ۱۴۱۰ و ۱۴۲۵ است.

روش: روش پژوهش حاضر، توصیفی تحلیلی و هدف آن، کاربردی است. داده‌های مورد نیاز پژوهش به روش اسنادی گردآوری و برای پی بردن به نوع و میزان تغییرات رخ داده در منطقه پژوهش و تهیه نقشه کاربری اراضی از تصاویر ماهواره لندست ۷ سنجنده ETM+ (سال‌های ۱۳۸۰ و ۱۳۸۶) و لندست ۸ سنجنده OLI (سال‌های ۱۳۹۲ و ۱۳۹۸) استفاده شد. پس از طبقه‌بندی نظارت شده تصاویر با الگوریتم حداکثر مشابهت، برای بررسی تغییرات کاربری اراضی در روستاهای نمونه مدل زنجیره مارکوف، برای پیش‌بینی روند تغییرات تا سال ۱۴۱۰ و ۱۴۲۵ مدل CA مارکوف و برای اعتماد به طبقه‌بندی شاخص کاپا به کار رفت.

نتایج: نتایج به دست آمده نشان می‌دهد بیشترین تغییر کاربری در محدوده‌های ساخته شده بوده و کاربری‌های ساخته شده به شدت افزایش یافته و کاربری‌های باغ‌ها و زمین‌های کشاورزی کاهش شدیدی داشته است؛ به طوری که محدوده‌های ساخته شده ۱۰۰۸.۶۷ هکتار (۲۴۱.۵۷ درصد) و اراضی فاقد کاربری ۳۲.۲۸ هکتار افزایش و مزارع و باغ‌ها ۱۰۶۰.۵۵ هکتار کاهش یافته است. این تغییرات در روستاهای حسین‌آباد قرقی، گرجی سفلی و قلعه سیاه مشهودتر است. براساس پیش‌بینی مارکوف، مساحت محدوده‌های ساخته شده در افق ۱۴۱۰ حدود ۱۱۰۰۷۷٪ و در افق ۱۴۲۵ حدود ۱۱۳.۱۸٪ تغییر خواهد کرد؛

بنابراین لازم است با برنامه‌ریزی مناسب از گسترش بی‌رویه شهر مشهد و روستاهای پیرامونی به سمت باغ‌ها و اراضی کشاورزی جلوگیری شود.

نوآوری: برای نخستین بار روند و آینده‌نگری تغییرات کاربری اراضی در سکونتگاههای روستایی به‌ویژه پیراشهری با تصاویر ماهواره‌ای بررسی و پیش‌بینی می‌شود.

واژه‌های کلیدی: توسعه فیزیکی، تغییر کاربری اراضی، زنجیره‌های مارکوف، تصاویر ماهواره‌ای، حریم کلان‌شهر مشهد.

مقدمه

رشد شهرنشینی در دهه‌های اخیر موجب تغییر کاربری بیشتر زمین‌های داخل و اطراف شهر شده است (واحدیان بیکی و همکاران، ۱۳۹۰: ۳۲)؛ سکونتگاههای روستایی نیز در معرض دگرگونی‌هایی قرار می‌گیرند که بیشتر در خارج از عرصه‌های روستایی شکل می‌گیرد و جلوه‌های گوناگون آنها در عرصه‌های روستایی به صورت مختلف و در زمینه‌های متنوع تجلی می‌یابد. کلان‌شهر مشهد به‌مثابه کانون تمرکز امکانات، سرمایه و ثروت شمال شرق کشور، با تغییرات شگرفی در ساختار، کارکرد و بافت روستاهای پیرامونی خود مواجه بوده است (مهندسین مشاور اوت، ۱۳۹۷). درواقع هرچه فاصله روستاها از کلان‌شهر کمتر بوده و تأسیسات و تجهیزات بیشتری در روستا وجود داشته، آثار کلان‌شهرها بر آنها بیشتر بوده است. این دگرگونی‌ها در گذر زمان به بسیاری از مسائل و نارسایی‌های کالبدی فضایی به‌ویژه در سکونتگاههای روستایی دامن می‌زند (عنابستانی و خوارزمی، ۱۳۹۷: ۲).

وضعیت حاکم بر سکونتگاههای شهری به‌ویژه کلان‌شهر مشهد در سال‌های اخیر نشان می‌دهد وقوع رویدادهای مهمی چون اجرای اصلاحات ارضی در دهه ۴۰، افزایش سریع قیمت نفت و پیروزی انقلاب اسلامی در دهه ۵۰، تحولات سیاسی در کشورهای پیرامونی ایران، وقوع جنگ تحمیلی در دهه ۶۰، سیاست‌ها و برنامه‌های دولت در دهه‌های ۷۰، ۸۰ و ۹۰ و تحولات اجتماعی و اقتصادی ناشی از آن در کشورمان، گسترش شتابان شهرها و رشد فیزیکی ناموزون آنها را در پی داشته است. این رشد فزاینده در فضاها پیراشهری به‌ویژه سکونتگاههای روستایی با پیامدهایی از قبیل تخریب و تغییر کاربری اراضی حاصلخیز پیراشهری، تغییر در ساختار اقتصاد روستاها، وقوع پدیده خزش شهری و خوردگی روستاها و اراضی اطراف آنها، افزایش جمعیت در سکونتگاههای پیراشهری، گسترش فعالیت‌های غیرتولیدی، حاشیه‌ای و به‌اصطلاح غیررسمی همراه بوده است (عنابستانی و خوارزمی، ۱۳۹۷: ۱۷).

در همین زمینه تغییرات کاربری زمین در این روستاها، توجه برنامه‌ریزان را برای مدیریت منابع با پیش‌بینی رشد آینده و معرفی نواحی زیستی در معرض خطر به خود جلب کرده است (پوراحمد و همکاران، ۱۳۹۰: ۱۳۳). نحوه استفاده از زمین به‌مثابه اطلاعات پایه برای برنامه‌ریزی‌های مختلف اهمیت ویژه‌ای دارد. نقشه کاربری و پوشش اراضی که در آن نوع و الگوی مکانی و طریق استفاده از سرزمین مشخص شده، یکی از ابزارهای مهم برای برنامه‌ریزی‌های آتی کاربری اراضی است. در این زمینه نقشه‌های کاربری اراضی با نشان‌دادن شرایط فعلی و توزیع جغرافیایی نحوه استفاده انسان از زمین در فعالیت‌هایی مانند کشاورزی، جنگل‌داری، شهرسازی و ... نقش مهمی ایفا می‌کند (سفیانیان و خداکرمی، ۱۳۹۰: ۹۸).

کاربری اراضی شهری و روستایی، جزو مفاهیم پایه و اصلی دانش شهرسازی و در واقع شالوده شکل‌گیری آن است و به اندازه‌ای حائز اهمیت است که برخی صاحب‌نظران برنامه‌ریزی ناحیه‌ای در کشورهای پیشرفته دنیا، آن را با برنامه‌ریزی شهری و روستایی برابر می‌دانند (اصغری زمانی و همکاران، ۱۳۹۵: ۲۴). ارزیابی روند تغییرات کاربری اراضی، فرایندی است که به ایجاد درک درستی از نحوه تعامل انسان و محیط‌زیست منجر می‌شود. این مسئله درباره مناطق حساس زیستی اهمیت بیشتری دارد (Lambin & Geist, 2008: 25). به‌طور کلی کاربری اراضی نقش مهمی در فرایندهای زیست‌محیطی دارد و متأسفانه با وجود نقشی که در ویژگی‌های اقلیمی، تنوع زیستی و موجودیت آب دارد، توجه کمی به آن می‌شود.

امروزه به‌منظور توسعه سطح زمین‌های کشاورزی و مناطق مسکونی شاهد تخریب و کاهش منابع طبیعی به‌ویژه در کشورهای در حال توسعه هستیم. زمانی که تغییرات بدون توجه به مسائل محیط‌زیستی باشد، مشکلاتی به وجود می‌آورد؛ برای نمونه از بین بردن جنگل‌ها باعث افزایش گازهای گلخانه‌ای و در نتیجه در بلندمدت موجب تغییر اقلیم می‌شود (محمدی و همکاران، ۱۳۹۴: ۱). همان‌طور که گفته شد، واحدهای کاربری اراضی در روستاهای نمونه نیز متأثر از رویدادهای طبیعی، عملکردهای انسانی، مسائل اجتماعی و اقتصادی به‌ویژه در حاشیه شهر مشهد همواره دستخوش تغییر می‌شوند. در این تغییرات، اراضی گوناگون به اراضی ساخته شده اعم از مسکونی، تجاری، صنعتی یا شبکه راه‌ها تبدیل و در بعضی مواقع به صورت اراضی بایر رها شده است. با افزایش و پیشرفت این تغییرات در مناطق پیراشهری، گستره‌ای از تغییرات زیست‌محیطی دیده می‌شود که بیشتر در ارتباط با تغییر کاربری زراعی و تخریب پوشش گیاهی در این مناطق است؛ بنابراین آگاهی از پوشش سطح زمین و فعالیت‌های انسانی در قسمت‌های مختلف آن و به بیان دیگر، نحوه استفاده از زمین به‌مثابه اطلاعات پایه برای برنامه‌ریزی‌های مختلف اهمیت ویژه‌ای دارد.

در حال حاضر فناوری سنجش از دور، بهترین وسیله برای پایش تغییرات محیطی و استخراج کاربری اراضی است که بیشترین سرعت و دقت را دارد. با استفاده از داده‌های چند زمانه سنجش از دور، با کمترین هزینه می‌توان برای استخراج کاربری‌های اراضی اقدام و سپس با مقایسه آن در دوره‌های زمانی مختلف نسبت تغییرات را ارزیابی کرد (طاهری و همکاران، ۱۳۹۷: ۱۲۷)؛ بنابراین به‌کارگیری تصاویر ماهواره‌ای و پردازش رقومی آنها با الگوریتم‌های مناسب ضمن به حداقل رساندن خطای انسانی، موجب شناسایی و تفکیک جزئیات پدیده‌هایی می‌شود که چشم انسان قادر به تمایز آنها نیست (علوی‌پناه و همکاران، ۱۳۸۳: ۴۷۸).

کاربرد مدل‌های پیش‌بینی کاربری اراضی برای برنامه‌ریزی استفاده پایدار از زمین نیازی ضروری است (رمضانی و جعفری، ۱۳۹۳: ۸۶). در بین مدل‌های مطرح برای پیش‌بینی تغییرات کاربری اراضی، مدل زنجیره‌ای CA مارکوف در ترکیب با تصاویر سنجش از دور برای مدل‌سازی تغییرات کاربری و پوشش اراضی به‌طور گسترده در محیط‌های شهری و غیرشهری در مقیاس‌های بزرگ در مناطق مختلف دنیا توجه برنامه‌ریزان و مسئولان زیادی را جلب کرده است (Guan et al., 2011: 3764). در نتیجه هدف پژوهش حاضر، بررسی روند و پیش‌بینی تغییرات کاربری اراضی روستاهای نمونه واقع در حریم کلان‌شهر مشهد با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای و مدل زنجیره‌ای مارکوف در سال‌های

۱۳۸۰ تا ۱۴۰۴ است. با توجه به اینکه بررسی تغییرات کاربری اراضی و پیش‌بینی روند تحولات آن در آینده در سکونتگاه‌های روستایی به‌ویژه روستاهای پیراشهری برای نخستین‌بار انجام می‌شود، پژوهش حاضر از نوآوری برخوردار است؛ بنابراین در راستای هدف اصلی پژوهش، پرسش‌های زیر در دستورکار قرار گرفته است:

۱. با استفاده از تصاویر ماهواره چندزمانه، تغییرات کاربری اراضی در منطقه پژوهش به چه شکل است؟
۲. بیشترین تغییرات و انتقال در کدام‌یک از کاربری‌ها بوده است؟

پیشینه پژوهش

درباره تغییر کاربری و پوشش اراضی، مطالعاتی در خارج و داخل کشور صورت گرفته است؛ از جمله: وان نگوین و همکاران^۱ (۲۰۱۷) در پژوهشی با طبقه‌بندی پوشش زمین در چهار طبقه با استفاده از تصاویر ماهواره SPOT-5 برای سال‌های ۲۰۰۳، ۲۰۰۷ و ۲۰۱۱، دریافتند سطوح نفوذناپذیر هانوی به ترتیب ۸.۲۷٪ و ۱۴.۰۹٪ از کل منطقه پژوهش، در سال ۲۰۱۹ و ۲۰۲۷ افزایش خواهند یافت.

نتایج پژوهش کومار و همکاران^۲ (۲۰۱۴) درباره پوشش گیاهی جنگلی در هند نشان داد پوشش جنگل متحمل تغییرات پیوسته‌ای بین سال‌های ۱۹۹۰ و ۲۱۰ شده که به کاهش ۱۰۷.۲ کیلومتر از مناطق جنگلی انجامیده است (پرور و شایسته، ۱۳۹۶: ۵۱۳).

سهل و کلاجتی^۳ (۲۰۱۳) در جنوب اسپانیا با استفاده از مدل زنجیره‌ای CA مارکوف، تغییرات کاربری اراضی را در گذشته و آینده نمایش دادند.

در مطالعه‌ای دیگر، وانگ و همکاران^۴ (۲۰۱۲) با استفاده از مدل زنجیره‌ای CA مارکوف، تغییرات کاربری اراضی ساگای ژاپن را برای سال‌های ۲۰۱۵-۲۰۴۲ مدل‌سازی کردند. نتایج این مطالعه، افزایش اراضی شهری و کاهش اراضی طبیعی و کشاورزی را نشان داد. این مطالعات نشان می‌دهد فرایند مدل‌سازی، درک بهتر سیستم‌های پیچیده کاربری اراضی، توسعه و بهبود ابزارهای مدیریتی و در نتیجه تعادل بین توسعه شهری و حفاظت از محیط زیست را برای مدیران منطقه‌ای فراهم می‌کند؛ بنابراین در این مطالعات و مطالعات مشابه دیگر، علاوه بر مشخص شدن وضعیت تغییرات کاربری اراضی در زمان مدنظر با استفاده از مدل مارکوف، کارایی این مدل در مطالعات پیش‌بینی تغییرات کاربری اراضی از گذشته تاکنون تأیید شده است (Sohl et al., 2013: 235-243; Mas et al., 2014: 94-111).

پژوهش‌های احدنژاد روشتی و همکاران (۱۳۹۰) در شهر اردبیل و احدنژاد روشتی و حسینی (۱۳۹۰) در شهر تبریز درباره گسترش فیزیکی شهرها با استفاده از تصاویر ماهواره ای چندزمانه و سیستم اطلاعات جغرافیایی نشان داد گسترش فضایی کالبدی شهر تبریز در چه ابعاد و مقیاسی به ترتیب شدت عمل بر کاربری‌های کشاورزی، مرتعی، آبی، بایر و کوهستانی پیرامون خود تأثیر گذاشته است.

¹ Van Nguyen et al.

² Kumar et al.

³ Sohl & Claggety

⁴ Wang et al.

پژوهش واحدیان بیکی و همکاران (۱۳۹۰) در بررسی توسعه فیزیکی منطقه ۵ شهر تهران که زمانی جزو اراضی پیرامون شهر بوده، اما طی دوره‌های مختلف با افزایش جمعیت و مهاجرت به تهران وارد محدوده شهری شده، نشان‌دهنده اثرگذاری عامل توسعه شهر بر تغییر کاربری‌های سبز و تبدیل آنها به کاربری‌های شهری در منطقه بوده است.

قربانی و همکاران (۱۳۹۲) در مدل‌سازی تغییرات کاربری اراضی محدوده کلان‌شهر تبریز با استفاده از مدل سلول‌های خودکار زنجیره‌ای CA مارکوف، الگوی آتی کاربری اراضی را پیش‌بینی کردند که در صورت استفاده از نتایج این پژوهش، در توسعه‌های آینده شهر کمترین آسیب به اراضی زراعی و باغی خواهد رسید.

رضانی و جعفری (۱۳۹۳) و ابراهیمی و همکاران (۱۳۹۵) با استفاده از مدل مارکوف و تصاویر ماهواره‌ای لندست در اسفراین و تهران، تغییرات کاربری اراضی را مدل‌سازی کردند. نتایج این پژوهش‌ها نشان‌دهنده اثرگذاری عامل توسعه شهر بر تغییر کاربری‌های سبز و تبدیل آنها به کاربری‌های شهری در منطقه بوده است.

پژوهش‌های منصوری و همکاران (۱۳۹۵) در شهر ایلام با استفاده از تصاویر چندزمانه لندست مربوط به سال‌های ۱۹۷۶، ۲۰۰۱ و ۲۰۰۷، پرور و شایسته (۱۳۹۶) در شهر بجنورد طی سال‌های ۲۰۰۱ تا ۲۰۰۸، ۲۰۰۸ تا ۲۰۱۵ و ۲۰۱۵ تا ۲۰۱۵، امان‌پور و همکاران (۱۳۹۶) در کلان‌شهر اهواز و طاهری و همکاران (۱۳۹۷) در شهر شاندیز (طی سال‌های ۱۳۷۹-۱۳۹۴) براساس مدل CA مارکوف، نتایج مشابهی داشته است و افزایش مناطق مسکونی و تخریب کاربری باغ‌ها و اراضی کشاورزی و کاهش کاربری اراضی بایر را نشان می‌دهد؛ همچنین پیش‌بینی شده است این روند تا سال‌های آینده (افق مطالعه‌شده) ادامه داشته باشد. نتایج پژوهش‌های اشاره‌شده همچنین مفید و کاربردی بودن مدل مارکوف و صحت آن را در پیش‌بینی تغییرات کاربری به‌خوبی توجیه می‌کند.

آنچه نتایج پژوهش حاضر را از مطالعات پیشین متمایز می‌کند، فرایند جریان مسئله در محدوده حریم شهر مشهد است که برخلاف تجربه مداوم و تغییرات پی‌درپی در وضعیت توسعه اراضی شهری، مطالعه مدون علمی در این زمینه به‌ویژه ابعاد سکونتگاه‌های روستایی واقع در حریم با توجه به ابزارهای تحلیلی پژوهش صورت‌نگرفته است؛ بنابراین ارزیابی تغییرات کاربری اراضی در سکونتگاه‌های روستایی واقع در حریم شهر مشهد در بازه زمانی بین سال‌های ۱۳۸۰ تا ۱۳۹۸ و پیش‌بینی این تغییرات برای افق ۱۴۱۰ و ۱۴۲۵، نخستین پژوهش در این زمینه است. طبیعتاً این نتایج در برنامه‌ریزی راهبردی توسعه شهری مشهد و مدیریت حریم شهر مفید واقع می‌شود.

مبانی نظری پژوهش

تغییر کاربری زمین شامل تغییر نوع کاربری‌ها و تغییر در نحوه پراکنش و الگوهای فضایی فعالیت‌ها و کاربری‌هاست (Briassoulis, 2009: 126)؛ به بیان دیگر تغییر کاربری اراضی یعنی تغییر در نوع استفاده از زمین که لزوماً تغییر در سطح زمین نیست؛ بلکه تغییر در تراکم و مدیریت زمین است.

امروزه در دنیا توجه خاصی به کنترل تحولات کاربری اراضی و پوشش سطح زمین شده که بیشتر به دلیل تنظیم سیاست‌های مربوط به کاربری اراضی بوده است. نیاز به اطلاعات کافی و جدید در زمین بین کشورهای توسعه‌یافته و در حال توسعه متفاوت است. در کشورهای توسعه‌یافته تغییر کاربری زمین ریشه در دلایل اقتصادی مانند

کشاورزی بزرگ مقیاس، توسعه شهری و افزایش نیاز به نگهداری کیفیت محیط زیست برای نسل فعلی و نسل های آتی دارد؛ اما در کشورهای در حال توسعه رشد سریع جمعیت، فقر و موقعیت اقتصادی، عوامل اصلی است (امان پور و همکاران، ۱۳۹۶: ۱۴۳-۱۴۲).

جدول - ۱: عوامل مؤثر بر تغییر کاربری زمین

عوامل	پژوهشگر
در پژوهش خود در شمال شرق تایلند، رشد جمعیت، نزدیکی به شهر و نزدیکی به زیرساخت ها را عوامل مؤثر بر تغییر کاربری اراضی عنوان کردند.	سوان ورک و چانتالوکا ^۱ (۲۰۱۲)
عواملی از جمله سطح بالای تولید ناخالص داخلی، افزایش اندازه مناطق شهری و شبکه های حمل و نقل را از عوامل تغییر کاربری اراضی در کشورهای توسعه یافته عنوان کرده است.	سالی ^۲ (۲۰۱۲)
عوامل طبیعی نظیر تغییرات آب و هوایی دوره ای و فعالیت های انسانی همچون جنگل زدایی، حذف پوشش گیاهی و توسعه شهری، فرسایش زمین را رقم می زنند که باعث تغییرات کاربری زمین و پوشش زمین می شوند.	لی و همکاران ^۳ (۲۰۱۵)
تغییرات کاربری اراضی عمدتاً متأثر از عوامل اجتماعی و اقتصادی (به ویژه جمعیت پذیری روستاها ناشی از مهاجرپذیری و افزایش قیمت زمین های زراعی و کاهش رونق فعالیت کشاورزی) است.	سجاسی قیداری و صدرالسادات (۱۳۹۴)
عوامل اقتصادی (گرانی نهاده های کشاورزی و قیمت کم محصولات زراعی) را مهم ترین عامل در تغییر کاربری اراضی معرفی کرده است.	کلالی مقدم (۱۳۹۵)
پنج عامل توسعه نیافتگی کشاورزی، اقتصادی نبودن بخش کشاورزی، ضعف اطلاعات و اجرای نادرست برنامه های عمران روستاها، توسعه شهرها و تمایل جوانان به مشاغل غیرکشاورزی در شهرها را به مثابه عوامل مؤثر بر تغییر کاربری اراضی معرفی کرده اند.	سعدی و عوافی اکمل (۱۳۹۷)

منبع: یافته های پژوهش، ۱۳۹۸

برنامه ریزی کاربری اراضی، علم تقسیم زمین و مکان برای کاربردها و مصارف مختلف زندگی است که به منظور استفاده بهینه و مؤثر از زمین و انتظام فضایی مناسب و کارا صورت می گیرد. برنامه ریزی کاربری اراضی شهری و روستایی، ساماندهی مکانی و فضایی عملکردهای شهری براساس خواست ها و نیازهای جامعه است و هسته اصلی برنامه ریزی شهری و روستایی را تشکیل می دهد (سعیدنیا، ۱۳۷۸: ۱۳).

توسعه فیزیکی سکونتگاهی به افزایش کمی و کیفی کاربری ها و فضاها ی کالبدی یک سکونتگاه انسانی در ابعاد افقی و عمودی اطلاق می شود که در طول زمان انجام می گیرد و اگر این روند سریع و بی برنامه باشد، به نظم فیزیکی و متعادل و موزون فضاها ی شهری و روستایی نخواهد انجامید؛ در نتیجه سامانه های سکونتگاهی را با مشکلاتی مواجه خواهد کرد (واحدیان بیکی و همکاران، ۱۳۹۰: ۳۲). توسعه فیزیکی یا کالبدی یک سکونتگاه انسانی به خودی خود بد یا خوب و بی نقص نیست. نمی توان از توسعه سکونتگاههای شهری و روستایی ممانعت کرد؛ زیرا شهر و روستا نیز همچون موجودات زنده به وجود می آیند، رشد می کنند و بزرگ می شوند و عوامل عدیده ای نظیر رشد جمعیت و مهاجرت، این توسعه فیزیکی را سرعت می بخشد (بمانیان و هادی، ۱۳۸۷: ۱۰۶)؛ اما این روند در کشور ما با نبود برنامه های لازم برای کاربری اراضی و قانونمندی اراضی در عرصه های روستایی و در نتیجه تبدیل نامناسب کاربری ها، تخریب اراضی زراعی، مرتعی و در نهایت از بین رفتن استعداد های کشاورزی

¹ Suwanwerak and Chanthaluecha

² Sali

³ Li et al.

همراه شده (عنابستانی و جوان شیری، ۱۳۹۶: ۱۸)، ترکیب چشم‌اندازهای طبیعی و انسانی (مزارع، باغ‌ها و مساکن سنتی و بومی) را بر هم زده و بافت روستاها را در پیکره‌ی غول‌آسا و نامتجانس انبارها، سوله‌ها و کارخانه‌ها پنهان کرده است؛ از این رو کاربری‌های زراعی باغی به سرعت جای خود را به واحدهای خدماتی کارگاهی یا اراضی بایر داده است.

روش‌شناسی پژوهش

طبقه‌بندی تصاویر ماهواره‌ای به دو روش نظارت‌شده یا نظارت‌نشده انجام می‌شود. در طبقه‌بندی نظارت‌شده برای رده‌بندی پیکسل‌ها از نمونه‌های آموزشی استفاده می‌شود؛ بدین معنا که با تعریف پیکسل‌های مشخصی از تصویر برای هر کدام از کلاس‌ها، عمل طبقه‌بندی در قالب کلاس‌های در نظر گرفته شده انجام می‌شود؛ سپس با استفاده از الگوریتم‌های خاصی عمل طبقه‌بندی صورت می‌گیرد؛ از جمله الگوریتم‌های حداکثر احتمال، حداقل و فاصله تا میانگین. در این روش ارزش بازتابی هر پیکسل ناشناخته براساس واریانس و کوواریانس آن طبقه واکنش طیفی ویژه تجزیه و تحلیل می‌شود و فرض بر این است که توزیع داده‌های هر طبقه براساس توزیع نرمال در اطراف پیکسل میانگین آن طبقه قرار گرفته است. این فرض براساس تجارب حاصل از بازتاب انرژی از اجسام پذیرفته شده است. در عمل واریانس یا کوواریانس و میانگین طبقه‌های مختلف، هر تصویر ماهواره‌ای برای طبقه‌بندی پدیده‌ها محاسبه می‌شود تا هریک از پیکسل‌ها در طبقه‌ای تعلق یابد که حضورش در آن طبقه از احتمال بیشتری برخوردار است (Tso & Mather, 2009: 349-371).

در این پژوهش از تصاویر سنجنده ETM مربوط به سال‌های (۱۳۸۰) ۲۰۰۱ و (۱۳۸۶) ۲۰۰۷ و سنجنده OLI مربوط به سال‌های (۱۳۹۲) ۲۰۱۳ و (۱۳۹۸) ۲۰۱۹ از ماهواره‌ی لندست استفاده شده است. تصاویر لندست استفاده‌شده شامل تصاویر گرفته‌شده با Landsat 7 و Landsat 8+ برای دوره‌ی زمانی سال‌های ۱۳۸۰، ۱۳۸۶، ۱۳۹۲ و ۲۰۱۸ از محدوده‌ی پیراشهری کلان‌شهر مشهد و به‌طور موردی هشت روستای نمونه‌ی واقع در حریم شهر است که از سایت رسمی سازمان زمین‌شناسی آمریکا^۱ تهیه شده است. جزئیات تصاویر به‌کاررفته برای استخراج کلاس‌های پوشش زمین در جدول ۳ آمده است.

نخست تصاویر ماهواره‌ای لندست تصحیح هندسی و رادیومتریک شد تا خطاهای مربوط به تصاویر ماهواره‌ای کاهش یابد. در ادامه محدوده‌ی مطالعه‌شده از تصاویر جدا و اطلاعات ماهواره‌ای طبقه‌بندی شد. روش استفاده‌شده برای طبقه‌بندی اطلاعات، روش نظارت‌شده است. در این روش برای رده‌بندی پیکسل‌ها از نمونه‌های آموزشی استفاده می‌شود؛ بدین معنا که با تعریف پیکسل‌های مشخصی از تصویر برای هر کدام از کلاس‌ها، عمل طبقه‌بندی در قالب کلاس‌های در نظر گرفته شده انجام می‌شود؛ سپس با استفاده از الگوریتم خاصی عمل طبقه‌بندی صورت می‌گیرد. فرض بر این است که توزیع داده‌های هر طبقه براساس توزیع نرمال در اطراف پیکسل میانگین آن طبقه قرار گرفته است (علیزاده ربیعی، ۱۳۹۲: ۲۱۸). در ادامه واریانس و کوواریانس و میانگین طبقه‌ی مختلف هر تصویر

¹ The United States Geological Survey

ماهواره‌ای، برای طبقه‌بندی پدیده‌ها محاسبه می‌شود تا هریک از پیکسل‌ها به طبقه‌ای تعلق یابد که حضورش در آن طبقه از احتمال بیشتری برخوردار است. برای طبقه‌بندی تصاویر با روش نظارت‌شده از رابطه زیر استفاده می‌شود:

$$g_i(x) = -\frac{1}{2}(x - \mu_i)^T \sum_i^{-1} (x - \mu_i) - \frac{1}{2} 1n \left| \sum_i \right| + 1n(p(w_i))$$

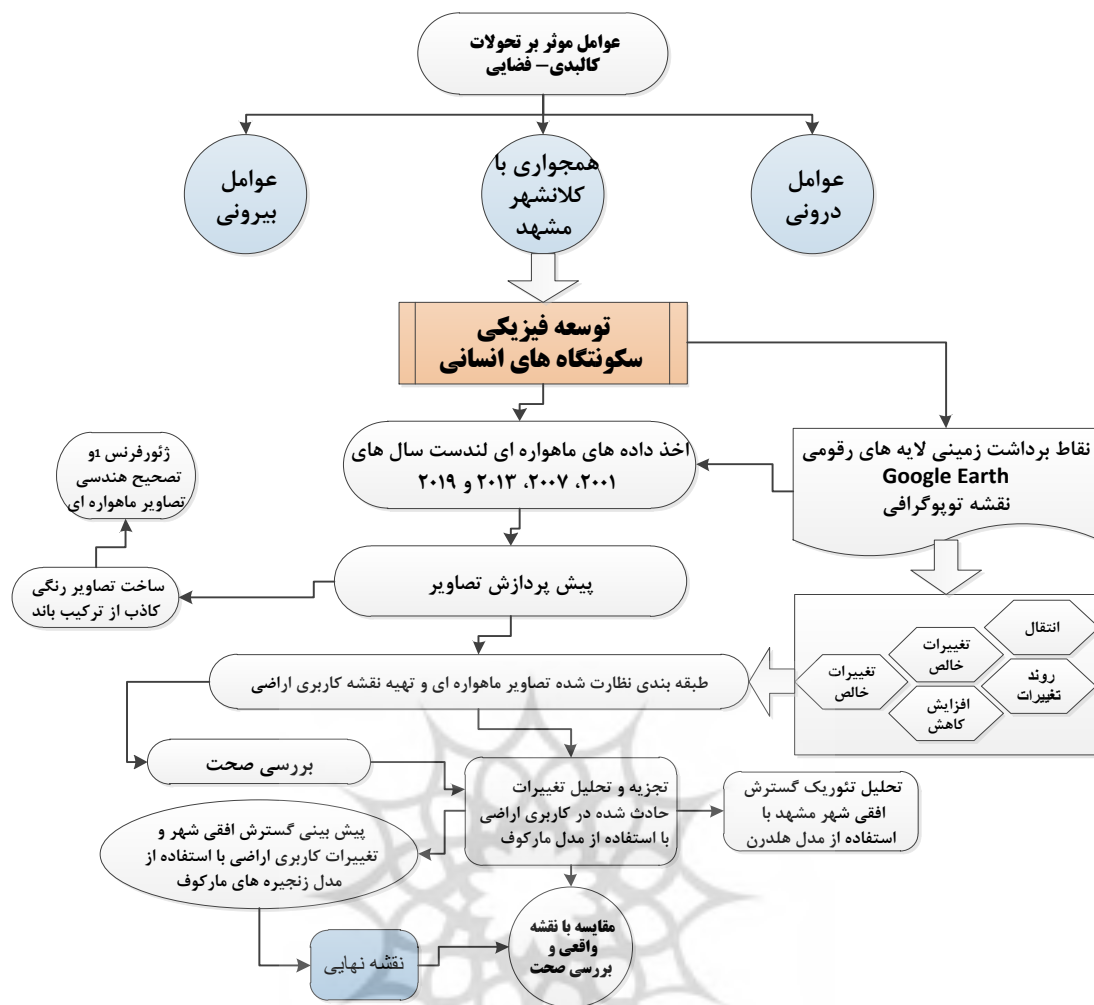
در ادامه برای پی‌بردن به تغییرات صورت گرفته در کاربری اراضی محدوده پژوهش (حریم شهر مشهد) شامل کاربری‌های باغ‌ها و زمین‌های کشاورزی، محدوده‌های ساخته‌شده و اراضی بایر مدنظر، مدل زنجیره مارکوف به کار رفت. در زنجیره مارکوف از کلاس‌های پوشش به‌مثابه حالت یا همان وضعیت زنجیره استفاده شد. در این تحلیل همواره از دو نقشه رستری استفاده می‌شود که موردی‌های مدل نامیده می‌شوند؛ علاوه بر این دو نقشه فاصله زمانی بین دو تصویر و فاصله زمانی پیش‌بینی در افق ۱۴۰۴ در مدل CA مارکوف در نظر گرفته می‌شود. خروجی مدل مارکوف نیز شامل احتمال تبدیل وضعیت و ماتریس مساحت‌های تبدیل‌شده در هر کلاس و در نهایت تصاویر احتمالی شرطی برای تبدیل کاربری‌های مختلف است. همین‌طور در این پژوهش برای اعتماد به طبقه‌بندی صورت گرفته از شاخص کاپا استفاده شده است. شاخص کاپا از رابطه زیر محاسبه می‌شود:

$$kappa = \frac{P_0 - P_C}{1 - P_C} * 0$$

P0: درستی مشاهده‌شده؛ PC: توافق مورد انتظار

زنجیره‌های مارکوف، یک روش ریاضی و احتمالاتی است. در واقع مدل زنجیره‌ای مارکوف به‌صورت یک فرایند تصادفی عمل می‌کند که در آن وضعیت آینده یک پیکسل فقط به وضعیت پیشین آن بستگی دارد و براساس آن پیش‌بینی می‌شود. نتیجه مستقیم حاصل از این مدل، ماتریس احتمال انتقال است؛ اما در این مدل هیچ درک جغرافیایی به دست نمی‌آید و در پایان مدل‌سازی نقشه واحدی تولید نمی‌شود که نشان‌دهنده توزیع مکانی کلاس‌ها باشد. برای رفع این مشکل، در دهه ۱۹۵۰ جان وان نیومن^۱ مدل CA مارکوف را برای اضافه کردن مشخصه مکانی به مدل مارکوف طراحی کرد (Fan et al., 2008: 127-147).

¹ Jon Von Neumann



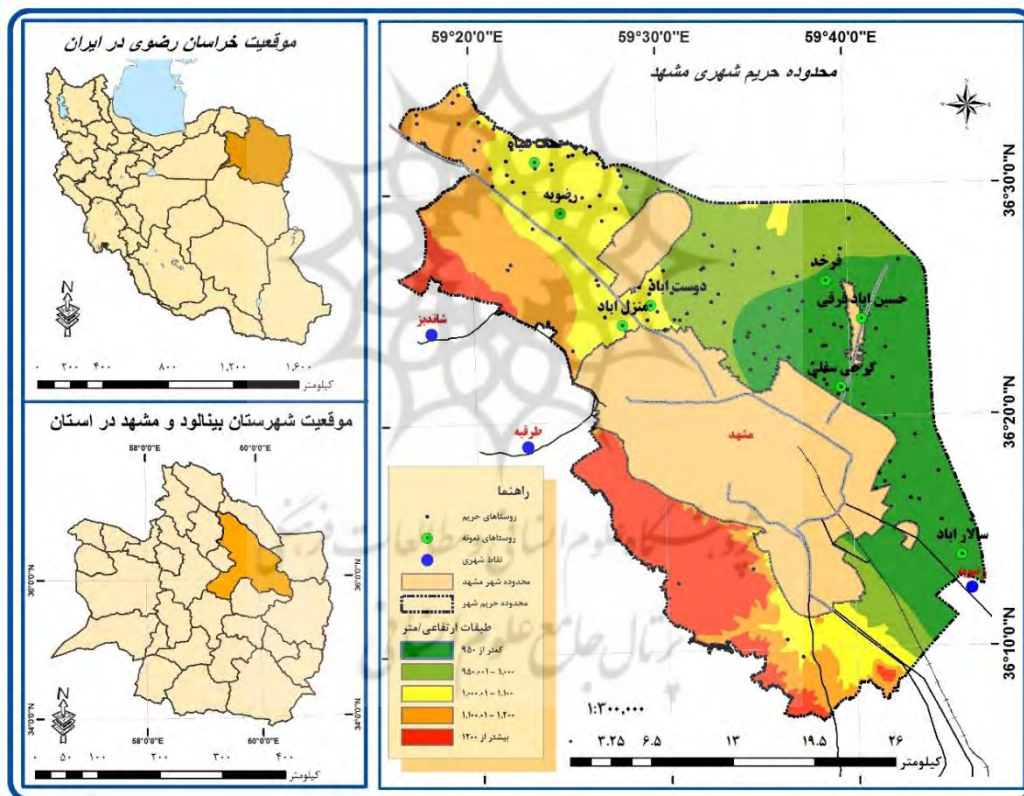
شکل - ۱: مراحل مدل‌سازی

محدوده پژوهش

شهر مشهد با مساحتی بیش از حدود ۳۲۸ کیلومتر مربع در سال ۹۲ (معاونت برنامه‌ریزی و توسعه شهرداری مشهد، ۱۳۹۲)، دومین کلان‌شهر کشور محسوب می‌شود. در سرشماری سال ۱۳۹۵، مشهد جمعیتی بیش از ۳ میلیون نفر داشته است (مرکز آمار ایران، ۱۳۹۵). این شهر به مثابه کلان‌شهر اصلی شرق کشور سالیانه علاوه بر رشد جمعیت ساکن خود، جمعیت زیادی از روستاها، شهرهای کوچک و حتی کشورهای همسایه را به سمت خود جذب کرده است که شمار زیادی از این جمعیت در سکونتگاه‌های روستایی پیرامونی ساکن می‌شوند. براساس مصوبه و ابلاغ شورای عالی شهرسازی و معماری در سال ۱۳۹۵، حریم کلان‌شهر مشهد با وسعت ۸۶۶/۳ کیلومتر مربع در محدوده اداری و سیاسی شهرستان‌های مشهد و طرقبه- شاندیز از توابع استان خراسان رضوی قرار گرفته است. براساس آخرین اطلاعات سرشماری عمومی نفوس و مسکن در سال ۱۳۹۵، تعداد ۱۸۵ هزار نفر در قالب ۱۳۲ سکونتگاه روستایی در داخل حریم شهر بوده‌اند که طی سال‌های ۱۳۸۵ تا ۱۳۹۰، ۶۳ درصد و طی سال‌های ۹۰ تا ۹۵، ۴/۹ درصد رشد سالیانه داشته‌اند. از این تعداد جمعیت، حدود ۱۳۰ هزار نفر (۷۶/۵٪ کل جمعیت محدوده پژوهش) در قالب ۲۶ سکونتگاه روستایی اسکان پیدا کرده‌اند. این سکونتگاه‌های روستایی در

طول یک دهه اخیر روند شتابانی را در زمینه جذب فزاینده جمعیت و تورم بافت کالبدی خود پشت سر گذاشته اند (عناستانی و خوارزمی، ۱۳۹۷: ۳۴).

نگاهی به روند تحولات جمعیت روستایی واقع در سکونتگاههای حریم، ما را به این حقیقت رهنمون می‌کند که جمعیت روستاها از ۱۰۶/۷ هزار نفر در سال ۱۳۸۵ به رقم ۱۸۴/۸ هزار نفر در سال ۱۳۹۵ رسیده است و این افزایش جمعیت بیان‌کننده میزان رشد سالیانه‌ای معادل ۵/۶ درصد خواهد بود که در مقایسه با جمعیت محدوده شهری مشهد (۲/۲۵ درصد) شاهد میزان رشد سالیانه ۲/۵ برابری در روستاهای حریم نسبت به محدوده شهری خواهیم بود (عناستانی و خوارزمی، ۱۳۹۷: ۳۴). بر این اساس در این پژوهش تلاش شد روند تغییرات سکونتگاههای روستایی واقع در حریم شهر مشهد در سری‌های زمانی مختلف بررسی شود. برای این منظور هشت روستا از پهنه حریم، با توجه به روند گسترش شهر مشهد انتخاب شد. اطلاعات مربوط به شهر مشهد و روستاهای نمونه در جدول ۲ آمده است.



شکل ۲ - موقعیت روستاهای مطالعه‌شده در حریم کلان‌شهر مشهد

منبع: استانداری خراسان رضوی، ۱۳۹۵؛ مهندسین مشاور اوت، ۱۳۹۷

جدول- ۲: تحولات جمعیتی کلان‌شهر مشهد و روستاهای نمونه طی سال‌های ۱۳۷۵-۱۳۹۵

سال	بخش	دهستان	۱۳۷۵	۱۳۸۵	۱۳۹۰	۱۳۹۵	میزان رشد ۸۵-۹۵
شهر مشهد	مرکزی	طوس	۱۸۸۷۴۱۴	۲۴۲۷۳۱۶	۲۸۰۷۴۶۴	۳۰۱۲۰۹۰	۲/۲
قلعه سیاه	مرکزی	میان ولایت	۶۲۳	۵۹۶	۸۳۸	۱۰۶۶	۶
دوست‌آباد	مرکزی	طوس	۲۶۳۴	۵۶۳۱	۸۱۴۵	۸۹۶۹	۴/۸
منزل‌آباد	مرکزی	طوس	۱۱۷۸	۲۸۹۸	۶۵۶۸	۸۵۲۰	۱۱/۴
سالارآباد	رضویه	میامی	۱۳۰۹	۲۳۲۴	۲۸۸۲	۳۹۷۷	۵/۴
فرخد	مرکزی	تبادکان	۳۱۶۲	۳۳۲۲	۳۹۰۱	۳۹۴۸	۱/۸
گرچی سفلی	مرکزی	تبادکان	۸۳۴۱	۱۳۳۶۷	۱۵۴۲۰	۱۵۱۶۳	۱/۳
سنگ سیاه	مرکزی	میان ولایت	۶۳۸	۵۹۷	۷۷۳	۷۷۱	۲/۶
حسین‌آباد قرقی	مرکزی	تبادکان	۳۳۱۷	۵۱۷۵	۸۰۹۳	۱۳۶۴۴	۱۰/۲

منبع: مرکز آمار ایران، ۱۳۷۵ تا ۱۳۹۵

یافته‌های پژوهش

نتایج دقت طبقه‌بندی

یکی از پرکاربردترین روش‌های ارزیابی صحت طبقه‌بندی، محاسبه ماتریس خطاست. نقشه‌های طبقه‌بندی کاربری اراضی در این مطالعه با صحت کلی بیش از ۸۰ درصد و ضریب کاپای بیش از ۰/۸ از محاسبه ماتریس خطا ارزیابی شد. این مقادیر ضریب کاپا و صحت کلی بیش از ۸۰ درصد نشان می‌دهد به‌طور کلی توافق خوبی بین طبقه‌بندی و انواع طبقات کاربری موجود در زمین وجود دارد. جدول ۳، ارزیابی صحت طبقه‌بندی تصاویر ماهواره‌ای را نشان می‌دهد.

جدول- ۳: ارزیابی صحت طبقه‌بندی تصاویر ماهواره‌ای

ماهواره	تاریخ میلادی	تاریخ شمسی	سنجنده	شاخص کاپا	ضریب صحت
لندست ۷	۲۰۰۱/۰۵/۲۸	۷ خرداد ۱۳۸۰	ETM	۰/۹۱۶	۹۳/۲۷
لندست ۷	۲۰۰۷/۰۹/۰۵	۱۴ شهریور ۱۳۸۶	ETM	۰/۸۸	۹۱/۴۶
لندست ۸	۲۰۱۳/۰۶/۲۸	۷ تیر ۱۳۹۲	OLI	۰/۸۷۵	۹۰/۱۰۴
لندست ۸	۲۰۱۹/۰۷/۰۵	۱۴ تیر ۱۳۹۸	OLI	۰/۹۵۳	۹۶/۴۰

منبع: یافته‌های نگارندگان از تصاویر ماهواره‌ای لندست

تغییرات کاربری اراضی در بازه زمانی ۱۳۸۰-۱۳۹۸

در نخستین مرحله، طبقه‌بندی کاربری اراضی در سری‌های زمانی مختلف در نرم‌افزار Envi انجام شد که با بهره‌گیری از نقشه‌های موجود و بازدید میدانی و تفسیر دیداری و اسناد موجود، کاربری‌ها در مرحله پیش از طبقه‌بندی و پس از آن برداشت شد. در این مرحله نخست عملیات layer Stack روی تمامی باندهای تصاویر جز باندهای حرارتی انجام شد.

پیش‌پردازش: با توجه به اینکه تصاویر حاصل از ماهواره‌ها از نظر تفکیک مکانی، زمانی و طیفی همواره احتمال انواع خطاهای سیستماتیک و غیرسیستماتیک را دارند، باید پردازش‌های اولیه روی داده‌های خام با سیستم تصویرپردازی یا شرایط اتمسفر در هنگام سنجش صورت گیرد.

تصحیح اتمسفری: پس از مرحله Stack باندهای تصاویر در مرحله پیش‌پردازش تصاویر، تصحیحات اتمسفری روی آنها انجام می‌شود. در این پژوهش از تصحیح اتمسفری Dark subtract استفاده می‌شود. این عمل روی هر چهار تصویر انجام شد.

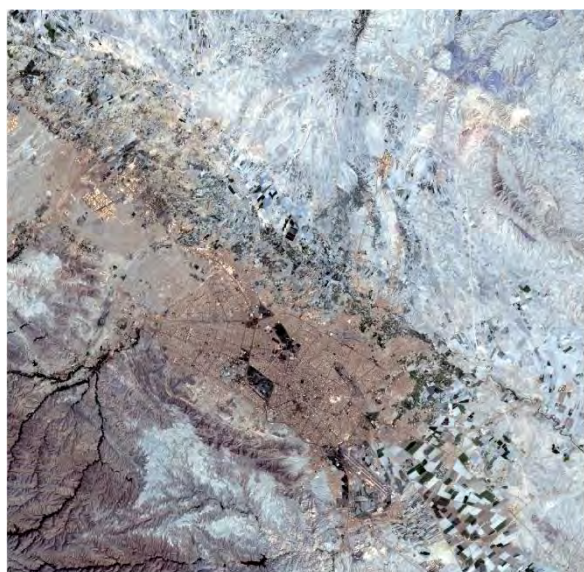
انتخاب مناسب‌ترین باندها برای کلاس‌بندی: هدف از این مرحله، حذف آن دسته از باندهایی است که از حیث تفکیک کلاس‌ها در عملیات طبقه‌بندی نقش مؤثری ندارند و انتخاب کمترین تعداد باندهایی است که زمان و هزینه فرایند طبقه‌بندی را کاهش می‌دهند و به افزایش دقت طبقه‌بندی منجر می‌شوند. در این مرحله، باندهای مناسب (۴، ۳، ۲ برای سال‌های ۱۳۸۰ و ۱۳۸۶ و باندهای ۵، ۴، ۳ برای سال‌های ۱۳۹۲ و ۱۳۹۸) برای طبقه‌بندی در نظر گرفته شد.

در این زمینه شکل ۳ به ترتیب تصویر اولیه برداشتی سال‌های ۱۳۸۰، ۱۳۸۶، ۱۳۹۲ و ۱۳۹۸ را از محدوده پژوهش نشان می‌دهد.

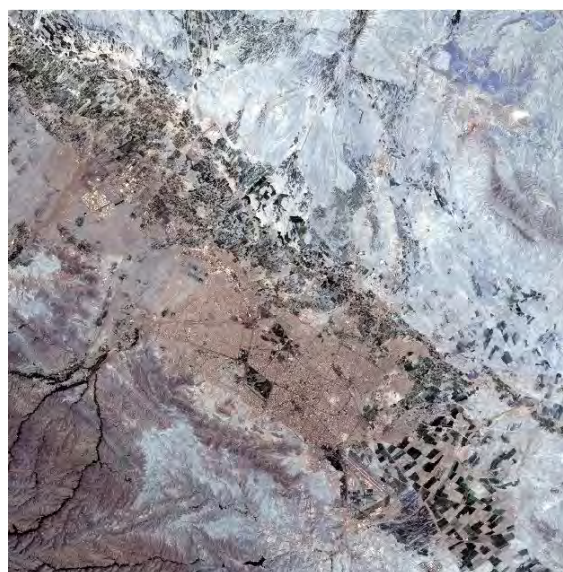
در این پژوهش با توجه به ساختار سکونتگاه‌های روستایی، تصاویر در ۳ کلاس اراضی ساخته‌شده، باغ‌ها و فضای سبز و اراضی فاقد کاربری طبقه‌بندی شد.

جدول - ۴: کلاس‌های طبقه‌بندی شده

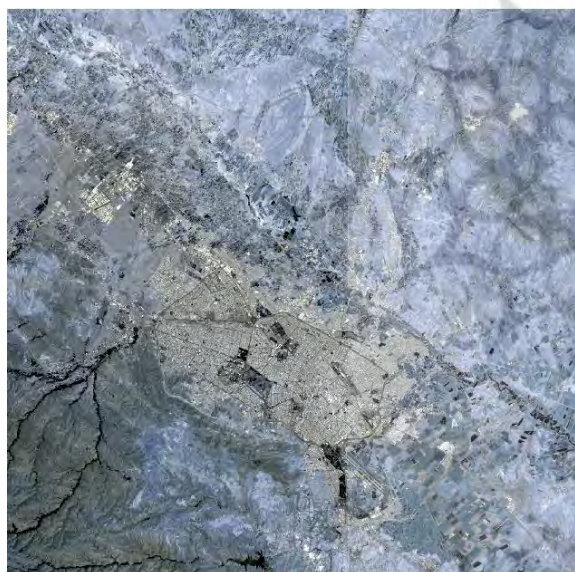
شرح طبقه.	طبقه کاربری
شامل کاربری‌ها و تأسیسات انسان‌ساخت (مسکونی، ورزشی، صنعتی، جاده‌ها، شبکه معابر و...) جز فضای سبز.	اراضی ساخته‌شده
شامل پارک‌ها و مجتمع‌های درختی در وضعیت‌های مختلف آیش یا کشت.	باغ‌ها و فضای سبز
شامل اراضی‌ای که هیچ گیاهی در آنها دیده نمی‌شود یا از حالت مثمر و فعال بودن خارج شده‌اند.	اراضی فاقد کاربری



ب. تصویر اولیه سال ۱۳۸۶ (منبع: تصویر ماهواره‌ای لندست ۷)



الف. تصویر اولیه سال ۱۳۸۰ (منبع: تصویر ماهواره‌ای لندست ۷)



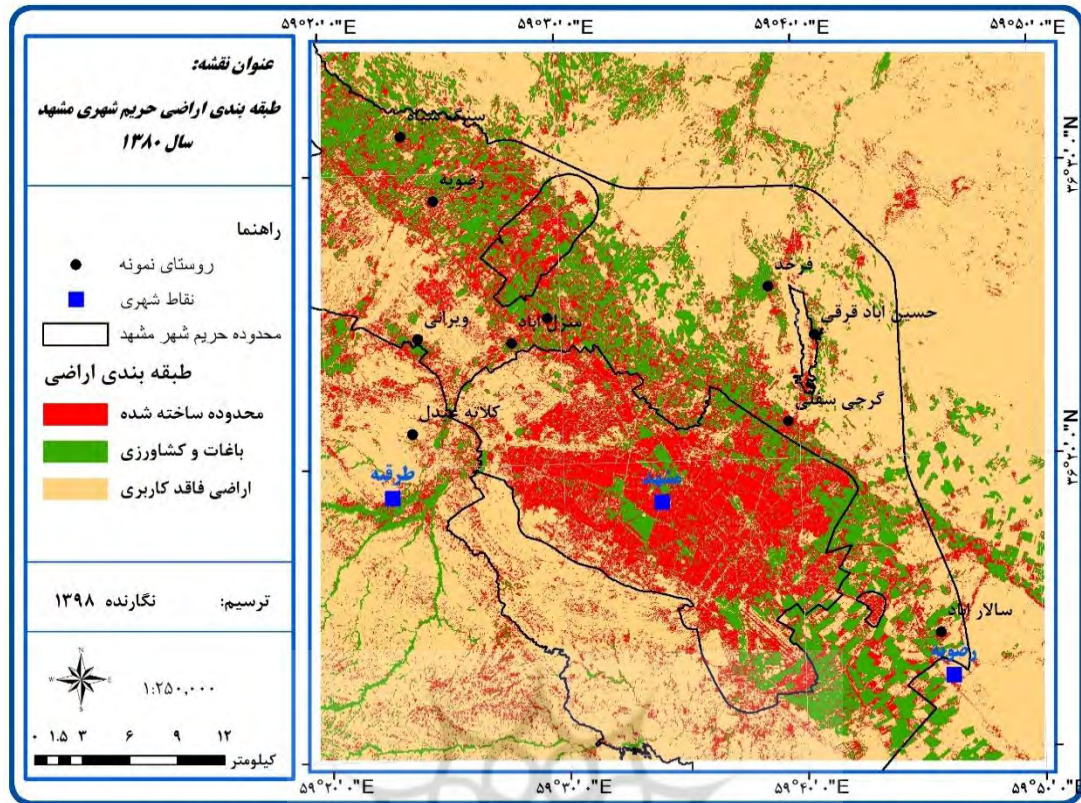
د. تصویر اولیه سال ۱۳۹۸ (منبع: تصویر ماهواره‌ای لندست ۸)



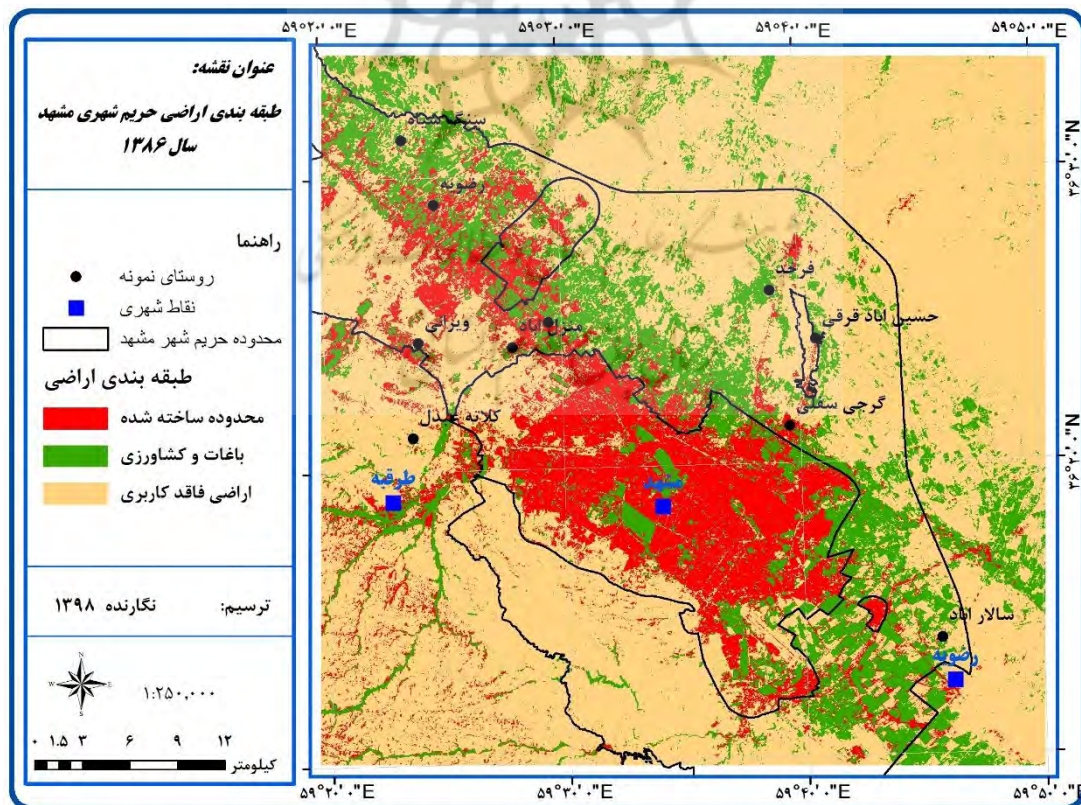
ج. تصویر اولیه سال ۱۳۹۲ (منبع: تصویر ماهواره‌ای لندست ۸)

شکل - ۳: تصویر اولیه برداشتی سال‌های ۱۳۸۰، ۱۳۸۶، ۱۳۹۲ و ۱۳۹۸ از محدوده پژوهش

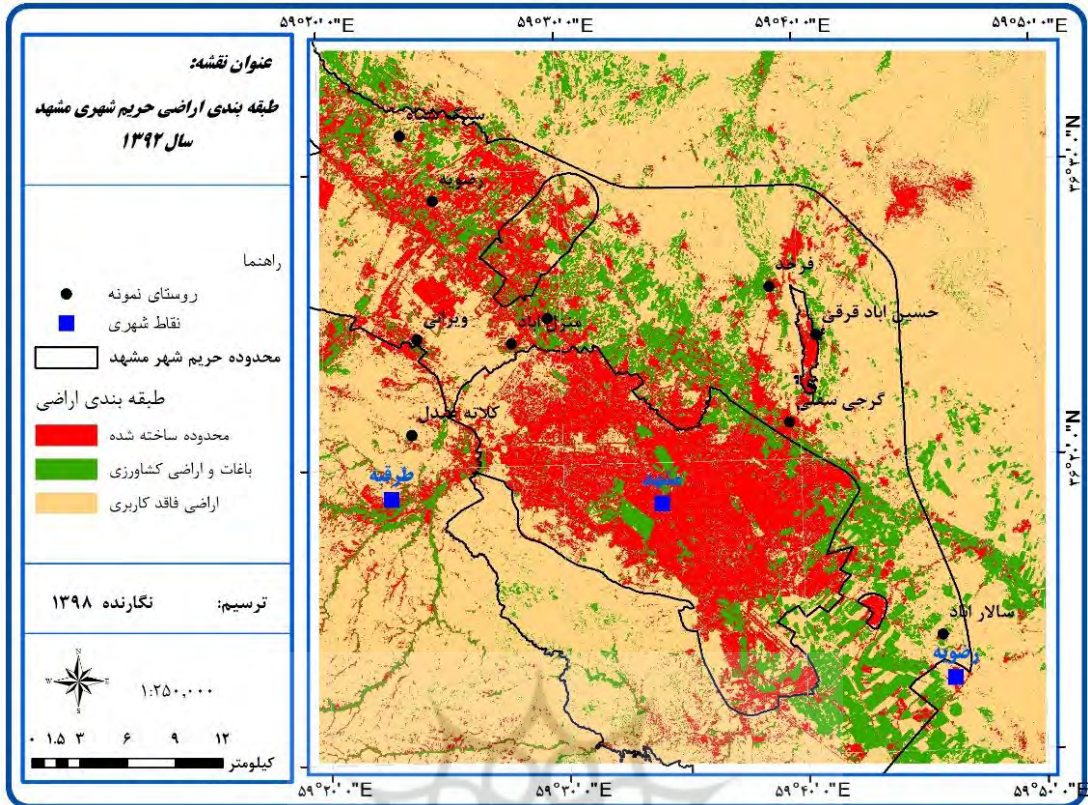
اشکال زیر تغییرات کاربری‌های اراضی را در محدوده پژوهش طی سال‌های ۱۳۸۰ و ۱۳۸۶ (شکل ۴ و ۵)، ۱۳۹۲ و ۱۳۹۸ (شکل ۶ و ۷) نشان می‌دهد. این نقشه‌ها پس از انجام عملیات متعددی که گفته شد و همچنین برداشت‌های میدانی به صورت زیر به دست آمد.



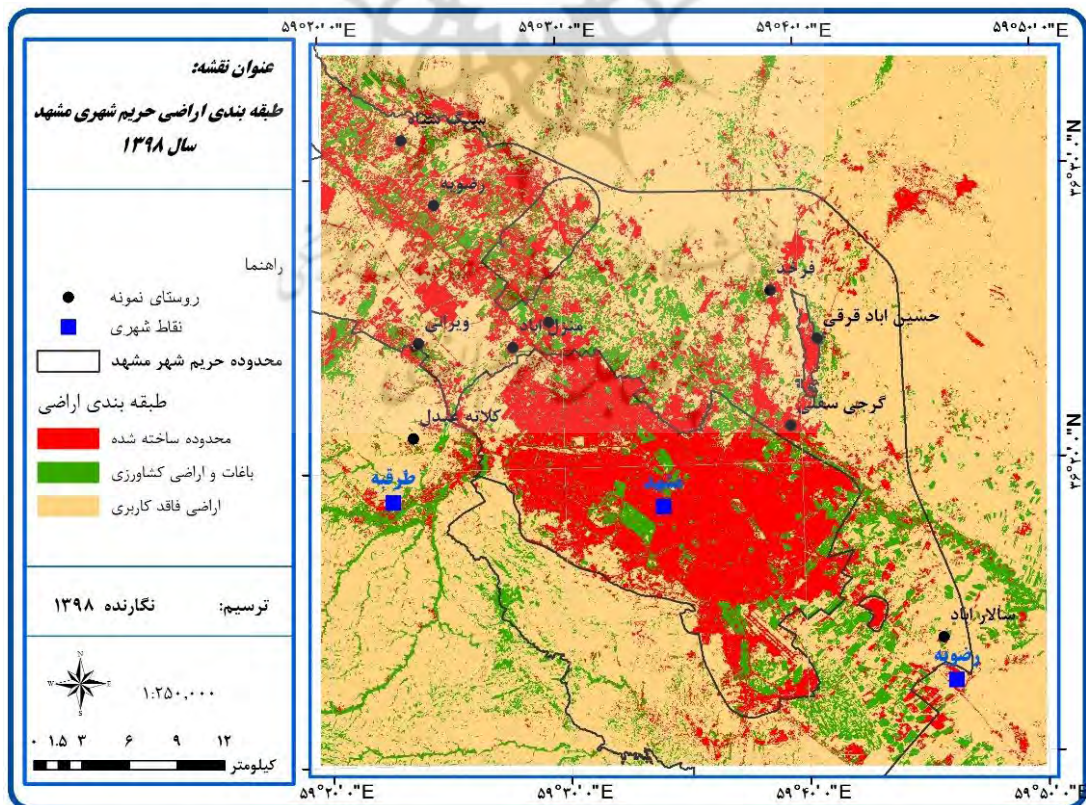
شکل - ۴: نقشه پوشش زمین شهر مشهد و پیرامون آن در سال ۱۳۸۰



شکل - ۵: نقشه پوشش زمین شهر مشهد و پیرامون آن در سال ۱۳۸۶



شکل - ۶: نقشه پوشش زمین شهر مشهد و پیرامون آن در سال ۱۳۹۲

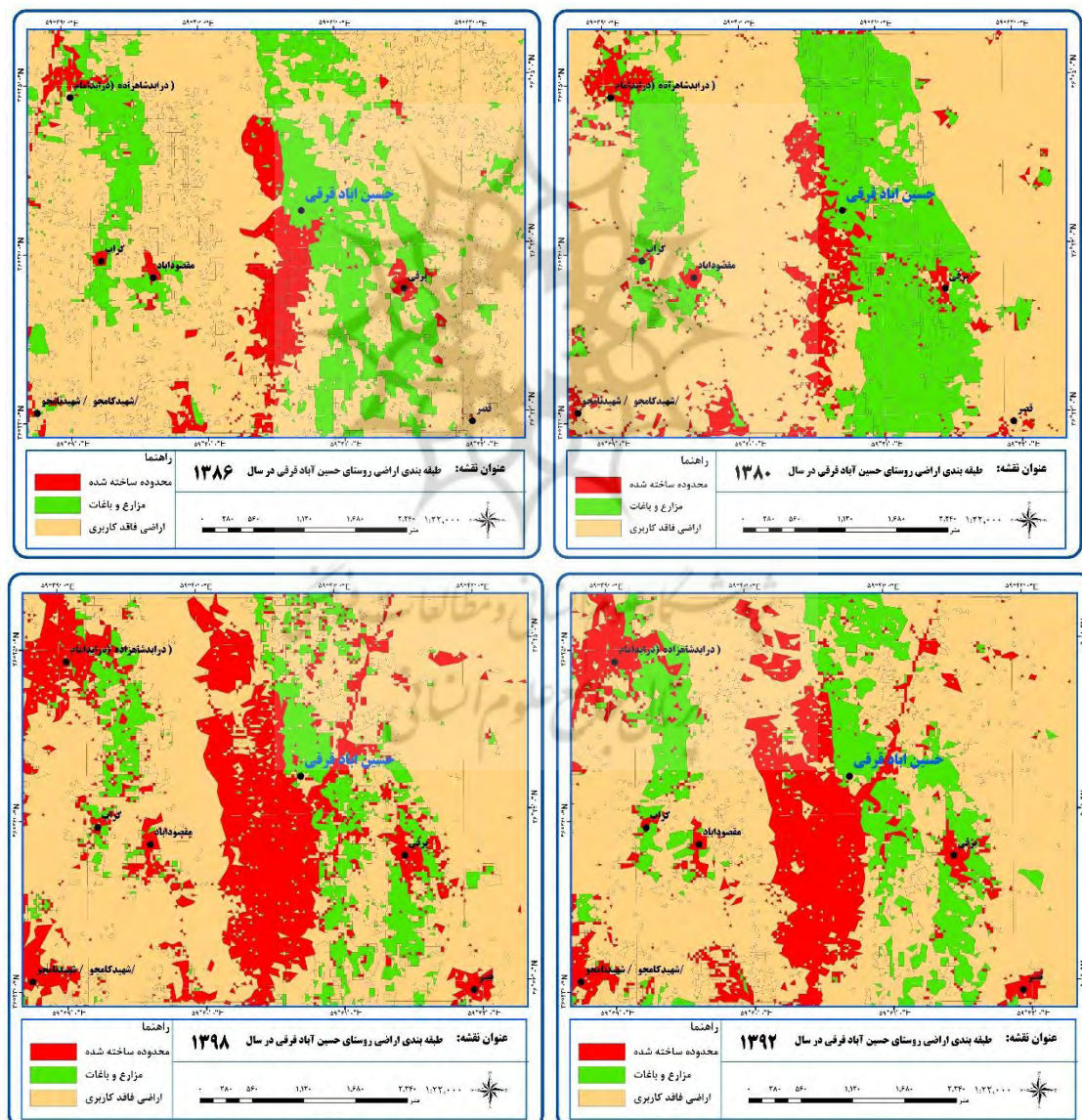


شکل - ۷: نقشه پوشش زمین شهر مشهد و پیرامون آن در سال ۱۳۹۸

پس از طبقه‌بندی تصاویر مربوط به محدوده پژوهش در دوره‌های زمانی مختلف در محیط نرم‌افزاری Envi، برای درک تغییرات کاربری‌های محدوده روستاهای پژوهش و کاهش یا افزایش مساحت کلاس‌ها طی دوره ۱۹ ساله، نقشه‌های طبقه‌بندی‌شده به محیط نرم‌افزار Arc GIS وارد شد؛ محدوده روستای نمونه جدا و سپس با مقایسه این نقشه‌ها و جدول تقاطعی به‌دست‌آمده، مساحت و درصد تغییرات هر کلاس مشخص و محاسبه شد.

تغییر کاربری اراضی روستاهای نمونه در بازه زمانی ۱۳۸۰-۱۳۹۸

در ادامه با توجه به حجم زیاد مطالب و نقشه‌ها، فرایند کار در روستای حسین‌آباد قرقی ارائه و در انتها نتایج به‌دست‌آمده در کل روستاها بررسی و تجزیه و تحلیل شد. اشکال زیر تغییرات کاربری‌های اراضی را در محدوده روستای حسین‌آباد قرقی طی سال‌های ۱۳۸۰، ۱۳۸۶، ۱۳۹۲ و ۱۳۹۸ نشان می‌دهد.



شکل ۸- تغییرات کاربری اراضی روستای حسین‌آباد قرقی حاصل از پردازش تصاویر ماهواره‌ای

با توجه به شکل ۸ در روستای حسین‌آباد قرقی بیشترین تغییر مساحت در سال‌های ۱۳۸۰ تا ۱۳۹۸ مربوط به طبقه مزارع و باغ‌ها بوده است؛ به طوری که وسعت این محدوده در سال ۱۳۸۰ معادل ۶۱۶.۰۱ هکتار بوده و در سال ۱۳۹۸ به ۲۵۲.۳۶ هکتار رسیده است؛ یعنی مساحت مزارع و باغ‌ها، ۳۶۳.۶۵ هکتار کاهش یافته است؛ اما بیشترین درصد تغییرات مربوط به محدوده‌های ساخته‌شده است؛ به طوری که طی این ۱۸ سال مساحت محدوده‌های ساخته‌شده، ۳۱۵.۶۷ درصد افزایش یافته است؛ همچنین مساحت مربوط به اراضی فاقد کاربری افزایش یافته است؛ به طوری که طی این مدت مساحت اراضی فاقد کاربری ۶۱.۲۶ هکتار افزایش یافته که با توجه به خروجی نقشه‌ها، در این دوره مساحت مزارع و باغ‌ها بیشتر در شرق و شمال غرب روستا کاهش یافته و به زیر ساخت‌وساز رفته یا به اراضی فاقد کاربری تبدیل شده است.

پس از بررسی تغییرات در تمام روستاهای نمونه، مشخص شد طی سال‌های ۱۳۸۰، ۱۳۸۶، ۱۳۹۲ و ۱۳۹۸ در کل مساحت کاربری‌های محدوده‌های ساخته‌شده به شدت افزایش یافته و اراضی فاقد کاربری افزایش نسبی داشته و همچنین مساحت کاربری‌های باغ‌ها و زمین‌های کشاورزی کاهش شدیدی داشته است؛ به طوری که مساحت محدوده‌های ساخته‌شده، ۱۰۰۸.۶۷ هکتار (۲۴۱.۵۷ درصد) و مساحت اراضی فاقد کاربری، ۳۲.۲۸ هکتار افزایش و مساحت مزارع و باغ‌ها، ۱۰۶۰.۵۵ هکتار کاهش یافته است. این تغییرات در جدول ۵ دیده می‌شود.

جدول- ۵: روند تغییرات مساحت و درصد کاربری‌های زمین در کل روستاهای نمونه

تغییرات ۱۳۹۸-۱۳۸۰	سال ۱۳۹۸		سال ۱۳۹۲		سال ۱۳۸۶		سال ۱۳۸۰		کاربری		
	درصد	هکتار	درصد	هکتار	درصد	هکتار	درصد	هکتار			
	۲۴۱.۵۷	۱۰۰۸.۶۷	۳۴.۱۲	۱۷۲۱.۱۸	۲۵.۹۴	۱۳۱۳.۶۹	۱۷.۳۸	۸۸۰.۱۷	۱۴.۰۷	۷۱۲.۵۱	ساخته‌شده
	۴۶.۹۲	-۱۰۶۰.۵۵	۱۸.۵۹	۹۳۷.۴۷	۲۵.۱۹	۱۲۷۵.۶۹	۳۳.۱۵	۱۶۷۸.۶۸	۳۹.۴۶	۱۹۹۸.۰۳	مزارع و باغ‌ها
	۱۰۱.۳۷	۳۲.۲۸	۴۷.۲۹	۲۳۸۵.۵۷	۴۸.۸۷	۲۴۷۴.۷۷	۴۹.۴۷	۲۵۰۵.۳۱	۴۶.۴۷	۲۳۵۳.۲۹	اراضی بایر

منبع: یافته‌های نگارندگان از تصاویر ماهواره‌ای لندست

با توجه به جدول ۵ مشخص شد مساحت باغ‌ها و زمین‌های کشاورزی در سال ۱۳۹۸ نسبت به سال ۱۳۸۰ کاهش داشته و در سال ۱۳۹۸ فقط ۴۶.۹۲ درصد از مساحت این اراضی باقی مانده است. نتایج نشان می‌دهد تغییرات در اراضی ساخته‌شده و پوشش گیاهی در سال‌های پس از ۲۰۰۷ (۱۳۸۶) شدت گرفته و تغییرات مساحت این کاربری‌ها در سال ۱۳۹۲ نسبت به ۱۳۸۶ چشمگیر بوده که ممکن است در نتیجه شدت مهاجرت به کلان‌شهر مشهد و تغییرات بافت روستاهای پیرامونی شهر با اسکان مهاجران در روستاهای نمونه باشد؛ به طوری که در این دوره ساخت‌وسازها و رشد فیزیکی روستاها روی باغ‌ها و اراضی کشاورزی انجام شده و شاهد کاهش باغ‌ها و اراضی کشاورزی و به دنبال آن افزایش محدوده‌های ساخته‌شده هستیم.

نکته جالب توجه اینکه در پژوهش حاضر، اراضی کشاورزی که به هر دلیلی در زمان تصویربرداری زیر کشت نبوده یا آیش بوده نیز، در بازتاب طیفی جداگانه برداشت و در نهایت به طبقه اراضی زراعی و باغی اضافه شده است؛ بنابراین اراضی زراعی رهاشده دو تا سه سال اخیر از اراضی بایر و مراتع تفکیک شده و جزو تغییر کاربری از کشاورزی به غیرکشاورزی لحاظ نشده است.

در مطالعه حاضر برای بررسی روند تغییرات ۱۸ ساله در منطقه، نقشه‌های طبقه‌بندی شده سال‌های ۱۳۸۰، ۱۳۸۶، ۱۳۹۲ و ۱۳۹۸ دوبره دو مقایسه شدند. بین سال‌های ۱۳۸۰ تا ۱۳۸۶ حدود ۱۶۷ هکتار به مساحت محدوده‌های ساخته‌شده و حدود ۱۵۲ هکتار به اراضی فاقد کاربری اضافه و ۳۱۹ هکتار از مساحت مزارع و باغ‌ها کاسته شده است. تغییرات اراضی ساخته شده طی دوره ۱۳۸۶ تا ۱۳۹۲ سرعت بیشتری گرفته، ولی در ۶ ساله اخیر، از سرعت افزایش مساحت این طبقه کاسته شده و به ۱۳۱ درصد رسیده است. مساحت مزارع و باغ‌ها در ۶ ساله دوم نیز کاهش یافته، ولی در ۶ ساله اخیر یعنی ۱۳۹۲ تا ۱۳۹۸ از درصد کاهش مساحت این طبقه کم شده است؛ هرچند روند کاهش مساحت اراضی فاقد کاربری در سه دوره ادامه داشته و به طور مداوم از مساحت اراضی فاقد کاربری کاسته شده است. نتایج جدول ۶ به‌خوبی تغییرات پوشش اراضی را در منطقه پژوهش به تصویر کشیده است و نشان می‌دهد ادامه روند موجود در آینده به چه صورت خواهد بود.

جدول ۶: روند تغییرات مساحت و درصد کاربری‌های زمین کل محدوده پژوهش در سه دوره زمانی مختلف

کاربری	تغییرات ۱۳۸۰-۱۳۸۶		تغییرات ۱۳۸۶-۱۳۹۲		تغییرات ۱۳۹۲-۱۳۹۸	
	هکتار	درصد	هکتار	درصد	هکتار	درصد
ساخته‌شده	۱۶۷.۶۶	۱۲۳.۵۳	۴۳۳.۵۲	۱۴۹.۲۵	۴۰۷.۴۹	۱۳۱.۰۲
مزارع و باغ‌ها	-۳۱۹.۳۵	۸۴.۰۲	-۴۰۲.۹۹	۷۵.۹۹	-۳۳۸.۲۲	۷۳.۴۹
اراضی بایر	۱۵۲.۰۲	۱۰۶.۴۶	-۳۰.۵۴	۹۸.۷۸	-۸۹.۲۰	۹۶.۴۰

منبع: یافته‌های نگارندگان از تصاویر ماهواره‌ای لندست

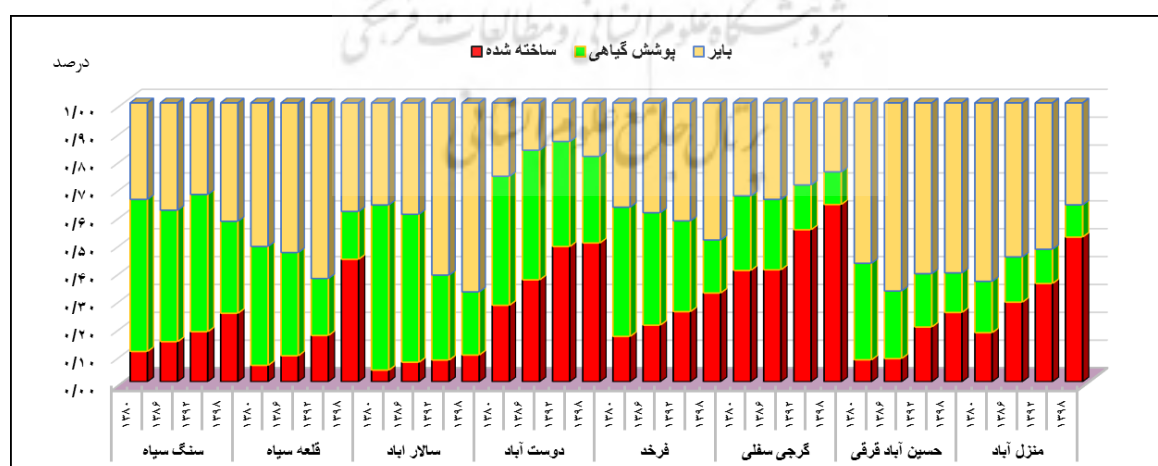
جدول ۷ تغییرات کاربری‌های اراضی روستاهای نمونه را در سال‌های مطالعه شده نشان می‌دهد. در تمام روستاهای نمونه، درصد محدوده‌های ساخته‌شده در حال افزایش است. روستای سالارآباد در سال ۱۳۸۰، کمترین مساحت ساخته شده (فقط ۴.۱۸ درصد) و روستای گرجی سفلی بیشترین مساحت ساخته شده (۳۹.۹۲ درصد) را داشته است. روستای دوست‌آباد (با ۲۷.۴۳ درصد) نیز مساحت ساخته شده بیشتری نسبت به سایر روستاها داشته است. در کل روستاهای نمونه نیز، مساحت محدوده‌های ساخته شده سال ۱۳۸۰ برابر با ۱۷.۰۷ درصد بوده است. در سال ۱۳۹۸، مساحت محدوده‌های ساخته شده در روستاهای گرجی سفلی، منزل‌آباد و دوست‌آباد بیشترین درصد را دارد. بیشترین افزایش درصد در محدوده‌های ساخته شده را روستاهای قلعه سیاه و حسین‌آباد قرقی داشته‌اند؛ به طوری که طی این مدت، مساحت محدوده‌های ساخته شده در روستای قلعه سیاه تقریباً هفت برابر و در روستای حسین‌آباد قرقی تقریباً سه برابر شده است. این افزایش ممکن است ناشی از اجرای طرح مسکن مهر در محدوده روستای حسین‌آباد قرقی و افزایش باغ‌ویلاها در محدوده روستای قلعه سیاه باشد.

جدول-۷: تغییرات مساحت کاربری‌های اراضی در روستاهای نمونه (به درصد) طی سال‌های ۱۳۸۰ تا ۱۳۹۸

روستا	سنگ سیاه	قلعه سیاه	سالارآباد	دوست‌آباد	فرخند	گرچی سفلی	حسین‌آباد قرقی	منزل‌آباد	مساحت کل / هکتار	درصد کل
۱۳۸۰	ساخته‌شده	۱۰.۸۹	۵.۹۰	۴.۱۸	۲۷.۴۳	۱۶.۲۸	۳۹.۹۲	۷.۸۸	۷۱۲.۵۱	۱۴.۰۷
	پوشش گیاهی	۵۴.۵۲	۴۲.۶۳	۵۹.۲۲	۴۶.۲۷	۲۶.۷۵	۲۶.۳۳	۳۴.۶۲	۱۹۹۸.۰۳	۳۹.۴۶
	بایر	۳۴.۵۹	۵۱.۴۷	۳۶.۵۹	۲۶.۳۱	۳۷.۳۹	۳۳.۳۳	۵۷.۵۱	۲۳۵۳.۲۹	۴۶.۴۷
۱۳۸۱	ساخته‌شده	۱۴.۴۱	۹.۳۳	۷.۰۰	۳۶.۵۷	۲۰.۳۱	۴۰.۱۵	۸.۳۲	۸۸۰.۱۷	۱۷.۳۸
	پوشش گیاهی	۴۷.۱۲	۳۷.۰۳	۵۳.۰۷	۴۶.۴۷	۴۰.۳۲	۲۵.۲۶	۲۴.۲۴	۱۶۷۸.۶۸	۳۳.۱۵
	بایر	۳۸.۴۷	۵۳.۶۴	۳۹.۹۳	۱۶.۹۶	۳۹.۳۷	۳۴.۵۹	۶۷.۴۴	۲۵۰۵.۳۱	۴۹.۴۷
۱۳۹۱	ساخته‌شده	۱۷.۹۷	۱۶.۶۱	۷.۸۰	۴۸.۵۱	۲۵.۱۷	۵۴.۵۵	۱۹.۶۵	۱۳۱۳.۶۹	۲۵.۹۴
	پوشش گیاهی	۴۹.۲۱	۲۰.۴۳	۳۰.۴۵	۳۷.۶۷	۳۲.۵۴	۱۶.۰۶	۱۹.۱۲	۱۲۷۵.۶۹	۲۵.۱۹
	بایر	۳۲.۸۲	۶۲.۹۶	۶۱.۷۴	۱۳.۸۲	۴۲.۳۰	۲۹.۴۰	۶۱.۲۳	۲۴۷۴.۷۷	۴۸.۸۷
۱۳۹۸	ساخته‌شده	۲۴.۵۸	۴۳.۹۴	۹.۶۰	۴۹.۷۸	۳۱.۸۴	۶۳.۵۹	۲۴.۸۷	۱۷۲۱.۱۸	۳۴.۱۲
	پوشش گیاهی	۳۲.۹۸	۱۷.۱۳	۲۲.۶۶	۳۱.۰۴	۱۹.۰۲	۱۱.۶۸	۱۴.۱۸	۹۳۷.۴۷	۱۸.۵۹
	بایر	۴۲.۴۳	۳۸.۹۲	۶۷.۷۴	۱۹.۱۸	۴۹.۱۵	۲۴.۷۳	۶۰.۹۵	۲۳۸۵.۵۷	۴۷.۲۹

منبع: یافته‌های نگارندگان از تصاویر ماهواره‌ای لندست

نتایج پژوهش نشان می‌دهد روستاهای نزدیک به شهر و روستاهای شمالی و شمال غربی شهر مشهد، بیشترین افزایش مساحت را در طبقه محدوده‌های ساخته‌شده داشته‌اند. شکل ۹ تغییرات نسبت کاربری‌های سه‌گانه را در روستاهای نمونه نشان می‌دهد. همان‌طور که مشخص است افزایش محدوده‌های ساخته‌شده و اراضی بایر و کاهش مساحت مزارع و باغ‌ها در تمام روستاهای نمونه مشهود است. روستای سالارآباد کمترین افزایش نسبت را در طبقه محدوده ساخته‌شده داشته است. روستاهای گرچی سفلی و حسین‌آباد قرقی، بیشترین نسبت کاهش مساحت را در طبقه مزارع و باغ‌ها داشته‌اند.



شکل-۹: تغییرات مساحت کاربری‌های اراضی در روستاهای نمونه طی سال‌های ۱۳۸۰ تا ۱۳۹۸

همان‌طور که در شکل ۹ مشخص است، بیشترین افزایش مساحت در طبقه اراضی فاقد کاربری به روستای سالارآباد مربوط است که به‌طور محسوسی مساحت مزارع و باغ‌ها به نفع اراضی فاقد کاربری کاهش یافته و علت آن، کم‌آبی بوده و از سال ۱۳۹۰ به بعد شدت بیشتری گرفته است. فقط در روستاهای دوست‌آباد، منزل‌آباد، حسین‌آباد قرقی و گرجی سفلی، کاهش مساحت اراضی فاقد کاربری روی داده که به علت نزدیکی به شهر مشهد و افزایش محدوده‌های ساخته‌شده پیرامون روستاهای حاشیه شهر است.

ماتریس تبدیل وضعیت

با استفاده از نقشه‌های پوشش زمین به‌دست‌آمده برای هر دوره، ماتریس تبدیل وضعیت کلاس‌های پوشش زمین بین دو دوره زمانی با استفاده از دستور مارکوف (Markov) در نرم‌افزار Terrset محاسبه شده است. مدل مارکوف سه خروجی اصلی دارد؛ یکی از خروجی‌های اصلی مدل مارکوف، ماتریس احتمال انتقال^۱ است؛ این ماتریس این احتمال را نشان می‌دهد که یک پیکسل در یک طبقه^۲ به طبقه دیگری تبدیل شود یا یک پیکسل به چه میزان در طبقه خود باقی بماند.

از نقشه پوشش سال ۱۳۸۰ و ۱۳۹۸، ماتریس تبدیل وضعیت محاسبه شده است. این ماتریس‌ها حاوی اطلاعات مربوط به احتمال تبدیل هر کلاس به سایر کلاس‌ها هستند.

جدول ۸- ماتریس احتمال انتقال وضعیت بین سال‌های ۱۳۸۰-۱۳۹۸ در روستاهای نمونه

نسبت ورودی کاربری به کل تغییرات	شکل‌گیری کاربری ثانویه از کاربری دیگر (درصد)	کاربری اولیه (۱۳۸۰)			کاربری اراضی
		اراضی فاقد کاربری	باغ‌ها و مزارع	محدوده ساخته‌شده	
۵۲.۱۹	۰.۲۴۶۵	۰.۱۴۲۷	۰.۱۰۳۸	۱۲.۸۴	ساخته‌شده
۱۰.۴۰	۰.۰۴۹۱	۰.۰۳۷۵	۱۴.۸۶	۰.۰۱۱۶	باغ‌ها و مزارع
۳۷.۴۱	۰.۱۷۶۷	۲۴.۳۴	۰.۱۵۴۸	۰.۰۲۱۹	اراضی بایر
-	۰.۴۷۲۳	۰.۱۸۰۲	۰.۲۵۸۶	۰.۰۳۳۵	احتمال تغییر کاربری اولیه
-	۵۲.۰۴	۲۴.۳۴	۱۴.۸۶	۱۲.۸۴	احتمال تغییر نکردن کاربری اولیه
۱۰۰	-	۳۸.۱۵۴	۵۴.۷۵۳	۷.۰۹۳	نسبت خروجی کاربری به کل خروجی‌ها

منبع: یافته‌های نگارندگان از تصاویر ماهواره‌ای لندست

جدول ۸، ماتریس تبدیل وضعیت پوشش زمین را بین سال‌های ۱۳۸۰ تا ۱۳۹۸ نشان می‌دهد. با توجه به این جدول، تغییر پوشش/ کاربری زمین ۴۷.۲۳ درصد است. از کل تغییرات، حدود ۳۸.۱۵ درصد به اراضی فاقد کاربری، ۵۴.۷۵ درصد به اراضی کشاورزی و باغ‌ها و کمترین سهم تغییرات، ۷.۰۹ درصد، به محدوده ساخته‌شده مربوط است.

¹ Transition Probability Matrix

² class

محصول بیشتر تبدیل کاربری‌ها، اراضی ساخته‌شده است؛ به طوری که در ۵۲.۱۹ درصد تغییر کاربری‌ها، اراضی ساخته‌شده سکونتگاه‌های انسانی (بافت‌های شهری و روستایی) شکل گرفته است. منبع عمده شکل‌گیری کاربری ساخته‌شده، اراضی بایر است؛ همچنین ۳۷.۴۱ درصد تبدیل کاربری‌ها به اراضی فاقد کاربری ختم می‌شود که متأسفانه منبع عمده شکل‌گیری اراضی فاقد کاربری، باغ‌ها و اراضی زراعی است؛ از این رو نیاز است از اراضی زراعی و باغ‌های اطراف شهر مشهد بیشتر حفاظت شود.

بیشترین رقم تبدیل یک کاربری به کاربری دیگر به باغ‌ها و اراضی زراعی مربوط بوده است (۲۵.۸۴ درصد) که از این مقدار، حدود ۱۰.۳۸ درصد به اراضی ساخته‌شده و ۱۵.۴۸ درصد به اراضی فاقد کاربری تبدیل شده است. این مطلب تا حدودی بیان‌کننده تخریب باغ‌ها و مزارع منطقه در نتیجه ساخت‌وساز و کمبود آب (خشکسالی) است.

تحلیل تئوریک گسترش افقی روستاهای نمونه

توسعه روستاها در ارتباط تنگاتنگی با میزان رشد جمعیت روستایی است و در این زمینه، افزایش طبیعی جمعیت روستایی، میزان مهاجرت خالص به روستا، انتقال ساخت جمعیتی جوامع دیگر به روستا و ساخت جمعیت روستا، از عوامل اساسی به شمار می‌روند. مهاجرت نیز به مثابه یکی از معلول‌های سیاسی، اقتصادی و اجتماعی که خود در ایجاد ساختارهای جدید اقتصادی اجتماعی تأثیرگذار است، نقش بسزایی در توسعه فیزیکی شهرها دارد. در این بخش از پژوهش، گسترش افقی روستاها در رابطه با عامل جمعیت بررسی می‌شود. در جدول ۹ به جمعیت و مساحت اراضی ساخته‌شده روستاهای نمونه در مقطع زمانی مدنظر اشاره شده است.

جدول ۹- جمعیت و مساحت روستاهای نمونه در مقطع زمانی مطالعه‌شده

سال	جمعیت	مساحت اراضی ساخته‌شده (مترمربع)	سرانه ناخالص
۱۳۸۰	۲۸۴۸۵	۷۱۲۵۱۰۰	۲۵۰.۱۴
۱۳۹۸	۵۸۰۶۸	۱۷۲۱۱۸۰۰	۲۹۶.۴۱

منبع: مرکز آمار ایران، برداشت میدانی و محاسبات نگارندگان

یکی از روش‌های اساسی برای ارزیابی تئوریک گسترش افقی و مشخص کردن رشد نامتوازن سکونتگاه‌ها، روش هلدرن است که در این پژوهش نیز به کار رفته است. جان هلدرن^۱ در سال ۱۹۹۱، روشی را برای تعیین نسبت رشد افقی سکونتگاه و رشد جمعیت به کار برد. با استفاده از این روش مشخص می‌شود چه مقدار از رشد سکونتگاه ناشی از رشد جمعیت و چه مقدار ناشی از رشد نامتوازن سکونتگاه بوده است (Camarota et al., 2003: 23). ساختار کلی مدل به این شرح است:

$$\ln \left(\frac{\text{وسعت در پایان دوره}}{\text{وسعت در آغاز دوره}} \right) + \ln \left(\frac{\text{سرانه ناخالص پایان دوره}}{\text{سرانه ناخالص آغاز دوره}} \right) = \ln \left(\frac{\text{جمعیت دوره پایان}}{\text{جمعیت دوره آغاز}} \right)$$

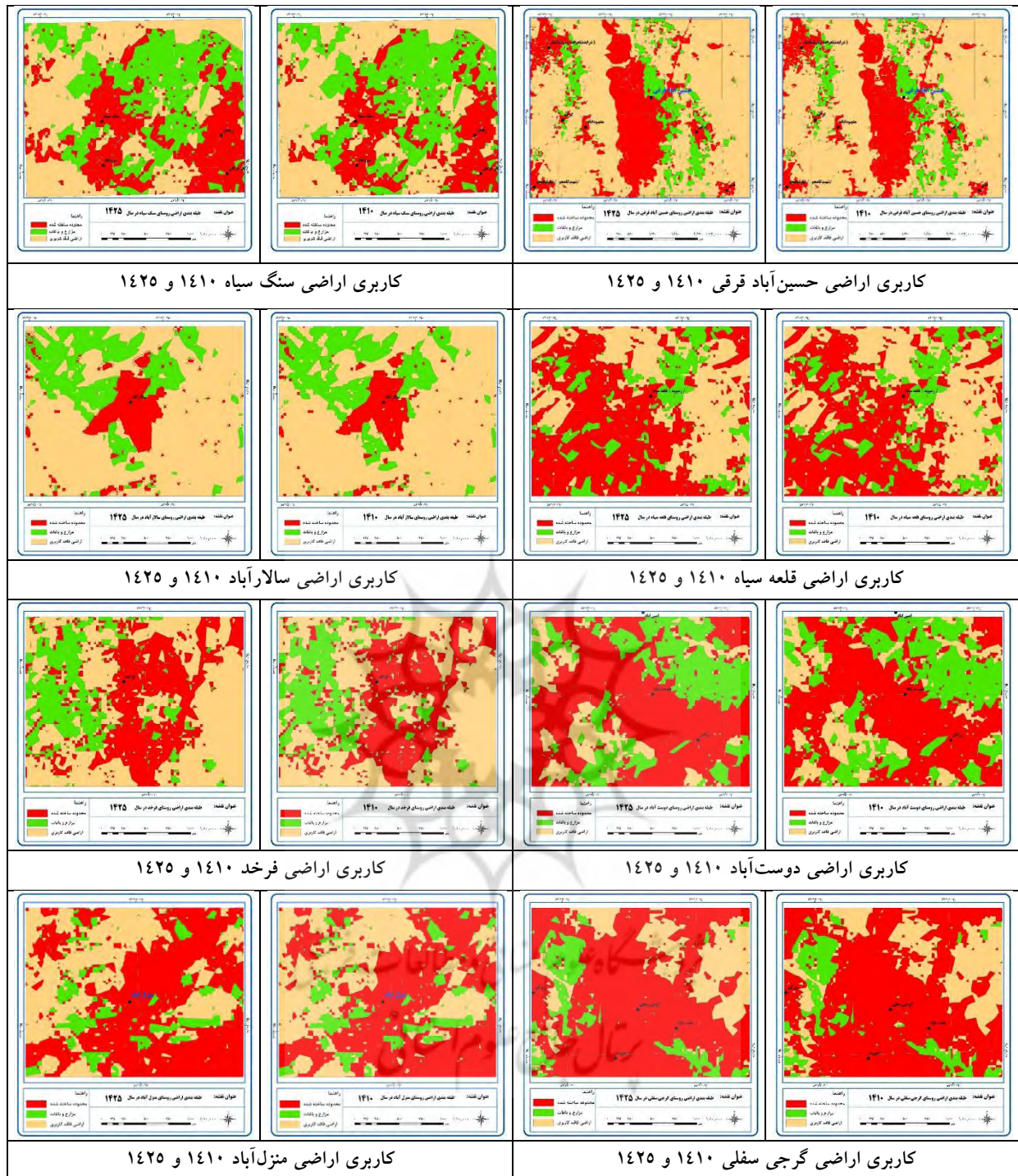
¹ John Holdern

با توجه به نتایج حاصل از مدل هلدرن، ۸۰.۷۶ درصد از رشد فیزیکی روستاهای نمونه به عامل جمعیت و ۱۹.۲۴ درصد به رشد نامتوازن سکونتگاه‌های روستایی نمونه مربوط است که در نتیجه نزدیکی به شهر مشهد و سکنی‌گزینی جمعیت مهاجران به دلیل جاذبه‌های شهر مشهد و ناتوانی شهر در پذیرش این حجم از جمعیت روی داده است. در نتیجه در حاشیه و حریم شهر مشهد زمین‌های زراعی به مناطق مسکونی و تجاری تبدیل شده است؛ ساخت‌وسازهایی که عمدتاً با تخلف انجام می‌شود، اما در بعضی از این روستاها با تبصره‌های موجود تخلف نادیده گرفته و تسهیلات زیرساختی به این‌گونه افراد داده می‌شود.

مدل‌سازی کلاس‌های کاربری در سال‌های ۱۴۱۰ و ۱۴۲۵

برای ارزیابی تغییرات صورت‌گرفته در کاربری اراضی محدوده پژوهش، از مدل زنجیره مارکوف استفاده و بر اساس مدل CA مارکوف، پیش‌بینی مساحت سه طبقه پوشش زمین در کاربری‌های یادشده در افق ۱۴۱۰ و ۱۴۲۵ مشخص شد. اشکال زیر، پیش‌بینی وضعیت سه طبقه پوشش زمین شامل زمین‌های ساخته‌شده، باغ‌ها، مزارع و اراضی فاقد کاربری پیرامونی روستاهای نمونه را در افق ۱۴۱۰ و ۱۴۲۵ نشان می‌دهد.

با توجه به نقشه‌های پیشنهادی، مساحت محدوده‌های ساخته‌شده در افق ۱۴۱۰ و ۱۴۲۵ به نسبت سال ۱۳۹۸، تقریباً در تمام روستاهای نمونه در حال افزایش خواهد بود؛ اما این نسبت برای روستاهای مختلف متفاوت است. در افق ۱۴۱۰، روستاهای سنگ‌سیاه (با ۱۱۴.۲۹ درصد افزایش) و منزل‌آباد (با ۱۱۳.۴۴ درصد افزایش)، بیشترین افزایش نسبت را در طبقه ساخته‌شده خواهند داشت. در افق ۱۴۲۵ نیز به ترتیب روستاهای سنگ‌سیاه، سالارآباد، حسین‌آباد قرقی و منزل‌آباد، بیشترین افزایش را در طبقه ساخته‌شده خواهند داشت و در روستاهایی مانند گرجی سفلی، فرخد و دوست‌آباد از نسبت افزایش طبقه ساخته‌شده کاسته خواهد شد؛ حتی در روستای فرخد در سال ۱۴۲۵ نسبت به سال ۱۴۱۰، پیش‌بینی کاهش درصد تغییرات طبقه ساخته‌شده را نسبت به سایر کاربری‌ها داشته‌ایم. بر مبنای پیش‌بینی انجام‌شده، تا افق ۱۴۱۰، روند کاهش مساحت اراضی کشاورزی و باغ‌ها در تمام روستاها ادامه خواهد یافت؛ ولی در افق ۱۴۲۵ در بعضی روستاها (مانند سالارآباد، گرجی سفلی و فرخد) با افزایش مساحت اراضی کشاورزی نسبت به سال ۱۴۱۰ مواجه خواهیم بود.



شکل - ۱۰: نقشه پیش‌بینی وضعیت پوشش زمین در افق ۱۴۱۰ و ۱۴۲۵ در روستاهای نمونه

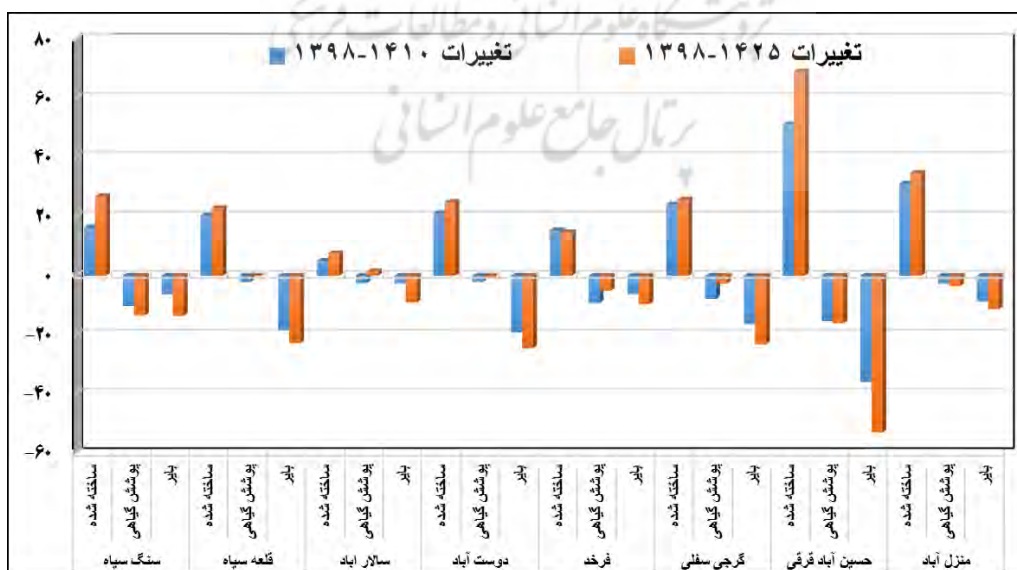
منبع: تصاویر ماهواره‌ای لندست

جدول- ۱۰: وسعت پوشش زمین در سال ۱۳۹۸ تا افق ۱۴۱۰ و ۱۴۲۵ در روستاهای نمونه (مساحت به هکتار)

روستا	سنگ سیاه	قلعه سیاه	سالارآباد	دوست‌آباد	فرخند	گرچی سفلی	حسین‌آباد قرقی	منزل‌آباد
۱۳۹۸	ساخته‌شده	۱۱۵.۱۲	۲۰۵.۱۳	۴۴.۸۲	۲۳۲.۴۱	۱۴۸.۶۲	۲۹۶.۸۵	۲۳۱.۸۵
	پوشش گیاهی	۱۵۷.۵۰	۷۹.۹۹	۱۰۵.۷۹	۱۴۴.۸۹	۸۸.۷۸	۵۴.۵۲	۵۱.۶۱
	بایر	۱۹۴.۲۱	۱۸۱.۷۱	۳۱۶.۲۲	۸۹.۵۳	۲۲۹.۴۳	۱۰۸۴.۶۲	۱۶۳.۳۷
۱۴۱۰	ساخته‌شده	۱۳۱.۵۷	۲۲۵.۵۳	۴۹.۸۶	۲۵۳.۵۸	۱۶۴.۰۰	۳۲۰.۹۵	۲۶۳.۰۱
	پوشش گیاهی	۱۴۷.۳۱	۷۷.۸۷	۱۰۳.۳۱	۱۴۲.۹۰	۷۹.۵۹	۴۶.۷۳	۴۹.۰۶
	بایر	۱۸۷.۹۵	۱۶۳.۴۳	۳۱۳.۶۶	۷۰.۳۵	۲۲۳.۲۴	۱۰۴۸.۷۱	۱۵۴.۷۵
تغییرات افق ۱۴۱۰٪	ساخته‌شده	۱۱۴.۲۹	۱۰۹.۹۴	۱۱۱.۲۴	۱۰۹.۱۱	۱۱۰.۳۵	۱۰۸.۱۲	۱۱۳.۴۴
	پوشش گیاهی	۹۳.۵۳	۹۷.۳۵	۹۷.۶۶	۹۸.۶۳	۸۹.۶۵	۸۵.۷۱	۹۵.۰۶
	بایر	۹۶.۷۸	۸۹.۹۴	۹۹.۱۹	۷۸.۵۸	۹۷.۳۰	۸۵.۸۷	۹۴.۷۲
۱۴۲۰	ساخته‌شده	۱۴۲.۰۱	۲۲۸.۰۵	۵۲.۳۳	۲۵۷.۳۲	۱۶۳.۳۰	۳۲۲.۶۳	۲۶۶.۶۱
	پوشش گیاهی	۱۴۴.۱۱	۷۹.۹۲	۱۰۷.۲۸	۱۴۴.۴۴	۸۳.۷۵	۵۱.۹۱	۴۸.۱۳
	بایر	۱۸۰.۷۱	۱۵۸.۱۶	۳۰۷.۲۲	۶۵.۰۷	۲۱۹.۷۸	۹۲.۲۹	۱۵۲.۰۹
تغییرات افق ۱۴۲۵٪	ساخته‌شده	۱۲۳.۳۶	۱۱۱.۱۷	۱۱۶.۷۶	۱۱۰.۷۲	۱۰۹.۸۸	۱۰۸.۶۸	۱۱۴.۹۹
	پوشش گیاهی	۹۱.۵۰	۹۹.۹۱	۱۰۱.۴۱	۹۹.۶۹	۹۴.۳۳	۹۵.۲۱	۹۳.۶۵
	بایر	۹۳.۰۵	۸۷.۴۳	۹۷.۱۵	۷۲.۶۸	۹۵.۷۹	۷۹.۹۳	۹۳.۱۰

منبع: یافته‌های نگارندگان از تصاویر ماهواره‌ای لندست

در روستای سالارآباد پیش بینی شده است در سال ۱۴۲۵ دوباره مساحت طبقه پوشش گیاهی افزایش نسبی و ۱۰.۶۱ درصد افزایش مساحت خواهد داشت؛ یعنی قسمتی از اراضی فاقد کاربری به زیر ساخت و ساز و کشت کشاورزی خواهد رفت. براساس نقشه پیش بینی شده در افق ۱۴۱۰، اراضی فاقد کاربری در تمام روستاهای نمونه با کاهش نسبی روبه‌رو خواهند بود که در افق ۱۴۲۵ نیز این روند ادامه خواهد یافت. تغییرات پیش‌بینی شده برای کاربری‌های مختلف در روستاهای نمونه، در شکل زیر به‌روشنی مشخص شده است.



شکل- ۱۱: تغییرات کاربری اراضی در سال ۱۳۹۸ تا افق ۱۴۱۰ و ۱۴۲۵ در روستاهای نمونه

نتیجه‌گیری و پیشنهادها

بیشتر شهرهای ایران در مراحل اولیه شکل‌گیری با هدف استفاده از خاک‌های مرغوب به منظور زراعت، در میان اراضی مرغوب زراعی استقرار یافته‌اند و به مرور زمان همراه با گسترش روستاها و تبدیل آنها به شهر و سپس توسعه شهرها، اراضی مرغوب زیر پیکر شهرها مدفون و فعالیت‌های زراعی ناگزیر به سمت اراضی نامرغوب کشیده شده‌اند. تغییرات کاربری اراضی در حاشیه شهرها به قدری سریع است که برنامه‌ریزان و مدیران از توأم‌ساختن فرایند برنامه‌ریزی در این مناطق با توسعه پویا و پیچیده آن، با دشواری‌های بسیاری روبه‌رو هستند. شهر مشهد مانند دیگر کلان‌شهرهای کشور، گسترش کالبدی شتابانی را طی دهه‌های اخیر تجربه کرده است که همین امر، ضرورت ارزیابی اصولی این گسترش و تأثیر آن را بر روستاهای پیرامونی نمایان می‌سازد. با توجه به کارایی منحصربه‌فرد تکنیک‌های سنجش‌ازدور و سیستم اطلاعات جغرافیایی در زمینه ارزیابی گسترش افقی سکونتگاه‌ها و آثار آن، در این پژوهش نیز از این تکنیک‌ها استفاده شده است.

در پژوهش حاضر، تغییرات پوشش زمین در کاربری‌های باغ‌ها و زمین‌های کشاورزی و محدوده‌های ساخته‌شده و زمین‌های بایر با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای در بازه زمانی ۱۳۸۰-۱۳۹۸ و الگوریتم حداکثر مشابهت، روش نظارت‌شده و مدل زنجیره مارکوف تعیین شد. در مدل زنجیره مارکوف از کلاس‌های پوشش به مثابه حالت یا همان وضعیت زنجیره استفاده شده است (و ماتریس مساحت انتقال محاسبه شده که نشان‌دهنده تعداد پیکسل‌هایی که از هر کلاس به کلاس‌های دیگر تبدیل شوند یا همان مقدار وسعتی است که از هر کاربری به کاربری دیگر در بازه زمانی ۱۳۸۰-۱۳۹۸ تغییر یافته است).

از بررسی جدول‌ها و نقشه‌ها چنین نتیجه‌گیری می‌شود که مساحت اراضی ساخته‌شده روستاهای نمونه طی ۱۸ سال از ۷۱۲.۵۱ هکتار به ۱۷۲۱.۱۸ هکتار رسیده است و در مقابل اراضی باغی و کشاورزی، کاهش زیادی داشته‌اند. بین سال‌های ۱۳۸۰ تا ۱۳۸۶ حدود ۱۶۷ هکتار به مساحت محدوده‌های ساخته‌شده و حدود ۱۵۲ هکتار به اراضی فاقد کاربری اضافه و ۳۱۹ هکتار از مساحت مزارع و باغ‌ها کاسته شده است. تغییرات طبقه ساخته‌شده در دوره ۱۳۸۶ تا ۱۳۹۲ سرعت بیشتری گرفته، ولی در ۶ ساله اخیر، از سرعت افزایش مساحت این طبقه کاسته شده و به ۱۳۱ درصد رسیده است. مساحت مزارع و باغ‌ها در ۶ ساله دوم نیز کاهش یافته، ولی در ۶ ساله اخیر یعنی ۱۳۹۲ تا ۱۳۹۸ از درصد کاهش مساحت این طبقه از کاربری اراضی کم شده است؛ روند کاهش مساحت اراضی فاقد کاربری در سه دوره ادامه داشته و به‌طور مداوم از مساحت اراضی فاقد کاربری کاسته شده است.

نتایج به‌دست‌آمده با پژوهش‌های کومار و همکاران (۲۰۱۴)، سهل و کلاجتی^۱ (۲۰۱۳)، وانگ و همکاران (۲۰۱۲)، احدنژاد روشتی و همکاران (۱۳۹۰)، واحدیان بیکی و همکاران (۱۳۹۰)، رضانی و جعفری (۱۳۹۳)، منصوری و همکاران (۱۳۹۵)، پرور و شایسته (۱۳۹۶)، امان‌پور و همکاران (۱۳۹۶) و طاهری و همکاران (۱۳۹۷) همسوست.

^۱ Sohl & Claggety

روستای سالارآباد در سال ۱۳۸۰ کمترین مساحت ساخته شده (فقط ۰.۱۸ درصد) و روستای گرجی سفلی بیشترین مساحت ساخته شده (۳۹.۹۲ درصد) را داشته است. روستای دوست‌آباد (با ۲۷.۴۳ درصد) نیز مساحت ساخته شده بیشتر نسبت به سایر روستاها داشته است. در سال ۱۳۹۸، مساحت محدوده‌های ساخته شده در روستاهای گرجی سفلی، منزل‌آباد و دوست‌آباد، بیشترین درصد را دارد. در این میان مسئله مهم، تغییر اراضی باغی و کشاورزی به اراضی ساخته شده است. عوامل پیدا و پنهان بسیاری در این امر دخیل بوده‌اند که مهم‌ترین آنها، عامل رشد جمعیت و رشد نامتوازن روستاهای نمونه است. بر مبنای نتایج حاصل از مدل هلدرن، ۸۰/۷۶ درصد از رشد شهر مربوط به عامل جمعیت و ۱۹/۲۴ درصد مربوط به رشد نامتوازن روستاها بوده است.

در بررسی انجام شده مشخص شد بر اساس تغییرات الگوی کاربری در سری‌های زمانی، با سه دسته سکونتگاه روستایی در حریم شهر مشهد روبه‌رو هستیم؛ دسته اول روستاهایی هستند که در محدوده شهر قرار گرفته و ناگزیر جمعیت سرریز شده شهر مشهد را در خود پذیرا شده‌اند؛ مانند روستاهای گرجی سفلی، حسین‌آباد قرقی و منزل‌آباد. این روستاها به ویژه در ۶ ساله اخیر با ساخت و ساز بی‌رویه و عمدتاً غیرمجاز روبه‌رو بوده‌اند که مدیریت روستایی توان اداره آن را نداشته و با تبصره‌هایی، امکانات زیرساختی اولیه نیز فراهم شده است؛ دسته دوم، روستاهایی هستند که در فاصله کمی دورتر قرار گرفته و با وجود دریافت جمعیت مهاجر به دلیل توان‌های طبیعی و وجود باغ‌ها، با گسترش خانه‌های دوم و باغ‌ویلاها در محدوده روستا و خارج از خط محدوده روبه‌رو شده‌اند. از جمله قلعه سیاه (رضویه) و دوست‌آباد که ساکنان شهر مشهد به دلیل توان مالی زیاد در داخل محدوده روستا و همچنین نبود نظارت کافی و مدیریت واحد در خارج از محدوده روستا، ویلا ساخته‌اند. این پدیده نیز از سال ۱۳۹۲ به بعد و در ۶ ساله اخیر شدت بیشتری گرفته است؛ دسته سوم روستاهای دورتر از شهر مشهد هستند که با وجود اینکه پذیرای شماری از مهاجران به شهر بوده‌اند، روند طبیعی تری در گسترش روستا و افزایش محدوده‌های ساخته شده داشته‌اند؛ مانند روستاهای سالارآباد، سنگ سیاه و فرخند.

نتایج نشان داد در بازه زمانی ۱۳۸۰-۱۳۹۸، مقدار ۶۶۳۷۷ مترمربع از مساحت مزارع و باغ‌ها و ۹۰۷۴۷ مترمربع از مساحت اراضی فاقد کاربری به محدوده‌های ساخته شده تبدیل شده است. احتمال تبدیل مزارع و باغ‌ها به محدوده ساخته شده برابر با ۱۰.۳۸ درصد و احتمال انتقال اراضی فاقد کاربری به محدوده ساخته شده برابر با ۱۴.۲۷ درصد است که اقدامات لازم در این زمینه را می‌طلبد تا از گسترش بی‌رویه روستاها به این اراضی جلوگیری شود.

با توجه به نقشه‌های پیشنهادی، مساحت محدوده‌های ساخته شده در افق ۱۴۱۰ و ۱۴۲۵ به نسبت سال ۱۳۹۸، تقریباً در تمام روستاهای نمونه در حال افزایش خواهد بود؛ اما این نسبت برای روستاهای مختلف متفاوت است. در افق ۱۴۱۰، روستاهای سنگ سیاه (با ۱۰۶.۲۱ درصد افزایش) و منزل‌آباد (با ۱۰۵.۲۵ درصد افزایش) بیشترین افزایش نسبت را در طبقه ساخته شده و در افق ۱۴۲۵ نیز، به ترتیب روستاهای سنگ سیاه، سالارآباد، منزل‌آباد و حسین‌آباد قرقی بیشترین افزایش را در طبقه ساخته شده خواهند داشت و در روستاهایی مانند گرجی سفلی، فرخند و دوست‌آباد از نسبت افزایش طبقه ساخته شده کاسته خواهد شد؛ حتی در روستای فرخند در سال ۱۴۲۵ نسبت به

سال ۱۴۱۰، پیش‌بینی کاهش درصد تغییرات طبقه ساخته شده را نسبت به سایر کاربری‌ها داشته‌ایم. با توجه به نقشه سال ۱۳۹۸، باغ‌ها و اراضی کشاورزی در سمت شمال و شمال غرب شهر مشهد همچنان باقی است. بر مبنای پیش‌بینی انجام شده در پژوهش حاضر، در صورت نبود برنامه ریزی و سیاست‌گذاری درست و مناسب برای حریم شهر مشهد و سکونتگاه‌های روستایی واقع در حریم شهر و همچنین با توجه به گسترش و توسعه شهر به سمت شمال غرب و در جهت باغ‌ها و اراضی کشاورزی، در آینده‌ای نه‌چندان دور شاهد نابودی باغ‌ها و اراضی کشاورزی باقی مانده و تبدیل آنها به مناطق مسکونی خواهیم بود؛ بنابراین نتایج پژوهش حاضر، هشدار و تلنگری برای برنامه‌ریزان و مدیران شهری و روستایی است تا به منظور جلوگیری از تغییرات کاربری و تخریب محیط زیست به ویژه در سال‌های اخیر تدبیری بیندیشند و در حفظ این سکونتگاه‌ها با ویژگی‌های منحصر به فرد آنها اهتمام لازم را داشته باشند. پیشنهادهای اصولی زیر برای کمک به برنامه‌ریزان درباره موضوع رشد شهری مشهد و سکونتگاه‌های روستایی پیرامونی ارائه می‌شود:

- استفاده از اراضی بایر و خالی داخل شهر برای مصرف شهری و روستایی؛
- هدایت برای گسترش شهر و روستاهای نمونه به سمت زمین‌های بایر و رها شده و جلوگیری از ساخت و ساز در زمین‌های کشاورزی اطراف روستاها؛
- در جمع‌بندی نهایی، مهم‌ترین و قطعی‌ترین چالش موجود در حوزه هم‌جواری روستاها با کلان‌شهر مشهد، نبود هماهنگی مدیریتی بین سازمان‌های ذی‌مدخل و تصمیم‌گیر و نبود ساختاری برای تصمیم‌گیری واحد درباره حریم کلان‌شهر مشهد است. مطرح شدن لزوم بهره‌برداری از فرصت‌های هم‌جواری با کلان‌شهر مشهد از سوی سکونتگاه‌های روستایی واقع در حریم، مسائلی را در پی داشته است؛ از جمله رشد فزاینده جمعیت روستاهای حریم به ویژه روستاهای محدوده شهر و تغییر الگوی رشد روستاهای هم‌جوار مشهد نسبت به روستاهای دورتر، آلودگی‌های زیست‌محیطی موجود در حریم و پیرامون روستاها در حوزه‌های آب، خاک و هوا، ساخت‌وسازهای بی‌رویه و رشد پراکنده در سکونتگاه‌های روستایی حریم و در نتیجه وقوع پدیده انفجار کلان‌شهری.

منابع

- ۱- ابراهیمی، پیام، اصلاح، مهدی، سلیمی کوچی، جمیله، (۱۳۹۵)، بررسی کارایی مدل زنجیره‌ای مارکوف در برآورد تغییرات کاربری اراضی و پوشش زمین با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای Landsat، مجله علوم و مهندسی آبخیزداری ایران، دوره ۱۰، شماره ۳۴، کرج، ۸۵-۹۲.
- ۲- احدنژاد روشتی، محسن، حسینی، سید احمد، (۱۳۹۰)، ارزیابی و پیش‌بینی تغییرات و پراکنش افقی شهرها با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای چندزمانه و سیستم اطلاعات جغرافیایی؛ نمونه موردی: شهر تبریز در مقطع زمانی ۱۳۸۹-۱۳۶۳، فصلنامه علمی پژوهشی پژوهش و برنامه‌ریزی شهری، دوره ۲، شماره ۴، مردادشت، ۲۰-۱.

- ۳- احدنژاد روشتی، محسن، زلفی، علی، شکری پوردیزج، حسین، (۱۳۹۰)، ارزیابی و پیش‌بینی گسترش فیزیکی شهرها با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای چندزمانه و سیستم اطلاعات جغرافیایی؛ مطالعه موردی: شهر اردبیل ۱۳۶۳-۱۴۰۰، آمایش محیط، دوره ۴، شماره ۱۵، ملایر، ۱۰۷-۱۲۴.
- ۴- اصغری زمانی، اکبر، علی‌بخش‌زاده، پیام، زادولی خواجه، شاهرخ، زادولی، فاطمه، (۱۳۹۵)، ارزیابی میزان تغییرات کاربری اراضی در روستاهای الحاقی به مادرشهر تبریز طی دوره زمانی ۱۳۸۱-۱۳۹۱؛ نمونه موردی: آخماقیه، علوم جغرافیایی، دوره ۱۲، شماره ۲۴، مشهد، ۲۱-۳۹.
- ۵- امان‌پور، سعید، کاملی‌فر، محمدجواد، بهمئی، حجت، (۱۳۹۶)، تحلیلی بر تغییرات کاربری اراضی در کلان‌شهرها با استفاده از آنالیز تصاویر ماهواره‌ای در محیط ENVI؛ مطالعه موردی: کلان‌شهر اهواز، فصلنامه علمی پژوهشی اطلاعات جغرافیایی سپهر، دوره ۲۶، شماره ۱۰۲، تهران، ۱۳۹-۱۵۰.
- ۶- بمانیان، محمودی‌نژاد، هادی، محمدرضا، (۱۳۸۷)، نظریه‌های توسعه کالبدی شهر، انتشارات سازمان شهرداری‌ها و دهیاری‌های کشور، چاپ اول، تهران، ۲۹۶ ص.
- ۷- پرور، زهرا، شایسته، کامران، (۱۳۹۶)، پیش‌بینی روند تغییرات و توسعه شهری با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای چندزمانه و سیستم اطلاعات جغرافیایی؛ مطالعه موردی: شهر بجنورد، محیط‌شناسی، دوره ۴۳، شماره ۳، تهران، ۵۱۳-۵۲۷.
- ۸- پوراحمد، احمد، سیف‌الدینی، فرانک، پرنون، زیبا، (۱۳۹۰)، مهاجرت و تغییر کاربری اراضی در شهر اسلامشهر، فصلنامه مطالعات جغرافیایی مناطق خشک، دوره ۲، شماره ۵، سبزوار، ۱۳۱-۱۵۰.
- ۹- رمضانی، نفیسه، جعفری، رضا، (۱۳۹۳)، آشکارسازی تغییرات کاربری و پوشش اراضی در افق ۱۴۰۴ با استفاده از مدل زنجیره‌ای CA مارکوف؛ مطالعه موردی: اسفراین، فصلنامه تحقیقات جغرافیایی، دوره ۲۹، شماره ۴ (پیاپی ۱۱۵)، اصفهان، ۹۶-۸۳.
- ۱۰- سجاسی قیداری، حمدالله، صدرالسادات، آیدا، (۱۳۹۴)، شناسایی عوامل مؤثر بر تغییرات کاربری اراضی روستاهای پیراشهری کلان‌شهر مشهد، پژوهش‌های روستایی، دوره ۶، شماره ۴، تهران، ۸۳۱-۸۵۶.
- ۱۱- سعدی، حشمت‌الله، عواطفی‌اکمل، فرشته، (۱۳۹۷)، عوامل مؤثر بر تغییر کاربری اراضی کشاورزی در روستاهای شهرستان همدان، اقتصاد فضا و توسعه روستایی، دوره ۷، شماره ۲۴، تهران، ۲۱۱-۲۲۶.
- ۱۲- سعیدنیا، احمد، (۱۳۷۸)، کاربری زمین شهری، جلد دوم، مرکز مطالعات و برنامه‌ریزی شهری، چاپ اول، تهران، ۹۶ ص.

- ۱۳- سفینیان، علیرضا، خداکریمی، لقمان، (۱۳۹۰)، تهیه نقشه کاربری اراضی با استفاده از روش طبقه‌بندی فازی؛ مطالعه موردی: سه زیرحوضه آبخیز کبودرآهنگ، رزن- قهاوند و خونجین- تلخاب در استان همدان، آمایش سرزمین، دوره ۳، شماره ۴، تهران، ۹۵-۱۱۴.
- ۱۴- طاهری، فروزان، رهنما، محمدرحیم، خوارزمی، امیدعلی، خاکپور، براتعلی، (۱۳۹۷)، بررسی و پیش‌بینی تغییرات کاربری اراضی با استفاده از داده‌های ماهواره‌ای چندزمانه شهر شان‌دیز (طی سال‌های ۱۳۷۹-۱۳۹۴)، فصلنامه جغرافیا و توسعه، دوره ۱۶، شماره ۵۰، زاهدان، ۱۴۲-۱۲۷.
- ۱۵- علوی‌پناه، سید کاظم، متین‌فر، حمیدرضا، سرمیدان، فریدون، (۱۳۸۳)، ارزیابی کاربری داده‌های ماهواره‌ای از نظر صرفه‌جویی وقت، اولین همایش روش‌های پیشگیری از اتلاف منابع ملی، تهران، فرهنگستان علوم جمهوری اسلامی ایران، ۴۲۵-۴۳۹.
- ۱۶- علیزاده ربیعی، حسن، (۱۳۹۲)، *سنجش از دور (اصول و کاربرد)*، انتشارات سازمان مطالعه و تدوین کتب علوم انسانی دانشگاه‌ها (سمت)، چاپ ۱۳، تهران، ۲۱۸ ص.
- ۱۷- عنابستانی، علی‌اکبر، خوارزمی، امیدعلی، (۱۳۹۷)، *چالش‌ها و فرصت‌های فراروی سکونتگاه‌های روستایی حریم کلان‌شهر مشهد*، معاونت برنامه‌ریزی و توسعه انسانی شهرداری مشهد، چاپ اول، مشهد، ۲۱۸ ص.
- ۱۸- قربانی، رسول، پورمحمدی، محمدرضا، محمودزاده، حسن، (۱۳۹۲)، *رویکرد زیست‌محیطی در مدل‌سازی تغییرات کاربری اراضی محدوده کلان‌شهر تبریز با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای چندزمانه‌ای*، ارزیابی چندمعیاری و سلول‌های خودکار زنجیره مارکوف (۱۴۱۷-۱۳۶۳)، فصلنامه مطالعات شهری، دوره ۲، شماره ۸، کردستان، ۱۳-۳۰.
- ۱۹- کلالی مقدم، ژیلا، (۱۳۹۵)، *بررسی عوامل مؤثر بر تغییر کاربری اراضی کشاورزی؛ نمونه موردی: مناطق روستایی شهرستان رشت*، فصلنامه پژوهش و برنامه‌ریزی روستایی، دوره ۴، شماره ۹، مشهد، ۲۱-۱.
- ۲۰- مرکز آمار ایران، (۱۳۹۵)، *سرشماری عمومی نفوس و مسکن ۱۳۹۵*، تهران: مرکز آمار ایران.
- ۲۱- محمدی، مجید، امیری، مجتبی، دستورانی، جعفر، (۱۳۹۴)، *مدل‌سازی تغییرات کاربری اراضی شهرستان رامیان در استان گلستان*، برنامه‌ریزی و آمایش فضا، دوره ۱۹، شماره ۴، تهران، ۱۴۱-۱۵۸.
- ۲۲- منصوری، محمدرضا، آزادبخت، نادر، طهماسبی، لطیف، خداداد، مهدی، (۱۳۹۵)، *ارزیابی و پیش‌بینی تغییرات کاربری اراضی با استفاده از تصاویر چندزمانه و مدل زنجیره‌ای MARKOV؛ مطالعه موردی: شهر ایلام*، اولین کنفرانس بین‌المللی مخاطرات طبیعی و بحران‌های زیست‌محیطی ایران، راهکارها و چالش‌ها، اردبیل، شرکت کیان‌طرح دانش، مرکز تحقیقات منابع آب دانشگاه شهرکرد، ۱۳ ص.

۲۳- مهندسین مشاور اوت، (۱۳۹۷)، **طرح راهبردی عملیاتی حریم کلان‌شهر مشهد**، شهرداری مشهد، معاونت معماری و شهرسازی، مدیریت ارتفاعات جنوبی شهر مشهد.

۲۴- واحدیان بیکی، لیلا، پوراحمد، احمد، سیفال‌الدینی، فرانک، (۱۳۹۰)، **اثر توسعه فیزیکی شهر تهران بر تغییر کاربری اراضی منطقه ۵**، فصلنامه علمی پژوهشی نگرشی نو در جغرافیای انسانی، سال ۴، شماره ۱، گرمسار، ۳۰-۴۶.

- 25- Briassoulis, H., (2009). **Factors influencing land-use and land-cover change**, Land cover, land use and the global change, encyclopaedia of life support systems (EOLSS), Vol 1, Pp 126-146.
- 26- Camarota, A.S., Beck, R., Kolankiewicz, L., (2003). **Outsmarting smart growth, immigration, and the problem of sprawl**, Center for Immigration Studies, Washington D.C.
- 27- Fan, F., Wang, Y., Wang, Z., (2008). **Temporal and spatial change detecting (1998–2003) and predicting of land use and land cover in Core corridor of Pearl River Delta (China) by using TM and ETM+ images**, Environmental monitoring and assessment, Vol 137, No 1-3, 127 p.
- 28- Guan, D., Li, H., Inohae, T., Su, W., Nagaie, T., Hokao, K., (2011). **Modeling urban land use change by the integration of cellular automaton and Markov model**, Ecological Modelling, Vol 222, No 20-22, Pp 3761-3772.
- 29- Lambin, E.F., Geist, H.J. (Eds.), (2008). **Land-use and land-cover change: local processes and global impacts**, Springer Science & Business Media.
- 30- Li, Z., Deng, X., Yin, F., Yang, C., (2015). **Analysis of climate and land use changes impacts on land degradation in the North China Plain**, Advances in Meteorology.
- 31- Mas, J.F., Kolb, M., Paegelow, M., Olmedo, M.T.C., Houet, T., (2014). **Inductive pattern-based land use/cover change models: A comparison of four software packages**, Environmental Modelling & Software, Vol 51, Pp 94-111.
- 32- Sali, G., (2012). **Agricultural Land Consumption in Developed Countries**, International Association of Agricultural Economists Triennial Conference, Brazil, Pp 18-24.
- 33- Sohl, T.L., Claggett, P.R., (2013). **Clarity versus complexity: Land-use modeling as a practical tool for decision-makers**, Journal of Environmental Management, Vol 129, Pp 235-243.
- 34- Suwanwerakamtorn, R., Chanthaluecha, C., (2012). **Correlation analysis of factors influencing changes in land use in the lower Songkhram river basin, the Northeast of Thailand**, In the 33th Asian Conference on Remote Sensing, Pattaya, Thailand.
- 35- Tso, B., Mather, P., (2009). **Classification Methods for Remotely Sensed Data**, CRC Press (Pp 37-38), ISBN 1-4200-9072-0.
- 36- Van Nguyen, T., Van Nguyen, N., Le, H.T.T., La, H.P., Bui, D.T., (2017). **Detection and Prediction of Urban Expansion of Hanoi Area (Vietnam) Using SPOT-5 Satellite Imagery and Markov Chain Model**, In International Conference on Geo-Spatial Technologies and Earth Resources (Pp 119-133), Springer, Cham.
- 37- Wang, S.Q., Zheng, X.Q., Zang, X.B., (2012). **Accuracy assessments of land use change simulation based on Markov-cellular automata model**, Procedia Environmental Sciences, Vol 13, Pp 1238-1245.