




## Monitoring and modeling changes in urban development pattern using satellite images and artificial neural network model (Case study: District one of Rafsanjan city)

Marzieh Mogholi  , Mohsen Shaheswar, Mostafa Khabazi

<sup>1</sup>- Faculty member of Geography Department, Larestan Branch, Islamic Azad University, Larestan, Iran. E-mail: [mmoghali@yahoo.com](mailto:mmoghali@yahoo.com)

<sup>2</sup>- Master's student in remote sensing and geographic information system, Islamic Azad University of Larestan, Larestan, Iran.

<sup>3</sup>- Faculty member of the Department of Geography and Urban Planning, Shahid Bahonar University of Kerman, Kerman, Iran.

### Article Info

#### Article type:

Research Article

#### Article history:

Received: 31 March 2022

Revised: 27 May 2022

Accepted: 28 July 2022

Published online: 23 September 2022

#### Keywords:

neural network;  
Urban Development ;  
Satellite Images;  
Rafsanjan.

### ABSTRACT

**Introduction:** The excessive and incorrect use of existing natural resources requires increasing the evaluation of the components of the resources and examining the changes that have happened in the past. Therefore, detecting and predicting changes is necessary to take care of an ecosystem, especially in areas with rapid and often unplanned changes in developing countries.

**Data and Method:** The present research method is applied in terms of purpose and descriptive-analytical in terms of method. And using visual and drawing techniques, the images of TM Landsat 5 sensors in 1998, 1992, 1986, ETM+ Landsat 7 in 2010, 2004 and OLI Landsat 8 sensor in 2016 have been used. In addition, the digital maps of the region were used to check the geometric correction of the images and also as auxiliary data in the interpretation of the images and prediction of changes. After confirming the geometric and radiometric quality of the images according to the characteristics of the region, the existing land uses were classified by the method of integrated interpretation of the images of all six time periods into four classes of urban areas, pistachio orchards, barren lands and salt fields using the maximum probability method, And after validation, the average accuracy of Kappa was 83% and the average overall accuracy was 89% for the six land use maps produced.

**Results:** The land use maps produced from the classification and predicted from the models in 2016, 2010, 2004, 1998 were compared and their accuracy was evaluated using the Kappa index. The results showed that the average kappa accuracy for the neural network model was 76%.

**Conclusion:** It shows the coordination between the amount and location of actual and predicted changes, and as a result, the relatively good performance of the LCM program in predicting land use changes.

**Cite this article:** Mogholi, Marzieh., Shaheswar, Mohsen., Khabazi, Mostafa. (2022). Monitoring and modeling changes in urban development pattern using satellite images and artificial neural network model (Case study: District one of Rafsanjan city). *Urban Social Geography*, 9 (2), 171-194. <http://doi.org/10.22103/JUSG.2022.2080>



© The Author(s).

Publisher: Shahid Bahonar University of Kerman.

DOI: <http://doi.org/10.22103/JUSG.2022.2080>

<sup>1</sup>- **Corresponding Author:** Mogholi, M., Larestan Branch, Islamic Azad University, Larestan, Iran.

 [mmoghali@yahoo.com](mailto:mmoghali@yahoo.com)  (+98) 7152254933

## **English Extended Abstract**

---

### **Introduction**

In addition to being the centers of population masses, cities are also one of the signs of progress in societies. The development of cities and the harmonious physical distribution in them are considered to indicate the uniformity or coordination of the development plans of the countries. Therefore, if this process can be analyzed and expressed in the form of a model, the results will be very important for planning. Therefore, due to the complexity and dynamics of the nature of the city, urban development modeling is an efficient tool in understanding and solving problems. Since the purpose of the recent development plans was only urban and industrial expansion, the necessity of determining the capabilities of the areas and correct and appropriate location of different uses and planning in the direction of aligning the category of development and environment is clearly evident. The purpose of this article is to monitor and model land use changes in 6-year periods from 1986 to 2016 using artificial neural network in the extension environment of Land Change Modeler (LCM) in Idrisi software.

### **Data and Method**

The present research method is applied in terms of purpose and descriptive-analytical in terms of method. And using visual and drawing techniques, the images of TM Landsat 5 sensors in 1998, 1992, 1986, ETM+ Landsat 7 in 2010, 2004 and OLI Landsat 8 sensor in 2016 have been used. In addition, the digital maps of the region were used to check the geometric correction of the images and also as auxiliary data in the interpretation of the images and prediction of changes. After confirming the geometric and radiometric quality of the images according to the characteristics of the region, the existing land uses were classified by the method of integrated interpretation of the images of all six time periods into four classes of urban areas, pistachio orchards, barren lands and salt fields using the maximum probability method, And after validation, the average accuracy of Kappa was 83% and the average overall accuracy was 89% for the six land use maps produced.

### **Results**

In the current research, digital maps of the region were used to check the geometric correction of the images and also as auxiliary data in the interpretation of images and prediction of changes. After confirming the geometric and radiometric quality of the images according to the characteristics of the region, the existing uses were classified by the method of integrated interpretation of the images of all six time periods into four classes of urban areas, pistachio orchards, barren lands and salt marshes using the maximum probability method and after validation The average kappa accuracy was 83% and the overall average accuracy was 89% for the six land use maps produced. Land use maps produced from classification and predicted from models in 2016, 2010, 2004, 1998 were compared and their accuracy was evaluated using Kappa index. The results showed that the average kappa accuracy for the neural network model was 76%.

### **Conclusion**

The results of the research show that the average Kappa accuracy for the neural network model is 76%, as well as the coordination between the amount and location of actual and predicted changes, and as a result, the relatively good performance of the LCM program in predicting land use changes.

## پایش و مدلسازی تغییرات الگوی توسعه شهری با استفاده از تصاویر ماهواره ای و مدل شبکه عصبی مصنوعی (مطالعه موردی بخش یک شهرستان رفسنجان)

مرضیه موغلی<sup>۱</sup>✉، محسن شهسوار، مصطفی خبازی

<sup>۱</sup> - عضو هیئت علمی گروه جغرافیا، واحد لارستان، دانشگاه آزاد اسلامی، لارستان، ایران. رایانامه: [mmoghali@yahoo.com](mailto:mmoghali@yahoo.com)

<sup>۲</sup> - دانش آموخته کارشناسی ارشد سنجش از دور و سیستم اطلاعات جغرافیایی، دانشگاه آزاد اسلامی لارستان، لارستان، ایران.

<sup>۳</sup> - عضو هیئت علمی گروه جغرافیا و برنامه ریزی شهری، دانشگاه شهید باهنر کرمان، کرمان، ایران.

اطلاعات مقاله	چکیده
<p><b>نوع مقاله:</b> مقاله پژوهشی</p> <p><b>تاریخ دریافت:</b> ۱۴۰۱/۰۱/۱۱</p> <p><b>تاریخ بازنگری:</b> ۱۴۰۱/۰۳/۰۶</p> <p><b>تاریخ پذیرش:</b> ۱۴۰۱/۰۵/۰۶</p> <p><b>تاریخ انتشار:</b> ۱۴۰۱/۰۷/۰۱</p> <p><b>کلیدواژه‌ها:</b> توسعه شهری، شبکه عصبی، تصاویر ماهواره ای، رفسنجان.</p>	<p><b>مقدمه:</b> استفاده بیش از حد و نادرست از منابع طبیعی موجود، نیازمند افزایش ارزیابی اجزا منابع و بررسی تغییراتی است که در گذشته اتفاق افتاده است. بنابراین آشکارسازی، پیش‌بینی تغییرات لازمه مراقبت از یک اکوسیستم به‌ویژه در مناطقی با تغییرات سریع و اغلب بدون برنامه‌ریزی در کشورهای در حال توسعه می‌باشد.</p> <p><b>داده و روش:</b> روش پژوهش حاضر از نظر هدف کاربردی و از حیث روش، توصیفی-تحلیلی است. و با استفاده از تکنیک های بصری و ترسیمی از تصاویر سنجنده‌های TM لندست ۵ در سال‌های ۱۹۹۸، ۱۹۹۲، ۱۹۸۶، ETM+ لندست ۷ در سال‌های ۲۰۰۴، ۲۰۱۰ و سنجنده OLI لندست ۸ در سال ۲۰۱۶ بهره گرفته است. به‌علاوه از نقشه‌های رقومی منطقه برای بررسی تصحیح هندسی تصاویر و همچنین به‌عنوان داده‌های کمکی در تفسیر تصاویر و پیش‌بینی تغییرات، استفاده گردید. پس از تأیید کیفیت هندسی و رادیومتری تصاویر با توجه به ویژگی‌های منطقه، کاربری‌های موجود، با روش تفسیر تلفیقی تصاویر هر شش مقطع زمانی به چهار کلاس مناطق شهری، باغات پسته، اراضی بایر و نمکزار با الگوریتم حداکثر احتمال طبقه بندی شد و پس از اعتبار سنجی میانگین دقت کاپا ۸۳ درصد و میانگین دقت کلی ۸۹ درصد برای شش نقشه کاربری اراضی تولید شده بدست آمد.</p> <p><b>یافته‌ها:</b> نقشه‌های کاربری اراضی تولید شده از کلاس بندی و پیش‌بینی شده از مدل‌ها در سال‌های ۱۹۹۸، ۲۰۰۴، ۲۰۱۰، ۲۰۱۶ مقایسه و صحت آن با استفاده از شاخص کاپا ارزیابی شد. نتایج نشان داد میانگین دقت کاپا برای مدل شبکه عصبی ۷۶ درصد بود.</p> <p><b>نتیجه‌گیری:</b> نشان‌دهنده هماهنگی بین مقدار و مکان تغییرات واقعی و پیش‌بینی شده و در نتیجه عملکرد نسبتاً خوب برنامه LCM در پیش‌بینی تغییرات کاربری اراضی است.</p>

**استناد:** موغلی، مرضیه؛ شهسوار، محسن؛ خبازی، مصطفی (۱۴۰۱). پایش و مدلسازی تغییرات الگوی توسعه شهری با استفاده از تصاویر ماهواره ای و مدل شبکه

عصبی مصنوعی (مطالعه موردی بخش یک شهرستان رفسنجان). *جغرافیای اجتماعی شهری*، ۹ (۲)، ۱۹۴-۱۷۱. DOI:

<http://doi.org/10.22103/JUSG.2022.2080>



© نویسنده‌گان.

ناشر: دانشگاه شهید باهنر کرمان.

DOI: <http://doi.org/10.22103/JUSG.2022.2080>

## مقدمه

با رشد شهرنشینی، کاربری و پوشش اراضی شهرها مخصوصاً کاربری‌های مجاور مناطق مسکونی که در حاشیه شهرها قرار گرفته‌اند تحت تأثیر فعالیت‌های انسانی تغییر یافته‌اند (سرور و همکاران، ۱۳۹۸: ۴۹). بر اثر فعالیت‌های انسانی و پدیده‌های طبیعی چهره زمین همواره دستخوش تغییر می‌شود. از آنجایی که سرعت و تنوع این تغییر و تحول در محیط‌های شهری بیش از سایر مناطق می‌باشد توسعه شتابزده و غیرمنطقی مناطق شهری را سبب گردیده است. انتقال متداول جمعیت از نواحی روستایی به نواحی شهری، تغییرات زیست‌محیطی شدیدی را نشان می‌دهد، البته این رشد شهری پیامدهای اجتماعی-اقتصادی نیز به دنبال خواهد داشت (Gouadie, 1999:35). رشد سریع جمعیت و توسعه فعالیت‌های کشاورزی و صنعتی و همچنین گسترش ارتباطات جهانی در ابعاد تجاری و اقتصادی، فرهنگی و سیاسی باعث شده است که انسان‌ها یک استفاده نامعقول و غیرمنطقی از محیط‌زیست خود داشته باشند (شریعت پناهی و همکاران، ۱۳۸۸). رشد جمعیت با تغییر الگوی زندگی، گسترش مراکز مسکونی، صنعتی و تجاری و استفاده هرچه بیشتر از منابع موجود همراه بوده که نتیجه آن، افزایش آلودگی‌های زیست‌محیطی، تغییرات کاربری اراضی در سطوح کوچک و بزرگ، بخصوص تغییرات پوشش گیاهی می‌باشد. با توجه به تغییرات روزافزون کاربری اراضی و ضرورت آگاهی مدیران و کارشناسان از چگونگی تغییر و تحولات رخ داده به جهت سیاست‌گذاری و چاره‌اندیشی برای رفع مشکل موجود، روش‌های آشکارسازی تغییرات برای مشخص کردن روند تغییرات در طول زمان ضروری به نظر می‌رسد (پارکر و همکاران، ۲۰۰۲: ۶۷). در واقع استفاده بیش از حد و نادرست از منابع طبیعی موجود، نیازمند افزایش ارزیابی اجزا منابع و بررسی تغییراتی است که در گذشته اتفاق افتاده است. بنابراین آشکارسازی، پیش‌بینی تغییرات، لازمه مراقبت از یک اکوسیستم به‌ویژه در مناطقی با تغییرات سریع و اغلب بدون برنامه‌ریزی در کشورهای در حال توسعه می‌باشد. تحلیل‌های تغییرات کاربری اراضی و به تصویر کشیدن آن، ابزاری را برای ارزیابی تغییرات اکوسیستم و پیامدهای محیطی آن در مقیاس‌های زمانی و مکانی مختلف فراهم می‌کند. مدل‌های توسعه شهری می‌توانند کمک شایانی به طراحان و برنامه‌ریزان و تصمیم‌گیرندگان جامعه در راستای رسیدن به توسعه شهری پایدار و استفاده معقول از منابع طبیعی و حداقل پیامدهای زیست‌محیطی داشته باشند. توسعه شهری متأثر از فرایندهای طبیعی، اقتصادی، زیست‌محیطی، اجتماعی و سیاسی می‌باشد. شهرها در طول زمان رشد یافته و آنچه امروز به مشکلات شهری معروف است، روزبه‌روز زیادتر می‌شود. شهرها علاوه بر اینکه مراکز توده‌های جمعیتی می‌باشند، یکی از نشانه‌های پیشرفت در جوامع نیز هستند. آبادانی شهرها و توزیع هماهنگ فیزیکی در آن‌ها نشان‌دهنده یکنواختی یا هماهنگی طرح‌های توسعه کشورها تلقی می‌شود. بنابر این اگر بتوان این روند را تحلیل نموده و در قالب مدل بیان کرد، نتایج حاصله برای برنامه‌ریزی بسیار حائز اهمیت خواهند بود. بنابراین با توجه به پیچیده بودن و پویایی ماهیت شهر، مدل‌سازی توسعه شهری ابزاری کارآمد در درک و حل مشکلات می‌باشد. از آنجا که هدف از انجام طرح‌های توسعه اخیر صرفاً گسترش شهری و صنعتی بوده ضرورت تعیین قابلیت‌های مناطق و مکان‌یابی صحیح و متناسب کاربری‌های مختلف و برنامه‌ریزی در جهت همسویی مقوله توسعه و محیط زیست کاملاً مشهود است. لذا در این مقاله، به پایش و مدل‌سازی تغییرات کاربری اراضی در دوره‌های ۶ ساله از سال ۱۹۸۶ تا سال ۲۰۱۶ با استفاده از شبکه عصبی مصنوعی در محیط اکستشن مدل‌سازی تغییرات سرزمین (LCM) در نرم‌افزار Idrisi پرداخته و از چند متغیر، چندین زیر مدل جهت مدل‌سازی تغییرات کاربری اراضی استفاده گردیده است.

## پیشینه نظری

توانایی درک و پیش‌بینی تغییرات در الگوهای کاربری اراضی برای تصمیم‌گیران و سیاست‌گذاران که نگران منابع عمومی، کیفیت زندگی و نتایج حفاظت محیطی هستند، ضرورتی اجتناب‌پذیر می‌باشد. تغییرات در الگوهای کاربری

زمین، بر انسان و سیستم طبیعی تأثیر می‌گذارد. اثر تغییرات الگوهای کاربری زمین بر پتانسیل‌های اجتماعی و اقتصادی، شامل افزایش هزینه‌های تهیه خدمات عمومی، هدر رفتن فضاهای باز و افزایش ازدحام و تراکم می‌باشد اثرات اکولوژیکی شامل اتلاف و قطعه‌قطعه شدن سکونتگاه‌ها و دگرگونی ریتم هیدرولوژیکی می‌باشد (Bell and Irwin 2002: 220). شبیه‌سازی تغییرات کاربری زمین یک عنصر مهمی را فراهم می‌کند که تأثیر بسیاری در آماده‌سازی و توسعه در سطح کوچک‌تر، ارزیابی برنامه‌ها و استراتژی‌ها در مقیاس بزرگ دارد. مدل‌های بسیاری در سال‌های اخیر جهت بررسی تغییرات کاربری اراضی مورد استفاده قرار گرفته است (بریاسولیز، ۲۰۰۰: ۱۹). به تشریح بسیاری از مدل‌های تغییرات کاربری اراضی شهری و سابقه نظری آن‌ها پرداخته است (وادل و همکار، ۲۰۰۳: ۱۳۵) و (وربورگ و همکاران، ۲۰۰۴: ۶۲) پیشنهادات و دستورالعمل مناسبی در مورد این مدل‌ها را ارائه کرده‌اند. دستورالعملی که پیشرفت‌های رایج در تحلیل فرایند تغییرات کاربری اراضی را تبیین می‌کند. شناسایی و کشف مدل‌های جدید و پایه‌های نظری آن‌ها و کاربردشان در شبیه‌سازی تغییرات کاربری در کتاب (کومن و همکاران، ۲۰۰۷: ۱۷). جمع‌آوری و تبیین گردیده است. پیشرفت‌ها مداوم در تکنولوژی محاسبات و کامپیوتر و همچنین توسعه روزافزون داده‌های جغرافیایی به صورت تفصیلی، به مدل‌سازان در سرتاسر جهان به منظور توسعه مدل‌های سریع و بهتر جهت تغییرات کاربری اراضی کمک می‌کند. ظهور تصاویر ماهواره‌ای و تکنیک‌های زمین مکانی، بعد جدیدی برای بازبینی و ارزیابی تغییرات پوشش کاربری زمین باز کرده است (توالد و کابرال، ۲۰۱۱، ۲۰۱۴). سیستم‌های اطلاعات جغرافیایی به عنوان ابزار تجزیه و تحلیل و مدیریت داده‌ها استفاده می‌شود و سنجش از دور منبع داده سریع و دقیقی را به لحاظ مکانی فراهم می‌آورد (آرونوف، ۱۳۹۱). خاصیت چند زمانی و چند طیفی تصاویر ماهواره‌ای برای ارزیابی تغییرات، به طور گسترده‌ای در بازبینی محیط-زیست، ارزیابی روند تغییرات پوشش زمین، بازبینی جنگل و مطالعات شهری استفاده می‌شود و نقش مهمی در بسیاری از حوزه‌های کاربردی دارد (سبادهی و همکاران، ۲۰۱۴).

### پیشینه عملی

امیر و همکاران (۱۳۸۹) در مقاله‌ای تحت عنوان "مدل‌سازی فضایی گسترش شهری با استفاده از روش رگرسیون لجستیک (مطالعه موردی: شهرکرد)" گسترش فضایی شهرکرد طی دوره سی ساله ۵۵-۸۵ مورد بررسی و مدل‌سازی قرار داد. متغیرهای مورد نظر را با استفاده از مدل رگرسیون لجستیک در محیط سیستم اطلاعات جغرافیایی (نرم افزار ۹٫۳ ARC GIS) و همچنین نرم افزار SPSS استفاده کرد. نتایج نشان داد که این روش می‌تواند با دقت کلی ۶۸٪ گسترش فضایی شهرکرد را مدل‌سازی کند. نقشه حاصل از مدل مذکور نواحی با احتمال گسترش فضایی بر مبنای روند گذشته را مشخص نمود و نواحی مناسب برای گسترش آتی را نیز مشخص نمود. نواحی شمالی، شمال غرب و شمال شرقی شهرکرد مناسب ترین نواحی برای گسترش شهری هستند.

ضیائیان، پرویز و همکاران (۱۳۹۰) در مقاله‌ای تحت عنوان "مدل‌سازی فضایی گسترش شهری با استفاده از مدل ارزیابی چند عامله، RS و GIS گسترش فیزیکی شهر را مورد مطالعه قرار دادند. سپس با استفاده از مدل ارزیابی چند عامله و روش وزندهی Critic و ارزیابی عوامل مؤثر در توسعه شهر، جهت بهینه گسترش شهر را تعیین کردند و به این نتیجه رسیدند که جهاتی که برای گسترش شهر با مانع موجه هستند عبارتند از جهت جنوب، جنوب غرب، شمال، شمال شرق و شرق شهر هستند و جهت بهینه گسترش آینده شهر مشهد، شمال غرب و غرب شهر است.

میثم آقامحمدی و همکاران (۱۳۹۱) در مقاله‌ای تحت عنوان "مدل‌سازی توسعه شهری با تلفیق اتوماسیون سلولی (CA) و روش میانگین وزن‌دار ترتیبی (OWA)" از مدل تلفیقی حاصل از ترکیب دو روش ذکر شده برای مدل‌سازی توسعه شهر شیراز بین سال‌های ۱۳۸۳ تا ۱۳۸۸ استفاده کرده است. مقایسه نتایج حاصل از مقاله با واقعیت نشان داد

بهترین سناریوی بکار گرفته شده در مدل می‌تواند با دقت ۷۸٪ پیکسل‌هایی که در فرآیند توسعه شرکت می‌کنند را شناسایی کند، در حالی که روش CA بدون تلفیق با OWA، با دقت ۷۴٪ پیکسل‌های مورد نظر را شناسایی می‌کند. محمود محمدی (۱۳۹۲) در مقاله‌ای تحت عنوان "مدل‌سازی گسترش شهر در اراضی پیرامونی با استفاده از سلول‌های خودکار (CA) و "AHP، با استفاده از داده‌های سال ۱۳۸۵ گسترش شهری در سال ۱۳۹۰ را در محدوده منطقه ۷ اصفهان پیش‌بینی نموده که با استفاده از ضریب کاپا مورد ارزیابی قرار گرفته است. مقدار ضریب کاپای برآورد شده برابر ۰/۸۹ بوده که نمایانگر مناسب بودن و اعتبار مدل طراحی شده است. نتایج نشان داد که مدل بررسی شده از قابلیت بالاتری نسبت به سلول‌های خودکار مرسوم برخوردار بوده است به طوری که در این مدل امکان ورود متغیرهای مختلف و متعدد، توجه به تأثیر عوامل مختلف و قائل شدن وزن مناسب برای آن‌ها و دست‌یابی به قوانین انتقال نزدیک‌تر به واقعیت فراهم شده است.

المیدا و همکاران در سال (۲۰۰۱) در مقاله‌ای تحت عنوان "استفاده از شبکه عصبی و مدل سلول‌های خودکار برای مدل‌سازی دینامیک کاربری زمین در مناطق بین شهری" امکان تغییر کاربری زمین با استفاده از مدل CA و بر اساس قوانین انتقال انجام گرفت. در طی سال‌های ۱۹۸۵-۱۹۹۲ شبیه‌سازی‌هایی برای منطقه مورد مطالعه انجام گرفت و با انجام تست‌های معتبر آماری و بر اساس اندازه‌گیری‌های فازی مدل‌سازی انجام شد.

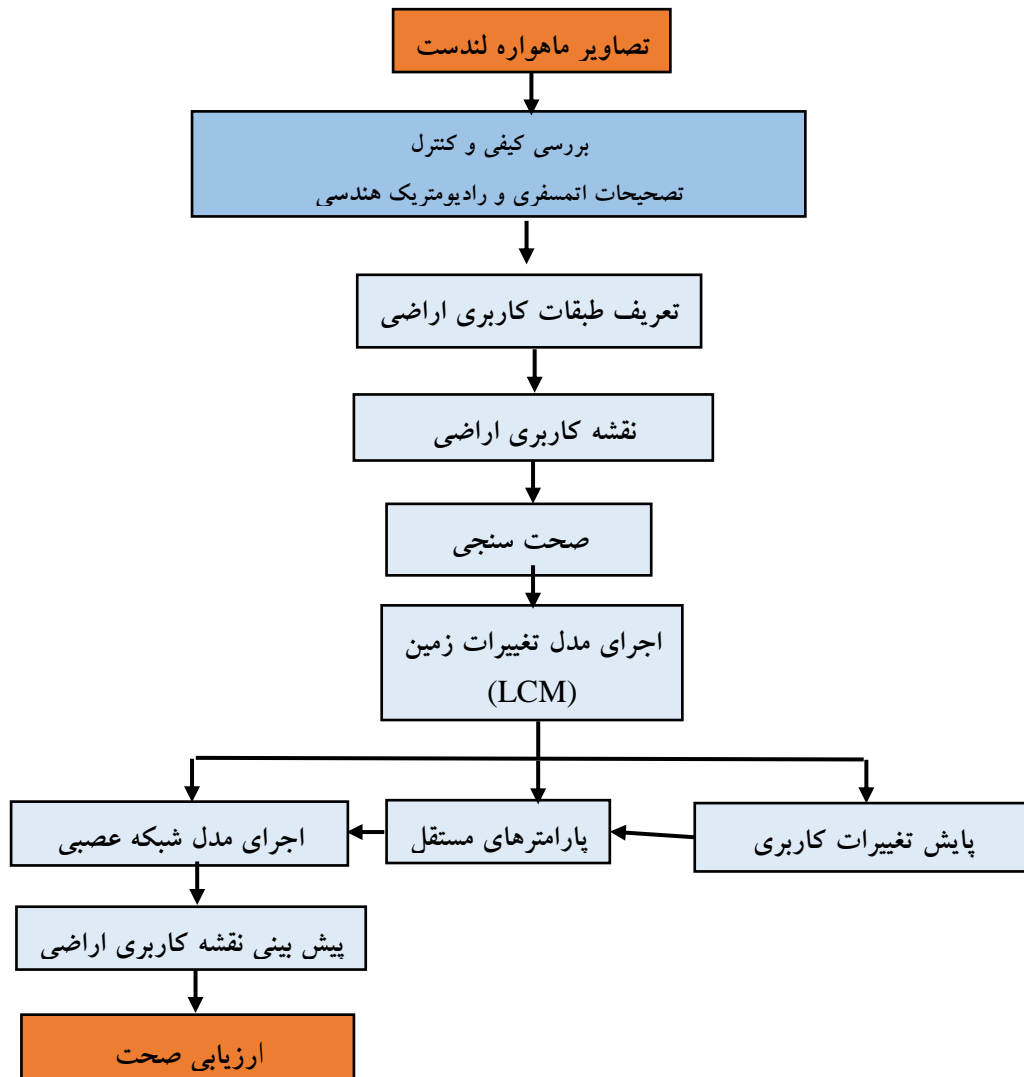
راجش بهادر و همکاران (۲۰۰۶) در مطالعه‌ای در دره کاتماندو در نپال، وضعیت تغییرات را با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای برای کاربری‌های مختلف را بررسی نمود. تصاویر مورد استفاده سال‌های ۱۹۸۹ و ۱۹۹۹ مربوط به ماهواره لندست و سال ۲۰۰۵ مربوط به سنجنده IRS IISS III بود. نتایج نشان داد که در دوره ۱۹۸۹-۱۹۹۹ باغات کاهش قابل ملاحظه‌ای داشته است در حالیکه اراضی کشاورزی نرخ تخریب بسیار کمی را دارا می‌باشد و مناطق انسان‌ساخت گسترش زیادی یافته است. بعد از سال ۱۹۹۹ سطح اراضی کشاورزی با شدت بیشتری کاهش پیدا کرده است که ناشی از تبدیل به مناطق انسان‌ساخت و باغات بوده است.

ساندپ و همکاران (۲۰۰۹) در مطالعه‌ای با هدف پیش‌بینی تغییرات مکانی شهر ساهارانپور در دوره ۱۹۹۳-۲۰۰۱، مدلی بر اساس شبکه‌های عصبی مصنوعی ایجاد کردند. در این مدل داده‌های سنجش‌ازدوری جهت دستیابی به تغییرات کاربری شهری استفاده شد. این داده‌ها شامل عکس‌های هوایی سال ۱۹۹۳ و تصویر سنجنده IRS بود.

## داده‌ها و روش شناسی

روش پژوهش حاضر از نظر هدف کاربردی و از حیث روش، توصیفی-تحلیلی است. در این مقاله از تصاویر سنجنده‌های TM لندست ۵ در سال‌های ۱۹۸۶، ۱۹۹۲، ۱۹۹۸، ETM+ لندست ۷ در سال‌های ۲۰۰۴، ۲۰۱۰ و سنجنده OLI لندست ۸ در سال ۲۰۱۶ تجزیه و تحلیل شد. به‌علاوه از نقشه‌های رقومی منطقه برای بررسی تصحیح هندسی تصاویر و همچنین به‌عنوان داده‌های کمکی در تفسیر تصاویر و پیش‌بینی تغییرات، استفاده گردید. پس از تایید کیفیت هندسی و رادیومتری تصاویر با توجه به ویژگی‌های منطقه، کاربری‌های موجود، با روش تفسیر تلفیقی تصاویر هر شش مقطع زمانی به چهار مناطق شهری، باغات پسته، اراضی بایر و نمکزار با روش بیشترین احتمال طبقه‌بندی شد و پس از اعتبار سنجی میانگین دقت کاپا ۸۳ درصد و میانگین دقت کلی ۸۹ درصد برای شش نقشه کاربری اراضی تولیدشده بدست آمد. پیش‌بینی وضعیت کاربری اراضی برای سال‌های ۱۹۹۸، ۲۰۰۴، ۲۰۱۰ و ۲۰۱۶ و ۲۰۲۲ با استفاده از نقشه‌های کاربری سال‌های ۱۹۸۶، ۱۹۹۲، ۱۹۹۸، ۲۰۰۴، ۲۰۱۰ و ۲۰۱۶ و به کمک برنامه LCM نرم‌افزار IDRISI انجام شد. این مدل علاوه بر فراهم کردن امکانات متعدد برای آشکارسازی تغییرات، می‌تواند وضعیت کاربری اراضی را در آینده بر پایه مدل‌های شبکه‌های عصبی مصنوعی پیش‌بینی نماید. به این منظور از متغیرهای مکانی فاصله از جاده‌ها، فاصله از رودخانه، ارتفاع و جهت و شیب نیز به عنوان متغیرهای مؤثر بر تغییرات در شبکه عصبی مصنوعی استفاده شد.

برای ارزیابی صحت پیش‌بینی مدل علاوه بر مقایسه بصری نقشه کاربری اراضی پیش‌بینی‌شده با نقشه کاربری اراضی پایان دوره، نقشه‌های کاربری اراضی تولید شده از کلاس بندی و پیش‌بینی‌شده از مدل‌ها در سال‌های ۱۹۹۸، ۲۰۰۴، ۲۰۱۰، ۲۰۱۶، ۲۰۱۶ مقایسه و صحت آن با استفاده از شاخص کاپا ارزیابی شد.

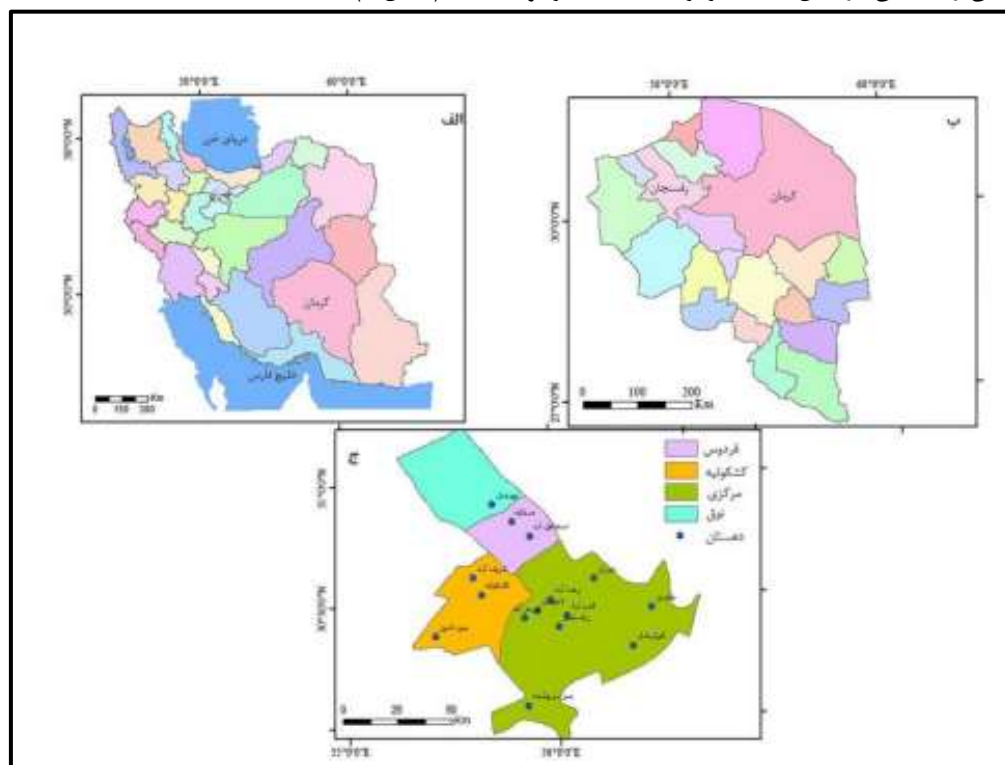


شکل ۱- موقعیت فلوجارت مراحل انجام پژوهش، (ترسیم: نگارنده)

### قلمرو پژوهش

شهرستان رفسنجان بر روی طول شرقی " ۳۰ و ۵۹' و ۵۵ عرض شمالی ۱۳' و ۳۱ از نصف النهار گرینویچ و در قسمت شمال غربی استان کرمان واقع است. و از لحاظ ارتباطی شهری در سر راه دو شهر کرمان و یزد است. بخش نوق از بخش‌های این شهرستان می‌باشد. دو بخش نوق به مرکزیت بهرمان و فردوس به مرکزیت صفائیه در جلگه‌ای بین دو رشته کوه قرار گرفته و دارای تقریباً ۱۰۰ کیلومتر طول است. بهرمان به معنای یاقوت سرخ، شهری است در استان کرمان، بخش نوق شهرستان رفسنجان که در ۵۷ کیلومتری رفسنجان قرار دارد. در میان مردمان محلی بهرمان، به دلیل تشکیل شدن آن از سه محله شبیه روستا (بهرمان، نعمت‌آباد و شاه‌آباد)، سه قریه هم خطاب می‌شود. از روستاهای

اطراف این شهر می‌توان به باقرآباد، رکن آباد و رومهران اشاره کرد. این بخش‌ها به علت داشتن خاک مناسب، بهترین منطقه استان در برداشت محصول پسته می‌باشد. در ۵۵ کیلومتری جنوب این شهرستان کارخانجات مس سرچشمه واقع شده است، که بزرگ‌ترین معادن مس ایران در آن فراوری می‌شود. بنابر سرشماری مرکز آمار ایران، جمعیت بخش نوق شهرستان رفسنجان در سال ۱۳۸۵ برابر با ۱۱۳۷۴ نفر بوده است. (شکل ۲).

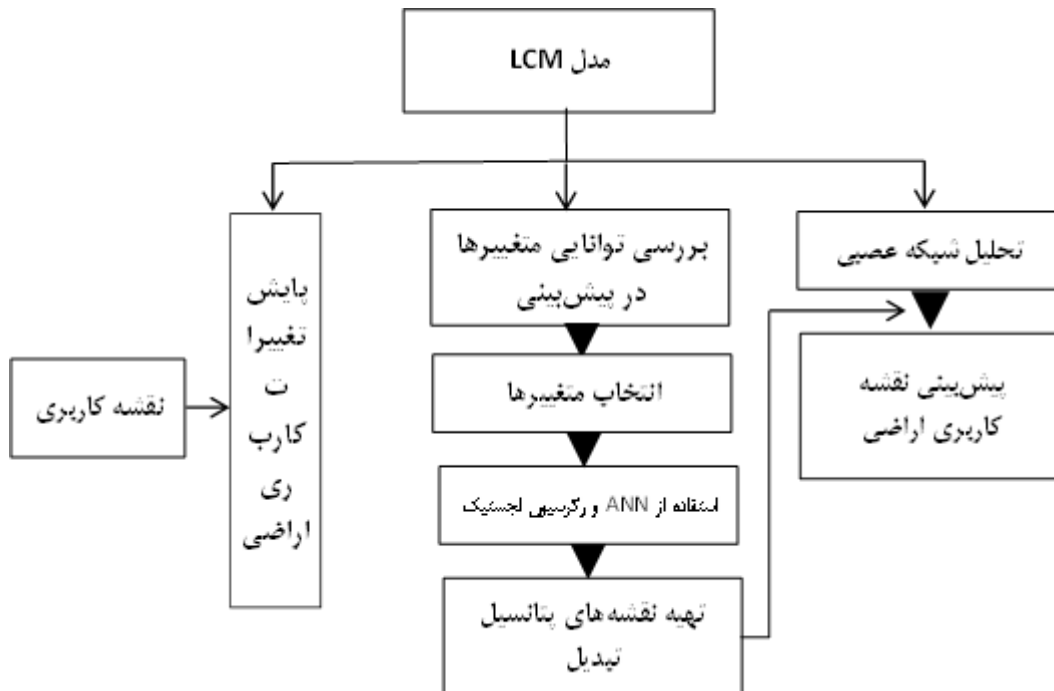


شکل ۲- موقعیت جغرافیایی محدوده مورد مطالعه، (ترسیم: نگارنده)

## یافته‌ها

بعد از اتمام عملیات تفسیر تصاویر ماهواره‌ای یکسان‌سازی نقشه‌های کاربری اراضی مربوط به هر ۵ سال (۱۹۸۶ الی ۲۰۱۶)، عملیات تکمیلی شامل: اختصاص رنگ مناسب به طبقه‌های نقشه‌ها، حذف مشترک پلی‌گون‌های با کاربری یکسان با استفاده از تابع **Dissolve** و اختصاص کد متناسب با هر طبقه در نقشه‌های تولیدی انجام شد و در نهایت نقشه‌های کاربری اراضی تهیه شده جهت ورود به مدل **LCM** آماده شدند سپس با توجه به شرایط، موقعیت جغرافیایی و کاربری‌های مختلف، منطقه را به کلاس‌های زیر تقسیم کردیم: ۱- مناطق مسکونی ۲- اراضی کشاورزی ۳- اراضی باير ۴- نمکزار. برای ایجاد دید بهتر در انتخاب نمونه‌های تعلیمی از ترکیب رنگی کاذب باندها استفاده شد و برای تشخیص بهتر عوارض، در تصویر سال ۲۰۰۴، ۱۹۹۸، ۱۹۹۲، ۱۹۸۶ و ۲۰۱۰ از ترکیب رنگی باند ۷ برای قرمز، باند ۴ برای سبز و باند ۱ برای آبی انتخاب شد. در این ترکیب رنگی می‌توان پوشش گیاهی را که با رنگ سبز مشخص هستند به خوبی شناسایی کرد. اما برای تصویر سال ۲۰۱۶ با سنجنده **OLI** از ترکیب رنگی باند ۸ برای قرمز، باند ۵ برای سبز و باند ۲ برای آبی استفاده شد که همان خصوصیات ترکیب رنگی تصاویر **TM** را دارا می‌باشد.

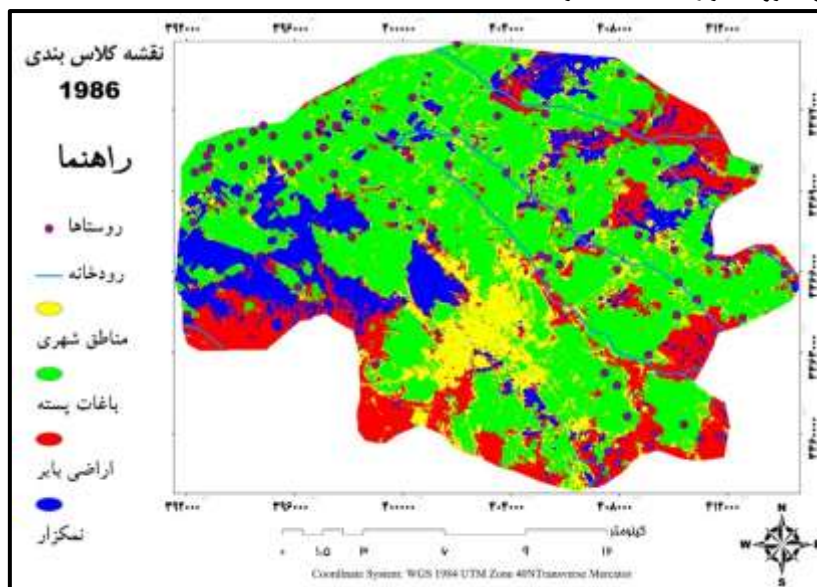




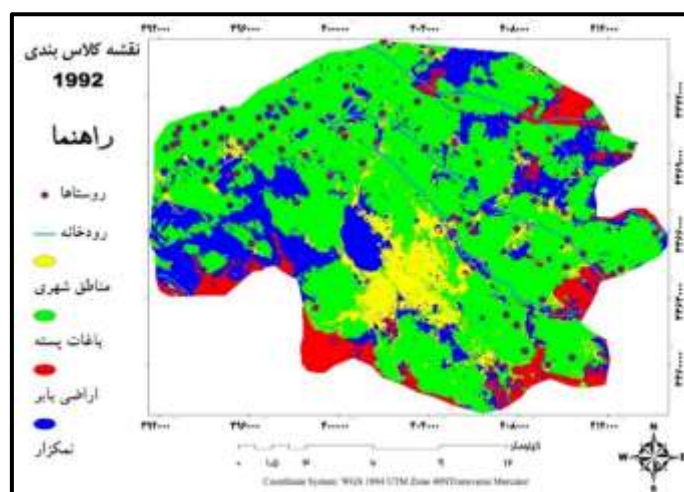
شکل ۳- مراحل و چگونگی استفاده از مدل LCM (ترسیم: نگارنده)

**نقشه های کاربری اراضی استخراج شده از تصاویر ماهواره ای**

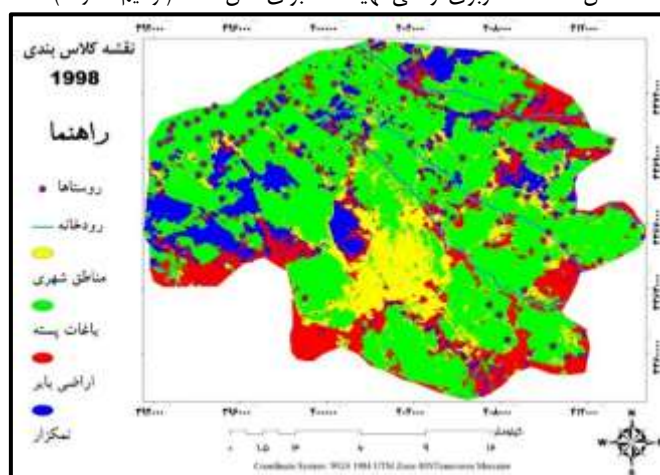
نتایج تفسیر بصری تصاویر ماهواره ای مربوط به سال های ۱۹۸۶، ۱۹۹۲، ۱۹۹۸، ۲۰۰۴، ۲۰۱۰ و ۲۰۱۶ شکل ۴ تا ۹ آمده است. که تصاویر مورد استفاده در این پژوهش با استفاده از روش کلاس بندی بیشترین احتمال طبقه بندی شد و برای طبقه بندی نمونه های آموزشی به صورت دستی از سطح منطقه تهیه گردید که تصاویر در چهار کلاس مناطق شهری، باغات پسته، اراضی بایر و نمکزار طبقه بندی گردید.



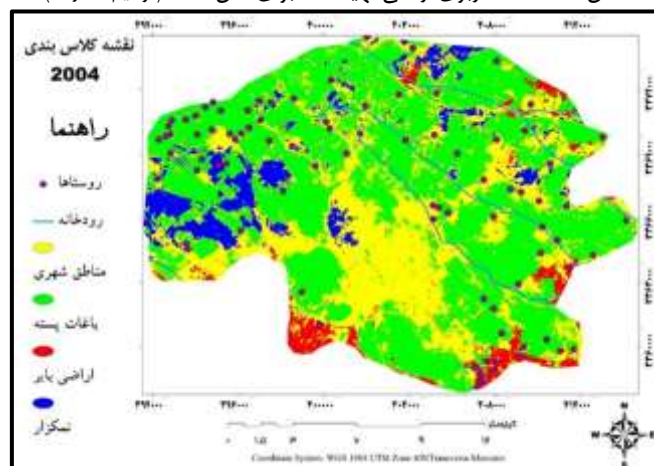
شکل ۴- نقشه کاربری اراضی تهیه شده برای سال ۱۹۸۶ (ترسیم: نگارنده)



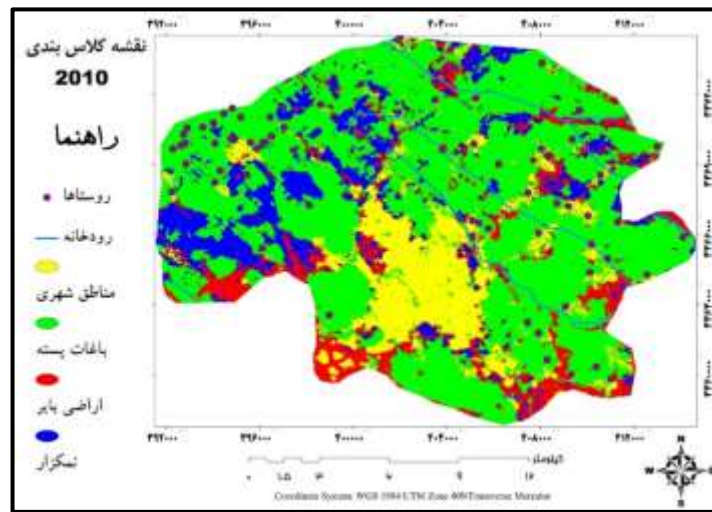
شکل ۵- نقشه کاربری اراضی تهیه شده برای سال ۱۹۹۲ (ترسیم: نگارنده)



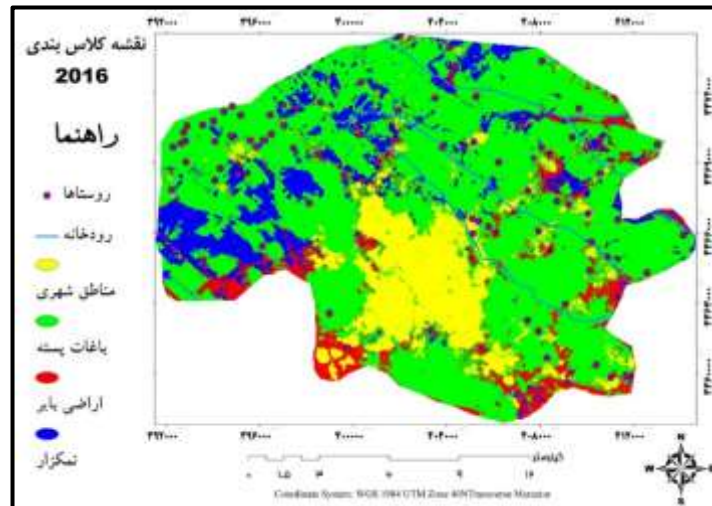
شکل ۶- نقشه کاربری اراضی تهیه شده برای سال ۱۹۹۸ (ترسیم: نگارنده)



شکل ۷- نقشه کاربری اراضی تهیه شده برای سال ۲۰۰۴ (ترسیم: نگارنده)



شکل ۸- نقشه کاربری اراضی تهیه شده برای سال ۲۰۱۰ (ترسیم: نگارنده)



شکل ۹- نقشه کاربری اراضی تهیه شده برای سال ۲۰۱۶ (ترسیم: نگارنده)

### اعتبار سنجی نقشه‌های کاربری اراضی

برای اعتبار سنجی نقشه‌های کاربری اراضی تولیدشده نمونه‌های آموزشی از کلاس‌های آب، مانگرو، پوشش گیاهی، نمکزار، اراضی مرطوب در طبقه‌بندی برای هر سال تهیه شد و سپس با نقشه‌های کاربری اراضی سال نظیر مقایسه شد و برای مقایسه دقت ابتدا ماتریس خطا تشکیل و سپس دقت کاپا و دقت کلی برای هر سال در جدول (۱) آورده شده است به دلیل اینکه حجم ماتریس خطا و پارامترهای خروجی آن زیاد بود فقط اعداد دقت کاپا و دقت کلی آورده شده است. که مطابق جدول (۱) نتایج به دست آمده دارای دقت نسبتاً خوبی هستند که میانگین دقت کاپا برای تمامی نقشه‌های کاربری اراضی تولیدشده برابر با ۸۳ درصد و میانگین دقت کلی ۸۹ درصد است.

جدول ۱- اعتبار سنجی نقشه‌های کاربری اراضی

تاریخ نقشه کاربری اراضی	دقت کاپا (درصد)	دقت کلی (درصد)
۱۹۸۶	۸۵	۸۹
۱۹۹۲	۸۲	۹۰
۱۹۹۸	۸۷	۹۲
۲۰۰۴	۷۶	۸۲

۲۰۱۰	۸۸	۹۳
۲۰۱۶	۸۱	۸۸
میانگین →	۸۳ درصد	۸۹ درصد

(مأخذ: محاسبات نگارنده)

### مساحت کاربری‌های اراضی

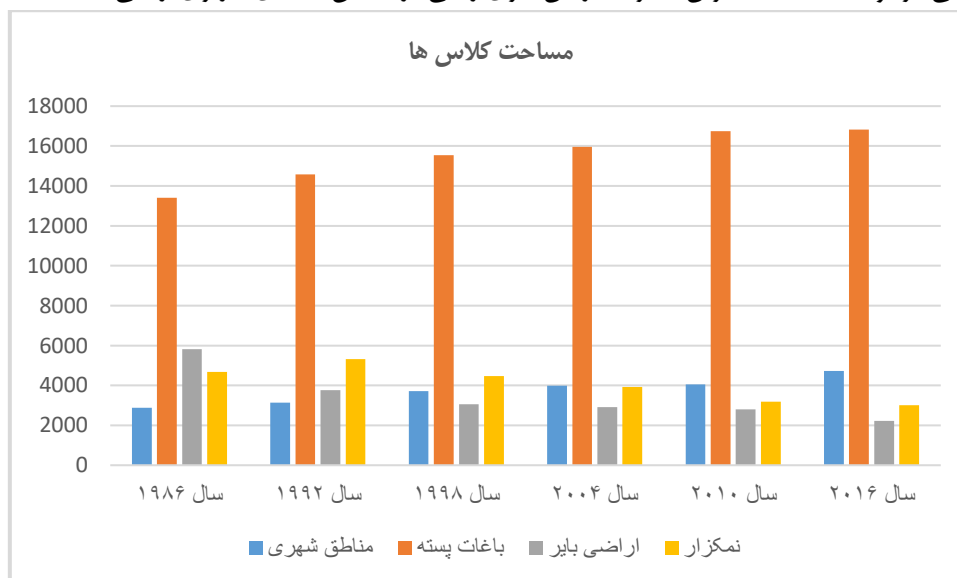
مساحت مجموع کاربری‌های منطقه مورد مطالعه ۲۵۷۸۴،۲۸ هکتار می‌باشد. با توجه به این که در طول دوره ۱۹۸۶ تا ۲۰۱۶ تغییراتی در سطح هر یک از کاربری‌های موجود رخ داده است، سعی شده است که وضعیت مساحت هر یک از کاربری‌ها در سال‌های مختلف در جدول (۲) تشریح شده است.

جدول ۲- مساحت کاربری‌های اراضی در سال‌های مختلف

کلاس‌ها	سال ۱۹۸۶	سال ۱۹۹۲	سال ۱۹۹۸	سال ۲۰۰۴	سال ۲۰۱۰	سال ۲۰۱۶
مناطق شهری	۲۸۷۵،۵	۳۱۴۴،۱۹	۳۷۱۵،۵۶	۳۹۸۸،۲۳	۴۰۵۴،۸۷	۴۷۲۲،۴
باغات پسته	۱۳۴۱۳،۱۵	۱۴۵۶۹،۹۱	۱۵۵۴۱،۴۸	۱۵۹۵۸،۳۳	۱۶۷۴۱،۰۱	۱۶۸۳۱،۶۲
اراضی بایر	۵۸۱۷،۲۵	۳۷۵۸،۳۸	۳۰۵۸،۸۷	۲۹۱۰،۴۸	۲۷۹۵،۱	۲۲۱۹،۵۸
نمکزار	۴۶۷۸،۴۸	۵۳۱۱،۸	۴۴۶۸،۳۷	۳۹۲۶،۹۳	۳۱۹۳،۳	۳۰۱۰،۶۸

(مأخذ: محاسبات نگارنده)

برای نمایش بهتر میزان مساحت کاربری‌های اراضی در سال‌های مختلف، مساحت‌ها به صورت گرافیکی و در قالب نمودار میله ای در شکل (۱۰) آورده شده است. همان گونه که در شکل می بینیم بیشترین تغییر میزان مساحت مربوط به کلاس اراضی مرطوب است که بیشترین تغییرات در این سری زمانی در کلاس‌ها کاربری اراضی داشته است.

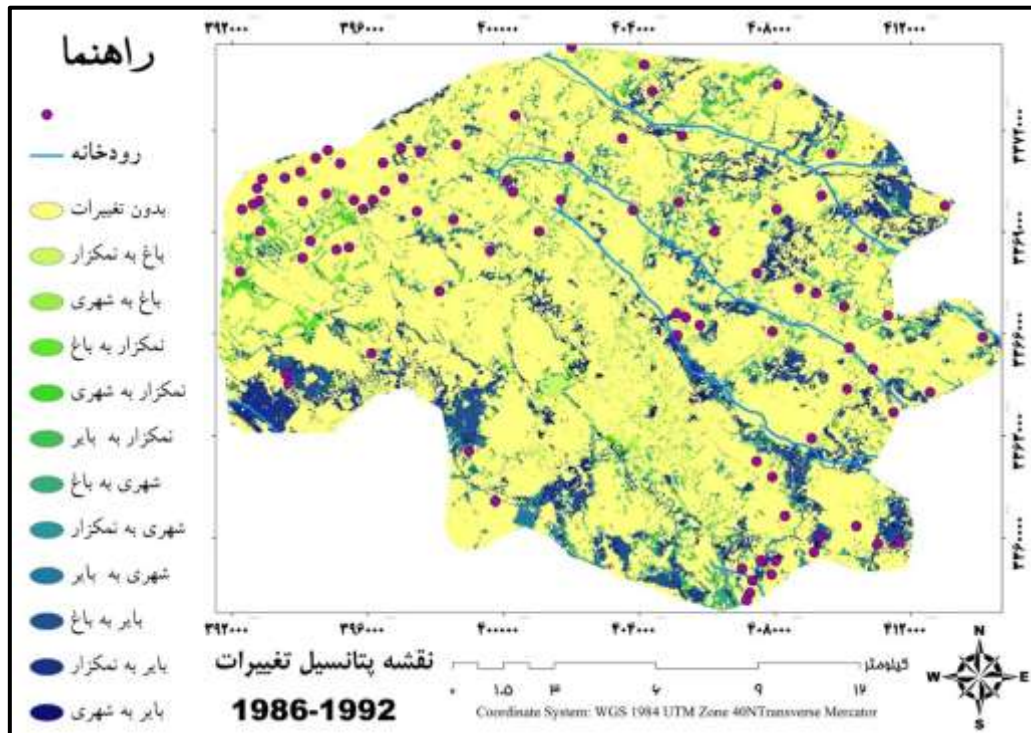


شکل ۱۰- نمودار میله ای مساحت کاربری اراضی، (ترسیم: نگارنده)

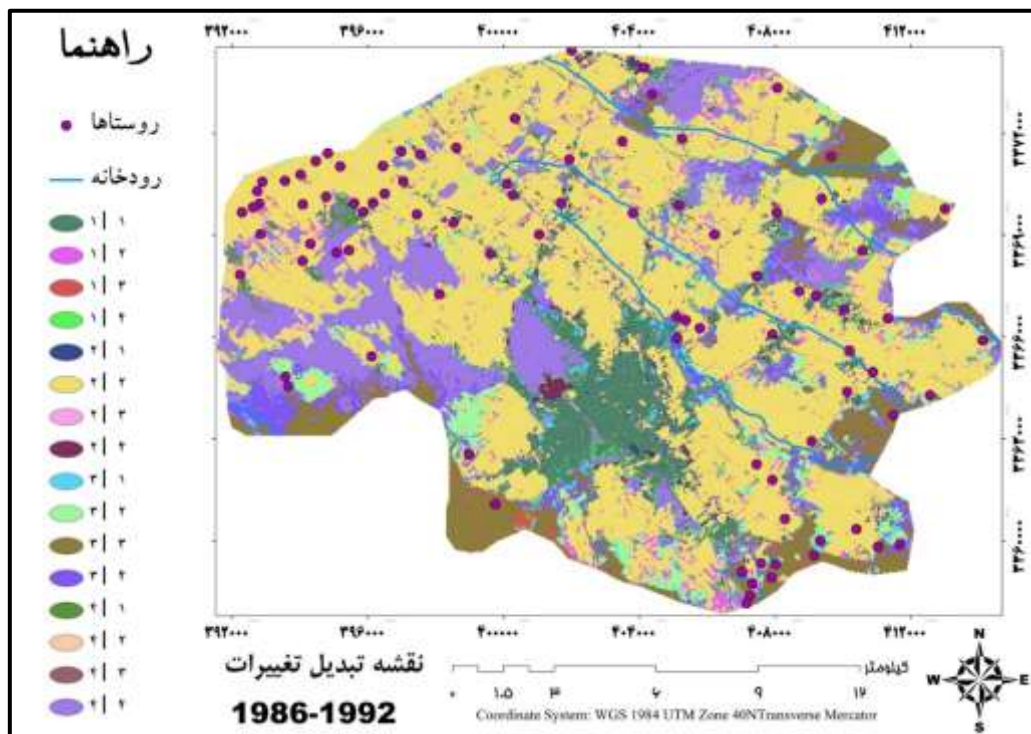
### تغییرات کاربری اراضی دوره ۱۹۸۶-۱۹۹۲

#### الف) نقشه تغییرات

شکل (۱۱) نقشه تغییرات کاربری اراضی حاصل از مقایسه نقشه‌های سال ۱۹۸۶ و ۱۹۹۲ را نشان می‌دهد که در تمامی نقشه‌های پتانسیل کد ۱ مناطق شهری کد ۲ باغات پسته کد ۳ اراضی بایر و کد ۴ نمکزار می‌باشد.



شکل ۱۱- نقشه تغییرات کاربری اراضی ۱۹۸۶-۱۹۹۲ (ترسیم: نگارنده)



شکل ۱۲- نقشه پتانسیل تغییرات کاربری اراضی ۱۹۸۶-۱۹۹۲ (ترسیم: نگارنده)

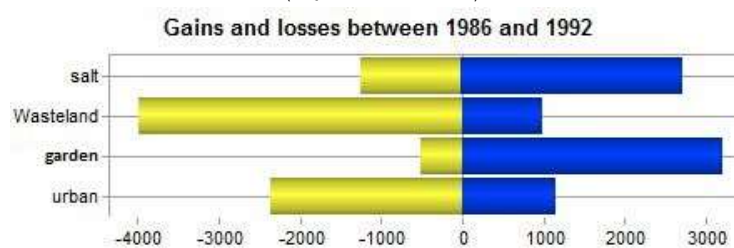
**ب) تغییرات کاربری‌ها**

مساحت تبدیل هر یک از کاربری‌ها در سال‌های ۱۹۸۶ و ۱۹۹۲ در جدول (۳) و شکل (۱۳)، نشان داده شده است. در جدول (۳) کاربری‌های اراضی سال ۱۹۸۶ به صورت افقی و کاربری اراضی سال ۱۹۹۲ به صورت عمودی نشان داده شده است و اعداد داخل جدول نشان دهنده میزان تبدیل هر کاربری به کاربری دیگر بر حسب هکتار است.

جدول ۳- میزان تبدیل مساحت کلاس‌ها

۱۹۸۶-۱۹۹۲	مناطق شهری	باغات پسته	اراضی بایر	نمکزار
مناطق شهری	۱۹۹۸	۲۵۷,۷۶	۲۹۸,۲۶	۱۹۰,۱۷
باغات پسته	۱۱۰۱,۵۱	۱۲۹۳۷,۵۹	۱۲۸۱,۶۹	۲۴۹,۱۲
اراضی بایر	۱۴۷,۷۸	۲۱,۷۸	۱۹۰۴,۲۳	۸۴,۶
نمکزار	۶۲۸,۱۱	۱۹۶,۰۲	۱۳۳۳,۰۸	۳۱۵۴,۵۹

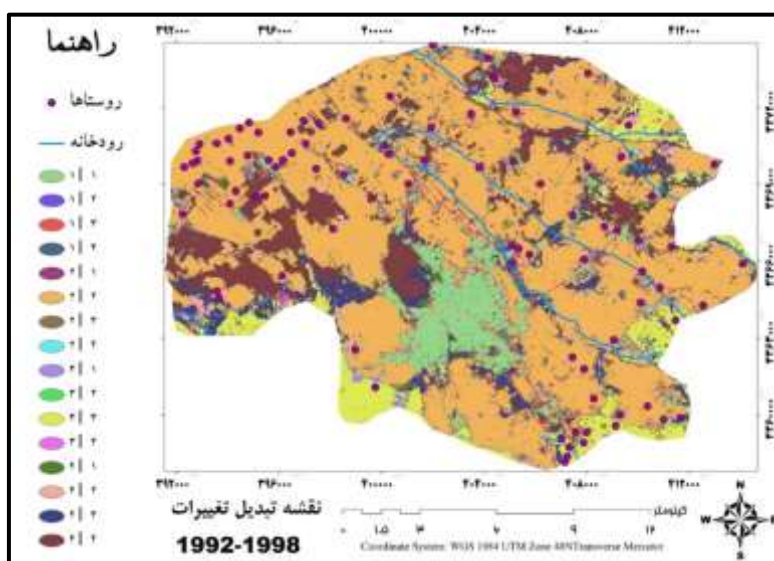
(مأخذ: محاسبات نگارنده)



شکل ۱۳- میزان تغییرات هر کلاس در سال‌های ۱۹۸۶ تا ۱۹۹۲ (ترسیم: نگارنده)

**تغییرات کاربری اراضی دوره ۱۹۹۲-۱۹۹۸****الف) نقشه تغییرات**

شکل (۱۴) نقشه تغییرات کاربری اراضی حاصل از مقایسه نقشه‌های سال ۱۹۹۲ و ۱۹۹۸ را نشان می‌دهد. شکل (۱۵) نقشه پتانسیل تغییرات کاربری اراضی حاصل از مقایسه نقشه‌های سال ۱۹۹۲ و ۱۹۹۸ را نشان می‌دهد.



شکل ۱۵- نقشه پتانسیل تغییرات کاربری اراضی ۱۹۹۲-۱۹۹۸ (ترسیم: نگارنده)

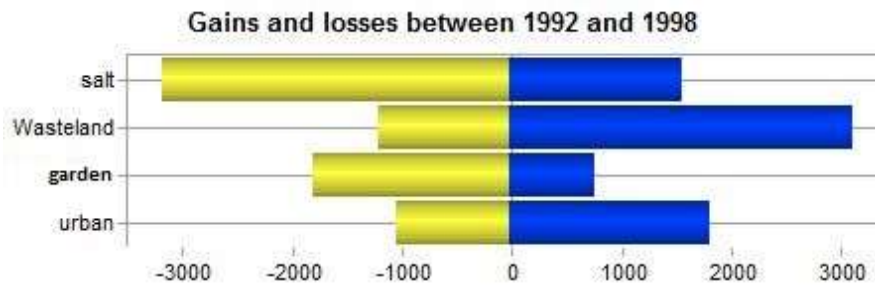
**ب) تغییرات کاربری‌ها**

مساحت تبدیل هر یک از کاربری‌ها در سال‌های ۱۹۹۲ و ۱۹۹۸ در جدول (۴) و شکل (۱۶)، نشان داده شده‌است. در جدول (۴) کاربری‌های اراضی سال ۱۹۹۲ به صورت افقی و کاربری اراضی سال ۱۹۹۸ به صورت عمودی نشان داده شده است و اعداد داخل جدول نشان دهنده میزان تبدیل هر کاربری به کاربری دیگر بر حسب هکتار است.

جدول ۴- میزان تبدیل مساحت کلاس‌ها

۱۹۹۲-۱۹۹۸	مناطق شهری	باغات پسته	اراضی بایر	نمکزار
مناطق شهری	-۲۱۰۵,۷۳	-۹۰۵,۷۶	۷۹,۸۳	-۶۲۴,۲۴
باغات پسته	-۹۵,۴	-۱۳۹۱۳,۴	-۳۹,۶	-۴۹۳,۱۱
اراضی بایر	-۴۰۳,۲۹	-۶۰۹,۶۶	-۱۹۴۳,۱	-۱۵۰۲,۸۲
نمکزار	-۱۳۹,۷۷	-۱۴۱,۱۲	-۹۵,۸۵	-۲۶۹۱,۶۳

(مأخذ: محاسبات نگارنده)

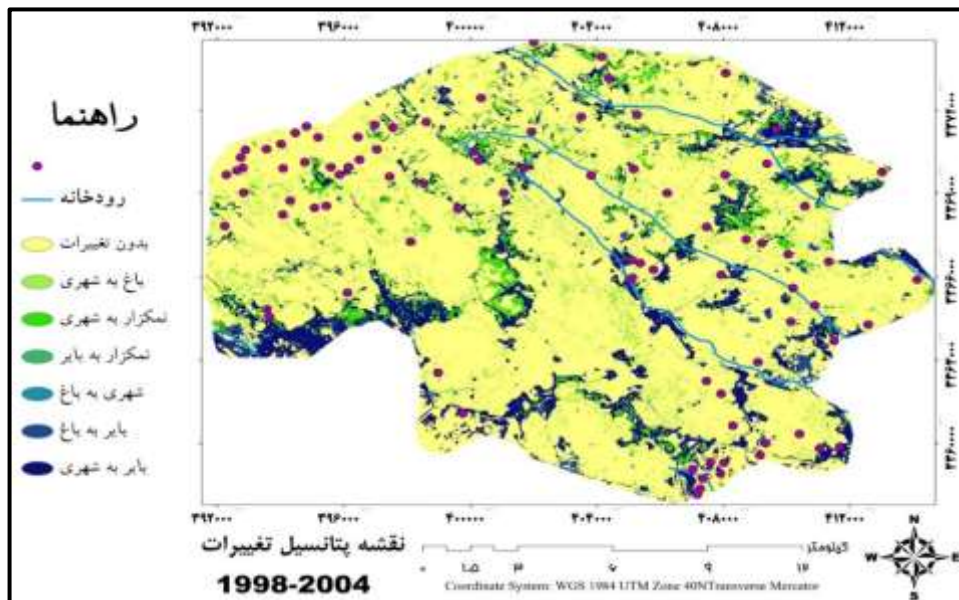


شکل ۱۶- میزان تغییرات هر کلاس در سال‌های ۱۹۹۲ تا ۱۹۹۸ (ترسیم: نگارنده)

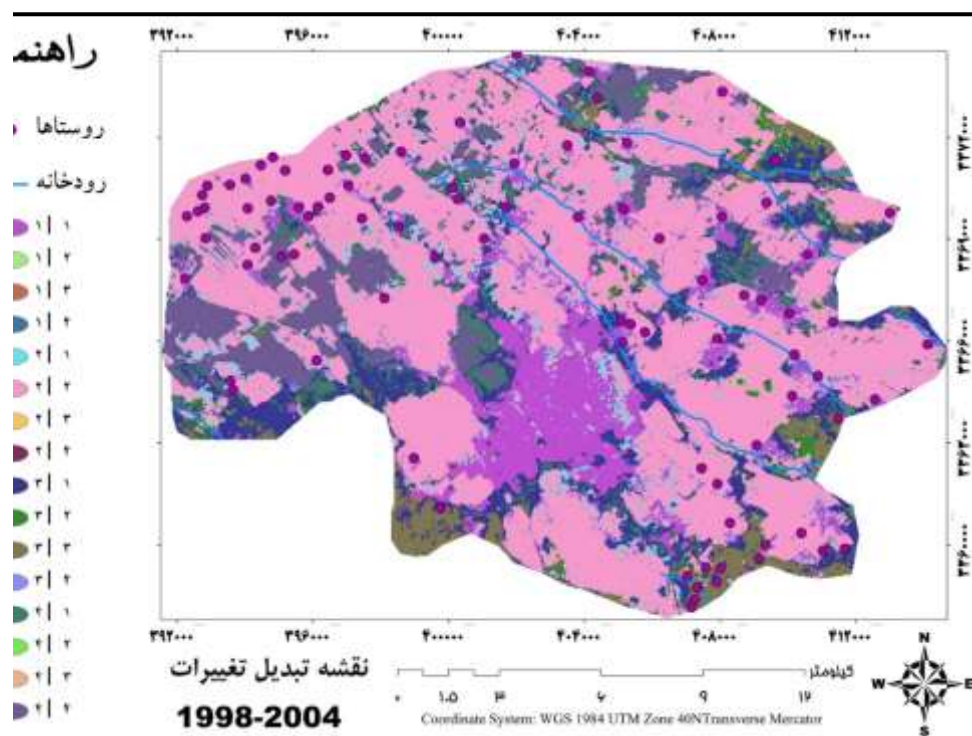
**تغییرات کاربری اراضی دوره ۲۰۰۴-۱۹۹۸**

**الف) نقشه تغییرات**

شکل (۱۷) نقشه تغییرات کاربری اراضی حاصل از مقایسه نقشه‌های سال ۱۹۹۸ و ۲۰۰۴ را نشان می‌دهد.



شکل (۱۷) نقشه پتانسیل تغییرات کاربری اراضی حاصل از مقایسه نقشه‌های سال ۱۹۹۸ و ۲۰۰۴ را نشان می‌دهد.



شکل ۱۸- نقشه پتانسیل تغییرات کاربری اراضی ۱۹۹۸-۲۰۰۴ (ترسیم: نگارنده)

**ب) تغییرات کاربری ها**

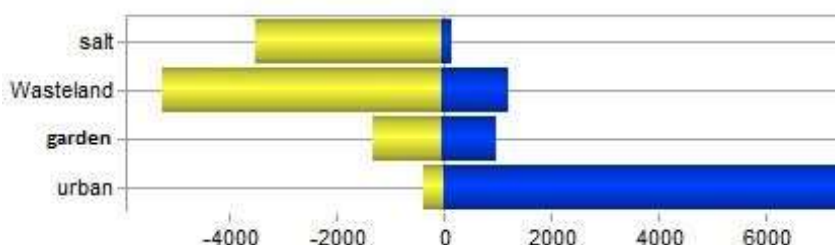
مساحت تبدیل هر یک از کاربری ها در سال های ۱۹۹۸ و ۲۰۰۴ در جدول (۵) و شکل (۱۹) نشان داده شده است. در جدول (۵) کاربری های اراضی سال ۱۹۹۸ به صورت افقی و کاربری اراضی سال ۲۰۰۴ به صورت عمودی نشان داده شده است و اعداد داخل جدول نشان دهنده میزان تبدیل هر کاربری به کاربری دیگر بر حسب هکتار است.

جدول ۵- میزان تبدیل مساحت کلاس ها

نمکزار	اراضی بایر	باغات پسته	مناطق شهری	۱۹۹۸-۲۰۰۴
-۱۲۸۷,۹	-۲۷۵۴,۱۸	-۱۵۸۹,۷۶	-۳۱۲۸,۲۲	مناطق شهری
-۷۴,۰۷	-۵۵۰,۷۱	-۱۲۸۴۱,۲	-۴۹۰,۶۸	باغات پسته
-۲۱,۵۱	-۱۰۳۷,۷۹	-۱۳,۱۴	-۲۳,۹۴	اراضی بایر
-۱۶۷۷,۱۵	-۸۷,۷۵	-۸۱,۹	-۶۸,۴	نمکزار

(مأخذ: محاسبات نگارنده)

**Gains and losses between 1998 and 2004**

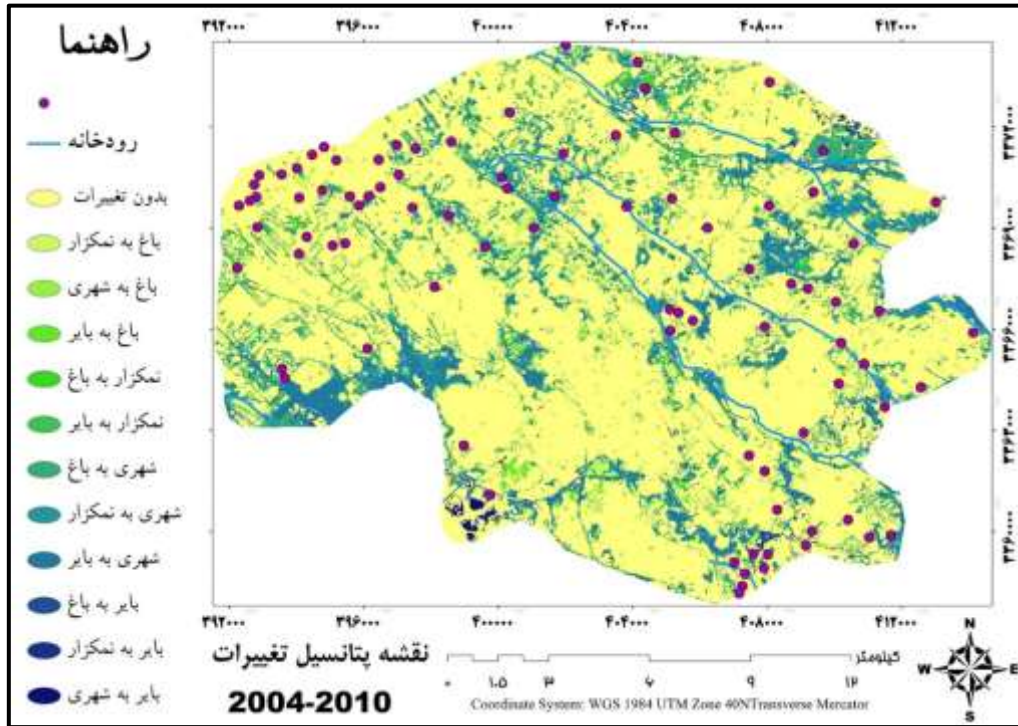


شکل ۱۹- میزان تغییرات هر کلاس در سال های ۱۹۹۸ تا ۲۰۰۴ (ترسیم: نگارنده)



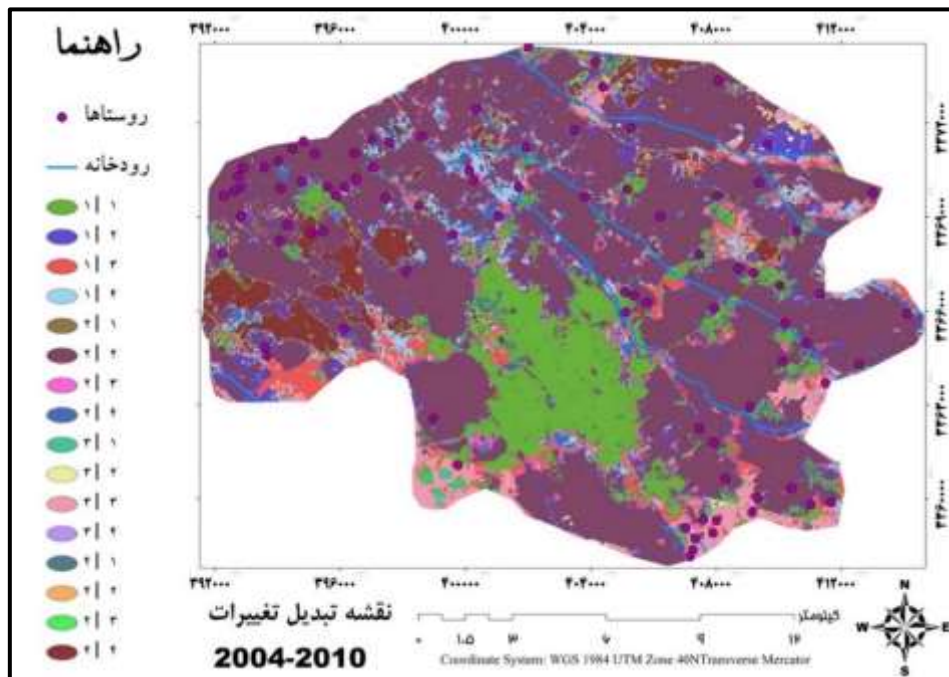
تغییرات کاربری اراضی دوره ۲۰۱۰-۲۰۰۴  
الف) نقشه تغییرات

شکل (۲۰) نقشه تغییرات کاربری اراضی حاصل از مقایسه نقشه‌های سال ۲۰۰۴ و ۲۰۱۰ را نشان می‌دهد.



شکل ۲۰- نقشه تغییرات کاربری اراضی ۲۰۰۴-۲۰۱۰ (ترسیم: نگارنده)

شکل (۲۱) نقشه پتانسیل تغییرات کاربری اراضی حاصل از مقایسه نقشه‌های سال ۲۰۰۴ و ۲۰۱۰ را نشان می‌دهد.



شکل ۲۱- نقشه پتانسیل تغییرات کاربری اراضی ۲۰۰۴-۲۰۱۰ (ترسیم: نگارنده)

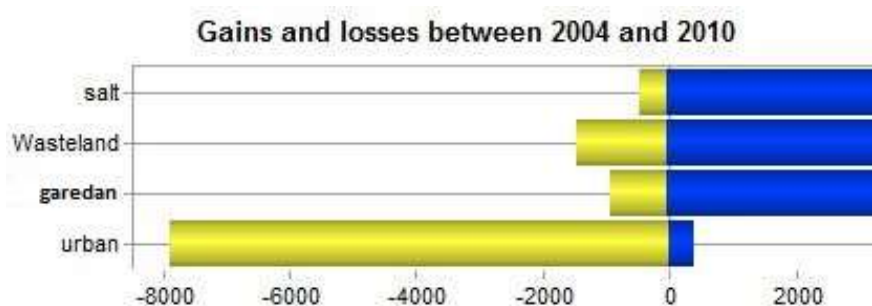
**ب) تغییرات کاربری‌ها**

مساحت تبدیل هر یک از کاربری‌ها در سال‌های ۲۰۰۴ و ۲۰۱۰ در جدول (۶) و شکل (۲۲) نشان داده شده‌است. در جدول (۶) کاربری‌های اراضی سال ۲۰۰۴ به صورت افقی و کاربری اراضی سال ۲۰۱۰ به صورت عمودی نشان داده شده است و اعداد داخل جدول نشان دهنده میزان تبدیل هر کاربری به کاربری دیگر بر حسب هکتار است.

جدول ۶- میزان تبدیل مساحت کلاس‌ها

۲۰۰۴-۲۰۱۰	مناطق شهری	باغات پسته	اراضی بایر	نمکزار
مناطق شهری	۱۵,۴۲	۰,۶۱	۰,۳۶	۰,۳۶
باغات پسته	۱۰,۴۴	۵۸,۳۲	۰,۴۲	۰,۶۰
اراضی بایر	۸,۰۱	۰,۹۲	۳,۵۹	۰,۷۹
نمکزار	۵,۰۹	۲,۱۳	۰,۱۴	۶,۷۳

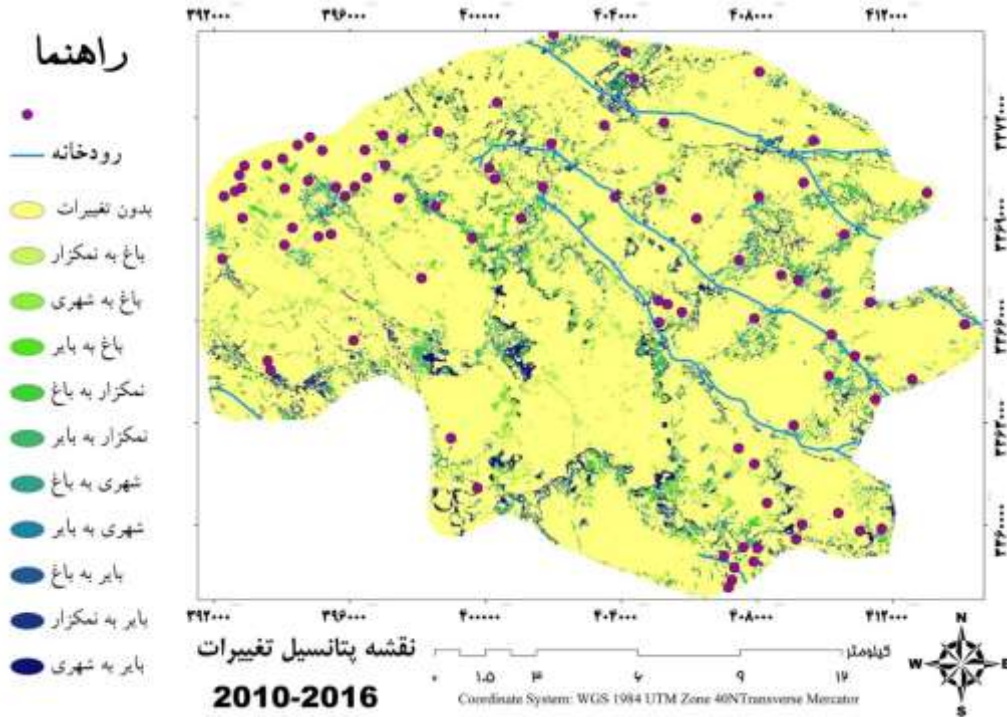
(مأخذ: محاسبات نگارنده)



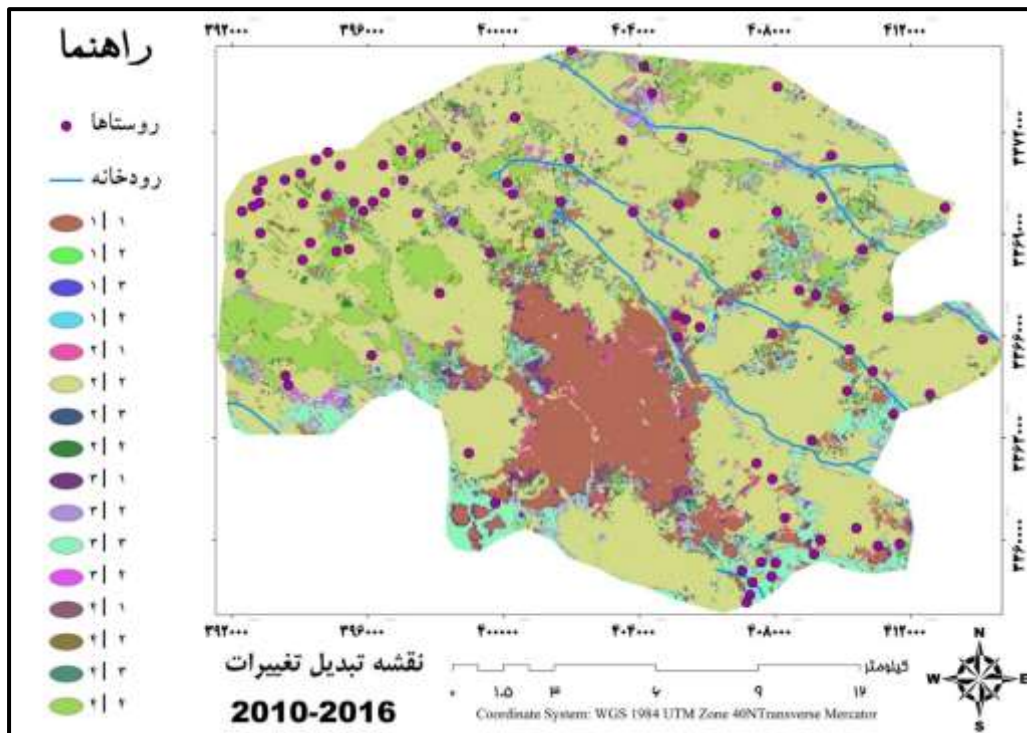
شکل ۲۲- میزان تغییرات هر کلاس در سال‌های ۲۰۰۴ تا ۲۰۱۰ (ترسیم: نگارنده)

**تغییرات کاربری اراضی دوره ۲۰۱۰-۲۰۱۶****الف) نقشه تغییرات**

شکل ۲۳- نقشه تغییرات کاربری اراضی حاصل از مقایسه نقشه‌های سال ۲۰۱۰ و ۲۰۱۶ را نشان می‌دهد.



شکل ۲۳- نقشه تغییرات کاربری اراضی ۲۰۱۰-۲۰۱۶ (ترسیم: نگارنده)



شکل ۲۴- نقشه پتانسیل تغییرات کاربری اراضی ۲۰۱۰-۲۰۱۶ (ترسیم: نگارنده)

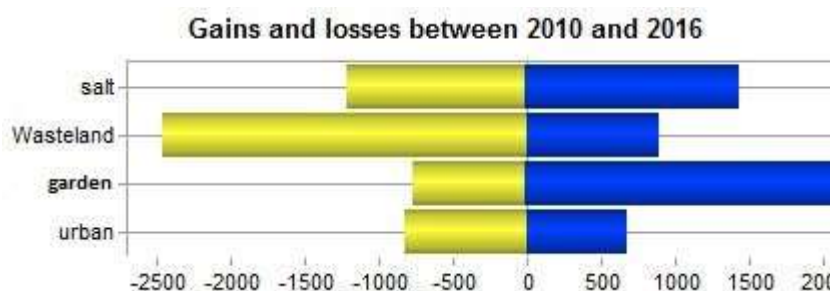
**ب) تغییرات کاربری‌ها**

مساحت تبدیل هر یک از کاربری‌ها در سال‌های ۲۰۱۰ و ۲۰۱۶ در جدول (۷) و شکل (۲۵)، نشان داده شده‌است. در جدول (۷) کاربری‌های اراضی سال ۲۰۱۰ به صورت افقی و کاربری اراضی سال ۲۰۱۶ به صورت عمودی نشان داده شده است و اعداد داخل جدول نشان دهنده میزان تبدیل هر کاربری به کاربری دیگر بر حسب هکتار است.

جدول ۷- میزان تبدیل مساحت کلاس‌ها

نمکزار	اراضی بایر	باغات پسته	مناطق شهری	۲۰۱۶-۲۰۱۰
۷۳,۳۵	۲۹۷,۹۹	۲۷۲,۲۵	۳۰۷۸,۸۱	مناطق شهری
۵۶۹,۷	۶۹۰,۱۲	۱۵۰۶۴,۱۱	۵۰۷,۶۹	باغات پسته
۲۶۷,۱۲	۱۶۳۹,۵۳	۱۷۰,۳۷	۱۴۲,۵۶	اراضی بایر
۲۲۷۳,۱۳	۴۶۷,۴۶	۲۲۴,۲۸	۴۲,۸۱	نمکزار

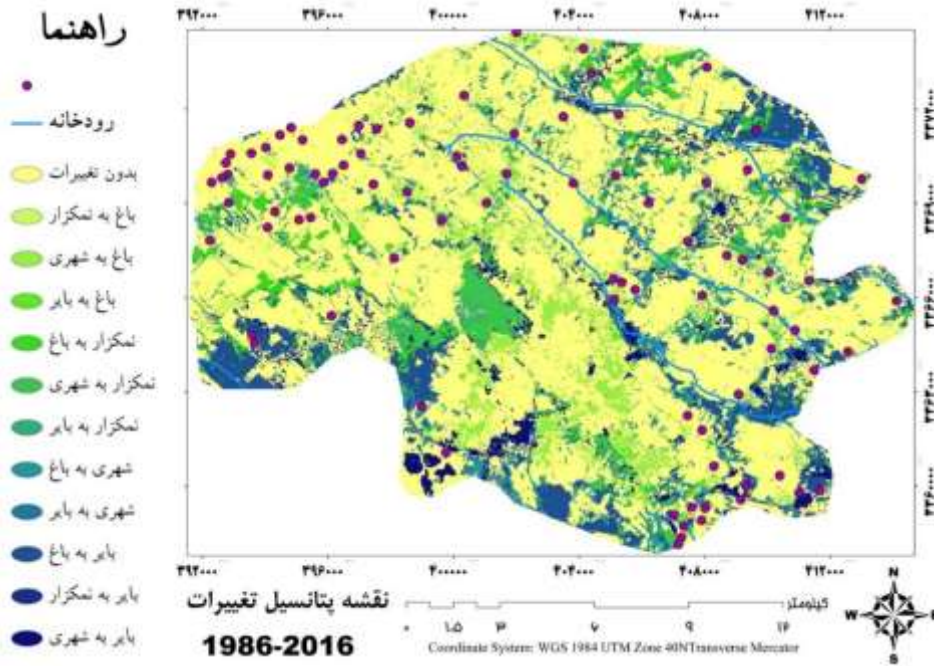
(مأخذ: محاسبات نگارنده)



شکل ۲۵- میزان تغییرات هر کلاس در سال‌های ۲۰۱۰ تا ۲۰۱۶ (ترسیم: نگارنده)

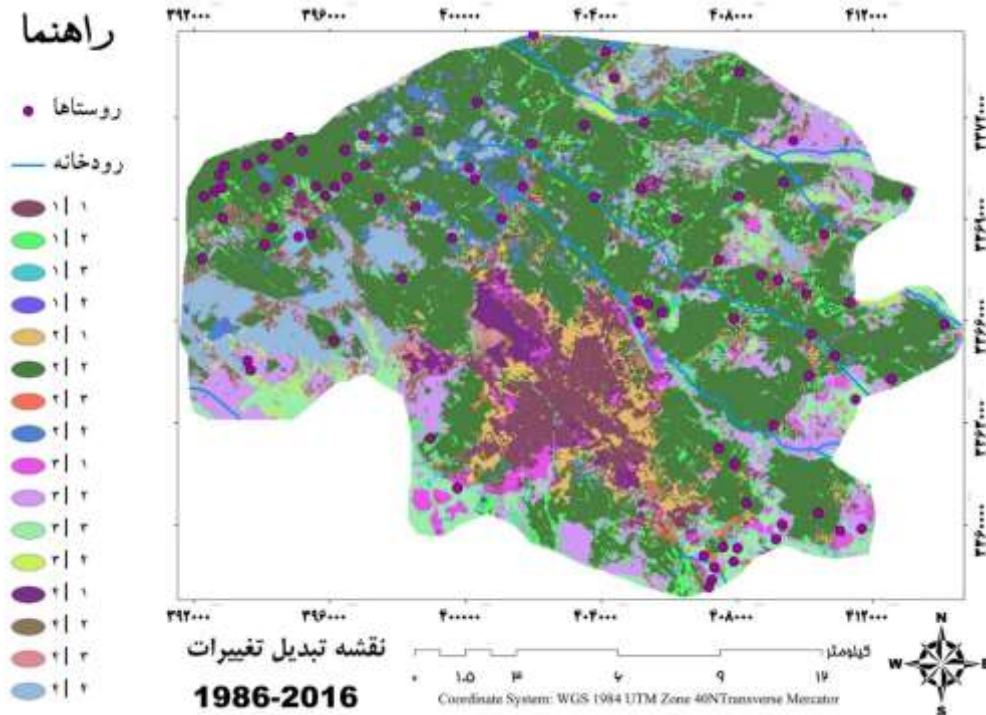
**تغییرات کاربری اراضی دوره ۱۹۸۶-۲۰۱۶****الف) نقشه تغییرات**

شکل ۲۶- نقشه تغییرات کاربری اراضی حاصل از مقایسه نقشه‌های سال ۱۹۸۶ و ۲۰۱۶ را نشان می‌دهد.



شکل ۲۶- نقشه تغییرات کاربری اراضی ۲۰۱۶-۱۹۸۶ (ترسیم: نگارنده)

شکل ۲۷- نقشه تغییرات کاربری اراضی حاصل از مقایسه نقشه‌های سال ۱۹۸۶ و ۲۰۱۶ را نشان می‌دهد.



شکل ۲۷- نقشه پتانسیل تغییرات کاربری اراضی ۲۰۱۶-۱۹۸۶ (ترسیم: نگارنده)

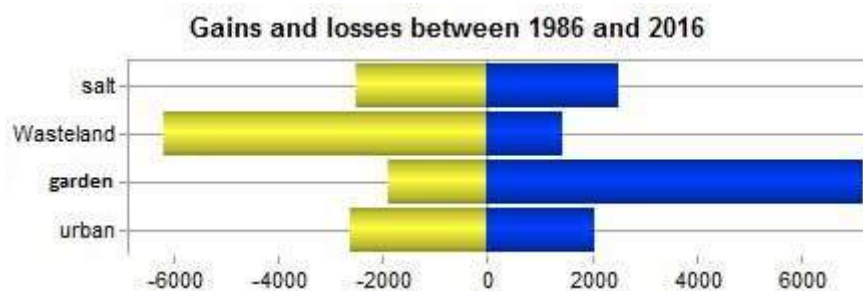
**ب) تغییرات کاربری‌ها**

مساحت تبدیل هر یک از کاربری‌ها در سال‌های ۱۹۸۶ و ۲۰۱۶ در جدول (۸) و شکل (۲۸)، نشان داده شده است. در جدول (۸) کاربری‌های اراضی سال ۱۹۸۶ به صورت افقی و کاربری اراضی سال ۲۰۱۶ به صورت عمودی نشان داده شده است و اعداد داخل جدول نشان دهنده میزان تبدیل هر کاربری به کاربری دیگر بر حسب هکتار است.

جدول ۸- میزان تبدیل مساحت کلاس‌ها

۲۰۱۶-۱۹۸۶	مناطق شهری	باغات پسته	اراضی بایر	نمکزار
مناطق شهری	۱۷۷۳,۲۷	۸۵۴,۵۵	۵۸۴,۰۱	۵۱۰,۵۷
باغات پسته	۱۶۲۰,۴۵	۱۱۶۲۶,۵۶	۲۴۸۹,۶۷	۱۰۹۴,۹۴
اراضی بایر	۲۴۴,۴۴	۳۳۰,۳	۱۳۱۹,۴۹	۳۲۵,۳۵
نمکزار	۲۳۷,۲۵	۴۰۱,۷۴	۴۲۴,۰۸	۱۷۴۷,۶۲

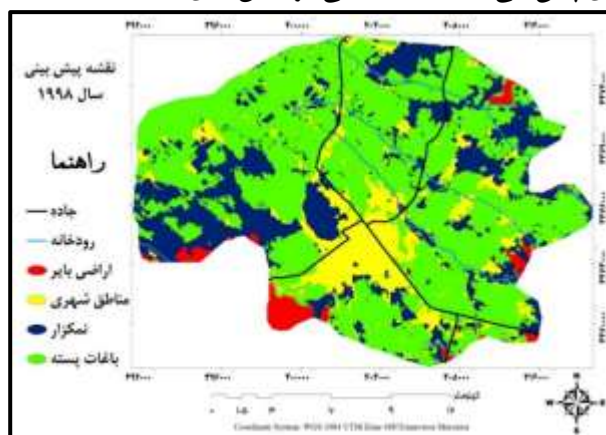
(مأخذ: محاسبات نگارنده)



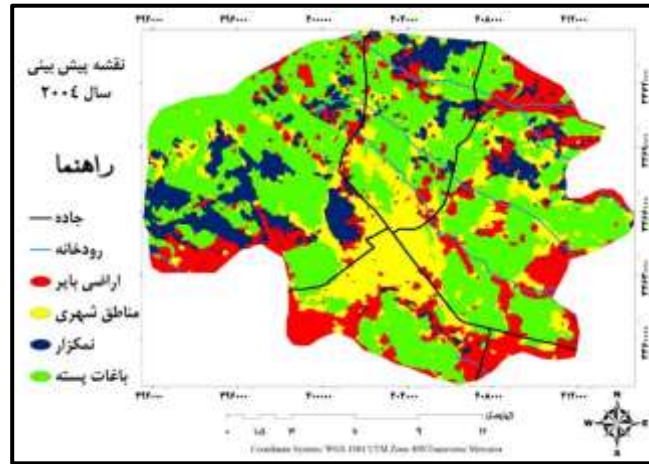
شکل ۲۸- میزان تغییرات هر کلاس در سال‌های ۱۹۸۶ تا ۲۰۱۶ (ترسیم: نگارنده)

**پیش‌بینی نقشه کاربری اراضی**

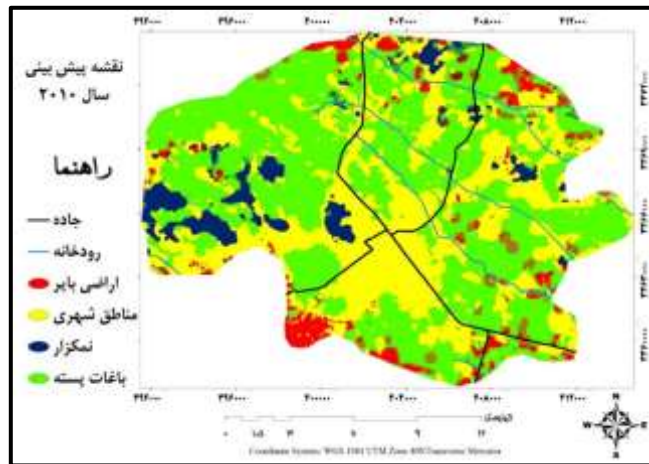
با استفاده از نقشه‌های پتانسیل بدست آمده در مرحله قبل و مشخص نمودن میزان تغییر در هر یک از کاربری‌ها با استفاده از مدل‌ساز تغییرات زمین، نقشه کاربری اراضی سال‌های ۱۹۹۸، ۲۰۰۴، ۲۰۱۰ و ۲۰۱۶ و ۲۰۲۰ با استفاده از مدل شبکه عصبی پیش‌بینی شد که این پیش‌بینی به منظور اندازه‌گیری دقت مدل‌های شبکه عصبی انجام شد که در ادامه نقشه‌های کاربری اراضی پیش‌بینی شده با نقشه‌های کاربری اراضی تولیدشده از کلاس‌بندی مقایسه می‌شود که در زیر نقشه‌های پیش‌بینی شده شبکه عصبی در شکل‌های ۲۹ تا ۳۳ آمده است.



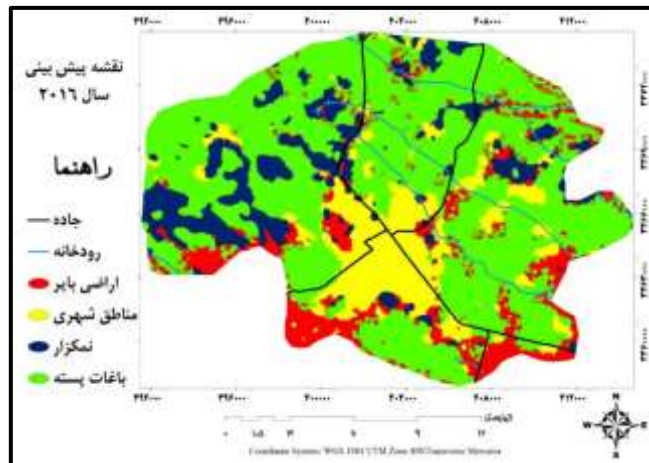
شکل ۲۹- نقشه پیش‌بینی مدل شبکه عصبی مصنوعی سال ۱۹۹۸ (ترسیم: نگارنده)



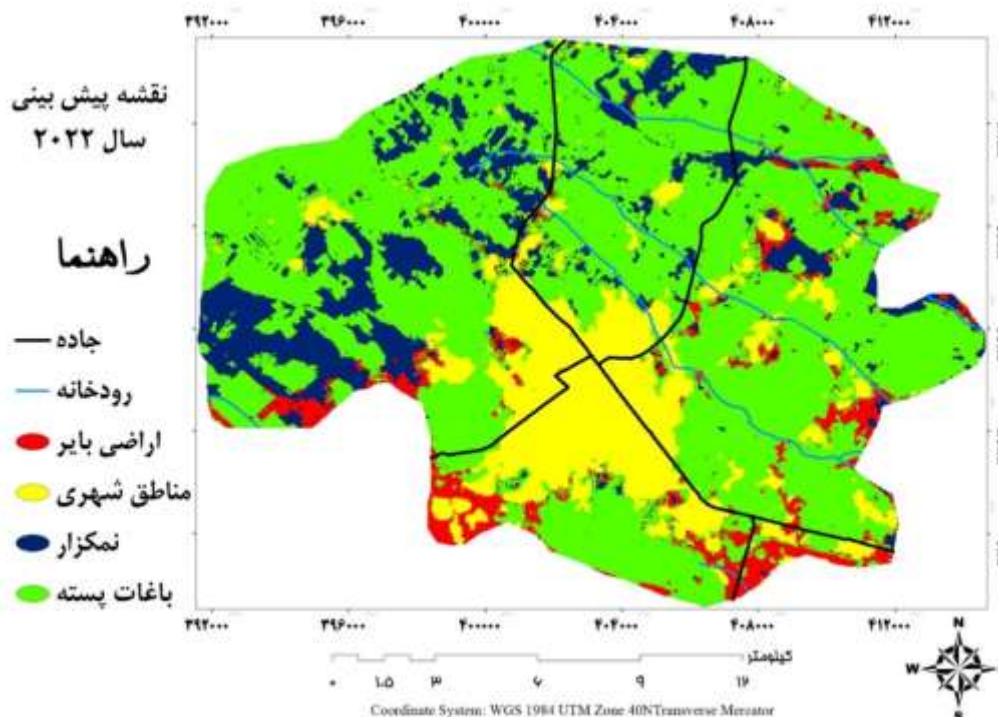
شکل ۳۰- نقشه پیش‌بینی مدل شبکه عصبی مصنوعی سال ۲۰۰۴ (ترسیم: نگارنده)



شکل ۳۱- نقشه پیش‌بینی مدل شبکه عصبی مصنوعی سال ۲۰۱۰ (ترسیم: نگارنده)



شکل ۳۲- نقشه پیش‌بینی مدل شبکه عصبی مصنوعی سال ۲۰۱۶ (ترسیم: نگارنده)



شکل ۳۳- نقشه پیش‌بینی مدل شبکه عصبی مصنوعی سال ۲۰۲۲

### بررسی صحت نقشه پیش‌بینی کاربری اراضی

نتایج ارزیابی مدل در پیش‌بینی تغییرات به دو روش مختلف ارزیابی شد. نتایج مربوط به هر روش به شرح زیر می‌باشد:

#### مقایسه نقشه‌های کاربری پیش‌بینی شده و تولیدشده

جهت بررسی دقیق‌تر و برآورد دقت مدل علاوه بر مقایسه دو نقشه واقعی و پیش‌بینی شده به‌طور کامل، محدوده‌های تغییرات واقعی و پیش‌بینی شده برای هر کاربری به‌صورت مستقل، ارزیابی شد (جدول ۹).

جدول ۹- مقایسه نقشه‌های کاربری پیش‌بینی شده و تولیدشده

سال	شبکه عصبی مصنوعی	
	دقت کلی %	دقت کاپا %
۱۹۹۸	۷۷	۷۴
۲۰۰۴	۸۰	۷۷
۲۰۱۰	۷۸	۷۵
۲۰۱۶	۸۱	۷۸
میانگین	۷۹ درصد	۷۶ درصد

### نتیجه‌گیری

در این تحقیق از نقشه‌های رقومی منطقه برای بررسی تصحیح هندسی تصاویر و همچنین به‌عنوان داده‌های کمکی در تفسیر تصاویر و پیش‌بینی تغییرات، استفاده گردید. پس از تایید کیفیت هندسی و رادیومتری تصاویر با توجه به ویژگی‌های منطقه، کاربری‌های موجود، با روش تفسیر تلفیقی تصاویر هر شش مقطع زمانی به چهار کلاس مناطق شهری، باغات پسته، اراضی بایر و نمکزار با روش بیشترین احتمال طبقه‌بندی شد و پس از اعتبار سنجی میانگین دقت کاپا ۸۳ درصد و میانگین دقت کلی ۸۹ درصد برای شش نقشه کاربری اراضی تولیدشده بدست آمد. پیش‌بینی وضعیت



کاربری اراضی برای سال‌های ۱۹۹۸، ۲۰۰۴، ۲۰۱۰ و ۲۰۱۶ و ۲۰۲۲ با استفاده از نقشه‌های کاربری سال‌های ۱۹۸۶، ۱۹۹۲، ۱۹۹۸، ۲۰۰۴، ۲۰۱۰ و ۲۰۱۶ و به کمک برنامه LCM نرم‌افزار IDRISI انجام شد. این مدل علاوه بر فراهم کردن امکانات متعدد برای آشکارسازی تغییرات، توانست وضعیت کاربری اراضی را در آینده بر پایه مدل‌های شبکه‌های عصبی مصنوعی پیش‌بینی نماید. به این منظور از متغیرهای مکانی فاصله از جاده‌ها، فاصله از رودخانه، ارتفاع و جهت و شیب نیز به عنوان متغیرهای مؤثر بر تغییرات در شبکه عصبی مصنوعی استفاده شد. برای ارزیابی صحت پیش‌بینی مدل علاوه بر مقایسه بصری نقشه کاربری اراضی پیش‌بینی شده با نقشه کاربری اراضی پایان دوره، نقشه‌های کاربری اراضی تولید شده از کلاس بندی و پیش‌بینی شده از مدل‌ها در سال‌های ۱۹۹۸، ۲۰۰۴، ۲۰۱۰، ۲۰۱۶ مقایسه و صحت آن با استفاده از شاخص کاپا ارزیابی شد. نتایج نشان داد میانگین دقت کاپا برای مدل شبکه عصبی ۷۶ درصد بود که نشان‌دهنده هماهنگی بین مقدار و مکان تغییرات واقعی و پیش‌بینی شده و در نتیجه عملکرد نسبتاً خوب برنامه LCM در پیش‌بینی تغییرات کاربری اراضی است.

### پیشنهادها

- بررسی امکان استفاده از دیگر متغیرهای تاثیرگذار مانند اطلاعات اقتصادی- اجتماعی در شبکه‌های عصبی مصنوعی و اعمال این متغیرها در کنار سایر پارامترهای مؤثر در تغییرات کاربری اراضی بخش یک شهرستان رفسنجان.
- شناسایی عوامل جدید و بروز تغییرات کاربری اراضی در منطقه مورد مطالعه با هدف ورود به مدل شبکه عصبی مصنوعی.
- استفاده از مدل LCM در پیش‌بینی تغییرات کاربری اراضی در مناطق نظیر و مقایسه آن با نتایج تحقیق حاضر با هدف دستیابی به یک الگوی یکپارچه زمانی- مکانی.
- ایجاد مرکز رصد تغییرات کاربری اراضی با هدف مدیریت و ساماندهی تغییرات زمانی و مکانی انواع کاربری‌ها.

### منابع

- آرخی، صالح؛ نیازی، یعقوب. (۱۳۸۹). *ارزیابی روش‌های مختلف سنجش‌ازدور برای پیش‌بینی تغییرات کاربری اراضی (مطالعه موردی حوزه دره شهر- استان ایلام)*. تحقیقات مرتع و بیابان ایران، ۱۷(۱).
- احمدی ندوشن، مژگان؛ سفیانیان، علیرضا. (۱۳۸۸). *آشکارسازی و پیش‌بینی تغییرات پوشش اراضی شهر اراک*. مجموعه مقالات همایش ژئوماتیک، سازمان نقشه‌برداری، تهران.
- اصلانی مقدم، ایمان. (۱۳۸۸). *بررسی مدل برداری Cellular Automata به منظور پیش‌بینی تغییرات کاربری اراضی*. کارشناسی ارشد، مهندسی عمران نقشه‌برداری، دانشکده فنی، دانشگاه تهران، ۱۳۸۸.
- بالی، علی. (۱۳۹۱). *استفاده از تکنیک سنجش‌ازدور در مدیریت پایدار تالاب (ارزیابی تغییرات کاربری اراضی حوزه آبخیز تالاب انزلی)*. همایش مدیریت و مهندسی تالاب‌ها، سازمان حفاظت محیط‌زیست، تهران ۱۳۹۱.
- بدری، سید علی؛ خلیل رحمانی، مجید؛ سجاسی قیداری، حسن پور، امید. (۱۳۹۰). *راهبردهای توسعه اکوتوریسم در شهرستان مریوان*. مجله پژوهش‌های روستایی، ۲(۲).
- بخشی، الهام؛ خالوکاکی، رضا. (۱۳۸۹). *کاربرد شبکه‌های عصبی مصنوعی در سنجش‌از دور*. مجموعه مقالات همایش ژئوماتیک، سازمان نقشه‌برداری، تهران.
- رفیعیان، امید. (۱۳۸۲). *بررسی تغییرات گستره جنگل‌های شمال کشور بین سالهای ۷۳ تا ۸۰ با استفاده از تصاویر سنجنده ETM+ (مطالعه موردی در جنگل‌های بابل)*. کارشناسی ارشد، جنگلداری و مدیریت جنگل، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه تهران، ۱۳۸۲.

- زرینی، نیما؛ ناصری، فرزین، رجیبی، محمدعلی؛ عبدالمحمدی، محمدرضا. (۱۳۹۱). *مدل سازی تغییرات شهری با استفاده از خودکاره های سلولی با تلفیق شبکه های عصبی مصنوعی در محیط GIS (منطقه مورد مطالعه: کرمان)*. مجموعه مقالات همایش ژئوماتیک، سازمان نقشه برداری، تهران.
- سرودی، منا؛ جوزی، سیدعلی. (۱۳۹۰). *پیش بینی تغییرات پوشش گیاهی با استفاده از مدل مارکوف (مطالعه موردی: منطقه ۴ شهرداری تهران)*. کاربر سنجش از دور و GIS در علوم منابع طبیعی، ۲(۲).
- سفیانیان، علیرضا؛ محمدی توفیق، الهه؛ خداکرمی، لقمان؛ امیری، فاضل. (۱۳۹۰). *تهیه نقشه کاربری اراضی با استفاده از روش شبکه عصبی مصنوعی (مطالعه موردی: حوزه آبخیز کبودرآهنگ، رزن و خونجین-تلخاب در استان همدان)*. فصلنامه کاربرد سنجش از دور و GIS در علوم منابع طبیعی، ۲(۱).
- شکاری، علی؛ اکبری، الهه. (۱۳۹۲). *پردازش و استخراج اطلاعات از داده های ماهواره ای با استفاده از نرم افزار Envi* انتشارات ماهواره، جلد ۱، ۲۴۰ ص.
- کاظمی، محمد؛ مهدوی، یداله؛ نوحه گر، احمد؛ رضایی، پیمان. (۱۳۹۰). *برآورد تغییرات پوشش و کاربری اراضی با استفاده از تکنیک های سنجش از دور و سیستم اطلاعات جغرافیایی (مطالعه موردی: حوضه آبخیز تنگ بستانک شیراز)*. فصلنامه کاربرد سنجش از دور و GIS در علوم منابع طبیعی، ۲(۱).
- کامیاب، حمیدرضا؛ سلمان ماهینی، عبدالرسول؛ حسینی، سیدمحسن؛ غلامعلی فرد، مهدی. (۱۳۹۰). *کاربرد شبکه های عصبی مصنوعی در مدل سازی توسعه شهری (مطالعه موردی: شهر گرگان)*. پژوهش های جغرافیای انسانی، ۷۶(۲).
- A.I.R. Cabral., M.J. Vasconcelos., D. Oom, R. Sardinha. (2011). *Spatial dynamics and quantification of deforestation in the central-plateau woodlands of Angola (1990–2009)*. Applied Geography, 31, 1185-1193p.
- Campbell, J.B. (2002). *Introduction to Remote Sensing, 3rd Ed.* The Guilford Press, New York. N.Y.622P.
- Easteman, J.R. (2009). *IDRISI Taiga Guide to GIS and Image Processing, Clark University*. Worcester; MA 01610 – 1477 USA. 327p.
- Ingram, J.C., Dawson, T.P., Whittaker, R.J. (2005). *Mapping tropical forest structure in southeastern Madagascar using remote sensing and artificial neural networks*. Remote Sensing of Environment, 94, 491-507p.
- Rajesh, B., Yuji, M. (2006). *Land Use Change Analysis Using Remote Sensing and GIS: A Case Study of Kathmandu Metropolitan*. Nepal. Research Abstracts on Spatial Information Science CSIS DAYS 2006.
- WimGiesen. (2011). *Management Guidelines for Implementation Biodiversity*. Management of wetlands, 2011.