

## بررسی و پیش‌بینی تغییرات پوشش جنگل‌ها با استفاده از طبقه‌بندی شیء گرافازی تصاویر ماهواره‌ای و زنجیره مارکوف، مطالعه موردی: شهرستان رومشکان

رحمان زندی<sup>۱\*</sup>، هزار شهابی<sup>۲</sup>، ابراهیم اکبری<sup>۳</sup>

[R.zandi@hsu.ac.ir](mailto:R.zandi@hsu.ac.ir)

### Investigation and prediction on Forests Covers Changes Using Fuzzy Object-Based Satellite Image Classification and CA-Markov (case study: City of Romeshkan)

Rahman Zandi<sup>1\*</sup>, Hazhar Shahabi<sup>2</sup>, Ebrahim Akbari<sup>3</sup>

1- Assistant Professor, Faculty of Geography and Environmental Sciences, University of Hakim Sabzevari, Sabzevar, Iran  
2- Lecturer, University of Tabriz, Tabriz  
3- Lecturer, Ferdowsi University, Mashhad

#### Abstract

Forest is a valuable heritage and one of the important factors in the ecosystem of each area that in addition to using and exploiting them, they should be preserved. Zagros' forests, especially in Lorestan province due to negligence have been destroyed throughout past years. The aim of this research is to investigation, detect and modeling Romeshkan's forests' cover changes. To do this, first changes that were taken place between 1987-2017 were extracted by satellite Landsat images and using Fuzzy Object-Based classification method, then, were classified in 5 classes (Agriculture, Forest, Range, water and Residential). Finally, classification results show that there is a sharp decrease of forested areas (81.17 km<sup>2</sup>) and an increase of Range and Farmlands over past 30 years in the forest area. In a period of 1987-2002 forest cover of the study area had not faced major changes, but most of the rangelands turned to farmlands. While in the second period from 2002 onwards forest cover dramatically dipped and its area decreased from 122.58 km<sup>2</sup> to 43.42 km<sup>2</sup> in 2017, which the rate of forest covers decrement was around 79.16 km<sup>2</sup>. Moreover, in order to predict forest cover changes in the future CA-Markov model was applied that indicates 10.70% of current forest covers will be reduced in 2030, and the main changes will be occurred between forest classes to farmlands and rangelands classes by 6.901 and 9.172 km<sup>2</sup>, respectively.

**Keywords:** Forest cover, Object-Based image classification, CA-Markov, Landsat, Romeshkan

#### چکیده

جنگل‌ها میراثی گران‌بها و یکی از عوامل مهم در اکوسیستم هر منطقه می‌باشند که علاوه بر استفاده و بهره‌برداری از آن‌ها، در حفاظت و صیانت‌شان نیز باید اقدامات اساسی صورت گیرد. جنگل‌های زاگرس، به‌ویژه در استان لرستان، طی سالیان گذشته، در اثر بی‌توجهی روبه‌زوال نهاده و چهره متفاوتی به خود گرفته‌اند. هدف این تحقیق بررسی، آشکارسازی و مدل‌سازی آینده تغییرات پوشش جنگل‌های شهرستان رومشکان می‌باشد. بدین منظور ابتدا تغییر کاربری‌های صورت گرفته بین سال‌های ۱۹۸۷ و ۲۰۱۷ با استفاده از تصاویر لندست و تکنیک طبقه‌بندی فازی شیء‌پایه استخراج شد، و به کلاس‌های (کشاورزی، جنگل، مرتع، عوارض آبی، مسکونی) طبقه‌بندی شدند. نتایج حاصل در طول سی سال کاهش شدید (۸۱/۱۷ کیلومتر مربع) مناطق جنگلی و افزایش اراضی کشاورزی و مرتع در مناطق جنگلی را نشان می‌دهد. در بازه زمانی ۱۹۸۷-۲۰۰۲ جنگل‌ها دچار تغییرات خاصی نشده و عمده تغییرات شامل گسترش طبقه کشاورزی در مراتع بوده است. در بازه دوم از سال ۲۰۰۲ به بعد پوشش جنگل‌ها دچار کاهش شدید شده و مساحت آن‌ها از ۱۲۲/۵۸ به ۴۳/۴۲ کیلومتر مربع در سال ۲۰۱۷ رسیده است که ۷۹/۱۶ کیلومتر مربع کاهش نشان داد. در ادامه برای پیش‌بینی روند تغییرات از زنجیره مارکوف استفاده شد که با توجه به نتایج پیش‌بینی زنجیره مارکوف در سال ۲۰۳۰، در نواحی جنگلی تغییراتی معادل ۱۰/۷۰ درصد اتفاق خواهد افتاد و عمده تغییرات مربوط به تغییر کاربری از کلاس جنگل به کلاس‌های کشاورزی و مرتع به ترتیب با ۶/۹۰۱ و ۹/۱۷۲ کیلومتر مربع خواهد بود.

**کلید واژه‌ها:** پوشش جنگلی، طبقه‌بندی شیء‌پایه تصاویر، CA مارکوف، لندست، رومشکان

۱- استادیار، دانشکده ی جغرافیا و علوم محیطی، دانشگاه حکیم سبزواری، سبزوار

۲- مربی، دانشگاه تبریز، تبریز

۳- مربی، دانشگاه فردوسی، مشهد

## مقدمه

آگاهی از نوع و درصد کاربری و پوشش‌های مختلف، نیازی بنیادی جهت شناخت و مدیریت یک منطقه است (Aslami, 2014). یکی از منابع اطلاعات مؤثر، مفید و قابل کاربرد در شناسایی پوشش‌های زمین و تغییرات آن، داده‌های سنجش‌ازدور است (Ziaei et al., 2009; Niazi et al., 2010). در این میان تصاویر دوره‌ای ماهواره لندست یکی از مهم‌ترین منابع داده‌ها برای مطالعه انواع مختلف تغییر کاربری و پوشش اراضی، از قبیل جنگل‌زدایی، افزایش و گسترش کشاورزی، رشد شهری (Heydarian et al., 2014; Mirzaei Zadeh et al., 2015) است. استخراج اطلاعات از تصاویر ماهواره‌ای به‌وسیله طبقه‌بندی از پرکاربردترین روش‌های موجود است (Sang et al., 2011) و از آنجاکه داده‌های سنجش‌ازدور به‌سادگی در محیط GIS وارد می‌شود، به سادگی می‌توان از آن به‌طور گسترده در مدل‌سازی GIS استفاده کرد (Heydarian et al., 2014). مدل‌سازی یکی از روش‌های تجزیه و تحلیل پویایی نظام کاربری اراضی است، که با استفاده از آن، چارچوب علمی آنالیز ابزارهای تغییر کاربری اراضی از حالت توصیفی به سمت کمی تغییر پیدا می‌کند (Costanza et al., 1998). مدل‌هایی که برای پیش‌بینی تغییرات کاربری اراضی مورد استفاده قرار می‌گیرند، ابزارهای مفید، تکرارپذیر و مکمل توانایی‌های ذهنی موجود ما در تجزیه و تحلیل تغییر کاربری اراضی و تصمیم‌گیری آگاهانه‌تر هستند (Chen et al., 2009; Verburg et al., 2002).

در دهه‌های اخیر استفاده از فن دورسنجی به‌منظور پایش تغییرات مورد توجه قرار گرفته و تحقیقات متعددی در این زمینه در ایران و جهان اجرا شده است. Kazemi و همکاران (2011) در مطالعه‌ای به‌منظور برآورد تغییرات پوشش و کاربری اراضی با استفاده از تکنیک RS و GIS در حوزه آبخیز تنک بستانک شیراز از داده‌ها و تصاویر ماهواره‌ای Landsat و IRS در بازه زمانی ۱۹۸۸ تا ۲۰۰۵ استفاده کردند و نتایج نشان داد که اراضی بایر و دیم‌زارها افزایش و در مقابل جنگل با زیراشکوب مرتع متوسط کاهش یافته است. Wijanarto (2006) در سال ۲۰۰۶ در پژوهشی با استفاده از تصاویر سال‌های ۲۰۰۰ و ۲۰۰۱ و نیز مدل پیش‌بینی مارکوف به بررسی تغییر ساختار سرزمین منطقه‌ای در اندونزی پرداختند،

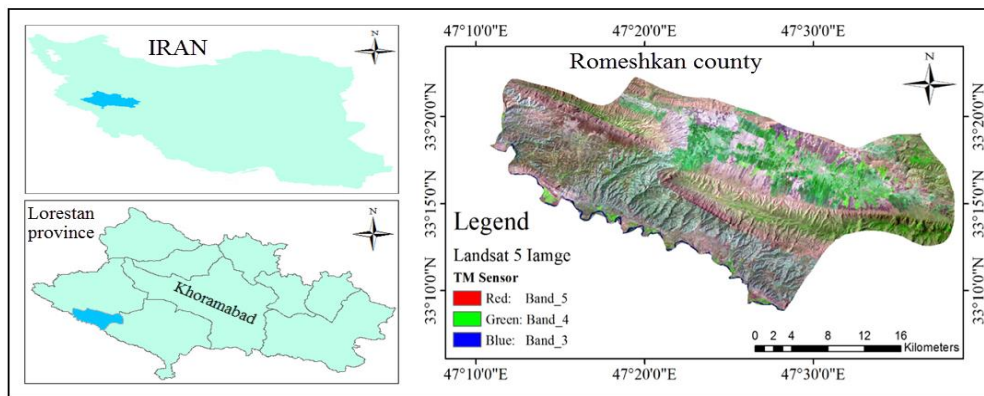
نتایج حاصل از این تحقیق نشان داد که تعداد بسیار زیادی از لکه‌های جنگل در حال کاهش و تبدیل به دوطبقه شالیزار و مناطق مسکونی هستند. در پژوهشی Miranda و همکاران (2012) اقدام به مدل‌سازی مناطق مستعد تغییر پوشش جنگلی با استفاده از رگرسیون لجستیک در جنگل‌های بارانی شمال مکزیک نمودند، نتایج حاصله نشان داد که منطقه مورد مطالعه به‌شدت مستعد تغییر پوشش جنگلی و کاربری زمین است و افزایش روزافزون جمعیت را عامل اصلی تغییر پوشش جنگلی بیان کرده‌اند. در خصوص پردازش شیء‌پایه Feizizadeh و همکاران (2016)، در تحقیقی به شناسایی پهنه‌های مستعد طوفان‌های نمکی دریاچه ارومیه با استفاده از پردازش شیء‌پایه فازی تصاویر ماهواره‌ای پرداختند. نتایج این تحقیق نشان داد که مساحت آبی دریاچه ارومیه از ۳۱۲۰/۶ کیلومتر مربع در سال ۲۰۱۰ به کمترین حد میزان مساحت خود؛ یعنی ۸۸۷/۴۶ کیلومتر مربع در سال ۲۰۱۴ کاهش یافت و بعد از آن با روند افزایشی چشمگیر، به ۲۴۷۵/۸ کیلومتر مربع رسید که یکی از دلایل این افزایش، بارش باران در اواخر زمستان ۱۳۹۴ و بهار ۱۳۹۵ بوده است. Rostam zadeh و همکاران (2017)، به آشکارسازی تغییرات جنگل‌های بلوط شمال استان ایلام با استفاده از طبقه‌بندی شیء‌پایه تصاویر چندزمانه لندست پرداختند. نتایج حاصل نشان داد که در تمام دهستان‌های شمال استان پدیده جنگل‌زدایی رخ داده و میزان تغییرات کاهشی نسبت به سال ۱۳۶۶ به میزان ۴۲ درصد بوده است. در خصوص پیش‌بینی تغییرات کاربری/پوشش اراضی در آینده Sohl و Claggety (2013)، Amin naboureh و همکاران (2017) با استفاده از روش طبقه‌بندی شیء‌گرا و مدل CA-Markov به مدل‌سازی پرداختند که نتایج نهایی پردازش، نشان از قابلیت بالای روش طبقه‌بندی شیء‌گرا و مدل مارکوف در پیش‌بینی تغییرات در آینده داشت. هدف تحقیق حاضر بررسی تغییرات پوشش جنگل‌های شهرستان رومشکان و پیش‌بینی آن با استفاده از روش فازی شیء‌پایه طبقه‌بندی و مدل مارکوف است و نیز پاسخ به این سوال که کدام عمل بیشترین سهم را در تخریب جنگل‌ها داشته است؟

## مواد و روش‌ها

منطقه مورد مطالعه شامل جنگل‌های شهرستان رومشکان در غرب استان لرستان واقع شده است. محدوده مطالعاتی موردنظر طبق آخرین تقسیم‌بندی سیاسی بین سه شهرستان کوه‌دشت،

رشته‌کوه‌های زاگرس ادامه می‌یابد. شهرستان رومیشکان به عنوان یکی از شهرستان‌های زاگرس میانی، با داشتن رویشگاه مناسبی از درختان جنگلی با غالبیت بلوط ایرانی (Quercus persica) و پسته وحشی و داشتن گونه‌های منحصربه‌فرد لرگ، زالک، گللابی وحشی، آلبالوی وحشی، انواع بادام کیکم، زبان گنجشک، نارون و مو وحشی و نظایر آن مطرح بود و به‌طور کلی با وابستگی معیشت غالب مردم آن به جنگل‌ها و مراتع اهمیت خاصی پیدا می‌کند.

پلدختر، دره‌شهر قرار گرفته است و مساحت آن نیز ۵۶۴ کیلومتر مربع می‌باشد. این منطقه از نظر جغرافیایی، بین ۳۳ درجه و ۸ دقیقه تا ۳۳ درجه و ۲۲ دقیقه عرضی شمالی و ۴۷ درجه و ۱۰ دقیقه تا ۴۷ درجه و ۳۷ دقیقه طول شرقی از نصف‌النهار گرینویچ قرار گرفته است. ارتفاع متوسط منطقه مورد مطالعه ۱۷۱۶ متر از سطح دریاهای آزاد است. محدوده جنگل‌های استان لرستان از ارتفاع ۷۰۰ متر از سطح دریا در منطقه کرکی از توابع شهرستان پلدختر واقع در مرز لرستان و خوزستان شروع شده و تا ارتفاع ۳۵۰۰ متری از سطح دریا در



شکل ۱- منطقه مورد مطالعه

در این تحقیق از تصاویر ماهواره‌ای لندست، سال‌های ۱۹۸۷، ۲۰۰۲ و ۲۰۱۷ استفاده شده است که به شرح جدول (۱) است.

جدول ۱- مشخصات تصاویر ماهواره‌ای اخذ شده

ماهواره Setallite	سنجنده sensor	گذر pass	ردیف row	تاریخ date	تفکیک مکانی (متر) spatial resolution
لندست ۵ Landsat 5	TM	167	37	1987.05.31	30
لندست ۷ Landsat 7	ETM+	167	37	2002.04.30	30
لندست ۸ Landsat 8	OLI	167	37	2017.05.01	30

• آماده‌سازی تصاویر و اعمال تصحیحات اتمسفری  
 اتمسفر همواره به‌عنوان یکی از عوامل اثرگذار در سنجنش از دور بوده و به خاطر عملکرد آن ارزش عددی هر پیکسل در تصاویر حاصل از سنجنش از دور ثبت واقعی تابندگی پدیده‌های سطح زمین نیست. زیرا بر اثر جذب، علامت‌ها تضعیف شده و یا اینکه بر اثر پراکنش مسیر آن تغییر می‌کند. فن کاهش ارزش عددی پیکسل‌های تیره، بر این اصول استوار است که کمترین ارزش عددی یک پیکسل، در هر باند بایستی صفر باشد، و ارزش رادیومتری هر پیکسل نتیجه‌ای است که از خطای اتمسفری حاصل شده است (Chavez, 1988; Blaschke and

Feizizadeh, 2012) بنابراین اگر ارزش عددی تعریف شده برای پیکسل‌ها بر اثر خطای اتمسفری از تمامی پیکسل‌ها کسر گردد، در واقع نسبت به تصحیحات اتمسفری اقدام شده است، در این تحقیق از این روش برای تصحیحات اتمسفری استفاده شد.

#### • پردازش تصویر شی‌پایه

پردازش شی‌پایه تصاویر ماهواره‌ای به‌عنوان رویکردی نوین در سنجنش‌ازدور شناخته می‌شود و استفاده تلفیقی از اطلاعات طیفی و مکانی در پردازش تصاویر ماهواره‌ای را مدنظر قرار می‌دهد (Blaschke et al. 2000). در فرایند پردازش شی‌

روش در ادغام دو تصویر در زمان‌های مختلف معمولاً ابعاد شیء‌ها مقایسه حساس است، این مسئله براساس طبقه‌بندی شیء‌گرا حل گردید.

• **قطعه‌بندی تصاویر**

قطعه‌بندی اولین و مهم‌ترین مرحله، در تبدیل تصویر به واحدهای تصویری مجزا است (Huang et al., 2008). سگمنت به معنی گروهی از پیکسل‌های همسایه در داخل یک ناحیه است که شباهت (نظیر ارزش عددی و بافت) مهم‌ترین معیار مشترک آن‌ها است (Blaschke et al., 2000). شیء (سگمنت)‌های تصویری حاصل از فرایند قطعه‌بندی، مبنای طبقه‌بندی شیء‌پایه هستند و آن‌ها دارای حجم زیادی از مشخصات و خصیصه‌های پدیده‌های زمینی و متناظرشان در سطح تصویر می‌باشند و هرچه قدر این فرایند با دقت بیشتری انجام گیرد، مستقیماً در کیفیت طبقه‌بندی شیء‌پایه تأثیر خواهد داشت (Yan, 2003). در طول فرایند قطعه‌بندی، تمام تصویر قطعه‌بندی شده و شیء‌های تصویری براساس معیار همگنی در رنگ و شکل تولید می‌شوند (Ranjbar and Honarmand, 2004). در جدول ۲ پارامترهای قطعه‌بندی و آستانه‌های استفاده شده برای هر تصویر به تفکیک ارائه شده است. با بررسی منحنی انعکاس طیفی و همچنین ارزیابی هیستوگرام همبستگی نوارها، ترکیب باندی ۳، ۴، ۵ برای طبقه‌بندی و تعیین نمونه‌های آموزشی انتخاب شد. وزن‌ها برای باندهای مختلف با تحلیل رفتار عوارض در باند مختلف مطابق جدول (۲) انتخاب شد. با توجه به اینکه هدف اصلی تحقیق بررسی تغییرات صورت گرفته در طبقه جنگل است، بنابراین براساس این موارد وزن ۲ برای باند قرمز، مادون قرمز نزدیک و شاخص NDVI تعیین شده که علت این انتخاب عملکرد این باندها در پوشش‌های گیاهی و جنگلی است.

$$NDVI = \frac{Nir - Red}{Nir + Red} \quad (۱)$$

پایه اطلاعات فیزیکی، محیطی، شکل و الگو مورد استفاده قرار می‌گیرد تا خطاهای ناشی از شباهت طیفی در پردازش پیکسل پایه به حداقل رسیده و نیز موجبات افزایش دقت فراهم شود (Lillesand, 2001). بسیاری از روش‌های طبقه‌بندی عموماً اطلاعات طیفی موجود در باندهای تصویر را استفاده می‌کنند. در این روش‌ها انتظار آن است که پیکسل با درجه روشنایی بیشتر یا کمتر در فضای چند طیفی در خوشه‌هایی متناسب با انواع پوشش زمینی گروه‌بندی شود (Eastman, 2006). براساس تحقیقات انجام شده این روش‌ها توانایی محدودی در جدا کردن طبقه‌هایی که اطلاعات طیفی مشابهی داشته و در هم ادغام می‌شوند، دارد (Chen et al., 2009; Goa et al., 2009). در مقایسه با پردازش پیکسل پایه، روش شیء‌پایه تصاویر را به صورت شیء‌هایی معنی‌دار که مطابق با ماهیت زمینی آن‌ها است در نظر می‌گیرد (Blaschke et al., 2000; Kazemi et al., 2011). در پردازش تصاویر پیکسل پایه مبنای پردازش براساس ارزش عددی پیکسل در باندهای مختلف است، در حالی که پردازش شیء‌پایه تنها متکی بر ارزش پیکسل‌ها نیست و مواردی چون بافت، تن، شکل و سایر عواملی که بتواند در جداسازی و عوارض کمک کند را در طبقه‌بندی دخالت می‌دهد چرا که در این روش تصویر براساس پارامترهای طیفی، فیزیکی و هندسی پدیده‌های زمینی ثبت شده بر روی تصویر قطعه‌بندی می‌شود و واحد پردازش تصاویر از پیکسل به پدیده‌های تصویری یا قطعه تغییر می‌یابد و در نتیجه با پردازش جامع‌تر این اطلاعات، اشیاء و پدیده‌های دنیای واقعی با دقت بالایی استخراج خواهد شد (Feizizadeh and Helali., 2010). توانایی بالای روش‌های پردازش شیء‌پایه امکان استخراج دقیق‌تر پدیده را فراهم آورده و مبنای مناسبی را برای پایش تغییرات خصوصاً مدیریت مخاطرات محیطی نظیر آشکارسازی تغییرات تالاب‌ها و آب‌گرفتگی و سیلاب‌ها فراهم می‌آورد (Gilmore et al., 2008). با توجه به اینکه در این

جدول ۲- معیار و پارامترهای فرآیند قطعه‌بندی تصاویر

Image 2016 (OLI)	Image 2001 (ETM+)	Image 1986 (TM)	معیار criteria
34	11	12	مقیاس scale
0.4	0.3	0.6	ضریب تراکم compactness factor
0.5	0.5	0.4	ضریب شکل shape factor
b2=2, b3=2 b4=2, b5=2 b6=1, b7=1, NDVI=2	b1=2, b2=1 b3=2, b4=2 b5=1, b7=0, NDVI=2	b1=2, b2=2 b3=2, b4=2 b5=1, b7=1, NDVI=2	وزن‌های باندی bands weights

معرفی شد، که براساس این نمونه تمامی شیء‌های موجود را به طبقه‌های مربوطه معرفی گردید.

• طبقه‌بندی کننده فازی

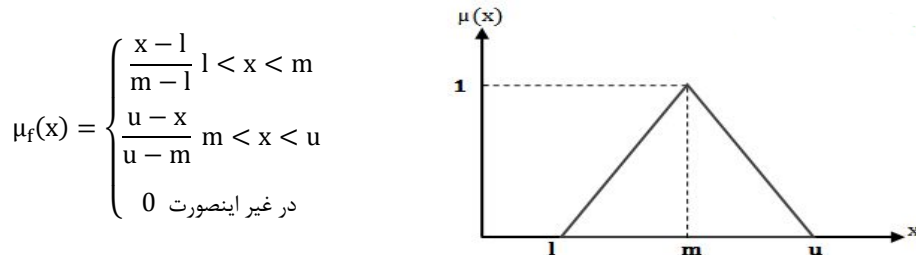
در این راستا برای طبقه‌بندی فازی، از روش فازی مثلثی برای محاسبه درجه هر کلاس استفاده شد. طبقه‌بندی فازی تکنیکی است که ارزش عددی عوارض را به ارزش فازی بین صفر و یک با درجه عضویت مشخص برای هر طبقه تبدیل می‌کند. تبدیل ارزش عددی عوارض به ارزش فازی اجازه همگن‌سازی و ترکیب عوارض در دامنه‌های متفاوت را فراهم می‌آورد. طبقه‌بندی فازی در نرم‌افزار eCognition 9.0.1 به توجه به معیارهایی است که مفسر برای هر طبقه مشخص می‌کند، انجام خواهد گرفت. این معیارها می‌تواند شامل ارزش عددی قطعه‌ها یا ویژگی‌های چشمی نظیر (بافت، تن، رنگ) باشد و اختصاص درجه عضویت به هر یک از عوارض با توجه با تابع فازی است. در تحقیق حاضر علاوه بر مقادیر باندهای مختلف از شاخص دیگری به نام NDVI جهت افزایش دقت و کیفیت طبقه‌بندی و نیز از الگوریتم‌های فازی AND و OR استفاده شده است.

در جدول (۲) ضریب تراکم نشان‌دهنده فشردگی و متراکم بودن عارضه، ضریب شکل بیان‌کننده معیار شباهت به عوارض هندسی است و در خصوص وزن‌های باندها، به هر باندها که عوارض بیشترین تغییر ارزش عددی را در آن محدوده باندها داشته باشند وزن بیشتر تعلق می‌گیرد. لازم به ذکر است که ضریب فوق تجربی بوده و با تکرار قطعه‌بندی بهترین ضریب و وزن به دست می‌آید (Feizizadeh and Helali., 2010).

• شیء‌های نمونه آموزشی

طبقه‌بندی شیء‌گرا نیز همانند طبقه‌بندی‌های نظارت شده در روش پیکسل پایه نیازمند نمونه‌های تمرینی یا آموزشی است. برخلاف طبقه‌بندی پیکسل پایه، طبقه‌بندی با الگوریتم نزدیک‌ترین همسایه در روش شیء‌گرا نیازمند نمونه‌های آموزشی کمتری است چون هنگامی که یک شیء تصویری به‌عنوان نمونه آموزشی انتخاب می‌شود، آن شیء خود پیکسل‌های متعددی را پوشش می‌دهد. در تحقیق حاضر نمونه‌های آموزشی با بازدید میدانی و نیز از تصاویر Google Earth جمع‌آوری شده و شیء‌های متناظر (جنگل‌ها، مناطق مسکونی، آب و مناطق بایر) بر روی تصاویر مربوطه به‌عنوان نمونه آموزشی به نرم‌افزار

رابطه (۲) معادله فازی‌سازی مثلثی

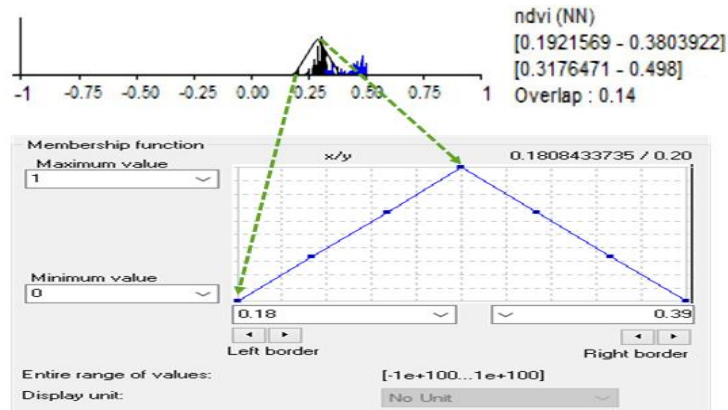


شکل ۲- نمایش تابع فازی مثلثی

عددی است. لازم به ذکر است که الگوریتم فازی بر روی شاخص‌ها و باندهایی اعمال شده است که کمترین همپوشانی (Overlap) را از نظر میزان ارزش عددی با یکدیگر دارند. در کلاس جنگل همان‌طور که در شکل ۳ نیز مشهود است، میزان همپوشانی کلاس جنگل با کلاس کشاورزی در حدود ۱۴ درصد است که دارای کمترین میزان همپوشانی نسبت سایر شاخص و باندها است.

در تحقیق حاضر از تابع فازی مثلثی برای همه کلاس‌ها استفاده شده است که در محیط فازی نرم‌افزار eCognition نیز این تابع معرفی شد. لازم به ذکر است که حد آستانه‌های جدول ۳ به‌صورت تجربی و با مشاهده بیشترین و کمترین مقدار هر یک از شاخص‌ها در نمونه‌های معرفی شده برای طبقه‌بندی انتخاب شده‌اند.

با وارد کردن آستانه‌ها تابع فازی مثلثی به قسمتی از شاخص NDVI محدود می‌شود که کلاس جنگل دارای بیشترین ارزش



شکل ۳- نمایش تابع فازی مثلثی کلاس جنگل در محیط نرم افزار eCognition

جدول ۳- الگوریتم و آستانه‌های طبقه‌بندی فازی

شاخص‌های طیفی و میانگین باندهای Spectral indices and band mean					آستانه Threshold
Blue	NDVI	NDVI	NDVI	NDVI	
0.14 < T > 0.26	T < - 0.15	0.04 < T > 0.14	0.14 < T > 0.30	T > 0.3	1987
0.19 < T > 0.33	T < - 0.17	0.09 < T > 0.19	0.19 < T > 0.38	T > 0.38	2002
0.18 < T > 0.32	T < - 0.16	0.10 < T > 0.16	0.18 < T > 0.39	T > 0.39	2017
AND (min)	OR (max)	AND (min)	AND (min)	AND (min)	fuzzy algorithms
مسکونی residential	آب water	مرتع pasture	جنگل forest	کشاورزی farmlands	کلاس class

• ارزیابی صحت طبقه‌بندی

هیچ طبقه‌بندی تا زمانی که دقت آن مورد ارزیابی قرار نگرفته است تکمیل نیست و برای کسب اطمینان از نسبت صحت تصویر طبقه‌بندی شده دقت آن باید مورد ارزیابی قرار گیرد (Glimore et al., 2008). دقت طبقه‌بندی بیانگر سطح اعتماد به نقشه استخراج شده می‌باشد (Wijanarto, 2006). مدل‌های ارزیابی دقت در طبقه‌بندی شیء‌گرا بیشتر از روش‌های طبقه‌بندی پیکسل پایه است که این مدل‌ها شامل ضریب دقت کلی، ضریب کاپا، ماتریس خطا، پایداری طبقه‌بندی و همچنین نتیجه بهترین طبقه‌بندی است (Yan, 2003). ارزیابی دقت طبقه‌بندی در روش شیء‌پایه همانند روش پیکسل پایه است که به جای تعداد پیکسل‌ها تعداد شیء‌ها در معادله ارزیابی دقت طبقه‌بندی لحاظ می‌شود (Feizizadeh and Helali, 2010).

یافته‌های پژوهش

در این پژوهش جهت ارزیابی دقت نمونه‌هایی که برای ارزیابی دقت طبقه‌بندی مشخص شده بود، از نرم‌افزار eCognition 9.0.1 معرفی شد. نتیجه حاصل از ارزیابی خطای طبقه‌بندی به شرح جدول (۴) است. دقت ارزیابی‌ها براساس شاخص کاپا نشان می‌دهد که طبقه‌بندی با دقت زیادی انجام گرفته است. علت این دقت زیاد استفاده از معیارهای نظیر شکل، بافت، رنگ، بافت و الگو عوارض در طبقه‌بندی است که ابهام در مورد ماهیت عوارض را کاهش می‌دهد. این یافته‌ها براساس نتایج شاخص صحت‌سنجی کاپا می‌باشد.

جدول ۴- ضرایب خطای کلی و کاپا طبقه‌بندی

2017	2002	1987	تصویر Image
92.4	91.0	84.0	دقت کلی Overall accuracy
0.9	0.88	0.82	کاپا Kappa

$$P_{ij} = \begin{matrix} P_{11} & P_{12} & \dots & P_{1n} \\ P_{21} & P_{22} & \dots & P_{2n} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ P_{n1} & P_{n2} & \dots & P_{nn} \end{matrix}$$

رابطه (۴)

جدول ۵- نتایج طبقه‌بندی شیء پایه (کیلومتر مربع)

1987	2002	2017	کلاس class
106.44	141.84	174.79	کشاورزی Farmlands
124.59	122.58	43.42	جنگل Forest
318.65	292.25	325.19	مراتع Range
4.67	2.45	3.55	عوارض آبی Water
2.74	5.81	17.99	مسکونی Residential

است که ۳۳/۸۱ کیلومتر مربع از مرتع تبدیل به اراضی کشاورزی شده که در قسمت ستون کشاورزی نیز ذکر شده است ۳۳/۸۱ کیلومتر مربع از مساحت مرتع به اراضی کشاورزی تغییر کاربری داده شده است). در این بازه زمانی بیشترین تغییر مساحت جنگل ۶/۰۵ کیلومتر مربع بوده که به مرتع تغییر پوشش داده است.

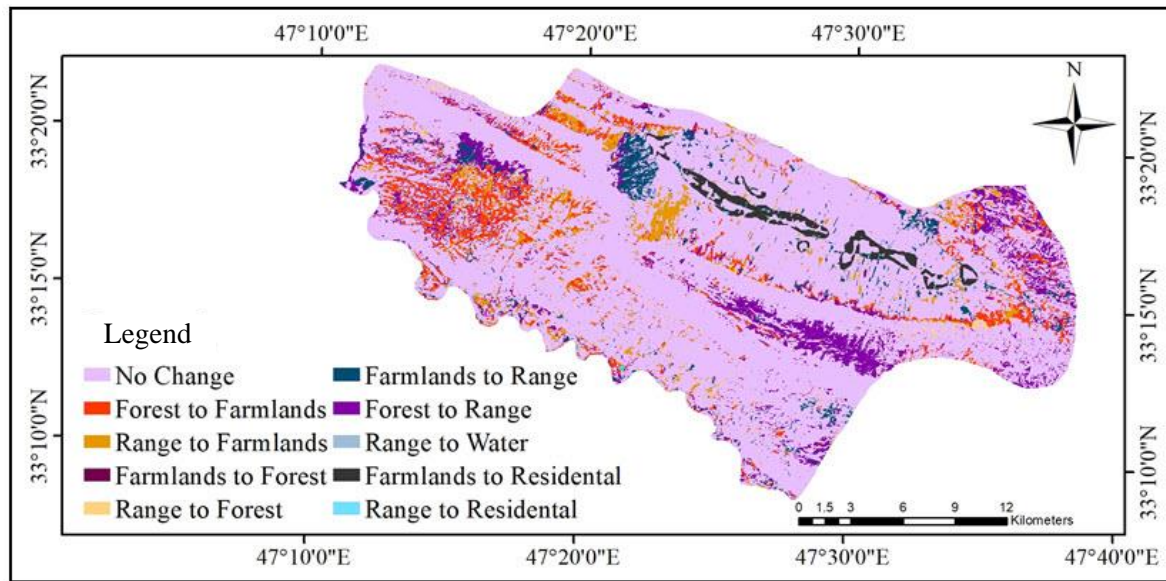
در دوره ۱۹۸۷-۲۰۰۲ بیشترین تغییر کاربری مرتع به کشاورزی با ۳۳/۸۱ کیلومتر مربع بوده و در طول این مدت ۳/۲۵ کیلومتر مربع از اراضی کشاورزی به دلایلی نظیر عدم ارزش اقتصادی کافی، محصول کم و بی‌کیفیت و سایر عوامل دیگر به کلاس جنگل افزوده شده است همچنین نزدیک به دو کیلومتر مربع از اراضی کشاورزی به کلاس مسکونی تغییر کاربری داده است (مقادیر منفی برای مثال نشان دهنده این

جدول ۶- تغییرات کاربری‌ها در ۱۹۸۷-۲۰۱۷ (کیلومتر مربع)

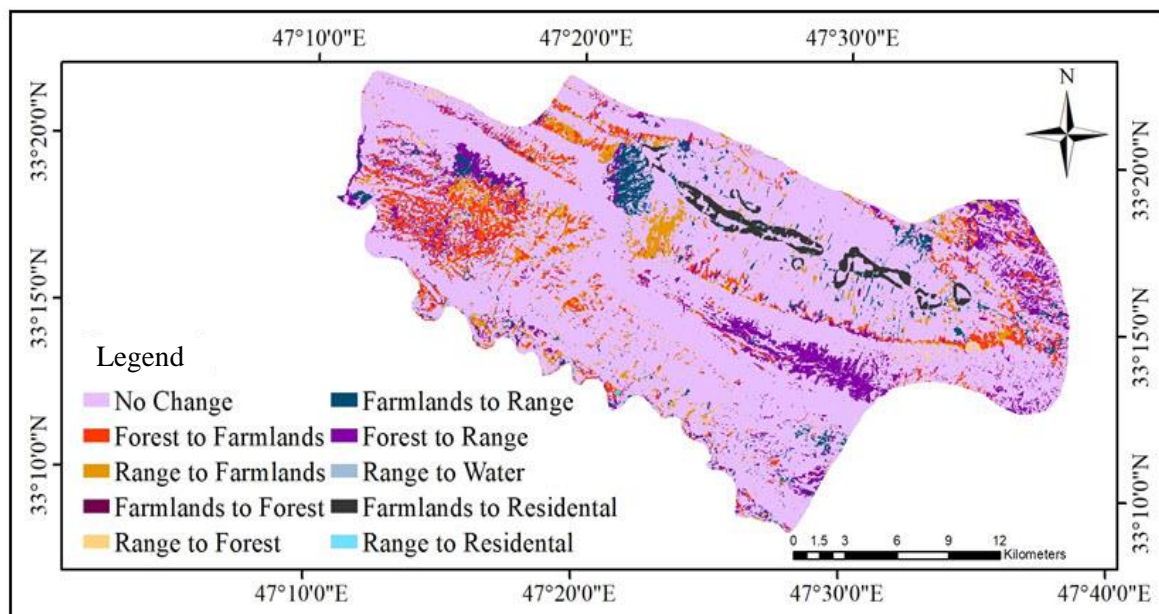
2017-2002					2002-1987					
مسکونی Residential	آب Water	مرتع Range	جنگل Forest	کشاورزی Farmlands	مسکونی Residential	آب Water	مرتع Range	جنگل Forest	کشاورزی Farmlands	
11.38	0.06	-5	-39.41	0	1.94	-0.4	-33.81	3.25	0	کشاورزی Farmlands
0.14	0.16	39.35	0	39.41	0.04	-0.66	6.05	0	-3.25	جنگل Forest
0.66	0.89	0	-39.35	5	0.98	-1.17	0	-6.05	33.81	مرتع Range
0	0	-0.89	-0.16	-0.06	0	0	1.17	0.66	0.4	آب Water
0	0	-0.66	-0.14	-11.38	0	0	-0.98	-0.04	-1.94	مسکونی Residential

نشان از عدم دخل و تصرف انسانی در مناطق جنگلی می‌باشد.

تغییرات خالص جنگل در این بازه زمانی به میزان زیادی نبوده بلکه فقط دو کیلومتر مربع از مساحت کل آن کم شده، که



شکل ۴: تغییرات صورت گرفته در بازه زمانی ۱۹۸۷-۲۰۰۲

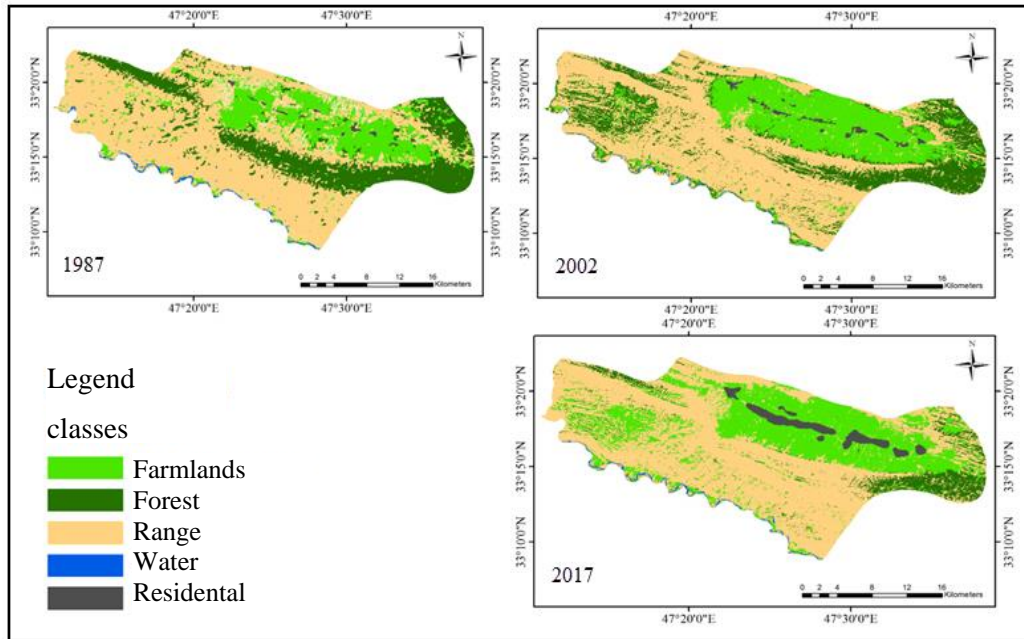


شکل ۵: نقشه تغییرات صورت گرفته در بازه زمانی ۲۰۰۲-۲۰۱۷

کشاورزی در مراتع بوده و تقریباً هیچ‌گونه تصرفی در مناطق جنگلی نداشته اما در بازه ۲۰۰۲-۲۰۱۷ بیشترین تصرف اراضی کشاورزی (شکل ۵) با ۳۹/۴۱ کیلومترمربع در مناطق جنگلی بوده و فقط ۵ کیلومتر مربع از مراتع به اراضی کشاورزی تغییر کاربری داده است. به نسبت مساحت بیشترین رشد را کلاس مسکونی با ۱۱/۳۸ کیلومتر مربع داشته که این تغییر کاربری از اراضی کشاورزی به کلاس مسکونی صورت گرفته است.

در دوره دوم بین ۲۰۰۲ تا ۲۰۱۷ تغییرات زیادی رخ داده است که بیشتر تغییرات متوجه کلاس جنگل و کلاس مسکونی بوده است. در طی این بازه ۷۹/۱۶ کیلومتر مربع از مناطق جنگلی به مرتع و اراضی کشاورزی تغییر کاربری داده است که سهم مرتع و اراضی کشاورزی از این تغییرات به ترتیب ۳۹/۳۵ و ۳۹/۴۱ کیلومتر مربع بوده که تقریباً سهم یکسانی در تخریب جنگل داشته‌اند. در بازه ۱۹۸۷-۲۰۰۲ بیشترین تصرف اراضی

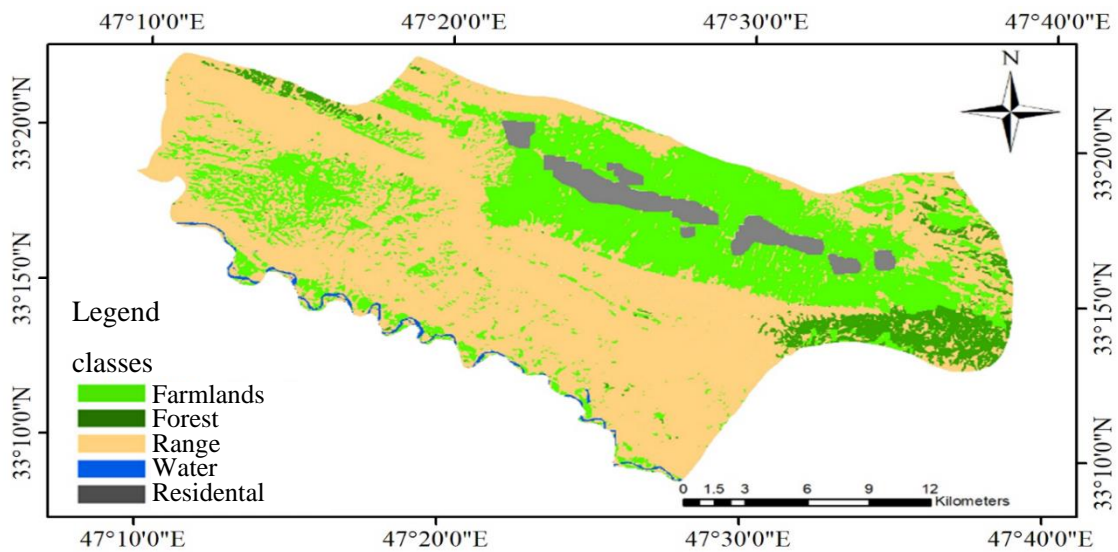




شکل ۶: طبقه‌بندی منطقه مورد مطالعه در سه دوره

می‌باشد. همچنین تغییرات آب نیز معادل ۱.۳۵ درصد می‌باشد. در نهایت محدوده‌ی مسکونی تغییراتی معادل ۸.۷۹ درصد می‌باشد. به‌طور کلی بیشترین تغییرات مربوط به طبقه اول، یعنی اراضی کشاورزی می‌باشد. به‌طور کلی بیشترین تغییرات مربوط به طبقه اول، یعنی اراضی کشاورزی می‌باشد. دلیل این امر را می‌توان گسترش فیزیکی شهر و افزایش ساخت‌وسازها دانست.

پس از بررسی تغییرات در بازه‌های زمانی مشخص؛ پیش‌بینی تغییرات تا سال ۲۰۳۰ در هریک از کاربری‌ها صورت گرفت. براساس پیش‌بینی مدل زنجیره مارکوف تغییرات محدوده‌های اراضی کشاورزی که با رنگ سبز کم‌رنگ در نقشه نشان داده شده است، معادل ۶۶.۲۳ درصد می‌باشد. در نواحی جنگلی تغییراتی معادل ۱۰.۷۰ درصد نسبت به دوره‌ی قبل اتفاق خواهد افتاد. میزان تغییرات در محدوده مراتع ۱۲.۹۱ درصد



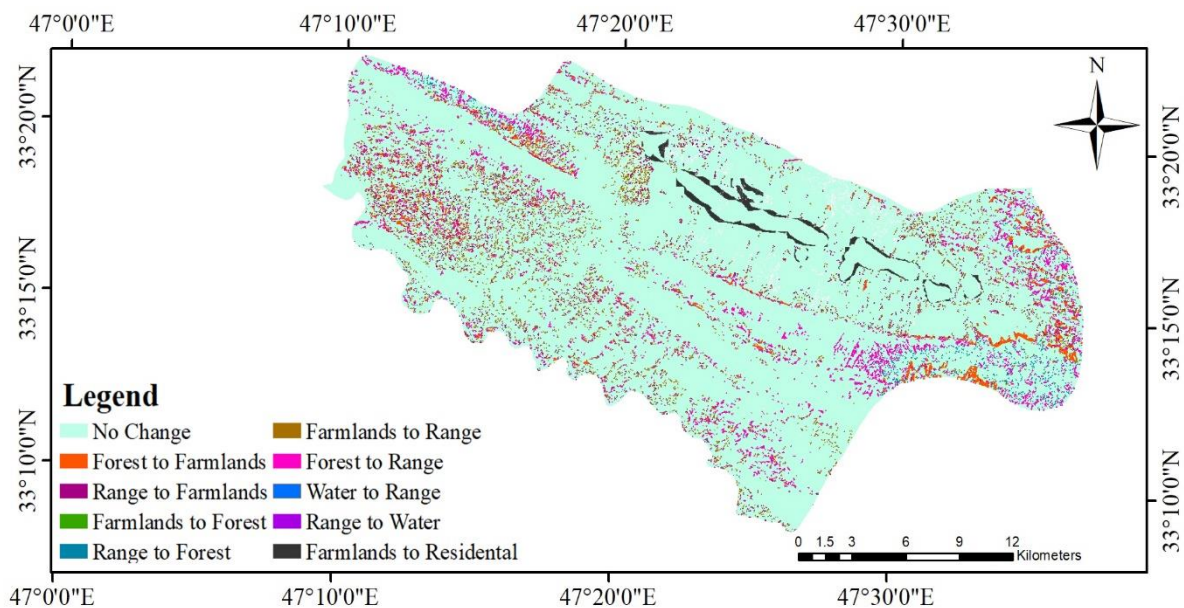
شکل ۷: نقشه پوشش کاربری پیش‌بینی شده محدوده مورد مطالعه با استفاده از مدل مارکوف برای سال ۲۰۳۰

جنگلی به اراضی کشاورزی معادل ۴/۷۸۹ (کیلومتر مربع) می‌باشد. میزان تغییر اراضی کشاورزی به نواحی جنگلی معادل

شکل (۸) نقشه تغییرات صورت گرفته هر کاربری در بازه ۲۰۱۷ تا ۲۰۳۰ را نشان می‌دهد. با توجه به نقشه، میزان تغییر نواحی

تغییر کاربری نواحی جنگلی به مراتع بوده است که معادل ۹/۱۷۲ (کیلومتر مربع) است. در ضمن مساحتی معادل ۱۰۵۷/۸۸ (کیلومتر مربع) بدون تغییر می‌باشد (جدول ۷). جهت صحت‌سنجی نتایج مدل پیش‌بینی نقشه کاربری ۲۰۱۷ تولید تهیه شده با نقشه ۲۰۱۷ پیش‌بینی شده مقایسه شد که ضریب کاپا (Kappa) برابر با ۸۲ درصد بوده که حاکی از دقت بالای مدل پیش‌بینی مورد استفاده می‌باشد سپس با توجه به نتایج صحت‌سنجی پیش‌بینی برای سال ۲۰۳۰ صورت گرفت.

۰/۱۸۸ (کیلومتر مربع) می‌باشد. میزان تغییر مراتع به نواحی جنگلی معادل ۰/۹۶۶ (کیلومتر مربع) می‌باشد. میزان تغییر اراضی کشاورزی به مراتع معادل ۷/۰۳۸ (کیلومتر مربع) می‌باشد. میزان تغییر نواحی جنگلی به مراتع معادل ۹/۱۷۲ (کیلومتر مربع)، آب به مراتع معادل ۰/۱۸۹ (کیلومتر مربع)، مراتع به آب معادل ۱۶.۱۱ (کیلومتر مربع)، و میزان تغییر اراضی کشاورزی به مناطق مسکونی معادل ۴/۶۹۴ (کیلومتر مربع) می‌باشد. بیشترین میزان تغییر میان کاربری‌ها، مربوط به



شکل ۸: نقشه تغییرات صورت گرفته هر کاربری در بازه ۲۰۱۷ تا ۲۰۳۰ در منطقه ی مورد مطالعه

جدول ۷: مساحت تغییر کاربری‌ها به کیلومتر مربع در منطقه ی مورد مطالعه بین ۲۰۱۷ و ۲۰۳۰

مسکونی	آب	مرتع	کشاورزی	جنگل	کلاس
Residential	Water	Range	Farmland	Forest	class
***	***	0.966	0.1818	***	جنگل Forest
***	***	4.788	***	6.901	کشاورزی Farmland
***	0.189	***	7.038	9.172	مرتع Range
***	***	0.161	***	***	آب Water
***	***	***	4.894	***	مسکونی Residential

این پدیده مخاطره‌آمیز و تغییرات کاربری‌های شهرستان رومشکان طی ۳۰ سال اخیر صورت گرفت. بدین منظور از داده‌های رقومی ماهواره لندست ۵،۷،۸ در تاریخ‌های مختلف استفاده گردید. در این راستا ابتدا بر مبنای روش فازی شیء‌پایه اقدام به شناسایی کاربری اراضی در تاریخ‌های سه‌گانه شد. طبق نتایج به‌دست آمده در طی دوره ۱۹۸۷-۲۰۰۲ مناطق جنگلی

### بحث و نتیجه گیری

اساساً شناخت و ارزیابی روند جنگل‌زدایی و پیش‌بینی تغییرات کاربری‌ها در هر منطقه می‌تواند زمینه را برای مدیریت بهینه محیط مهیا نماید. با توجه به گسترش تخریب جنگل در استان لرستان به‌ویژه در سال‌های اخیر، این پژوهش باهدف پایش روند

توسعه پایدار جنگل و جلوگیری از هرگونه تهدید احتمالی در آینده بنماید.

### منابع

اسلامی، ف، قربانی، ع، سبحانی، ب و پناهنده، م. مقایسه شبکه عصبی مصنوعی، دستگاه بردار پشتیبان و روش‌های مبتنی بر شیء در تهیه نقشه‌های استفاده از زمین / پوشش با استفاده از تصاویر منظره ۸. مجله RS و GIS برای منابع طبیعی. (۲۰۱۵). ۶ (۳)، ۱-۱۴.

حیدریان، پ، رنگزن، ک، ملکی، س. و تقی زاده، ا. تشخیص تغییر کاربری اراضی با استفاده از مقایسه طبقه‌بندی تصاویر ماهواره ای لندست (مطالعه موردی: سرزمین تهران). مجله RS و GIS برای منابع طبیعی. (۱۳۹۳). ۴ (۴)، ۱-۱۰.

رستم زاده، ح، دارابی، س. و شهابی، ح. تغییر طبقه‌بندی جنگلهای بلوط با استفاده از طبقه‌بندی شیء مبتنی بر تصاویر چندمنظوره لندست (مطالعه موردی: جنگلهای شمال استان ایلام). مجله RS و GIS برای منابع طبیعی. (۱۳۹۵). ۸ (۲)، ۹۲-۱۱۰.

ضیائی‌ان، ف. ص، شکیب، ع، ماتاکان، ع. و صادقی، ع. سنجش از دور (RS)، سیستم اطلاعات جغرافیایی (GIS) و مدل اتوماسیون سلولی (CA) به عنوان ابزاری برای شبیه‌سازی تغییر کاربری اراضی شهری- مطالعه موردی شهرکرد. علوم محیط زیست. (۱۳۸۷). ۷ (۳)، ۱۳۳-۱۴۸.

فیضی‌زاده، ب و هلالی، ح. مقایسه روش‌های مبتنی بر پیکسل، شی‌گرا و پارامترهای مؤثر در طبقه‌بندی پوشش سطح زمین/ استفاده از اراضی استان آذربایجان غربی. فصلنامه تحقیقات جغرافیای فیزیکی. (۱۳۸۹). ۴۲ (۷۱)، ۷۳-۸۴.

کاظمی، م، مهدوی، ی، نوه‌گر، ا. و رضایی، ص. تغییر در کاربری و پوشش اراضی با استفاده از تکنیک‌های سنجش از دور و GIS (مطالعه موردی: آبخیز بستانک شیراز). کاربرد سنجش از دور و GIS در علوم منابع طبیعی. (۱۳۹۰). سال دوم، ۱۰۱-۱.

میرزایی‌زاده، و، نیک‌نژاد، م. و اولادی کادیکلانی، ج. ارزیابی الگوریتم‌های طبقه‌بندی نظارت غیرپارامتری در نقشه پوشش زمین با استفاده از تصاویر Landsat-8. مجله RS و GIS برای منابع طبیعی. (۱۳۹۳). ۶ (۳)، ۲۹-۴۴.

تحت تأثیر گسترش کشاورزی قرار نگرفته و این گسترش در مراتع این شهرستان رخ داده و در طی این دوره تنها ۲ کیلومتر مربع از مساحت مناطق جنگلی کاسته شد.

عمده تغییر کاربری جنگل از سال ۲۰۰۲ به بعد رخ داده که نزدیک به ۸۰ کیلومتر مربع از مناطق جنگلی به مرتع و اراضی کشاورزی تغییر کاربری داده که در سال ۲۰۱۷ مساحت جنگل‌های رومشکان به یک سوم خود نسبت به سال ۱۹۸۷ رسیده است. در دوره دوم (۲۰۱۷-۲۰۰۲) رشد تغییرات شدیدتر بوده و همزمان با تخریب جنگل‌ها به مساحت اراضی کشاورزی و مناطق مسکونی افزوده شده است که نشان از رشد سریع جوامع انسانی در دوره دوم است. نتایج به خوبی نشان داد که در طول این بازه زمانی عوامل انسانی نظیر کشاورزی و توسعه آن یکی از موارد مهم در تخریب مناطق جنگلی است که با گذر زمان این تهدید می‌تواند به صورت شدیدتری منابع جنگلی را در معرض نابودی قرار دهد. در تحقیق مشابه Rostam zadeh و همکاران (۲۰۱۷) که به بررسی تغییرات جنگل‌های بلوط شمال استان ایلام پرداختند، نتایج نشان داد که بیشتر مساحت جنگل‌های بلوط به اراضی کشاورزی و مرتع تبدیل گشته و در بازه زمانی ۱۳۶۶-۱۳۹۴ به میزان ۴۳٪ از جنگل‌های شمال استان ایلام تخریب شده است همچنین کارایی و دقت مناسب روش شیء پایه را نیز تایید کرده اند. با توجه به نتایج پیش‌بینی زنجیره مارکوف در سال ۲۰۳۰ در نواحی جنگلی تغییراتی معادل ۱۰.۷ درصد اتفاق خواهد افتاد؛ به عبارت دیگر از میزان نواحی جنگلی کاسته خواهد شد. میزان تغییرات صورت گرفته در خصوص کاربری در دوره دوم بیشتر از دوره اول بوده که دلیل اصلی این تغییرات رشد و افزایش جمعیت، گسترش شهرها، نیاز روزافزون به منابع طبیعی و سایر عوامل دیگر می‌باشد که ادامه روند با همین آهنگ آسیب جبران‌ناپذیری به مناطق جنگلی این شهرستان وارد می‌کند. نتایج حاصل از این تحقیق نشان داد که گسترش و عدم کنترل فعالیت‌های انسانی در درازمدت صدمات جبران‌ناپذیری بر محیط زیست و منابع طبیعی وارد می‌کند که با ادامه روند موجود در آینده نه چندان دور مشکلات به فاجعه تغییر وضعیت خواهند داد و رفع آن نیز به مراتب سخت تر خواهد بود. با این تفاسیر استفاده از داده‌های سنجش از دور و تحلیل‌های مکانی می‌تواند کمک شایانی به مدیران و برنامه‌ریزان در راستای

- and Remote Sensing Symposium (IGARSS), 2012 IEEE International, 2217-2222.
- Gao, Y., Mas, J.F. and Navarrete, A. (2009). The improvement of an object-oriented classification using multi-temporal MODIS EVI satellite data, *International Journal of Digital Earth*, Volume 2, Issue 3 September 2009, 219 - 236.
- Gilmore, M. S., Wilson, E. H., Barrett, N., Civco, D. L., Prisloe, S. and Hurd, J. D. (2008). Integrating multi-temporal spectral and structural information to map wetland vegetation in a lower Connecticut River tidal marsh. *Remote Sensing of Environment*, 112, 4048-4060.
- Miranda-Aragón, L., Treviño-Garza, E. J., Jiménez-Pérez, J., Aguirre-Calderón, O. A., González Tagle, M. A., Pompa-García, M. and Aguirre-Salado, C. A. (2012). Modeling susceptibility to deforestation of remaining ecosystems in North Central Mexico with logistic regression. *Journal of Forestry Research*, 23(3), 345-354.
- Ranjbar, H. and Honarmand, M. (2004). Integration and analysis of airborne geophysical and ETM+ data for exploration of porphyry type deposits in the Central Iranian Volcanic Belt using fuzzy classification. *International Journal of Remote Sensing*, 25(21), 4729-4741.
- Sang L, Zhang C, Yang J, Zhu D. And Yun W. (2011). Simulation of land use spatial pattern of towns and villages based on CA-Markov model. *Mathematical and Computer Modelling*, 54(3), 938-943.
- Verburg PH, Soepboer W, Veldkamp A, Limpiada R, Espaldon V. and Mastura SS. (2002). Modeling the spatial dynamics of regional land use: the CLUE-S model. *Environmental Management*, 30(3), 391-405.
- Wijanarto AB. (2006). Application of Markov Change Detection Technique for Detecting Landsat ETM Derived Land Cover Change Over Banten Bay. *Journal of Ilmiah Geomatika*, 12(1), 11-21.
- Yan, G (2003). Pixel based and object oriented image analysis for coal fire research. Enschede, Holanda, 1-93.
- نیازی، ی. مقایسه دو روش طبقه‌بندی حداکثر احتمال و شبکه عصبی مصنوعی برای تهیه نقشه‌های کاربری اراضی مطالعه موردی: منطقه سد ایلام. *جغرافیا و توسعه مجله ایرانی*. (۱۳۸۸)، ۸ (۲۰)، ۱۱۹-۱۳۲.
- Lillesand, T., Kiefer, R.W. and Chipman, J. (2001). *Remote sensing and image interpretation*, 6th Edition, Wiley Publication, Washington.
- Blaschke, T. (2010). Object-based image analysis for remote sensing. *ISPRS Journal of photogrammetry and remote sensing*. 65(1), 2-16. 30
- Blaschke, T., Lang, S., Lorup, E., Strobl, J. and Zeil, P. (2000). Object-oriented image processing in an integrated GIS/remote sensing environment and perspectives for environmental applications. In A. Cremers, & K. Greve (Eds.), *Environmental information for planning, politics and the public*, 2, 555-570.
- Chavez, P. S. (1988). An improved dark-object subtraction technique for atmospheric scattering correction of multispectral data. *Remote sensing of environment*, 24(3), 459-479.
- Chen, M., Su, W., Li, L., Zhang, C., Yue, A. and Li, H. (2009). Comparison of pixel-based and object-oriented knowledge-based classification methods using SPOT5 imagery. *WSEAS Transactions on Information Science and Applications*, 6(3), 477-489.
- Costanza, R. and Ruth, M. (1998). Using dynamic modeling to scope environmental problems and build consensus. *Environmental Management*, 22(2):183-195.
- Eastman J.R. 2006. *IDRISI Andes. Tutorial*. Clark-Labs, Clark University, Worcester, 284.
- Fan, F., Wang, Y. and Wang, Z. (2008). Temporal and spatial change, detecting (1998-2003) and predicting of land use and land cover in Core corridor of Pearl. 127-147.
- Feizizadeh, B. and Blaschke, T. (2012). Thermal remote sensing for land surface temperature monitoring: Maraqeh County, Iran. In *Geoscience*