

جغرافیا و توسعه شماره ۵۳ زمستان ۱۳۹۷

وصول مقاله: ۹۶/۰۳/۱۶

تأیید نهایی: ۹۶/۱۱/۱۶

صفحات: ۳۷-۵۰

تحلیل تغییرات کاربری اراضی با استفاده از روش‌های شیء‌گرا و زنجیره مارکف در حوضه آبریز زلیبیرچای واقع در آذربایجان شرقی و غربی

دکتر صغری اندریانی^{۱*}، دکتر محمد رضا نیکجو^۲، دکتر محمدحسین رضایی مقدم^۳، دکتر داود مختاری^۴

چکیده

هدف از پژوهش حاضر، استخراج و کشف تغییرات کاربری اراضی از تصاویر ماهواره‌ای با مدل شیء‌گرا و همچنین پیش‌بینی این تغییرات با مدل زنجیره مارکف تا سال ۲۰۳۰ در حوضه آبریز زلیبیرچای است. با توجه به اینکه تفکیک برخی محصولات از همدیگر مانند گندم آبی و دیم، زراعت آبی و باغات در تصاویر با تفکیک مکانی متوسط مانند تصاویر لندست و روش‌های شناخته‌شده پیکسل پایه به‌سختی صورت می‌گیرد، بنابراین در تحقیق حاضر مدل شیء‌گرا بر مبنای روش دانش‌پایه با استفاده از میانگین و انحراف معیار شاخص پوشش گیاهی و ویژگی‌های توپوگرافی منطقه، همچنین تصویر OLI با تاریخ ۲۰۱۵ به کار گرفته شد و اعتبارسنجی آن با ضریب کاپا ۰/۸۶ و صحت کلی ۰/۸۹ صورت گرفت، سپس نتیجه آن در تصویر TM نیز استفاده شد (ضریب کاپا برابر با ۰/۸۳ و صحت کلی ۰/۸۷). در نهایت بعد از تجزیه و تحلیل تغییرات رخ داده، پیش‌بینی زمانی کاربری‌ها صورت گرفت. نتایج طبقه‌بندی تصاویر نشان‌دهنده رشد مساحت کاربری‌های مسکونی، باغات و زراعت آبی به ترتیب ۱۵، ۴۲ و ۵۰ km² در طول ۲۸ سال است که این رشد نشان‌دهنده مصرف زیاد آب در منطقه است. همچنین در ۱۵ سال آینده نیز که براساس الگوی ۲۸ سال قبل و با مدل تحلیل زنجیره مارکف بوده، این رشد به ترتیب تا میزان ۸، ۲۷ و ۸ km² خواهد بود. از طرفی مقایسه تناظر به تناظر نقشه‌های طبقه‌بندی دو بازه زمانی، نشان‌دهنده تبدیل کاربری‌های کم‌مصرف مثل گندم آبی به محصولات زراعی آبی است؛ از این رو لزوم استفاده از یک مدیریت بهینه و کارآمد به منظور دست‌یافتن به توسعه پایدار، مکانیزه کردن سیستم‌های آبیاری و کنترل مصرف عوامل انسانی در منطقه اجتناب‌ناپذیر است. واژه‌های کلیدی: کاربری اراضی، روش شیء‌گرا، پیش‌بینی، زنجیره مارکف، زلیبیرچای.

andaryani@tabrizu.ac.ir

rezmogh@tabrizu.ac.ir

d_mokhtari@tabrizu.ac.ir

۱- دانش‌آموخته دکتری مدیریت محیطی، دانشگاه تبریز، تبریز، ایران *
۲- دانشیار ژئومورفولوژی و سنجش از دور دانشگاه تبریز، تبریز، ایران
۳- استاد ژئومورفولوژی و سنجش از دور، دانشگاه تبریز، تبریز، ایران
۴- استاد ژئومورفولوژی و سنجش از دور، دانشگاه تبریز، تبریز، ایران

مقدمه

یکی از ابزارهای مؤثر در زمینه مطالعات محیط‌زیست و علوم زمین، استفاده از فناوری سنجش از دور و بهره‌گیری از داده‌های ماهواره‌ای است (علوی‌پناه، ۱۳۸۹: ۲۰). سنجش از دور به جهت ارائه اطلاعات به‌روز، پوشش‌های تکراری، سنجش در محدوده‌های طیفی متفاوت، ارزان بودن، تنوع اشکال داده، سنجش کمی و رقومی پدیده‌های سطح زمین، در ارزیابی منابع طبیعی از اهمیت بالایی برخوردار بوده و بهترین وسیله در تهیه نقشه‌های کاربری و پوشش اراضی محسوب می‌شود (Yan, 2003: 3). وجود آمار و اطلاعات دقیق، صحیح و بهنگام، عامل حیاتی برای کلیه برنامه‌ریزی‌ها و تصمیم‌گیری‌های کلان اقتصادی، فرهنگی، اجتماعی و... در کشور است. آگاهی از انواع پوشش سطح زمین و فعالیت‌های انسانی در قسمت‌های مختلف آن و به عبارت دیگر نحوه استفاده از زمین، به‌عنوان اطلاعات پایه برای مدیریت و برنامه‌ریزی‌های مختلف از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است. در راستای آگاهی از انواع کاربری و پوشش اراضی، کشف تغییرات در کاربری و پوشش اراضی به دلیل تأثیرپذیری آن در تغییرات اقلیم به‌صورت مقیاس محلی و منطقه‌ای، آب، کربن و اکوسیستم از اهمیت ویژه‌ای برخوردار بوده و یکی از مؤثرترین فاکتورها در تغییرات محیطی محسوب می‌شود (Grimm et al, 2008: 757; Turner et al, 2007: 20668; Yu et al, 2016: 37). داده‌های سنجش از دور به‌طور گسترده برای دست‌یافتن به چنین اهدافی مورد استفاده قرار گرفته است (De Fries et al, 1998: 3142; Peng et al, 2012: 4788; Zhang et al, 2014: 142, Yu et al, 2016: 38). روش‌های مختلفی نیز برای تحلیل تغییرات پوشش و کاربری اراضی توسعه یافته است که با یک دید گسترده به دو

روش پس از طبقه‌بندی^۱ و پیش از طبقه‌بندی^۲ تقسیم می‌شود (Singh, 1989: 990). در رویکرد اول با استفاده از سری زمانی تصاویر چندطیفی، ابتدا طبقه‌بندی صورت می‌گیرد؛ سپس با مقایسه طبقه‌بندی‌ها، کشف تغییرات در هر کدام از انواع کاربری‌ها صورت می‌گیرد، به عبارت دیگر مشخص می‌شود که در یک کاربری چه مقدار از مساحت آن تغییر نیافته و چه مقدار از مساحت آن به کدام نوع کاربری یا کاربری‌ها تبدیل شده است؛ اما در روش پیش از طبقه‌بندی که اکثراً در تصاویر چندطیفی با تفکیک زمانی بالا مانند مودیس، نوآ و... به کار می‌رود، نوع تغییر در هر کدام از کاربری‌ها مشخص نمی‌شود. در روش پس از طبقه‌بندی (روش مورد استفاده در تحقیق حاضر) دقت کشف تغییرات به دقت روش طبقه‌بندی بستگی دارد. همچنین انتخاب روش، به هدف مطالعه و داده‌های در دسترس بستگی دارد. با توجه به اینکه استخراج اطلاعات پوشش و کاربری زمین از داده‌های سنجش از دور رو به فزونی است؛ به همین دلیل تحقیقات زیادی درباره روش‌هایی برای افزایش دقت طبقه‌بندی صورت گرفته است (Foody et al, 2004: 198, رضایی‌مقدم و همکاران، ۱۳۹۵: ۶۵) و از طرفی تحلیل تغییرات و همچنین به‌دنبال آن پیش‌بینی تغییرات برای بازه‌های زمانی آینده وابسته به روش مورد استفاده در طبقه‌بندی است؛ بنابراین در تحقیق حاضر روش شی‌اگرا با تکیه بر روش دانش‌پایه مورد استفاده قرار گرفت. این روش به‌دلیل بهره‌مندی از الگوریتم‌های دانش‌پایه و استفاده از اطلاعات هندسی و بافت پدیده‌ها نسبت به روش‌های پیکسل پایه قوی‌تر عمل می‌کند (Blaschke, 2010: 14; Dragut et al, 2012: 22). هر چند تعیین مقیاس، ضریب‌های فشردگی و شکل در روش شی‌اگرا برای

آنالیز تصاویر لندست ۷ توسط سعادت و همکاران (۲۰۱۱) برای سه تاریخ مجزا مورد بررسی قرار گرفت و نتایج آن نشان‌دهنده مناسب بودن تصاویر تابستانی برای نقشه‌های کاربری زمین است. اندریانی (۱۳۹۳) با استفاده از روش تحلیل زنجیره مارکف به پیش‌بینی تغییرات کاربری باغ در منطقه صوفی چای پرداخت و نتیجه گرفت با اعمال نسبت خطای ۰/۰۱۲ می‌توان پیش‌بینی دقیق‌تری از این مدل به دست آورد. با توجه به تحقیقات انجام‌یافته در مقایسه با روش‌های پیکسل پایه و شیء‌گرا، محققان بر دقیق‌تر بودن روش شیء‌گرا تأکید داشته‌اند؛ از این رو در تحقیق حاضر، این روش برای طبقه‌بندی تصاویر ماهواره‌ای لندست در بازه‌های زمانی ۱۹۸۷ و ۲۰۱۵ مورد استفاده قرار گرفت. با توجه به شرایط توپوگرافی منطقه و استفاده بیش‌ازحد از آب‌های زیرزمینی برای آبیاری کاربری‌هایی مانند درختان میوه، زراعت آبی و گندم آبی، لزوم پیش‌بینی تغییرات و توسعه این کاربری‌ها در زمان آینده با استفاده از مدل زنجیره مارکف کاملاً محسوس است و برای اطلاع‌رسانی به مدیران مربوط در زمینه طرح‌ریزی برای جلوگیری از مصرف بیش از اندازه از آب‌های زیرزمینی در حوضه آبریز زلیبیرچای و همچنین با توجه با اینکه روش و هدف مذکور در منطقه مورد مطالعه تاکنون مورد تحقیق قرار نگرفته، پژوهش حاضر صورت گرفت. در ضمن استفاده از پارامترهایی مانند ارتفاع، شیب، همچنین شاخص پوشش گیاهی و تصاویر در زمان‌های مختلف سال با توجه به الگوی کشت می‌تواند برای تحقیقات بعدی صورت‌گرفته با روش شیء‌گرا راهگشا باشد و طبقه‌بندی‌های دقیق‌تری را باعث شود.

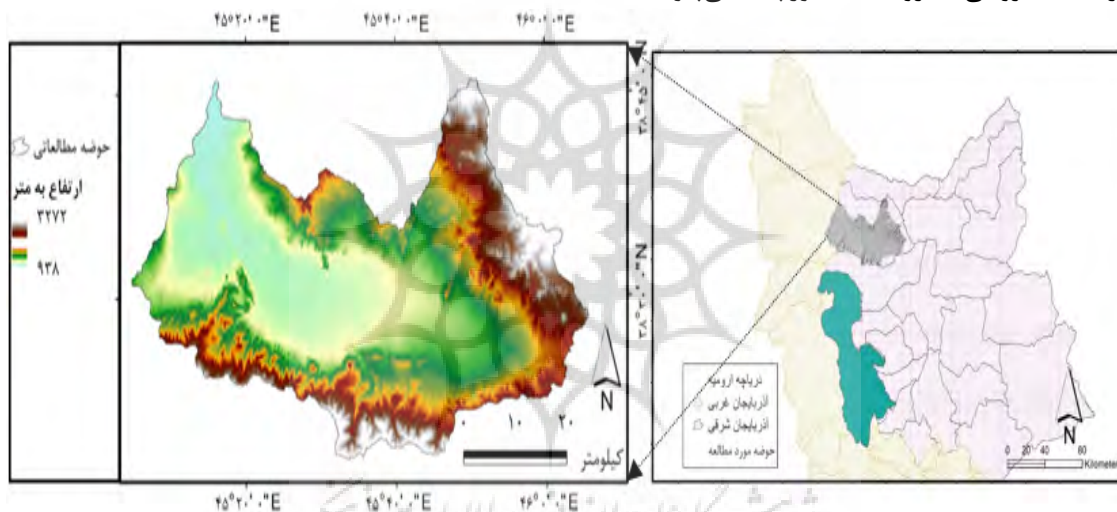
سگمنت‌سازی، بستگی به تفکیک مکانی تصاویر مورد استفاده دارد و از طریق آزمون و خطا به دست می‌آید. یان (۲۰۰۳) در تحقیقی روش‌های پیکسل پایه و شیء‌گرا را در فرایند اکتشاف کانی‌های زغال‌سنگ مورد مقایسه قرار داد و با پردازش تصاویر ماهواره استر نقشه‌های کاربری اراضی مختلفی را تهیه کرد و نتیجه گرفت که روش شیء‌گرا در مقایسه با روش‌های پیکسل پایه کارآمدتر عمل می‌کند. والتر (۲۰۰۴) با پردازش تصاویر ماهواره‌ای و استفاده از روش‌های پیکسل پایه و شیء‌گرا، روش شیء‌گرا را در مقایسه با دیگر مدل‌ها کارآمدتر معرفی کرد. همچنین دیگر محققان از جمله اوروک و همکاران (۲۰۰۴)، زعو و همکاران (۲۰۰۵) نیز با تحقیقات خود کارآمدی روش شیء‌گرا را تأیید کردند. والتر (۲۰۰۴) از تصاویر ماهواره‌ای استفاده کرد و با بهره‌گیری از روش‌های طبقه‌بندی پیکسل پایه و شیء‌گرا، نقشه آشکارسازی تغییرات را استخراج کرده، سپس نقشه‌های کاربری اراضی را برای دو دوره با استفاده از روش‌های فوق به دست آورده و سپس نقشه تغییرات را تهیه کرده است. یو و همکاران (۲۰۱۶) با استفاده از روش پیکسل پایه و شیء‌گرا، کاربری اراضی منطقه بیجینگ^۱ را از تصاویر TM استخراج و کشف تغییرات کردند و با ضریب کاپای ۰/۸۴ در روش شیء‌گرا نسبت به روش پیکسل پایه با ضریب ۰/۶۹ طبقه‌بندی و کشف تغییرات کردند.

آرخی (۱۳۹۴) از تصاویر ماهواره‌ای TM و ETM⁺ استفاده کرده و با اعمال روش شیء‌گرا تغییرات کاربری منطقه آبدانان را در سال‌های ۱۳۶۴، ۱۳۷۹ و ۱۳۸۹ آشکارسازی کرد. این محقق در کار خود نتیجه گرفت که در آشکارسازی تغییرات، روش طبقه‌بندی شیء‌گرا از دقت بالایی برخوردار است. کاربری زمین در حوضه سد گلستان با استفاده از اطلاعات کمکی موجود و

منطقه مورد مطالعه

محدوده مورد مطالعه موسوم به حوضه آبریز زیلبیرچای با وسعتی معادل ۲۵۲۷ کیلومترمربع در ۷۰ کیلومتری شمال شهرستان تبریز واقع شده است. مساحت اعظم این حوضه در آذربایجان شرقی و مساحت اندکی نیز در آذربایجان غربی واقع شده است. این حوضه بخشی از حوضه آبریز رودخانه ارس است که با روند شرقی- غربی از پیوستن رودخانه زنوزچای تشکیل شده است و در شمال غرب حوضه و در نقطه خروجی به رودخانه قطورچای می‌پیوندد که

بعد از آن به همین نام خوانده می‌شود. رودخانه قطورچای با روند جنوبی- شمالی به رودخانه ارس ملحق می‌شود. موقعیت مطلق حوضه مورد مطالعه در محدوده $45^{\circ}04'$ تا $46^{\circ}10'$ شرقی و $38^{\circ}18'$ تا $40^{\circ}40'$ شمالی واقع شده است. ماکزیمم ارتفاع حوضه ۳۲۷۷ متر بوده و حداقل ارتفاع در محل خروجی حوضه ۹۳۸ متر از سطح دریاست. شکل شماره ۱ موقعیت منطقه را در شمال غرب ایران و آذربایجان نشان می‌دهد.



شکل ۱: موقعیت منطقه مورد مطالعه و ارتفاع آن

تهیه و ترسیم: نگارندگان، ۱۳۹۶

مواد و روش

داده‌های مورد استفاده

در تحقیق حاضر از تصاویر ماهواره‌ای لندست ۵ (TM^۱) و لندست ۸ (OLI^۲) استفاده شده است. جدول شماره ۱ مشخصات تصاویر مورد استفاده را نشان می‌دهد. ابزار GPS مدل گارمین و سامانه گوگل ارث برای برداشت نقاط تعلیمی و تستی و تصویر رقومی ارتفاعی استر با اندازه پیکسل ۲۷ متر برای تولید لایه ارتفاع و شیب منطقه مورد مطالعه،

نرم‌افزارهای تخصصی eCognition8.7 برای طبقه‌بندی تصاویر، ENVI5.1 برای محاسبه شاخص‌های پوشش گیاهی و مسکونی و محاسبه صحت طبقه‌بندی همچنین آشکارسازی تغییرات به روش پس از طبقه‌بندی، IDRISI17 برای پیش‌بینی و آینده‌پژوهی نرم‌افزار ARCGIS10.1 برای مراحل پس‌پردازش طبقه‌بندی مورد استفاده قرار گرفتند.

جدول ۱: مشخصات و ویژگی‌های تصاویر ماهواره‌ای مورد استفاده

| تفکیک مکانی (متر) | مسیر- ردیف و ماهواره | نوع سنجنده | زمان تصویربرداری (شمسی و میلادی) |
|-------------------|----------------------|------------|----------------------------------|
| ۳۰ | LC8169033 | OLI | ۱۳۹۴/۰۱/۲۹ - ۲۰۱۵/۱۸/۰۴ |
| ۳۰ | | OLI | ۱۳۹۴/۰۳/۱۵ - ۲۰۱۵/۰۵/۰۶ |
| ۳۰ | | OLI | ۱۳۹۴/۰۵/۱۷ - ۲۰۱۵/۰۸/۰۸ |
| ۳۰ | | OLI | ۱۳۹۴/۰۷/۱۹ - ۲۰۱۵/۱۱/۱۰ |
| ۳۰ | LT5169033 | TM | ۱۳۶۶/۰۲/۱۷ - ۱۹۸۷/۰۷/۰۵ |
| ۳۰ | | TM | ۱۳۶۶/۰۳/۱۸ - ۱۹۸۷/۰۸/۰۶ |
| ۳۰ | | TM | ۱۳۶۶/۰۴/۲۹ - ۱۹۸۵/۲۰/۱۷ |
| ۳۰ | | TM | ۱۳۶۶/۰۷/۲۲ - ۱۹۸۷/۱۴/۱۰ |

مأخذ: نگارندگان، ۱۳۹۶

روش تحقیق

انتخاب شد (رضایی مقدم و همکاران ۱۳۹۵: ۸۲). سپس شاخص پوشش گیاهی (NDVI^۳) برای هر یک از تصاویر محاسبه شده و با توجه به فصل رشد کاربری‌ها از شاخص پوشش گیاهی نیز استفاده شد. در این بین ارتفاع و شیب منطقه نیز به‌عنوان لایه محدودکننده کلاس‌های اراضی کشاورزی، گندم آبی و باغات مورد استفاده قرار گرفتند.

شاخص پوشش گیاهی تفاضلی نرمال‌شده: این شاخص به‌طور گسترده در بازایی خصوصیات زیستی- فیزیکی پوشش گیاهی مورد استفاده قرار گرفته و به‌عنوان یک برآوردکننده لایه پوشش گیاهی شناخته شده است (Gandini & Usunoff, 2004: 169). این شاخص برای اولین بار توسط Rouse و همکاران از مرکز سنجش از دور دانشگاه تگزاس در سال ۱۹۷۳ به‌کار گرفته شد. از تبدیلات حسابی که روی عدد رقمی باندهای قرمز و مادون قرمز استفاده می‌شود، می‌توان تراکم پوشش گیاهی، وجود یا نبود مخزن آب، خاک لخت، وجود ابر، برف و نمک را تخمین زد. این شاخص از رابطه (۱) محاسبه می‌شود:

$$NDVI = \frac{NIR - RED}{NIR + RED} \quad \text{رابطه ۱}$$

آماده‌سازی تصاویر: برای انجام تصحیح رادیومتریک تصاویر لندست ۸ از روش پیشنهادی USGS EROS^۱ و در تصحیح رادیومتری لندست ۵ از اکستنشن موجود در نرم‌افزار ENVI برای کالیبره کردن تک‌تک باندهای تصاویر استفاده شد. در تصحیح اتمسفری به‌دلیل وجود منابع آبی از روش کاهش عددی پیکسل‌ها (Chavez, 1996: 1029) استفاده شد. برای تصحیح هندسی در تحقیق حاضر از تصاویر اسپات ۲۰۰۵ و از روش تثبیت هندسی تصویر به‌تصویر استفاده شد. در این تصحیح، تقاطع جاده‌ها به‌عنوان نقاط آموزشی انتخاب و برای نمونه‌گیری مجدد از روش نزدیک‌ترین همسایگی^۲ استفاده شد. در انتخاب باندهای مناسب برای طبقه‌بندی نیز کم‌بودن همبستگی بین باندها در نظر گرفته شد و دو باند از بین باندهای تصاویر لندست ۸ و لندست ۵ در هر کدام از تصاویر سنجنده‌ها طبق جدول ۱ مورد استفاده قرار گرفت. همچنین با توجه به اینکه جدا کردن زراعت آبی، گندم آبی و دیم، یونجه و درختان میوه به‌دلیل متفاوت بودن فصل و ماه رشد، نیاز به سری زمانی تصویر در ماه‌های مختلف یک سال دارد؛ بنابراین تصاویری از فروردین‌ماه تا مهرماه بدین منظور

باندها برای طبقه‌بندی مورد استفاده قرار گرفت و میانگین و انحراف‌معیار این شاخص پوشش گیاهی برای سگمنت‌ها در نظر گرفته شد. جدول شماره ۲ ویژگی ممان‌های این شاخص را برای زمان‌های مختلف نشان می‌دهد.

NIR (عدد رقومی باند مادون قرمز نزدیک) در سنجنده OLI برابر با باند ۵ و در سنجنده TM برابر با باند ۴ و RED (عدد رقومی باند قرمز) به ترتیب در هر دو سنجنده برابر با باند ۴ و باند ۳ است. در تحقیق حاضر، NDVI به عنوان یک باند (در زمان‌های مختلف ارائه شده در جدول ۱) در کنار دیگر

جدول ۲: دامنه عددی شاخص پوشش گیاهی NDVI

| انحراف معیار | میانگین | حداکثر | حداقل | زمان تصویر (شمسی و میلادی) |
|--------------|---------|--------|-------|----------------------------|
| ۰/۰۱۷ | ۰/۰۱ | ۰/۲۹ | -۰/۶۲ | ۱۳۹۴/۰۱/۲۹ - ۲۰۱۵/۱۸/۰۴ |
| ۰/۰۲ | ۰/۰۱ | ۰/۳ | -۰/۱ | ۱۳۹۴/۰۳/۱۵ - ۲۰۱۵/۰۵/۰۶ |
| ۰/۰۸ | ۰/۰۶ | ۰/۵۸ | -۰/۲۱ | ۱۳۹۴/۰۵/۱۷ - ۲۰۱۵/۰۸/۰۸ |
| ۰/۱۲ | ۰/۹ | ۰/۸۵ | -۰/۷۶ | ۱۳۹۴/۰۷/۱۹ - ۲۰۱۵/۱۱/۱۰ |
| ۰/۰۶ | ۰/۰۲ | ۰/۵۸ | -۰/۵۹ | ۱۳۶۶/۰۲/۱۷ - ۱۹۸۷/۰۷/۰۵ |
| ۰/۰۸ | ۰/۰۳ | ۰/۶۴ | -۰/۴۴ | ۱۳۶۶/۰۳/۱۸ - ۱۹۸۷/۰۸/۰۶ |
| ۰/۱۲ | ۰/۰۷ | ۱ | -۰/۴۹ | ۱۳۶۴/۰۴/۲۹ - ۱۹۸۵/۲۰/۷ |
| ۰/۰۶ | ۰/۰۰۷ | ۰/۶۶ | -۰/۳۷ | ۱۳۶۶/۰۷/۲۲ - ۱۹۸۷/۱۴/۱۰ |

مأخذ: نگارندگان، ۱۳۹۶

در مطالعه حاضر از الگوریتم چندتفکیکه^۱ که در نرم‌افزار eCognition تعبیه شده است، استفاده شد. این الگوریتم فرایندی پایین-بالاست که با شیء‌های یک پیکسل آغاز می‌شود. در مراحل بعدی، شیء‌های تصویری کوچک در داخل یک شیء تصویری بزرگتر ادغام می‌شود (Baatz & Schäpe, 2000: 14). به‌ویژه سگمنت‌های بخش مجاور تا جایی که ناهمگنی توسط وزن و مقیاس تعیین شده متوقف نشود، شیء‌های تصویری همگن ساخته می‌شود (Zhou & Troy, 2008: 3125)؛ بنابراین در مقیاس بزرگتر شیء‌های تصویری همگن‌تر و در نتیجه شیء‌های بزرگ‌تر ایجاد می‌شود. از دیگر پارامترهای مؤثر در اندازه شیء‌ها، رنگ و شکل است که جمع وزن هر دو عدد یک است (Trimble, 2012: 63).

شاخص پوشش گیاهی NDVI در کنار لایه‌های ارتفاع و شیب می‌تواند برای تفکیک کلاس‌ها به کار گرفته شود. با توجه به نقاط تعلیمی و اعمال آن‌ها بر روی شاخص در تاریخ‌های مختلف تصاویر و همچنین ارتفاع و شیب، می‌توان دامنه عددی کلاس‌ها را تعیین کرد.

سگمنت‌سازی تصاویر

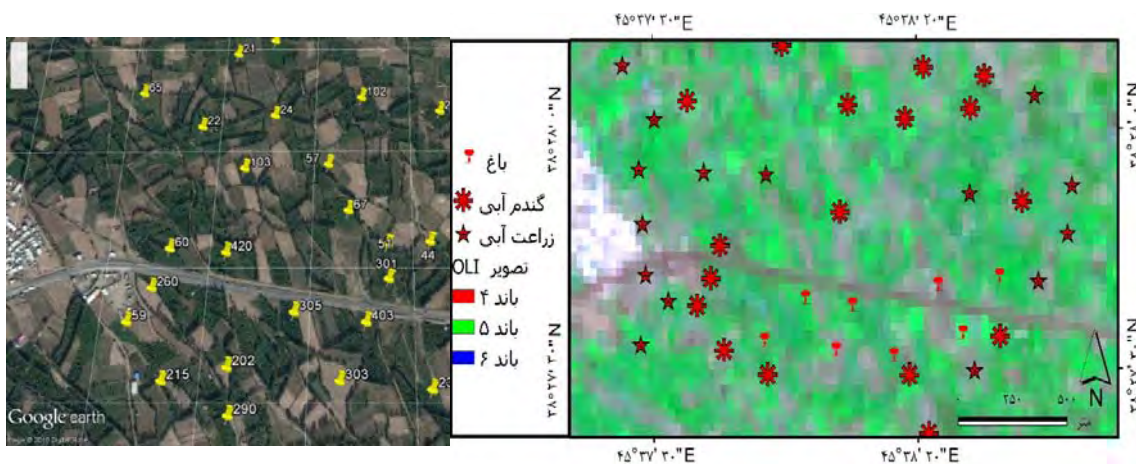
بعد از مرحله آماده‌سازی تصویر در روش‌های شیء‌گرا، تصاویر با توجه به شکل، رنگ و مقیاس انتخاب شده توسط کاربر، سگمنت‌سازی می‌شود که این شیء‌ها می‌توانند از یک پیکسل تا چندین پیکسل را شامل شود. الگوریتم انتخاب شده توسط کاربر نیز از دیگر عوامل مؤثر بر آن‌ها و دقت طبقه‌بندی است. شیء‌ها مبنای طبقه‌بندی شیء‌گرا هستند و ویژگی‌های پدیده‌های زمینی را شامل می‌شوند؛ از این رو کیفیت طبقه‌بندی شیء‌گرا به دقت سگمنت‌سازی بستگی دارد (Chaudhuri & Sarkar, 1995: 75).

در یک‌زمان مشخص، در پژوهش حاضر برای استخراج کاربری‌های سال‌های ۱۹۸۷ و ۲۰۱۵ از تصاویری با زمان‌های مختلف طبق جدول ۱ استفاده شد. میانگین و انحراف معیار سبزی‌نگی شاخص پوشش گیاهی NDVI در هر یک از سگمنت‌ها مدنظر قرار گرفت. در مرحله پردازش شیء‌گرا، سگمنت‌های تصویری موجود براساس درجه عضویت آن‌ها به طبقات مختلف نسبت داده شد و هر یک از شیء‌های تصویری در این روش براساس بیشترین درجه عضویت یک کلاس خاص و براساس منطق فازی، طبقه‌بندی شد. طبقه‌بندی با الگوریتم نزدیک‌ترین همسایه با استفاده از نمونه‌های تعلیمی صورت گرفت و در آن شیء‌های تصویری براساس الگوریتم تعیین‌شده (چندتفکیکه) به کلاس‌های طبقه‌بندی اختصاص یافت. شکل شماره ۲ نمونه‌ای از نقاط تعلیمی استفاده‌شده را نشان می‌دهد. شکل شماره ۳ سگمنت‌سازی تصاویر را در سال ۲۰۱۵/۰۸/۰۸ نشان می‌دهد که براساس آزمون و خطا، سگمنت‌های مناسبی براساس نقاط تعلیمی با مقیاس ۳۰، رنگ ۰/۹ و فشردگی ۰/۴ تولید شد.

مطالعات قبلی نشان می‌دهد که عدد ۰/۹ برای پارامتر رنگ بهترین سگمنت‌ها را نتیجه می‌دهد (Mathieu *et al*, 2007: 2865; Pu *et al*, 2011: 3291 و در نهایت پارامتر فشردگی یا نرمی است که متناسب با بافت و ویژگی‌های هندسی پدیده‌های زمینی تعیین می‌شود (Oruc *et al*, 2004: 1). در پژوهش حاضر برای سگمنت‌سازی، اطلاعات مربوط به بافت، رنگ، شکل، مقیاس، میانگین و انحراف استاندارد در باندهای ۴ و ۷ سنجنده OLI (به دلیل کمتر همبسته‌بودن این دو باند انتخاب شد) و شاخص NDVI و همچنین باندهای ۳ و ۵ سنجنده TM و شاخص NDVI هر یک از تصاویر و الگوریتم چند تفکیکه استفاده شد.

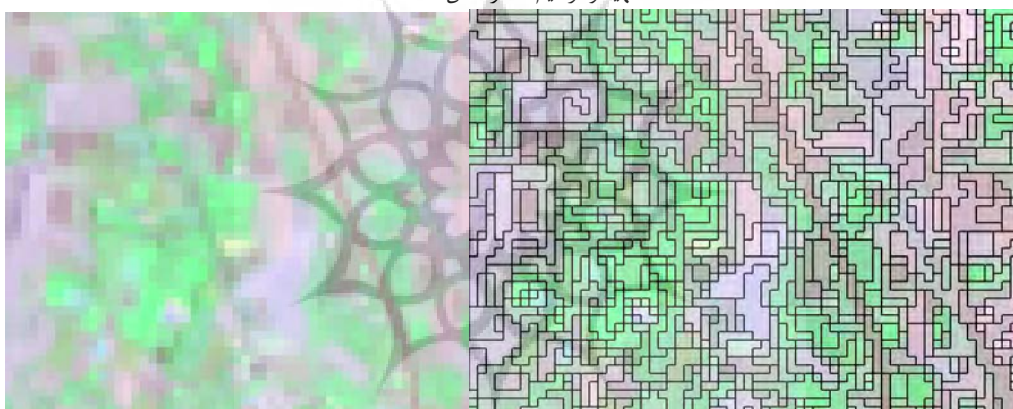
طبقه‌بندی شیء‌گرا

در طبقه‌بندی شیء‌گرا هر یک از سگمنت‌ها با توجه به تعریف کاربر، پارامترهای استفاده‌شده و دامنه عددی اختصاص‌داده‌شده به هر یک از کاربری‌های موجود در منطقه تعلق می‌گیرد. این پروسه در وهله اول به شناخت کاربر از منطقه بستگی دارد. همچنین نقاط تعلیمی برداشت‌شده نیز به دید وسیع کاربر کمک می‌کند. در طبقه‌بندی‌های سطح ریز مانند گندم (آبی و دیم)، یونجه، زراعت آبی و... با توجه به زمان رشد متفاوت این پدیده‌ها و نبود بعضی از آن‌ها



شکل ۲: تصویر برداشت برخی کلاس‌ها از سامانه گوگل ارث (سمت چپ) و اعمال آن‌ها بر روی تصویر لندست (سمت راست)

تهیه و ترسیم: نگارندگان، ۱۳۹۶



شکل ۳: تصویر ترکیب باند ۴،۷ و NDVI سال ۲۰۱۵ (سمت چپ) و سگمنت‌سازی با مقیاس ۳۰، رنگ ۰/۹ و فشردگی ۰/۴ (سمت راست)

تهیه و ترسیم: نگارندگان، ۱۳۹۶

(Yuan et al, 2005: 320)

صحت کلی از نسبت مجموع پیکسل‌هایی که درست طبقه‌بندی شده‌اند (در محور اصلی ماتریس طبقه‌بندی قرار دارند)، به کل پیکسل‌های طبقه‌بندی شده به‌دست آمد. همان‌طور که از اسم آن مشخص است، صحت کلی فقط درصد صحت در کل طبقات را می‌دهد و نمی‌تواند درصد صحت هر کدام از طبقات را به‌طور مجزا محاسبه کند. صحت کلی با رابطه ۲ قابل بیان است.

ارزیابی صحت طبقه‌بندی: به‌منظور بیان صحت یک

نقشه طبقه‌بندی شده به‌صورت کمی می‌توان آن را به‌صورت پیکسل‌به‌پیکسل با واقعیت زمینی مقایسه و نتایج را در جدولی به‌نام جدول خطا درج کرد. بر پایه این جدول می‌توان معیارهای کمی نظیر صحت کلی^۱ و ضریب کاپا^۲ را برای بیان wpz محاسبه کرد. در تحقیق حاضر با استفاده از نقاط تستی برداشت‌شده از تصاویر کوئیک برد (۰/۶ متر) و اسپات (۲/۵ متر) ارزیابی صحت صورت گرفت و حداقل ۳۰ نقطه تستی برای هریک از کاربری‌ها در نظر گرفته شد

تحلیل زنجیره مارکف

در این روش در بررسی تغییرات کاربری و پوشش اراضی، یک فرض پایه مبنی بر احتمال تغییر هر نوع کاربری به کاربری دیگر وجود دارد که به صورت S_t بوده و در حرکت به سمت زمان به صورت S_{t+1} طبق رابطه ۴ در نظر گرفته شد
(Mondal & Southworth, 2010: 1723).

$$S_{t+1} = P * S_t \quad \text{رابطه ۴:}$$

در رابطه فوق: S و S_{t+1} مساحت‌های مختلف کلاس‌ها در زمان t و $t+1$ است و P احتمال گذار از یک وضعیت به وضعیت دیگر بوده و به صورت ماتریس احتمال رابطه ۵ بیان می‌شود:
رابطه ۵:

$$P = \begin{bmatrix} p_{11} & p_{12} & \dots & p_{1n} \\ p_{21} & p_{22} & \dots & p_{2n} \\ \dots & \dots & p_{ij} & \dots \\ p_{n1} & p_{n2} & \dots & p_{nn} \end{bmatrix}, 0 \leq p_{ij} < 1 \text{ and } \sum_{j=1}^n p_{ij} = 1$$

P_{ij} : احتمال تغییر کاربری و پوشش اراضی؛

i : به کاربری اراضی؛

j : را از زمان t تا $t+1$ در n کلاس را نشان می‌دهد
(Batty et al, 1999: 210; Takada et al, 2010: 565).

یافته‌های تحقیق

در تحقیق حاضر، تغییرات کاربری اراضی در بازه زمانی ۲۸ سال با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای چندطیفی و روش شیء‌گرا استخراج شد و برای سال ۲۰۳۰ آینده‌پژوهی با استفاده از تحلیل زنجیره مارکف صورت گرفت. جدول شماره ۳ دقت کلی و ضریب کاپای طبقه‌بندی تصاویر برای استخراج کاربری در منطقه مورد مطالعه را نشان می‌دهد.

جدول ۳: ارزیابی صحت طبقه‌بندی در بازه‌های زمانی مورد استفاده

| تاریخ کاربری | صحت کلی (درصد) | ضریب کاپا |
|--------------|----------------|-----------|
| ۱۹۸۷ | ۸۷ | ۰/۸۳ |
| ۲۰۱۵ | ۸۹ | ۰/۸۶ |

مأخذ: نگارندگان، ۱۳۹۶

$$\text{رابطه ۲: } OA = \frac{\sum_{k=1}^N n_{kk}}{n} * 100$$

صحت کلی

$\sum_{k=1}^N n_{kk}$: مجموع پیکسل‌های درست طبقه‌بندی شده

n : کل پیکسل‌های طبقه‌بندی شده.

با توجه به اینکه برای نهایی‌کردن نقشه کاربری اراضی، باید همه شاخص‌های صحت طبقه‌بندی با یک و یا چند شاخص آماری معتبر برازش داده شود. شاخص کاپا از جمله روش‌های آماری است که با رابطه (۳) قابل بیان است

(Congalton & Green, 1999: 40).

رابطه ۳:

$$K = \frac{N \sum_{i=1}^r X_{ii} - \sum_{i=1}^r (X_{i0} * X_{0i})}{N^2 - \sum_{i=1}^r (X_{i0} * X_{0i})}$$

K : شاخص کاپا؛

r : تعداد ردیف ماتریس طبقه‌بندی؛

X_{ii} : تعداد مشاهدات در ردیف و ستون (محور اصلی ماتریس)؛

X_{i0} : مجموع مشاهدات در ردیف (مجموع ردیف برای هر کاربری)؛

X_{0i} : مجموع مشاهدات در ستون (مجموع ستون برای هر کاربری)؛

N : مجموع کل مشاهدات ماتریس طبقه‌بندی.

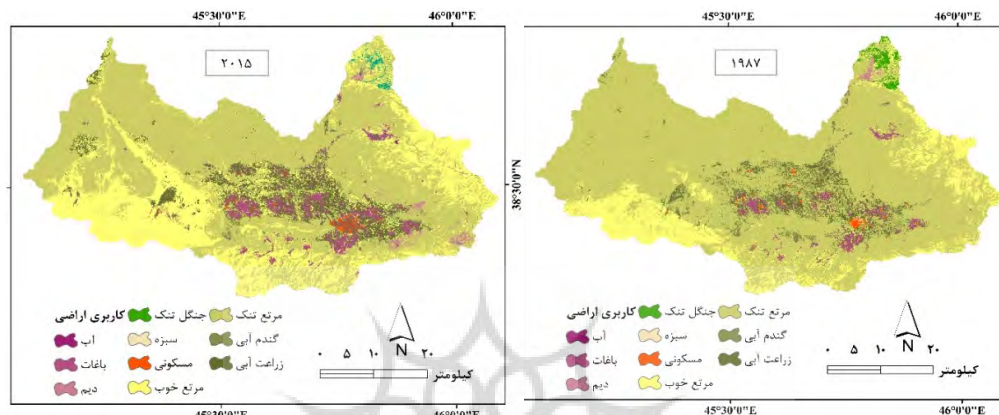
در محاسبه ضریب کاپا، علاوه بر پیکسل‌هایی که درست طبقه‌بندی شده‌اند، پیکسل‌هایی که نادرست طبقه‌بندی شده‌اند نیز دخالت داده می‌شوند؛ از این رو معیار مناسبی برای مقایسه نتایج طبقه‌بندی‌های مختلف است.

مقایسه نقشه‌های کاربری در بازه زمانی ۲۰۱۵-۱۹۸۷

برای مقایسه نقشه‌ها و بررسی تغییرات از روش مقایسه پس از طبقه‌بندی استفاده شد و کلاس‌ها دوبه‌دو به صورت زوجی و پیکسل‌به‌پیکسل مورد بررسی قرار گرفتند.

شکل شماره ۴ کاربری‌های مربوط به هریک از سال‌های مورد بررسی و جدول شماره ۴ مساحت هریک از کاربری‌ها را نشان می‌دهد.

با توجه به جدول فوق، صحت کلی در هر دو تصویر بالاتر از ۸۵ درصد است. هرچند به دلیل کیفیت و ریزولوشن تصاویر OLI دقت کلی و ضریب کاپا نسبت به دیگر تصاویر لندست از لحاظ عددی بالاتر است.



شکل ۴: نقشه کاربری‌های منطقه مورد مطالعه در سال‌های ۱۹۸۷ و ۲۰۱۵

تهیه و ترسیم: نگارندگان، ۱۳۹۶

جدول ۴: مساحت کاربری‌های منطقه مورد مطالعه در سال‌های مورد بررسی (Km²)

| کاربری آب | باغ | دیم | جنگل | سبزه | مسکونی | مرتع خوب | مرتع ضعیف | گندم آبی | زراعت آبی |
|-----------|-------|-------|-------|------|--------|----------|-----------|----------|-----------|
| ۰/۰۲ | ۴۳/۴۳ | ۵/۹۷ | ۱۸/۶۵ | ۱/۴۲ | ۸/۵۱ | ۳۶۸ | ۱۸۹۹ | ۱۰۹ | ۷۲ |
| ۰/۶۱ | ۸۵/۵۳ | ۱۵/۵۴ | ۸/۲۳ | ۱/۸۵ | ۲۳/۵۶ | ۷۵۸ | ۱۴۳۱ | ۷۹ | ۱۲۲/۸۴ |

مأخذ: نگارندگان، ۱۳۹۶

سال ۲۰۱۵ (داده‌های بارش سازمان آب منطقه‌ای) توجیه شود. برای تحلیل تغییرات رخ داده در کاربری‌های منطقه و به نوعی تأثیر عوامل انسانی در این تغییرات، با استفاده از روش تناظر به تناظر، هر پیکسل نسبت به پیکسل متناظر خود کشف تغییرات شد. جدول شماره ۵ این تغییرات را در هر یک از کاربری‌ها نشان می‌دهد.

با توجه به جدول فوق، بیشترین مساحت حوضه مربوط به مراتع است که این طبقه به دو قسمت مرتع قوی و ضعیف تقسیم شده است. در این بین مرتع ضعیف بیشترین درصد مساحت را در دو سال مورد بررسی (به ترتیب ۸۴ و ۶۶ درصد) به خود اختصاص داده است. همچنین تغییراتی در میزان مساحت مرتع خوب وجود دارد که این مسأله می‌تواند با ترسالی

جدول ۵: ماتریس تغییرات ایجادشده در هریک از کاربری‌ها نسبت به کاربری‌های دیگر به درصد

| ۱۹۸۷ ۲۰۱۵ | آب | باغ | دیم | جنگل | سبزه | مسکونی | مرتع خوب | مرتع ضعیف | گندم آبی | زراعت آبی |
|--------------|-------|-------|-------|-------|-------|--------|----------|-----------|----------|-----------|
| آب | ۴۲/۳۱ | ۰ | ۰ | ۰ | ۰ | ۰ | ۰/۰۲ | ۰/۰۲ | ۰/۰۸ | ۰ |
| باغ | ۰ | ۹۸/۸۴ | ۰/۱۱ | ۰ | ۳/۸۵ | ۰/۱۹ | ۱/۰۴ | ۰/۸۵ | ۱۰/۲۶ | ۱۷/۴۳ |
| دیم | ۰ | ۰ | ۴۶/۵۷ | ۰ | ۰ | ۰ | ۰/۴۸ | ۰/۵۶ | ۰/۴۳ | ۰ |
| جنگل | ۰ | ۰/۴۹ | ۸/۴۷ | ۳۳/۱۲ | ۰ | ۰ | ۰/۱۹ | ۰/۰۳ | ۰/۰۴ | ۰ |
| سبزه | ۰ | ۰/۶۶ | ۰ | ۰ | ۱۵/۵۸ | ۱/۸۱ | ۰ | ۰/۰۱ | ۰/۱۷ | ۱/۰۲ |
| مسکونی | ۰ | ۰ | ۰ | ۰ | ۶۷/۵۷ | ۸۸/۱۴ | ۰/۱۳ | ۰/۴۲ | ۱/۸۶ | ۶/۲۸ |
| مرتع خوب | ۳/۸۵ | ۰ | ۸/۵ | ۲۳/۲۸ | ۰/۷۶ | ۱/۵۷ | ۸۹/۰۲ | ۲۰/۹۳ | ۲۰/۵۲ | ۷/۴۹ |
| مرتع ضعیف | ۵۰ | ۰/۰۱ | ۳۶/۳۶ | ۴۳/۶ | ۶/۱۸ | ۷/۹ | ۸/۱۸ | ۷۱/۴۹ | ۲۳/۶۲ | ۹/۱۵ |
| گندم آبی | ۳/۸۵ | ۰ | ۰ | ۰ | ۱/۲۶ | ۰/۱۴ | ۰/۳۸ | ۲/۴۴ | ۲۰/۵۱ | ۱۲/۴۱ |
| زراعت آبی | ۰ | ۰ | ۰ | ۰ | ۴/۷۹ | ۰/۲۵ | ۰/۵۷ | ۳/۲۴ | ۲۲/۵ | ۴۶/۲۲ |
| مجموع | ۱۰۰ | ۱۰۰ | ۱۰۰ | ۱۰۰ | ۱۰۰ | ۱۰۰ | ۱۰۰ | ۱۰۰ | ۱۰۰ | ۱۰۰ |

مأخذ: نگارندگان، ۱۳۹۶

می‌گذارد و چه بسا افزایش محصولات پرمصرف آبی باعث برداشت بیشتر آب از منابع سطحی و زیرزمینی گشته و باعث تبعات جبران‌ناپذیری چون فرونشست می‌شود و این مسأله با توسعه پایدار مغایرت دارد. این در حالی است که داده‌های مربوط به سطح تراز آب‌های زیرزمینی سازمان آب منطقه‌ای نشان‌دهنده روند کاهشی معنی‌داری در سطح ۹۹ درصد بوده و افت سطح آب‌های زیرزمینی احتمال بروز فرونشست در دشت حوضه مورد مطالعه را تشدید می‌کند. پیش‌بینی احتمال تغییر مساحت برای سال ۲۰۳۰ با نسبت خطای ۰/۱۲ صورت گرفت (اندریانی، ۱۳۹۳: ۱۷۹). جدول شماره ۶ نتیجه تحلیل زنجیره مارکف را برای سال ۲۰۳۰ نشان می‌دهد.

با توجه به جدول ۵، از طبقات گندم آبی و زراعت آبی به ترتیب ۱۰ و ۱۷ درصد به طبقه باغ تعلق گرفته که در منطقه مورد مطالعه درختان میوه، غالباً سیب و زردآلو است (آمار جهاد کشاورزی، ۱۳۹۴-۱۳۶۸). مقادیر نیاز آبی درختان سیب و زردآلو با استفاده از نرم‌افزار NETWAT به ترتیب ۵۲۲ و ۴۲۱ میلی‌متر است. این در حالی است که گندم آبی ۲۹۳ میلی‌متر نیاز آبی دارد و برای زراعت آبی نیز کشت گوجه‌فرنگی و آفتابگردان غالب است که به ترتیب ۴۵۵ و ۴۰۰ میلی‌متر نیاز آبی دارند. با این تفسیر با افزایش تقریباً ۵۰ درصدی در مساحت باغات، مصرف آب در این منطقه به شدت افزایش یافته است. همچنین افزایش تقریباً ۴۰ درصدی زراعت آبی و تبدیل طبقه گندم آبی به کشت آبی نیز بر مصرف زیاد آب تأثیر بسزایی

جدول ۶: ماتریس پیش‌بینی تغییرات کاربری اراضی تا سال ۲۰۳۰ (Km²)

| ۲۰۱۵ ۲۰۳۰ | آب | باغ | دیم | جنگل | سبزه | مسکونی | مرتع خوب | مرتع ضعیف | گندم آبی | زراعت آبی |
|--------------|------|-------|------|------|------|--------|----------|-----------|----------|-----------|
| آب | ۰/۳۵ | ۰ | ۰ | ۰ | ۰ | ۰ | ۰ | ۰/۲۳ | ۰/۰۲ | ۰ |
| باغ | ۰ | ۸۵/۱۸ | ۰ | ۰/۶۱ | ۰/۹۶ | ۰ | ۰ | ۰ | ۰ | ۰ |
| دیم | ۰ | ۰/۰۱ | ۹/۶ | ۱/۳۷ | ۰ | ۰ | ۰/۳۳ | ۴/۲۱ | ۰ | ۰ |
| جنگل | ۰ | ۰ | ۰ | ۳/۹۴ | ۰ | ۰ | ۱/۱۸ | ۳/۱ | ۰ | ۰ |
| سبزه | ۰ | ۰/۰۵ | ۰ | ۰ | ۰/۴۴ | ۱/۱۶ | ۰ | ۰/۰۵ | ۰/۰۲ | ۰/۰۹ |
| مسکونی | ۰ | ۰/۰۱ | ۰ | ۰ | ۰/۴۶ | ۲۱/۶ | ۰/۱۲ | ۱/۳۴ | ۰ | ۰ |
| مرتع خوب | ۰/۰۹ | ۸/۸۳ | ۲/۹۵ | ۱/۱۶ | ۰ | ۰/۵۵ | ۶۹۹/۸۲ | ۴۴/۶۵ | ۱/۸۷ | ۲/۴۸ |
| مرتع ضعیف | ۰/۲۷ | ۲/۵۱ | ۶/۱۵ | ۰ | ۰ | ۲/۵۹ | ۱۹۵/۷۲ | ۱۱۵۷ | ۳۲/۴۱ | ۳۴/۵۵ |
| گندم آبی | ۰/۰۶ | ۵/۱۶ | ۰/۲۹ | ۰ | ۰ | ۰/۶۲ | ۱۲/۱۴ | ۱۷/۰۴ | ۲۳/۲ | ۲۰/۵۲ |
| زراعت آبی | ۰ | ۱۴/۴۱ | ۰ | ۰ | ۱/۳۴ | ۵/۱۷ | ۴/۳ | ۶/۵ | ۱۷/۷۴ | ۷۲/۱ |
| مجموع | ۰/۸ | ۱۱۲ | ۱۹ | ۷/۱ | ۳/۲ | ۳۱/۷ | ۹۱۳/۶ | ۱۲۳۴ | ۷۵ | ۱۲۹/۷ |

مأخذ: نگارندگان، ۱۳۹۶

منابع آبی، افزایش و توسعه همچنان ادامه خواهد داشت. هرچند به نظر می‌رسد با فشارهای مضاعفی که بر منابع سطحی و به‌خصوص زیرزمینی وارد شده امکان پسرفت و کاهش بیش از پیش این منابع قابل انتظار است؛ چراکه محیط طبیعی در وهله اول از عوامل انسانی و آنتروپوژنیک تأثیر می‌پذیرد؛ سپس به‌صورت فیدبک عمل کرده و عوامل انسانی را تحت‌الشعاع قرار می‌دهد (فرونسخت زمین، کاهش شدید جریان و در نتیجه آن کاهش سبزیگی و پوشش‌های گیاهی)؛ بنابراین برای تداوم و حفظ منابع توسعه‌یافته (پوشش گیاهی) لزوم برنامه‌ریزی و جلوگیری از آبیاری سنتی و همچنین سرمایه‌گذاری در منطقه مورد مطالعه اجتناب‌ناپذیر است.

نتیجه

تکنیک سنجش از دور ابزاری قدرتمند و باصرفه در کشف تراکم پوشش گیاهی، نوع کاربری‌های موجود در منطقه (با توجه به شناخت قبلی)، کشف تغییرات و پیش‌بینی آن است. بدین منظور مدل‌های مختلفی برای استفادهٔ بهینه از امکانات این ابزار تعبیه شده است که از جمله مدل شیء‌گراست و محققان بر کارایی این مدل تأکید دارند (Blaschke, 2010: 2; Dragut et al, 2012: 21). در این تحقیق نیز با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای لندست نوع و میزان مساحت کاربری‌های موجود در منطقه در سال ۱۹۸۷ (سنجنده TM) و سال ۲۰۱۵ (سنجنده OLI) با مدل شیء‌گرا و با الگوریتم چندتفکیکه استخراج شد. دقت کل و ضریب کاپا که شاخص‌هایی برای اعتبارسنجی طبقه‌بندی تصاویر است، به ترتیب ۸۷ درصد، ۰/۸۳ و ۸۹ درصد، ۰/۸۶ محاسبه شد که اعتبار خوب مدل را نشان می‌دهد (Yuan et al, 2005: 323). با توجه به اینکه ماه و فصل رشد برخی کاربری‌ها متفاوت است؛ از این‌رو استفاده از تصاویر ماهواره‌ای ماه‌های مختلف پیشنهاد می‌شود تا بتوان میزان مساحت محصولات را

پیش‌بینی تغییرات کاربری اراضی در منطقه مورد مطالعه نشان‌دهندهٔ افزایش باغات تا ۲۷ کیلومترمربع، افزایش زراعت آبی تا ۷ کیلومترمربع و همچنین افزایش ۸ کیلومترمربع به منطقهٔ مسکونی است، کاهش گندم آبی و مرتع خوب احتمال افزایش باغات را باعث خواهد شد. همچنین با کاهش فضای سبز احتمال تغییر افزایشی مناطق مسکونی وجود دارد. این افزایش مناطق مسکونی به‌دنبال خود، افزایش جمعیت را نیز به‌همراه دارد و این افزایش موجب کاهش منابع طبیعی از جمله منابع آب سطحی و زیرزمینی می‌شود.

تجزیه و تحلیل یافته‌ها

هدف از مطالعه حاضر کشف تغییرات در بازهٔ زمانی ۲۸ سال و پیش‌بینی آن برای ۱۵ سال بعد است؛ چراکه در این منطقه با توجه به داده‌های ثبت‌شده در سازمان آب منطقه‌ای، در دبی رودخانهٔ زیلبیرچای (ایستگاه چرچر و مظفرآباد) کاهش شدید جریان آب و در سطح پیرومتری چاه‌ها افت بسیار زیاد تا حد چندین متر و گاه خشک‌شدن آن‌ها مشاهده می‌شود؛ بنابراین با توجه به اهمیت تغییرات کاربری اراضی، برنامه‌ریزی بهینه و توجه به توسعهٔ پایدار به‌دلیل تأثیر آن بر مصرف بیشتر منابع آبی، آینده‌پژوهی می‌تواند در برنامه‌ریزی آتی مدیران تأثیر بسزایی گذاشته و آن‌ها را به‌سوی یک برنامه‌ریزی کارآمد سوق دهد. در منطقه مورد مطالعه در طول ۲۸ سال 15 km^2 بر مساحت کاربری مسکونی افزوده شده است که این مسأله نشان‌دهندهٔ افزایش جمعیت به‌ویژه در شهرستان مرند است. همچنین دو برابر شدن مساحت کاربری‌های باغ و زراعت آبی نیز از طرف دیگر بر مصرف بسیار زیاد آب تأثیر گذاشته و منابع آبی منطقه را با مشکل کم‌آبی به‌ویژه در منابع آب‌های زیرزمینی روبه‌رو می‌سازد. با توجه به الگوی ۲۸ سال قبل می‌توان گفت تا سال ۲۰۳۰ در صورت یاری‌کردن

- علوی پناه، کاظم (۱۳۸۹). کاربرد سنجش از دور در علوم زمین، دانشگاه تهران.

- Batty, M., Xie, Y., & Sun, Z., (1999). Modeling urban dynamics through GIS-based cellular automata, Computers. Environment and Urban Systems, 23: 205-233.
- Baatz, M & Schäpe, A (2000). Multiresolution segmentation: An optimization approach for high quality multi-scale image segmentation. In *Angewandte Geographische Informationsverarbeitung XII. Beiträge zum AGIT-Symposium Salzburg 2000*; Strobl, J., Ed.; Herbert Wichmann Verlag: Karlsruhe, Germany, 12-23.
- Blaschke, T., (2010). Object based image analysis for remote sensing. *Photogrammetry and Remote Sensing*, 65, 2-16.
- Chaudhuri, B.B. & Sarkar, N., (1995). Texture segmentation using fractal dimension. *Pattern Analysis and Machine Intelligence. IEEE Transactions on*, 17(1), 72-77.
- Congalton, R.G., & Green, K., (1999). Assessing the accuracy of remotely sensed data: principles and practices, Boca Raton: Lewis Publications.
- Chavez, p., (1996). Image-based atmospheric corrections - Revisited and improved. *Photogram Engineering & Remote Sensing*, 62: 1025-1036.
- De Fries, R. S., Hansen, M., & Townshend, J. R. G. (1998). Global land cover classifications at 8 km spatial resolution: The use of training data derived from Landsat imagery in Decision Tree Classifiers. *International Journal of Remote Sensing*, 19 (16), 3141- 3168.
- Dragut, L., & Eisank, C., (2012). Automated object based classification of topography from SRTM data, *Geomorphology*, 141-142, 21-33.
- Foody, M. G., (2004). Status of land cover classification accuracy assessment. *Remote Sensing of Environment*, 80, 185- 201.
- Grimm, N. B., Faeth, S. H., Golubiewski, N. E., Redman, C. L., Wu, J. G., Bai, X.M., & Briggs, J.M. (2008). Global change and the ecology of cities. *Science*, 319, 756-760.
- Gandini, M.L., & Usunoff, E.J., (2004). SCS curve number estimation using remote sensing NDVI in a GIS environmental, *Environmental Hydrology*, 12, 168-179.
- Mondal, P., & Southworth, J., (2010). Evaluation of conservation interventions using a cellular automata-Markov model. *Forest Ecology Manage*, 260, 1716-25.
- Mathieu, R., Aryal, J., & Chong, A. K., (2007). Object-based classification of Ikonos imagery for mapping large-scale vegetation communities in urban areas. *Sensors*, 7, 2860-2880.

به‌خوبی برآورد کرد. نتیجه طبقه‌بندی صورت‌گرفته بر روی تصاویر نشان‌دهنده افزایش 42 km^2 در کاربری باغ به‌عبارتی دو برابر شدن میزان مساحت آن، افزایش 50 km^2 در مساحت زراعت آبی و افزایش 15 km^2 در مساحت کاربری مسکونی است. کشف تغییرات با استفاده از روش نظیربه‌نظیر نشان داد، محصولات با مصرف آب کمتر به محصولاتی با مصرف آب بیشتر تبدیل شده‌اند که این مسأله خود بدون مدیریت بهینه و کارآمد نتیجه‌ای جز کاهش منابع آبی نداشته و نخواهد داشت و پیش‌بینی‌ها هم نشان‌دهنده افزایش بیش از پیش محصولات پرمصرف و توسعه و رشد کاربری مسکونی است؛ از این رو برای جلوگیری از هدر رفت توسعه‌های صورت‌گرفته و دستیابی به توسعه پایدار، لزوم برنامه‌ریزی از سوی مدیران ارشد و همچنین استفاده از سرمایه‌هایی برای خارج‌شدن از آبیاری سنتی و مکانیزه‌کردن آبیاری‌ها توصیه می‌شود.

منابع

- آرخی، صالح (۱۳۹۴). آشکارسازی تغییرات پوشش/ کاربری اراضی با پردازش شیء‌گرای تصاویر ماهواره‌ای با استفاده از نرم‌افزار Idrisi Selva (مطالعه موردی: منطقه آبدانان)، فصلنامه علمی- پژوهشی اطلاعات جغرافیایی (سپهر). ۲۴ (۹۵). ۶۲-۵۱.
- اندریانی، صغری (۱۳۹۳). کاربرد تکنیک‌های سنجش از دور و سیستم اطلاعات جغرافیایی در بررسی تغییرات کاربری اراضی و تأثیر آن بر دبی رودخانه (مطالعه موردی: صوفی‌چای)، پایان‌نامه کارشناسی ارشد & RS GIS، دکتر محمدحسین رضایی‌مقدم. گروه سنجش از دور. دانشگاه تبریز.
- رضایی‌مقدم، محمدحسین؛ صغری اندریانی؛ خلیل ولی‌زاده کامران؛ فرهاد الماس‌پور (۱۳۹۵). تعیین بهترین الگوریتم استخراج کاربری- پوشش اراضی و کشف تغییرات از تصاویر ماهواره‌ای لندست (مطالعه موردی: حوضه صوفی‌چای مراغه)، فضای جغرافیایی. ۱۶ (۵۵). ۶۵-۸۵.

- Takada, T., Miyamoto, A., & Hasegawa, S.F., (2010), Derivation of a yearly transition probability matrix for land-use dynamics and its applications, *Landscape Ecology*, 25: 561–572.
- Walter, V., (2004). Object-based classification of remote sensing data for change detection. *ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing* 58 (3-4), 225–238.
- Yan, G., (2003). Pixel based and object oriented image analysis for coal fire research. Master Thesis, ITC, Netherlands.
- Yu, W., Zhou, W., Qian, Y., Yan, J., (2016). A new approach for land cover classification and change analysis: Integrating backdating and an object-based method. *Remote Sensing of Environment*, 177, 37-47.
- Yuan, F., Sawaya, K. E., Loeffelholz, B. C., & Bauer, M. E (2005). Land cover classification and change analysis of the twin cities (Minnesota) metropolitan area by multitemporal Landsat remote sensing. *Remote Sensing of Environment*, 98, 317–328.
- Zhang, Z. X., Wang, X., Zhao, X. L., Liu, B., Yi, L., Zuo, L. J., & Hu, S. G., (2014). A 2010 update of National Land Use/Cover Database of China at 1:100000 scale using medium spatial resolution satellite images. *Remote Sensing of Environment*, 149, 142–154.
- Zhou, W., A. Troy & M. Grove., (2005). Measuring urban parcel Lawn Greenness by using an object-oriented classification approach, *Rubenstein School of Environment and Natural Resources, University of Vermont, George D. Aiken Center*, 81
- Zhou, W. Q., & Troy, A (2008). An object-oriented approach for analyzing and characterizing urban landscape at the Parcel level, *Remote sensing*, 29 (11), 3119-3135.
- Oruc, M., Marangoz, A.M. & Buyuksalih, G. (2004). Comparison of pixel-based and object-oriented classification approaches using Landsat-7 ETM spectral bands. In *Proceedings of XX ISPRS Congress* (p.5), 19 July, Istanbul, Turkey.
- Peng, J., Liu, Y. H., Shen, H., Han, Y., & Pan, Y. J. (2012). Vegetation coverage change and associated driving forces in mountain areas of Northwestern Yunnan, China using RS and GIS. *Environmental Monitoring and Assessment*, 184, 4787-4798.
- Pu, R. L., Landry, S., & Yu, Q., (2011). Object-based urban detailed land cover classification with high spatial resolution IKONOS imagery. *Remote Sensing*, 32, 3285–3308.
- Rouse, J.W., R.H. Haas, J.A. Schell., & D.W. Deering., (1973). Monitoring Vegetation Systems in the Great Plains with ERTS. *Third ERTS Symposium, NASA SP-351 I*: 309-317.
- Saadat, H., Adamowski, J., Bonnell, R., Sharifi, F., Namdar, M., & Ale-Ebrahim, S., (2011). Land use and land cover classification over a large area in Iran based on single date analysis of satellite imagery. *ISPRS journal of Photogrammetry and Remote Sensing*, 66, 608-619.
- Singh, A., (1989). Digital change detection techniques using remotely-sensed data. *International Journal of Remote Sensing*, 10, 989–1003.
- Turner, B. L., Lambin, E. F., & Reenberg, A., (2007). The emergence of land change science for global environmental change and sustainability. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 104(52), 20666–20671.
- Trimble, (2012). *eCognition Developed Reference Book*. Trappentreustr. 1D-80339 München, Germany: München, Germany GmbH, p 270.