

پایش تغییرات کاربری اراضی با استفاده از روش‌های مختلف تئوری آموزش آماری منطقه نیشابور

الهه اکبری^۱، محمدعلی زنگنه اسدی^۲، * ابراهیم تقوی مقدم^۳

^۱ دانشجوی دکترای سنجش از دور دانشگاه تهران و عضو هیات‌علمی دانشگاه حکیم سبزواری

^۲ دانشیار گروه ژئومورفولوژی و اقلیم‌شناسی، دانشگاه حکیم سبزواری،

^۳ دانشجوی دکتری ژئومورفولوژی دانشگاه حکیم سبزواری

تاریخ دریافت: ۹۳/۴/۲۰؛ تاریخ پذیرش: ۹۴/۶/۱

چکیده

کشف و شناسایی تغییر عوارض سطح زمین برای درک ارتباط متقابل انسان و محیط، امری ضروری است که آگاهی از آن باعث برنامه‌ریزی صحیح در جهت توسعه پایدار می‌گردد. امروزه به دلیل هزینه‌ی بسیار زیاد تهیه‌ی نقشه‌های کاربری اراضی با روش‌های سنتی و دستی، سنجش از دور می‌تواند با دقت و سرعت بیشتری به مهندسان در تهیه‌ی نقشه‌ی کاربری اراضی و در مرحله‌ی بعد، ارزیابی تغییرات در منطقه کمک کند. هدف از این تحقیق، کشف و شناسایی تغییرات پوشش زمین و کاربری اراضی با استفاده از روش‌های آموزش آماری است. در این تحقیق پس از انجام مراحل پیش‌پردازش و آماده‌سازی اطلاعات برای استخراج اطلاعات دقیق، سه روش حداکثر احتمال، حداقل فاصله و ماشین بردار پشتیبان با استفاده از ضریب کاپا ارزیابی شد. طبق بررسی‌های به عمل آمده مشخص شد که روش حداکثر احتمال با ضریب کاپای ۰/۷۹ و دقت کلی ۸۳/۲۹ نسبت به روش‌های حداقل فاصله و ماشین بردار پشتیبان، دقت بیشتری برای تهیه‌ی نقشه‌ی کاربری اراضی دارد. در ادامه با استفاده از روش حداکثر احتمال نقشه کاربری اراضی برای سال‌های ۱۹۸۸، ۲۰۰۰، ۲۰۰۶ و ۲۰۱۵ تولید شد سپس تغییرات رخ داده در منطقه با روش مقایسه پس از طبقه‌بندی، کشف و ارزیابی شد. طبق بررسی‌ها، افزایش سطح زیر کشت اراضی بایر و شور، گسترش باغات منطقه تحت تأثیر احداث سدهای بالادست و افزایش محدوده‌ی شهری در طی ۲۷ سال دوره تحقیق از مهم‌ترین تغییرات رخ داده در منطقه است.

واژه‌های کلیدی: تغییرات، کاربری اراضی، سنجش از دور، آموزش آماری، نیشابور

مقدمه

سال‌های طولانی همیشگی در حال تغییر زمین بودند، اندازه‌گیری‌های کنونی تغییر زمین نشان‌دهنده بالاترین میزان تغییر در تمام تاریخ عمر بشریت است. این تغییرات که شامل دخالت‌های مستقیم و غیر مستقیم انسان است، می‌تواند حدود نیمی از سطح خشکی‌های زمین را در پایان قرن حاضر میلادی دچار تغییرات جدی کند و اکوسیستم‌های زمینی دچار تغییرات زیادی خواهند شد. کاربری اراضی یعنی استفاده از امکانات طبیعی موجود برحسب نیازهای انسانی منطبق با استعداد اراضی به شیوه علمی یا سنتی که ممکن است باعث تخریب اراضی نیز شود

پیش از پیدایش انسان حوادثی چون سیل، زلزله، فوران آتشفشان، طوفان و غیره باعث تغییر چهره زمین می‌شد. این تغییرات هر چند مخرب بود و انسان نقشی در آنها نداشت، در راستای تکامل ژئومورفولوژیکی زمین بسیار با اهمیت بود. مسأله تغییر کاربری از زمانی رنگ‌وبوی تخریب به خود گرفت که انسان پا بر کره زمین گذاشت. سوزاندن جنگل و تخصیص آن به زمین کشاورزی برای به دست آوردن مایحتاج اولیه خود، اولین اقدام بشر برای تغییر چهره زمین بود. هر چند انسان‌ها در طول

اندرسون و همکاران (۱۹۷۶) به طبقه‌بندی اراضی منطقه ویرجینیا با استفاده از روش سنجش از دور پرداخته است. فیوئن و همکاران (۲۰۰۵) با استفاده از روش بیش‌ترین همسایگی به تهیه نقشه کاربری اراضی در محدوده‌ی کلان شهر توین در ایالت مینوسوتا آمریکا پرداخته است. تطیبی و همکاران (۲۰۰۸) به بررسی تغییرات کاربری اراضی شهر تهران با استفاده از روش سنجش از دور و مدل شبکه‌ی عصبی مصنوعی^۲ پرداخته و با توجه به یافته‌های تحقیق، روند این تغییرات را برای سال ۲۰۲۰ مشخص کرده‌اند. آدامی و همکاران (۲۰۱۲) با استفاده از تصاویر چندزمانه ماهواره‌ی لندست و مودیس، تغییرات کاربری اراضی حاصل از توسعه‌ی کشت نیشکر در برزیل را مورد پایش و ارزیابی قرار داده‌اند. بهاگوات (۲۰۱۳)، تغییرات کاربری اراضی محدوده (متروپلیتن کاتماندو) نپال را با استفاده از تصاویر ماهواره‌ی چندزمانه بررسی کرده است.

نیازی و همکاران (۱۳۸۹) با استفاده از دو روش حداکثر احتمال و شبکه‌ی عصبی مصنوعی، نقشه‌ی کاربری ارضی حوضه سد ایلام را تهیه کرده‌اند و روش شبکه عصبی را نسبت به روش حداکثر احتمال، روش دقیق‌تری دانسته‌اند. درباره‌ی آشکارسازی تغییرات^۳، سفیانیان (۱۳۸۸) به کشف و بازیابی تغییرات کاربری و پوشش اراضی شهر اصفهان با استفاده از مدل آشکارسازی بردار تغییرات SVA^۴ در یک دوره‌ی یازده ساله اقدام نموده است. فیضی‌زاده و حاج میررحیمی (۱۳۸۷) به بررسی روش شیء‌گرا در آشکارسازی تغییرات کاربری ارضی پرداخته است. آرخی و نیازی (۱۳۸۹) به مطالعه روش‌های مختلف سنجش از دور در پایش تغییرات کاربری ارضی حوضه‌ی دره‌ی شهر ایلام پرداخته و روش تفاضل پوشش گیاهی و تحلیل مؤلفه‌های اصلی را روش‌های مناسبی برای کشف تغییرات معرفی کرده است. ماهینی و همکاران (۱۳۸۹) با استفاده از سامانه‌ی اطلاعات جغرافیایی و سنجش از دور به آشکارسازی تغییرات پوشش ارضی چالوس‌رود

(Fao, 1981)^۱. عمده‌ترین چالش‌ها مربوط به گسترش ناموزون شهری و تغییر کاربری مراتع و جنگل‌ها و باغ‌ها به کاربری مسکونی و صنعتی و همچنین تغییر کاربری اراضی جنگلی به زمین‌های کشاورزی است (نیازی و همکاران، ۱۳۸۹: ۱۲۰). ابعاد چالش‌های این مسئله باعث شده که نهادها و سازمان‌ها برای جلوگیری از تغییر کاربری، قوانینی وضع کنند. به طور مثال براساس ماده یک حفظ کاربری اراضی زراعی و باغ‌ها، مصوب ۱۳۷۴/۳/۳۱ و اصلاحیه ۱۳۸۵/۸/۱، برای حفظ کاربری اراضی زراعی و باغ‌ها و تداوم و بهره‌وری آنها از تاریخ تصویب این قانون، تغییر کاربری اراضی زراعی و باغ‌ها در خارج از محدوده‌ی قانونی شهرها و شهرک‌ها جز در موارد ضروری ممنوع است (سازمان جهاد کشاورزی، ۱۳۸۹).

با توجه به گستردگی تغییرات روش‌های سنتی برای محققین زمان‌بر و پرهزینه است، ولی تکنیک‌های سنجش از دور با استفاده از تصاویر چندزمانه، حجم عظیمی از اطلاعات را در اختیار محقق می‌گذارد (Tahir et al., 2013). تکنیک‌های سنجش از دور در کشف و شناسایی الگوی تغییرات کاربری منبع خوبی برای مدیریت و برنامه‌ریزی شهری و منطقه‌ای است (Kenneth et al., 2012: 75; Clark, 2002: 164). عمده‌ترین تحقیقاتی که در این زمینه صورت گرفته، حول سه موضوع عمده است: دسته‌ای از تحقیقات به طبقه‌بندی کاربری‌ها و تهیه‌ی نقشه‌ی کاربری اراضی اقدام کرده‌اند؛ دسته‌ی دیگر به آشکارسازی و پایش تغییرات کاربری اراضی و روندیابی تغییرات آنها پرداخته‌اند؛ و تحقیقاتی که به تأثیر تغییر کاربری‌ها بر پدیده‌هایی چون: فرسایش، جریان‌های رودخانه‌ای، حرکات توده‌ای، کیفیت آب‌های زیرزمینی، کیفیت خاک و غیره پرداخته است. در زمینه استفاده از تصاویر ماهواره‌ای برای طبقه‌بندی و کشف تغییرات پوشش و کاربری زمین، تحقیقات جامعی در سطح ملی و بین‌المللی انجام شده است که به آنها اشاره می‌شود:

2. Neural Network Analysis
3. Change Detaction
4. Change Vector Analysis

1. Food and Agriculture Organization

سیکل ترکیبی، فولاد و ذوب آهن و سایر صنایع وابسته، تغییر کاربری اراضی روزبه‌روز تشدید خواهد شد که امید است این مقاله بتواند با معرفی ابعاد مسأله، گره‌گشای مسائل و مشکلات برنامه‌ریزان و متولیان این امور در شهرستان نیشابور باشد.

هدف از این تحقیق پایش تغییرات کاربری اراضی منطقه نیشابور با استفاده از روش‌های مختلف تئوری آموزش آماری با استفاده از تصاویر چند زمانه و چند طیفی ماهواره لندست سال‌های ۱۹۸۸ تا ۲۰۰۶ و سایر تکنیک‌های سنجش از دور می‌باشد.

مبانی نظری

تغییرات کاربری اراضی به تغییراتی گفته می‌شود که انسان‌ها روی پوشش زمین انجام می‌دهند (Ellis and Pontius, 2010). امروزه مسأله تغییر کاربری اراضی (Luc)^۱ از مهم‌ترین چالش‌ها در نظام مدیریت منابع طبیعی و انسانی در محدوده‌ی شهر و روستا است. از این‌رو از مهم‌ترین برنامه‌های متولیان و برنامه‌ریزان شهری و منطقه‌ای، آگاهی از این تغییرات است (قهفرخی و همکاران، ۱۳۸۸:۳۵۰). طبق بررسی‌ها اکثر تغییرات کاربری با هدف افزایش درآمد شهرداری‌ها بوده و عواقب و نتایج این تغییرات در برنامه‌های شهرداری لحاظ نمی‌گردد (رضایی و رحیمی، ۱۳۹۲: ۷۸). از مهم‌ترین پیامدهای تغییر کاربری اراضی، رشد ناموزون و بی‌برنامه محدوده‌های شهری، افزایش یا کاهش سطح پوشش گیاهی، تغییرات ناشی از افت سطح آب زیرزمینی، فرسایش جریانی آبراهه‌ها و تغییر بستر رودخانه، حرکت ماسه‌های روان و در نهایت افزایش مخاطرات طبیعی و غیره است (Ioannis, 2011; Kindu et al., 2013: 2412). تکنیک‌های سنجش از دور در کشف و شناسایی الگوی تغییرات کاربری منبع خوبی برای مدیریت و برنامه‌ریزی شهری و منطقه‌ای است (Kenneth et al., 2012: 75; Clark, 2002: 164). می‌توان بر اساس تصاویر چند زمانه سنجش از دور تهیه کرد. روش‌های متفاوت و گوناگونی برای

پرداخته‌اند و با مدلسازی تغییرات و بر اساس مدل مارکوف به پیش‌بینی تغییرات اقدام نموده‌اند. روستا و همکاران (۱۳۹۱) با استفاده از روش مقایسه، پس از طبقه‌بندی و تهیه نقشه کاربری تغییرات کاربری اراضی، محدوده‌ی شهر شیراز را مشخص و تحلیل نموده‌اند.

مدل‌های به کار برده شده در تحقیقات یادشده، با توجه به نوع الگوریتم‌های مورد استفاده، نتایج متفاوتی را در اختیار محقق قرار می‌دهد. ارزیابی محققان از روش‌های به کار برده شده در این تحقیقات به این صورت است که اکثر محققان روش حداکثر احتمال را روش دقیقی نسبت به سایر روش‌ها می‌دانند (ربیعی و همکاران، ۱۳۸۴؛ سرسنگی و دیگران، ۱۳۸۶؛ نیازی و دیگران، ۱۳۸۹). در روش حداکثر احتمال، کاربر باید دقت کند که کلاس‌بندی را براساس کلاس‌های نرمال گوسین طبقه‌بندی کند. روش حداقل فاصله به نظر برخی از محققان، دقت کمتری نسبت به سایر روش‌ها دارد (سفینیان، ۱۳۸۸؛ آرخی و نیازی، ۱۳۸۹؛ Tso and blather, 2009)، به این صورت که ابتدا میانگین طبقات مختلف را محاسبه می‌کند و سپس فاصله اقلیدسی بازتاب هر پیکسل را از میانگین تمام طبقه‌ها محاسبه می‌کند (Goh et al., 2001; Huang et al., 2002).

روش ماشین بردار پشتیبان، یکی از روش‌های طبقه‌بندی خطی است و این مزیت را دارد که نیاز به دانش قبلی درباره‌ی توضیح آماری داده‌ها نیست و همچنین قادر است همزمان با نمونه‌گیری، خطای طبقه‌بندی را کاهش دهد. گسترش شهر نیشابور روی زمین‌های حاصلخیز مخروطه‌افکنه باغرود و میرآباد، گسترش فعالیت‌های صنعتی در مناطق حاصلخیز دشت‌سر نیشابور، تغییر کاربری باغ‌ها و مزارع واقع در حاشیه‌ی کمربندی تهران-مشهد به کاربری صنعتی و مسکونی و خدماتی، امروزه باعث بروز مشکلات و معضلات پیچیده‌ای در اکوسیستم منطقه و برنامه‌ی آمایش شهرستان نیشابور شده است. همچنین با توجه به سند چشم‌انداز توسعه‌ی شهرستان نیشابور در زمینه توسعه مراکز دانشگاهی و صنعتی مانند نیروگاه

تحولات شدید در پوشش زمین و کاربری اراضی می‌باشد.

روش تحقیق

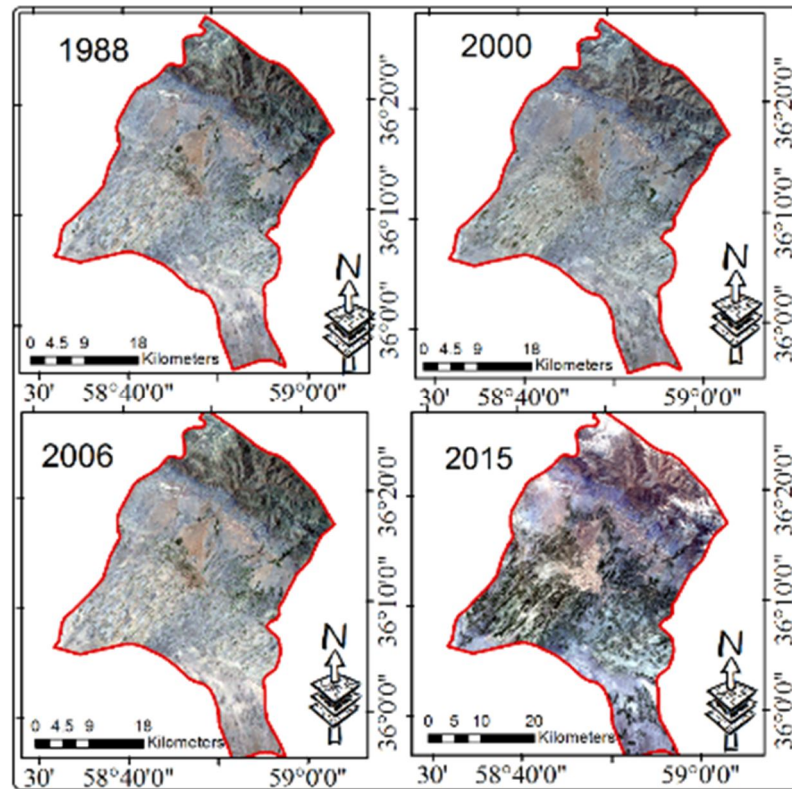
در این تحقیق برای پردازش رقومی از تصاویر ماهواره لندست، سنجنده TM، MSS و ETM⁺ استفاده شده است که مشخصات آن در جدول (۱) آمده است. همچنین از عکس‌های هوایی ۱۳۳۵ مربوط به محدوده شهر نیشابور، تصاویر ماهواره‌ای آیکونوس برای تفسیر بصری تغییرات استفاده شد. علاوه بر آن از نقشه‌های ارزیابی منابع و قابلیت اراضی با مقیاس ۱:۲۵۰۰۰۰ برای شناسایی اولیه منطقه و تعیین محدوده مورد مطالعه استفاده شد. تصحیحات هندسی و رادیومتریک تصاویر ماهواره‌ای با استفاده از شش سری از نقشه‌های توپوگرافی با مقیاس ۱/۵۰۰۰۰ انجام شد. نرم‌افزار Envi نسخه ۴/۸ برای پردازش تصاویر ماهواره‌ای و از نرم‌افزار ArcGIS نسخه ۱۰/۲ نیز برای تحلیل‌های فضایی-جغرافیایی استفاده شد. در بازدید میدانی که از منطقه به عمل آمد، در مرحله‌ی اول ضمن مشاهده و برداشت نمونه، اطلاعات و داده‌های مورد استفاده در تحقیق با استفاده از یک دستگاه GPS کنترل و بازبینی شد که این اطلاعات، مناطق تعلیمی و آموزشی برای طبقه‌بندی بوده است.

آشکارسازی تغییرات و تحولات کاربری‌ها ارائه شده است. برخی از محققین دورسنجی این روش‌ها را در ۲ دسته کلی آشکارسازی تغییرات پیش از طبقه‌بندی و آشکارسازی تغییرات پس از طبقه‌بندی گروه‌بندی می‌کنند. روش‌های پیش از طبقه‌بندی نظیر تفریق تصویر، تقسیم، رگرسیون و آنالیز بردار تغییر که ابتدا تغییر را شناسایی کرده و سپس تغییرات آشکار شده را به کلاس‌ها اختصاص می‌دهند، اطلاعاتی راجع به وجود و عدم وجود تغییر و گاهی بزرگی تغییرات فراهم کرده اما طبیعت تغییرات را مشخص نمی‌کنند. درحالی که تکنیک‌های پس از طبقه‌بندی مانند طبقه‌بندی به روش حداکثر احتمال و شبکه‌های عصبی مصنوعی ابتدا کلاس‌ها را مشخص کرده و پس از آن نوع تغییرات را بین طبقات مختلف شناسایی می‌کنند (مدنیان، ۱۳۸۹: ۶). منطقه نیشابور به دلیل نزدیکی به شهر بزرگ مشهد و همچنین دسترسی به خط سراسری راه آهن و شاهراه مشهد-تهران، از شکوفایی صنعتی و اقتصادی خاصی برخوردار است و از سوی دیگر به دلیل مجاورت با رشته‌کوه بینالود نیز دارای منابع آبی و خاک حاصلخیز فراوانی می‌باشد. حاصل تقابل این دو پتانسیل بالقوه سرزمینی تغییر و

جدول ۱: تصاویر مورد استفاده

تصویر	سنجنده	تاریخ تصویربرداری	شماره باند	شماره گذر	شماره ردیف	قدرت تفکیک رادیومتری	قدرت تفکیک مکانی
لندست ۵ توالی زمانی: ۱۶ روز و پهنای تصویربر داری: ۱۸۰ کیلومتر	MSS	۱۹۸۸/۷/۵	۳-۲-۱	۱۶۰	۳۵	۸ بیت	۴ عدد ۸۰
	TM	۲۰۰۰/۹/۸	۷-۵-۱	۱۶۰	۳۵	۸ بیت	۶ عدد ۳۰×۳۰ متر ۱ عدد ۱۲۰×۱۲۰ متری
	ETM ⁺	۲۰۰۶/۶/۵	۷-۵-۱	۱۶۰	۳۵	۵ عدد ۸ بیت و ۱ عدد ۱۶ بیت	۶ عدد ۳۰×۳۰ ۱ عدد ۱۵×۱۵ ۱ عدد ۶۰×۶۰
لندست ۸	ETM ⁺	۲۰۱۵/۰۳/۲۸	۷-۵-۱	۱۶۰	۳۵	۵ عدد ۸ بیت و ۱ عدد ۱۶ بیت	۶ عدد ۳۰×۳۰ ۱ عدد ۱۵×۱۵ ۱ عدد ۶۰×۶۰

1. Thematic Mapper
2. Enhanced Thematic Mapper



شکل ۲: تصاویر مورد استفاده در تحقیق

استفاده از روش نزدیک‌ترین همسایه^۵ تصحیح هندسی روی تصاویر انجام شده است. سپس این تصاویر با روش کاهش تیرگی^۶ (کاهش تأثیر طول موج بلند در تصاویر) و سطح مسطح^۷ (نرمال نمودن تصاویر بر مبنای ارتفاع) تصحیح اتمسفری شد و در نهایت محدوده‌ی تحقیق از تصاویر ماهواره‌ای جداسازی شده و برای افزایش تباین و وضوح بیشتر از عملیات فیوژن^۸ استفاده شد.

در این تحقیق از روش‌های حداکثر احتمال^۹ حداقل فاصله^{۱۰}، ماشین بردار پشتیبان^{۱۱} برای طبقه‌بندی اطلاعات پوشش و کاربری اراضی استفاده شد و دقت هر یک از روش‌های یاد شده با ضریب کاپا^{۱۲} و دقت کلی ارزیابی شد. سپس با استفاده از

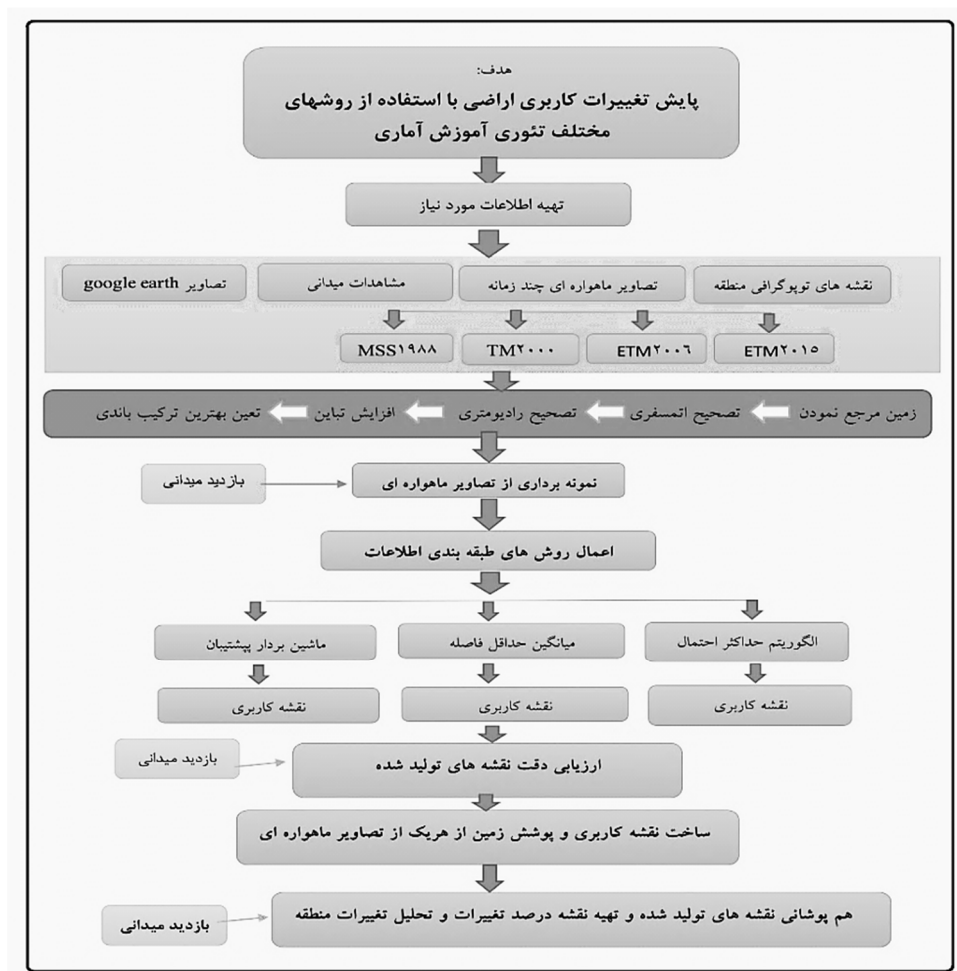
برای استفاده از تصاویر ماهواره‌ای جهت اجرای تکنیک‌ها باید تمامی تصاویر، مختصات یکسان داشته باشند. شکل (۲)، تصاویر مورد استفاده در تحقیق را نشان می‌دهد. بدین ترتیب تصاویر مورد استفاده در تحقیق با استفاده از نقشه‌های توپوگرافی و همچنین نقاط برداشت زمینی با دستگاه GPS زمین مرجع^۱ و تصحیحات هندسی^۲ روی آن‌ها انجام گرفت. تکنیک‌های سنجش از دور مخصوصاً روش‌هایی که برای طبقه‌بندی کاربری اراضی و آشکارسازی تغییرات استفاده می‌شود، معمولاً بر اساس پیکسل‌های مشابه در تصاویر چندزمانه پایش و تحلیل می‌شوند؛ از این رو اگر در مرحله‌ی پیش‌پردازش و تصحیحات، تصاویر به نحو شایسته‌ای تصحیح هندسی و رادیومتریک نشوند، دقت تحقیق کاهش می‌یابد (ربیعی، ۱۳۸۴: ۴۳). با استفاده از ۱۵ نقطه کنترل^۳ و با خطای $rmse=0/02$ با

5. Nearest Neighborhood
6. Dark Subtract
7. Flat Field
8. Image Fusion
9. Maximum Likelihood (MI)
10. Minimum distance (md)
11. Michigan Classification System
12. Kappa Coefficient

1. Georeference
2. Geometric Correction
3. Ground Control Points (Gcp)
4. Root Mean Square

مراحل، تکنیک‌ها و ابزار مورد استفاده در تحقیق را نشان می‌دهد.

روش مقایسه، پس از طبقه‌بندی نقشه‌ی تغییرات رخ داده در منطقه تهیه شد و پهنه‌های تغییر یافته در دوره‌ی تحقیق مشخص و معرفی شد. شکل (۳)،

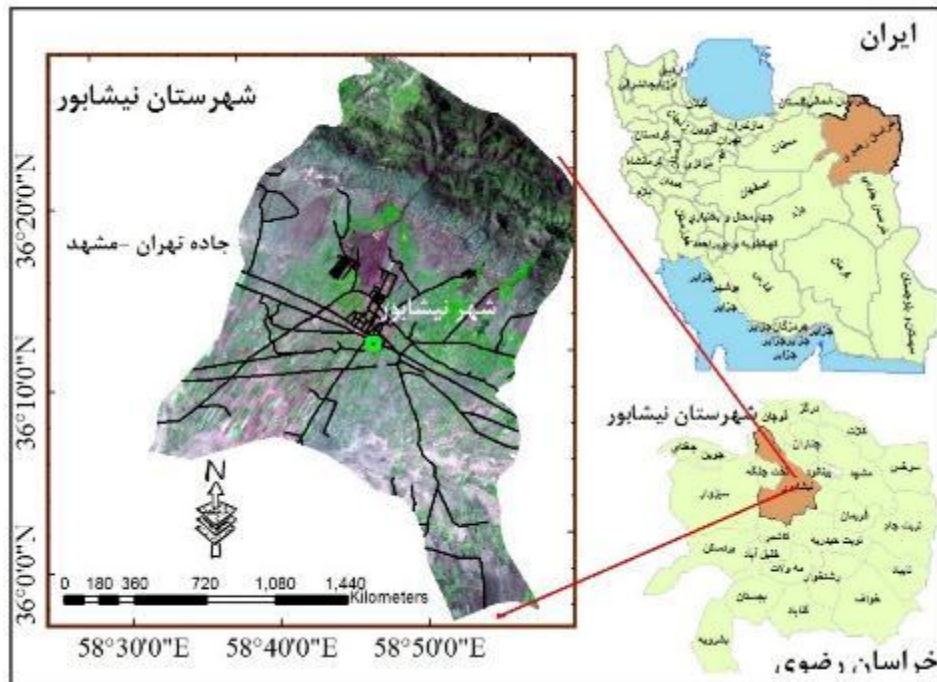


شکل ۳: مراحل و روند اجرایی تحقیق

منطقه مورد مطالعه

محدوده مورد مطالعه در استان خراسان رضوی و بخشی از دشت نیشابور، در جنوب غربی شهرستان نیشابور بین طول‌های جغرافیایی ۵۸ درجه و ۳۴ دقیقه تا ۵۹ درجه و ۸ دقیقه شرقی و عرض‌های جغرافیایی ۳۵ درجه و ۵۱ دقیقه تا ۳۶ درجه و ۱۵ دقیقه شمالی واقع شده است (شکل ۴). متوسط ارتفاع منطقه در دشت نیشابور ۱۰۵۰ و در کل منطقه ۱۷۴۰ است. میانگین دمایی منطقه بین ۱۱- تا ۱۸- درجه سانتی‌گراد و میانگین بارش ۲۲۰ میلی‌متر است (سازمان هواشناسی کشور). رودخانه کال‌شور در ۱۲

کیلومتری جنوب شهر نیشابور جاری است و پس از زهکش کردن منطقه، وارد دشت سبزوار می‌شود. از مهم‌ترین تغییرات منطقه، کاهش اراضی کشاورزی در حاشیه رودخانه و همچنین تغییر کاربری اراضی کشاورزی به مسکونی در تمامی جهت‌های توسعه‌ی شهر نیشابور مشهود است. طبق آمارهای ارائه شده، جمعیت شهر نیشابور در سال ۱۳۷۵ بالغ بر ۱۵۸۴۰۰ نفر بوده که با آهنگ رشد ۳/۸ این میزان در سال ۱۳۸۵ به ۱۹۳۸۵۰ نفر و در سال ۱۳۹۵ به رقم ۲۳۵۰۰۰ نفر خواهد رسید (مرکز آمار ایران، ۱۳۸۸).



شکل ۴: منطقه مورد مطالعه

جدول ۲: طبقه‌بندی میشیکان اصلاح شده مورد استفاده در تحقیق

تعداد نمونه‌های استفاده شده	سطح ۳	سطح ۲	سطح ۱
۳۵		باغ‌ها	نواحی کشاورزی
۳۱	اراضی دیم	مزارع	
۱۴	اراضی آبی		
۲۵	مراتع درجه ۱	مراتع	مراتع و درختچه‌زار
۲۲	مراتع درجه ۲		
۳۴	مراتع درجه ۳		
۹		سطوح آبی	منابع آبی
۲۲		اراضی شهری	نواحی ساخته شده
۱۶		معابر و جاده‌ها	
۲۶		رخنمون‌های سنگی	اراضی بایر
۲۰		شوره‌زار	
۳۱		بایر قابل کشت	

فنون بارزسازی تصاویر^۱ از جمله بارز ساز لینیر^۲ و گوسین^۳ برای وضوح بیشتر و همچنین روش تفاضل باندهای مشابه برای مشاهده تغییرات کلی استفاده شد.

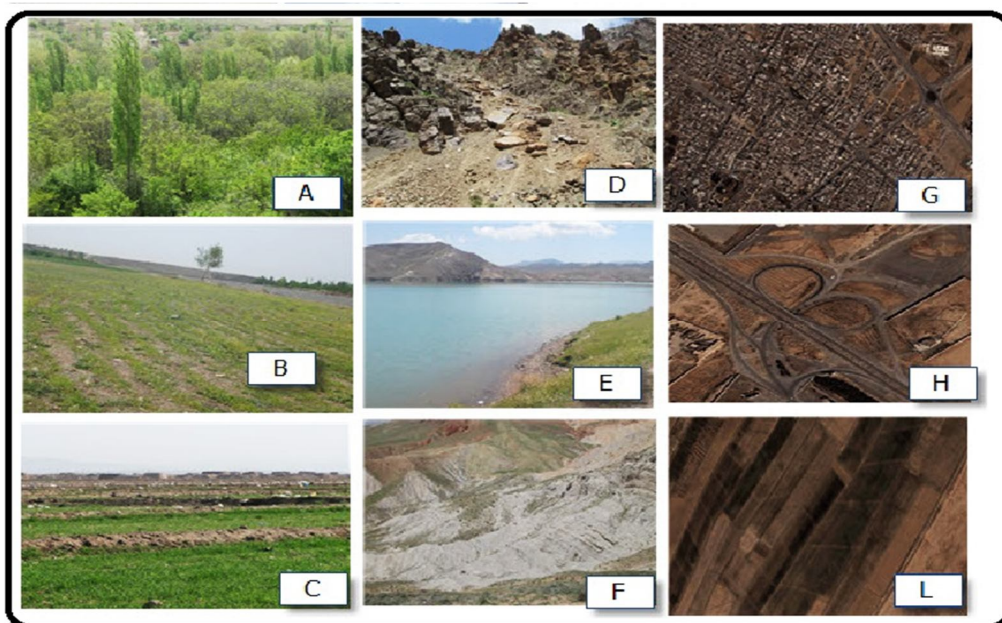
یافته‌های تحقیق

ارزیابی اولیه و بصری از تغییرات پوشش و کاربری زمین: در این تحقیق ابتدا به صورت کلی تغییرات حادث شده در سه دوره‌ی زمانی به صورت بصری تعیین و ارزیابی شد. بدین منظور از ترکیب باندها به صورت ترکیب باند کاذب (FCC) و واقعی

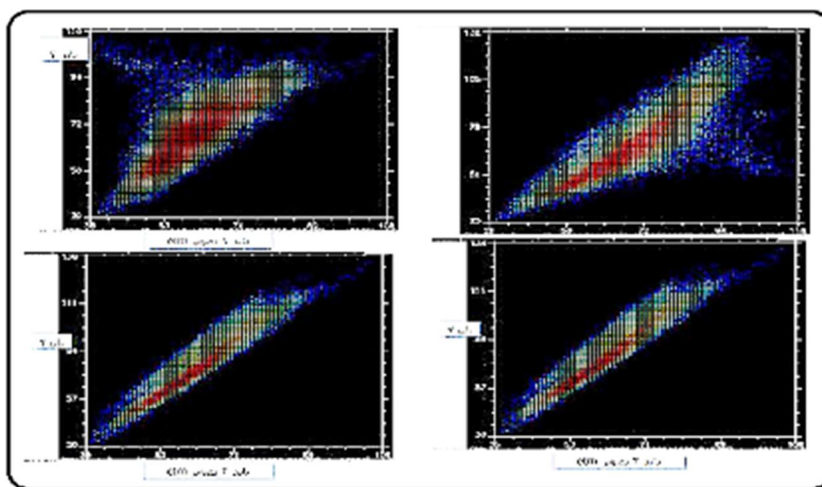
1. Enhance
2. Linear
3. Gaussion

زمین در منطقه‌ی اصلاحاتی در این الگو با توجه به منطقه انجام گرفت. در این مرحله با استفاده از بازدید میدانی و برداشت اطلاعات مکانی با دستگاه GPS از هر کاربری نمونه‌های دقیق برداشت شد. سپس با همپوشانی این نقاط با تصاویر ماهواره‌ای و همچنین تصاویر گوگل ارث، نمونه‌های انتخاب شده صحت‌سنجی شد و به عنوان نمونه‌های انتخابی برای طبقه‌بندی استفاده شد (شکل ۴).

سپس به طبقه‌بندی اراضی منطقه اقدام شد. پیش از انجام طبقه‌بندی باید از یک الگوی استاندارد استفاده کرد تا بتوان بر اساس آن به نمونه‌گیری از نمونه‌های زمینی پرداخت (رسولی، ۱۳۸۷: ۶۶۱). الگوی کاربری‌های به کار رفته در این تحقیق را سازمان زمین‌شناسی آمریکا (Anderson et al., 1976) (138) بر اساس طبقه‌بندی سه سطحی میشیگان ارائه کرده است. همچنین در این تحقیق با توجه به پوشش



شکل ۴: نمونه‌های برداشت شده از منطقه: A: باغ‌ها، B: کشاورزی دیم، C: کشاورزی آبی، D: رخنمون سنگی، E: پهنه‌های آبی، F: شوره‌زارها، G: محدوده‌های شهری، H: معابر و L: اراضی بایر.



شکل ۵: همبستگی بین باندهای تصویر

مقدار نشان‌دهنده‌ی وجود پیکسل‌های مشترک در هر یک از واحدهای انتخابی است. اگر میزان پیکسل‌های مشترک در هر محاسبه‌ی دوبه‌دویی بین واحدها کمتر از $1/8$ باشد، می‌توان آن واحدها را با هم ادغام کرد. یعنی میزان تفکیک‌پذیری پدیده‌ها بر اساس نمونه‌های انتخابی باید بیشتر از $1/8$ باشد. طبق جدول (۴)، میزان تفکیک‌پذیری به مقدار قابل قبولی است.

برای استخراج اطلاعات باید از باندهای حاوی حداکثر اطلاعات استفاده شود. در این تحقیق از ترکیب باندهی ۴-۳-۲ به دلیل وجود کم‌ترین میزان همبستگی استفاده شده است (شکل ۵). جدول (۳)، رابطه همبستگی بین باندهای استفاده شده در تحقیق را نشان می‌دهد. پس از نمونه‌برداری از هر طیف، میزان تفکیک‌پذیری هر واحد با توجه به نمونه‌ها بررسی شد. این

جدول ۳- رابطه همبستگی بین باندهای تصاویر لندست

شماره باند	باند ۱	باند ۲	باند ۳	باند ۴	باند ۵
باند ۱	۱	۰/۹۱۲	۰/۹۲۸	۰/۹۳۹	۰/۹۸۳
باند ۲	۰/۹۱۲	۱	۰/۹۳	۰/۹۶۲	۰/۹۸۳
باند ۳	۰/۹۲۸	۰/۹۳	۱	۰/۹۳۱	۰/۹۵۸
باند ۴	۰/۹۳۹	۰/۹۶۲	۰/۹۳۱	۱	۰/۹۸۱
باند ۵	۰/۹۸۳	۰/۹۶۲	۰/۹۵۸	۰/۹۸۱	۱

جدول ۴- میزان تفکیک‌پذیری استاندارد هر یک از کاربری‌ها

طبقه اراضی	تعداد پیکسل	میزان تفکیک‌پذیری
باغ‌ها	۱۶۷۵	۱/۹۹۹۹۶۵۱
اراضی دیم	۳۵۵۸	۱/۹۹۸۳۴
اراضی آبی	۲۵۳۵	۱/۹۷۸۷۳۳
مراتع درجه ۱	۶۹۲	۱/۹۹۹۹۵۴۶
مراتع درجه ۲	۱۴۷۶	۱/۹۹۹۹۰۲۳۱
مراتع درجه ۳	۲۲۳۴	۱/۹۹۹۹۸
سطوح آبی	۴۴۴	۱/۹۹۹۳۲۴
اراضی شهری	۲۰۱۱	۱/۹۸۸۳۴۰۳۲
معايرجاده‌ها	۳۴۹	۱/۹۹۹۴۵۶
رخمون‌های سنگی	۲۷۶۴	۱/۹۵۶۳۵۶۷
شوره‌زار	۶۹۹۷	۱/۹۹۹۹۹
بایر قابل کشت	۱۵۴۷۹	۱/۹۳۴۵۲۴

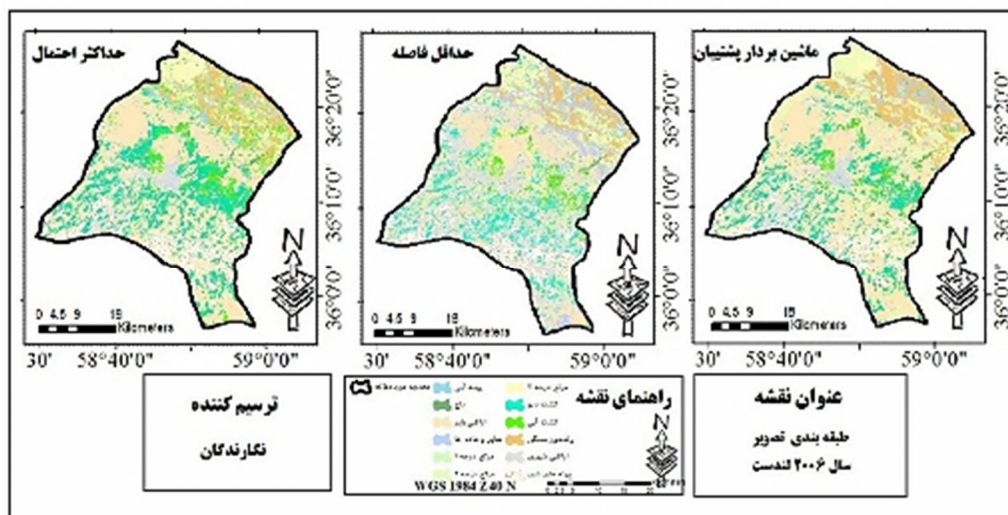
کلاس با بیش‌ترین احتمال تعلق می‌گیرد. برای این منظور، فرض بر این گذاشته می‌شود که داده‌ها با توزیع نرمال برازش دارند. در حقیقت نمونه‌های تعلیمی باید معرف آن کلاس باشند. در نتیجه باید نقاط تعلیمی به تعدادی باشد که خصوصیات نمونه‌ها در آن به صورت دقیق و کامل آورده شده باشد (Tso and Blather, 2009). برای انجام این روش ابتدا باید تمامی مراحل پیش‌پردازش انجام شده و نمونه‌برداری از منطقه نیز انجام شده باشد. سپس نمونه‌های تعلیمی روی تصاویر انتخاب و روش حداکثر احتمال به کار برده شود.

پس از صحت‌سنجی نمونه‌های انتخابی، از روش‌های حداکثر احتمال، حداقل فاصله و ماشین بردار پشتیبان برای طبقه‌بندی اطلاعات پوشش و کاربری اراضی استفاده شد.

الف) روش حداکثر احتمال^۱

روش حداکثر احتمال (بیش‌ترین شباهت) از معروف‌ترین و پرکاربردترین روش‌های طبقه‌بندی اطلاعات در زمره روش‌های طبقه‌بندی نظارت‌شده است. در این روش، احتمال اینکه یک پیکسل به تمامی کلاس‌ها تعلق داشته باشد محاسبه شده و به

1. Maximum Likelihood (ML)



شکل ۶: نقشه کاربری تولید شده با استفاده از سه روش حداکثر احتمال، حد اقل فاصله و ماشین بردار پشتیبان برای سال ۲۰۰۶

هستند که دقت روش استفاده شده را مورد آزمایش قرار دهند و تا زمانی که دقت یک روش مورد بررسی قرار نگیرد، نقشه حاصل از آن قابل استناد نیست. از مهم ترین این معیارها می توان به دقت کلی^۳، دقت تولیدکننده^۴، دقت کاربر^۵، ضریب کاپا^۶ می توان نام برد (Lu et al., 2004). دقت کلی از جمع عناصر قطر اصلی ماتریس خطا تقسیم بر تعداد کل پیکسل ها طبق رابطه زیر به دست می آید (علوی پناه، ۱۳۸۴). دقت کلی طبقه بندی که بیانگر میزان اعتبار طبقه بندی انجام شده است، در نقشه های کاربری استخراج شده از تصاویر ماهواره ای باید بیش از ۸۵ درصد باشد (Anderson et al, 1976).

$$\sum P_{ij} OA = \frac{1}{N} \quad \text{رابطه ۱}$$

ضریب کاپا، فن چندمتغیره گسسته ای است؛ به این صورت که اگر یک ماتریس خطا، تفاوت معناداری با دیگری داشته باشد، در ارزیابی صحت برای تصمیم گیری آماری مورد استفاده قرار می گیرد. شاخص k یا ضریب کاپا در واقع معرف اختلاف بین توافق واقعی در داده های مرجع و یک طبقه بندی کننده خودکار و همچنین یک توافق بین داده های مرجع و طبقه بندی

ب) روش حد اقل فاصله^۱ (MD)

روش طبقه بندی حد اقل فاصله از میانگین روشی است که پس از تعیین مقادیر میانگین طیفی در هر باند، با مشخص شدن پیکسلی که میانگین ارزش طیفی نمونه های تعلیمی هر طبقه به خود اختصاص داده، فاصله هر پیکسل طبقه بندی نشده با پیکسل های میانگین مقایسه شده و سپس پیکسل مورد نظر به کلاسی اختصاص داده می شود که کمترین فاصله با میانگین دارد.

ج) روش بردار پشتیبان^۲ (svm)

این روش، یک روش کلاس بندی الگو است که برای اولین بار وپینگ آن را معرفی کرد. ماشین بردار پشتیبان یا svm در واقع یک طبقه بندی دودویی درباره ی دو کلاس است. این روش سعی دارد با ایجاد یک ابرصفحه، فاصله هر کلاس را تا فراصفحه حداکثر کند. داده های نقطه ای که به فراصفحه نزدیک ترند، برای اندازه گیری این فاصله به کار می روند؛ از این رو این داده های نقطه ای، بردار پشتیبان نامیده می شوند (Vaipink, 1995). در شکل (۶)، نقشه های حاصل از هر یک از روش ها تولید شد.

روش های مورد استفاده در طبقه بندی بی شمارند و محققان برای انتخاب بهترین روش، نیازمند یک معیار

3. Overall accuracy
4. Producer's accurac
5. User's accuracy
6. Kappa coefficien

1. Minimum distance (md)
2. Support vector machine (svm)

در این تحقیق برای ارزیابی صحت تحقیق از دقت کلی طبقه‌بندی و ضریب کاپا استفاده شده است؛ به این صورت که پس از طبقه‌بندی تصاویر با استفاده از نمونه‌های تعلیمی از هر روش یک نقشه طبقه‌بندی به دست آمد. سپس برای ارزیابی دقت تعدادی از نمونه‌ها برای خطایابی تصویر ماهواره‌ای گرفته شد و سپس برای هر خروجی مورد ارزیابی قرار گرفت.

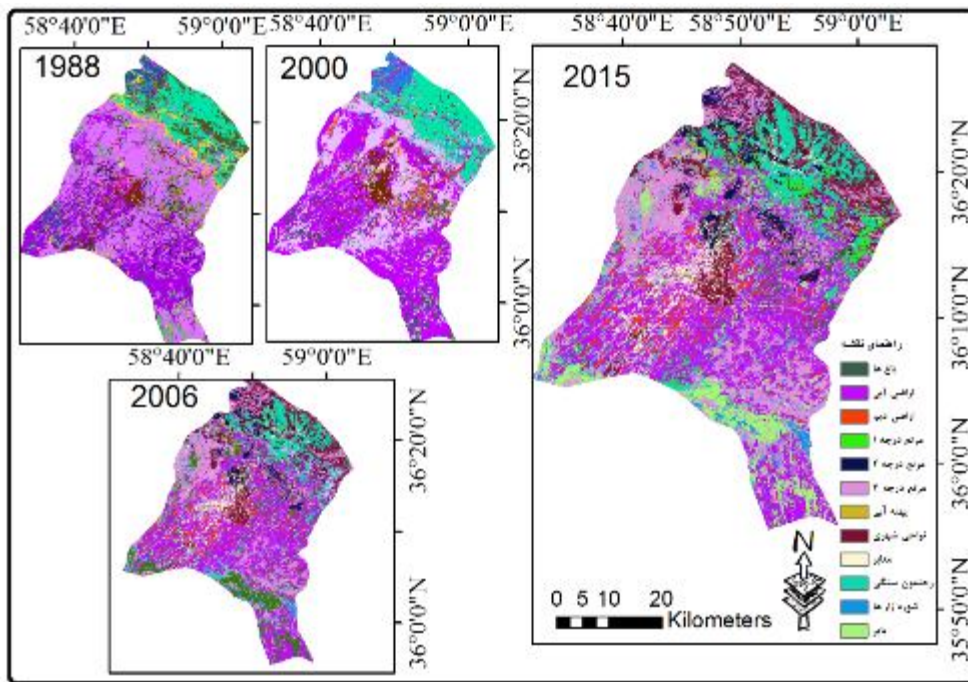
کننده تصادفی است که بر اساس رابطه ۲ تعریف می‌شود (Anderson et al., 1976).

$$\text{رابطه ۲} \quad \text{kappa} = \frac{p_0 - p_c}{1 - p_c} \times 100$$

ضریب کاپا که دقت طبقه‌بندی را نسبت به یک طبقه‌بندی تصادفی ارزیابی می‌کند، بین صفر و یک قرار دارد که صفر نشان‌دهنده طبقه‌بندی کاملاً تصادفی و غیر دقیق و یک نشان‌دهنده طبقه‌بندی صحیح و دقیق است (Lillesand, 2001).

جدول ۵: میزان دقت کلی و ضریب کاپا برای تصویر ماهواره ۲۰۰۶ سنجنده ETM لندست

ضریب کاپا			دقت کلی (درصد)			نوع دقت
SVM	MB	ML	SVM	MB	ML	روش طبقه‌بندی
۰/۷۳	۰/۶۷	۰/۷۹	۸۱/۳۲	۷۸/۰۴	۸۳/۲۹	ETM ⁺ 2006



شکل ۷: نقشه تغییرات کاربری اراضی منطقه در دوره‌های زمانی تحقیق

(Lu et al., 2004). همچنین در این روش می‌توان از تصاویر ماهواره‌ای با قدرت تفکیک مکانی و طیفی متفاوتی استفاده کرد. از معایب این روش این است که نیازمند وقت، دقت و تخصص کافی برای ساخت نقشه‌های طبقه‌بندی شده است. در این تحقیق پس از مشخص شدن بهترین روش برای طبقه‌بندی داده‌های ماهواره‌ای، نقشه‌های بدست‌آمده با انجام عملیات پس پردازش درپهنه‌های کوچک و استفاده از ماژول

بر اساس ارزیابی انجام شده مشخص شد که روش حداکثر احتمال با دقت کلی ۸۳/۲۹ و ضریب کاپا ۷۹٪ مناسب‌ترین روش برای طبقه‌بندی نسبت به روش حداقل فاصله و روش بردار پشتیبان است.

از ویژگی‌های روش مقایسه پس از طبقه‌بندی این است که اثرات جوی سنجنده و زیست‌محیطی بین تصاویر چندزمانه را به حداقل می‌رساند و یک ماتریس کامل از اطلاعات تغییرات محیطی را فراهم می‌آورد

طبق بررسی‌های به‌عمل آمده مشخص شد که بیش‌ترین میزان تغییرات مربوط به افزایش محدوده شهری و همچنین افزایش سطح زیر کشت محصولات کشاورزی، تحت تأثیر آبیگری سدهای بالادست حوضه‌های باغرو و میرآباد است. افزایش سطح زیر کشت باعث کاهش اراضی بایر در سطح منطقه شده است.

Majority parameter، با اندازه کرنل 5×5 برازش و تلخیص شد. سپس نقشه‌های حاصله به محیط GIS انتقال داده شد. شکل (۷)، نقشه کاربری زمین برای سال‌های ۱۹۸۸، ۲۰۰۰، ۲۰۰۶ و ۲۰۱۵ با استفاده از روش حداکثر احتمال است. در ادامه با استفاده از آنالیز، جداول اطلاعاتی تغییرات رخ داده در هر یک از پهنه‌ها تعیین شد (جدول ۶).

جدول ۶: تغییرات رخ داده در هر یک از کاربری‌ها با استفاده از روش حداکثر احتمال

کلاس طبقه‌بندی / سال	۲۰۱۵	۲۰۰۶	۲۰۰۰	۱۹۸۸
پهنه آبی	۱۶/۴۳	۱۵/۲۹	۱۱/۹۷	۹/۳۲۵
اراضی باغی	۶/۴۲۷	۷/۵۸۴	۴/۹۷۷	۱/۴۲۸
بایر	۳۱۴/۳۵۱	۳۶۷/۱۱۱	۴۹۹/۵۳۳	۶۰۵/۷۷۹
مغایر	۸/۱۷۱	۸/۴۶۶	۶/۷۷۱	۵/۴۶۵
مرتع درجه ۱	۱۰/۹۵۲	۹/۹۵۵	۱۲/۵۸۵	۸/۸۳۵
مرتع درجه ۲	۲۶/۴۵۲	۳۵/۶۴۳	۲۸/۹۵۰	۳۳/۵۳۷
مرتع درجه ۳	۴۵/۴۵۴	۵۸/۰۵۵	۴۹/۰۰۴	۴۰/۶۳۲
مزرعه آبی	۱۴۹/۲۱۴	۱۴۵/۹۴۲	۸۲/۴۴۵	۹۶/۹۷۰
مزرعه دیم	۱۱/۱۰۴	۹/۷۱۸	۵/۹۲۴	۴/۳۶۸
رخمون سنگی	۱۴۰/۲۷۶	۱۴۱/۳۷۵	۱۴۰/۵۷۳	۱۴۱/۶۱۷
اراضی شهری	۴۲/۳۱۲	۳۸/۳۲۶	۳۲/۴۰۸	۲۹/۴۷۴
اراضی شور	۷۶/۴۲۳	۸۰/۳۷۳	۸۳/۱۰۳	۹۴/۴۱۲

پوشش اراضی مرتع شده است. علی‌رغم تشدید خشک‌سالی و کاهش آب رودخانه کال‌شور، اراضی نمکی واقع در اطراف کال‌شور کاهش یافته، این عرصه‌ها از ۹۴ کیلومترمربع در سال ۱۹۸۸ به رقم ۷۶/۴ کیلومترمربع در سال ۲۰۱۵ رسیده است. از مهم‌ترین علل کاهش این اراضی، کشت پسته در این مناطق است که با توجه به سازگاری پسته با اقلیم خشک و خاک‌های نمکی محدوده وسیعی از منطقه جنوبی نیشابور به کشت پسته اختصاص یافته است، به نحوی که سالیانه ۴۷۰۰ تن پسته از این اراضی برداشت می‌شود.

جمع‌بندی و نتیجه‌گیری

در این تحقیق با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای به ارزیابی و پایش تغییرات کاربری اراضی رخ داده در منطقه نیشابور در خلال سال‌های ۱۹۸۸-۲۰۱۵

همان‌طور که از جدول تغییرات کاربری اراضی برمی‌آید، وسعت مزارع آبی در سال ۱۹۸۸، ۹۶/۹ کیلومتر مربع بوده که این میزان در سال ۲۰۰۶ به ۱۴۵/۹۴ و در سال ۲۰۱۵ به ۱۴۹/۲ کیلومترمربع رسیده است که علت اصلی آن احداث سد در بالادست دشت نیشابور و برداشت آب زیرزمینی برای به زیر کشت بردن اراضی است. اراضی باغی در منطقه بعد، تا قبل از سال ۲۰۰۶ روند افزایشی داشته که با توجه به آب در دسترس، این اراضی گسترش پیدا کرده، ولی در سال‌های گذشته و از سال ۲۰۰۶ این روند کاهش یافته، به نحوی که از ۷/۵۸ در سال ۲۰۰۶ به ۶/۴۲ کیلومتر مربع در سال ۲۰۱۵ رسیده است. طبق بررسی‌ها مشخص شد که سطح پوشش مرتعی منطقه کاهش چشمگیری داشته است. طبق بررسی‌های نادریان‌فر و همکاران (۱۳۹۰)، میزان بارش در سی سال گذشته، ۱۶ درصد کاهش و سطح آب زیرزمینی دشت نیشابور ۱۴ متر افت داشته و باعث کاهش سطح

بستر مخروطه‌افکنه دامنه جنوبی بینالود، تأثیر زیست‌محیطی شدیدی بر اکوسیستم منطقه و کیفیت آب زیرزمینی گذاشته است. تجاوز محدوده شهری به مخروطه‌افکنه‌های میرآباد و باغرو، گسترش صنایع سنگین و نیروگاهی در این عرصه‌ها، باعث تغییر چهره طبیعی منطقه به یک منطقه‌ی صنعتی و آلوده شده است که اگر با اتخاذ تدابیر مناسب از توسعه‌ی این فعالیت‌ها جلوگیری نشود، آثار جبران‌ناپذیری برای آینده دشت نیشابور و در راستای توسعه پایدار خواهد داشت.

منابع

۱. آرخی، صالح و مصطفی ادیب‌نژاد. ۱۳۹۰. ارزیابی کارایی الگوریتم‌های ماشین بردار پشتیبان برای طبقه‌بندی کاربری اراضی با استفاده از داده‌های ماهواره لندست (مطالعه موردی: حوضه سد ایلام)، فصلنامه تحقیقات مرتع و بیابان ایران، جلد ۲۸، شماره ۳، صفحات ۴۲۰-۴۴۰.
۲. آرخی، صالح و یعقوب نیازی. ۱۳۸۹. ارزیابی روش‌های مختلف سنجش از دور برای پایش تغییرات کاربری اراضی (حوضه دره شهر ایلام)، فصلنامه علمی - پژوهشی تحقیقات مرتع و بیابان ایران، شماره ۱، صفحات ۷۴-۹۳.
۳. ربیعی، حمیدرضا. پرویزضیائی‌ان و عباسعلی‌محمدی. ۱۳۸۴. کشف و بازیابی تغییرات کاربری و پوشش اراضی شهر اصفهان به کمک سنجش از دور و سیستم اطلاعات جغرافیایی، فصلنامه مدرس علوم انسانی، دوره ۹، شماره ۴، زمستان، صفحات ۱۹-۳۲.
۴. رسولی، علی‌اکبر. ۱۳۸۷. مبانی سنجش از دور کاربردی. تبریز، انتشارات دانشگاه تبریز. ۷۷۷ صفحه
۵. رضایی، محمدرضا و اسماعیل رحیمی. ۱۳۹۲. بررسی علل تغییرات کاربری اراضی در طرح‌های تفصیلی شهر مرودشت، مجله پژوهش‌های برنامه‌ریزی شهری، شماره ۱۳، تابستان، صفحات ۷۷-۹۳
۶. روستا، زهرا؛ سیدمسعود منوری؛ مهدی درویشی و فاطمه فلاحتی. ۱۳۹۱. کاربرد داده‌های سنجش از دور و سیستم اطلاعات جغرافیایی در استخراج نقشه‌های کاربری اراضی شهر شیراز، نشریه آمایش سرزمین، شماره ۶، بهار، صفحات ۱۴۹-۱۶۴
۷. سازمان جهادکشاورزی سازمان امور اراضی. ۱۳۸۹.

پرداخته شد. آنچه مهم است بررسی قابلیت‌ها و محدودیت‌های این داده‌ها با توجه به پیشرفت‌های روزافزون توانایی‌های طیفی و مکانی آنها است. گسترش باندهای تصاویر لندست در محدوده‌های طیفی، مکانی و زمانی، نشان‌دهنده مناسب بودن این باندها برای پردازش و استفاده در الگوریتم‌های سنجش از دوری برای پایش تغییرات کاربری اراضی است. رویکرد این تحقیق بر مبنای روش‌های سنجش از دور به همراه کنترل میدانی است. مهم‌ترین محدودیت ما در این تحقیق، تفکیک‌ناپذیری اراضی دیم و آبی با باغ‌ها بود که با استفاده از اعمال روش‌های حداکثر احتمال، ماشین بردار پشتیبان و حداقل فاصله و کنترل آن با بازدیدهای میدانی، حاکی از مناسب بودن روش حداکثر احتمال نسبت به سایر روش‌ها برای تفکیک‌پذیری این اراضی است. همچنین مشخص شد که روش حداکثر احتمال با ضریب کاپای ۰/۷۹ و دقت کلی ۸۳/۲۹ نسبت به روش‌های حداقل فاصله و ماشین بردار پشتیبان، دقت بیشتری برای تهیه نقشه کاربری اراضی دارد. بر اساس بررسی‌های آرخی و ادیب‌نژاد (۱۳۹۰)، دقت روش ماشین بردار پشتیبان به انتخاب کرنل مناسب است، ولی در روش حداکثر احتمال نمونه‌های تعلیمی اهمیت زیادی دارد و اگر این نمونه‌ها با دقت برداشت شوند، دقت تحقیق بسیار بالا می‌رود.

در این تحقیق، روش حداکثر احتمال، بهترین روش انتخاب شده و نقشه کاربری و پوشش زمین برای سه دوره تحقیق تولید شد. در ادامه با استفاده از روش مقایسه پس از طبقه‌بندی نقشه‌های تولیدشده با روش حداکثر احتمال، تغییرات رخ داده در بازه ۲۷ سال دوره آماری مشخص شد. سپس وسعت عرصه‌های تغییر یافته در دوره‌ی تحقیق محاسبه و تحلیل شد. بر اساس بررسی‌های انجام شده مشخص شد که به زیرکشت رفتن اراضی بایر مخصوصاً اراضی شور بالادست رودخانه کال شور به‌ویژه کشت پسته، افزایش محدوده شهری از ۲۹/۴ کیلومتر مربع در سال ۱۹۸۸ به ۴۲/۳ کیلومتر مربع در سال ۲۰۱۵ از مهم‌ترین تغییرات رخ داده در منطقه است. تغییر کاربری در

- استخراج نقشه کاربری اراضی (مطالعه موردی: حوضه سد ایلام)، مجله جغرافیا و توسعه، شماره ۲۰، زمستان، صفحات ۱۱۹-۱۳۲
17. Anderson, J.R., Hardy, E.E., Roach, J.T., and Witmer, W.E. 1976. A land use and land cover classification system for use with remote sensing data. USGS professional paper: 964 pp. 45-138. Reston, Virginia' U.S. Geological Survey.
 18. Bhagawat, R. 2013. Application of remote sensing and gis, land use/land cover change in kathmando metropolitan city, Nepal Journal of Theoretical and Applied Information Tech. 3: 2-7
 19. Clarke, K.C. Parks, B.O. and Crane, M. 2002. Geographic Information Systems and Environmental Modeling," Prentice hall upper saddle river.
 20. Dengsheng, L., and Qihao, W.B. 2006. Use or impervious surface in urban land-use classification, Remote Sensing of Environment, 102: 146-160.
 21. Earle, E. and Pontius, R. 2012. Land-use and land-cover change". In: Encyclopedia of Earth. Eds. Cutler J. Cleveland Washington, D.C.: Environmental Information Coalition, National Council for Science and the Environment). [First published in the Encyclopedia of Earth.
 22. Fao, 1981. IPCC Special Report On Land Use, Land-Use Change And Forestry, 2.2.1.1 Land Use
 23. Fei Yuan, Kali, E. Sawaya, Brian. and Loeffelholz, C. 2005. Marvin E. Bauer, 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.
 24. Huang, C., Davis, L. and Townshend, J. 2002, assessment of support vector machines for land cover classification Int. J. Remote Sens., 23: 725-749.
 25. Ioannis, M. and Meliadis, M. 2011. Multi-temporal Landsat image classification and change analysis of landcover /use in the Prefecture of Thessaloiniki, Greece. Proceedings of the International Academy of Ecology and Environmental Sciences, 1 p:15-26
 26. Goh, K., Chang, E. and Cheng, K.T. 2001 SVM Binary classifier ensembles for image classification. Conf Information and Knowledge Management A and Management (ICKM), pp. 395-402, Nov. 2001
 27. Kenneth, M. and Gunter, M. 2012. Monitoring Land-Use Change in Nakuru
 ۸. سالنامه آماری سال ۱۳۸۸ استانداری خراسان رضوی. مشهد: وزارت کشور، مرکز آمار ایران
 ۹. سرسنگی، علیرضا؛ کاظم رنگزن؛ بهمن سلیمانی و احسان آبشیرینی، ۱۳۸۶، استفاده از روش Maximum Likelihood و مدل LMM برای برآورد میزان تغییرات مناطق بیابانی شرق اهواز، بیست و ششمین گردهمایی علوم زمین، تهران، وزارت صنایع و معادن، سازمان زمین شناسی و اکتشافات معدنی کشور،
 ۱۰. سفیانیان، علیرضا. ۱۳۸۸. بررسی تغییرات کاربری اراضی محدوده شهر اصفهان با استفاده از تکنیک آشکارسازی برداری تغییرات طی سال‌های ۱۳۶۶ تا ۱۳۷۷، مجله علوم آب و خاک، شماره ۴۹، صفحات ۱۵۳-۱۶۴.
 ۱۱. فیض‌زاده بختیار و محمود حاج میررحیمی. ۱۳۸۷. آشکارسازی تغییرات کاربری ارضی شهرک اندیشه با استفاده از روش طبقه‌بندی شیء‌گرا، همایش ژئوماتیک ۸۷، سازمان نقشه‌برداری کشور.
 ۱۲. قهفرخی، سوسن، سعید سلطانی، سیدجمال‌الدین خواجه‌الدین و بهزاد رایگانی. ۱۳۸۸. بررسی تغییرات کاربری اراضی در زیر حوضه قلعه شاهرخ با استفاده از تکنیک سنجش از راه دور، نشریه علوم و فنون کشاورزی و منابع طبیعی، شماره ۴۷، صفحات ۳۴۹-۳۶۵.
 ۱۳. ماهینی رسول، نجفی علی، محمدزاده مرجان. ۱۳۸۹. آشکارسازی تغییرات پوشش اراضی حوزه آبخیز چالوس رود با استفاده از سنجش از دور و سامانه اطلاعات جغرافیایی اولین کنفرانس ملی ژئوماتیک نوین، دانشگاه تهران.
 ۱۴. مدنیان، فاطمه سادات. ۱۳۸۹. بررسی تغییرات پوشش اراضی حاشیه رودخانه زاینده رود با استفاده از تکنیک‌های آشکارسازی تغییرات (مطالعه موردی: منطقه فلاورجان) پایان‌نامه کارشناسی ارشد دانشگاه صنعتی اصفهان دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، استاد راهنما: علیرضا سفیانیان
 ۱۵. نادریان‌فر، محمد؛ حسین انصاری کامران ضیائی علی‌داوری. ۱۳۹۰. بررسی روند تغییرات نوسانات سطح آب زیرزمینی در حوضه آبریز نیشابور تحت شرایط اقلیمی مختلف، فصلنامه مهندسی آبیاری و آب، سال اول، شماره ۳، صفحات ۲۲-۳۷
 ۱۶. نیازی، یعقوب. محمدرضا اختصاصی. حسین ملکی‌نژاد. زین‌العابدین حسینی وجعفر مرشدی. ۱۳۸۹. مقایسه دو روش حداکثر احتمال و شبکه عصبی مصنوعی در

- City, Ethiopia using Remote Sensing and GIS Computational Ecology and Software, 3(1): 9-16
32. Tayebi, A., Delavar, M.R., Saeedi, S., Amini, J. and Alinia, H. 2008. Monitoring Land Use Change By Multi-Temporal Landsat Remote Sensing Imagery the International Archives the Photogrammetry. Remote Sensing Information Science. XXXVII Part B7 Beijing
 33. Tso, B. and Blather, P. 2009. Classification methods for Remotely Sensed Data. Chapter 2-3. 2nd ed., Taylorar Francis Pub., America
 34. Vapinc, V.N. 1995. The nature of statistical learning Theory(New York: Spring verlag)
 - Kenya Using Multi-Sensor Satellite Data, advance remote sensing 2012 p.74-78
 28. Mengistie Kindu, Schneider Th, Teketay D. and Knoke, Th. 2013. Land Use/Land Cover Change Analysis Using Object-Based Classification Approach in Munessa-Shashemene Landscape of the Ethiopian Highlands Remote Seats. 5 : 2411-2435
 29. Lillesand, T.M. and Kiefer, R.W. 2001. Remote sensing and image interparation 4th ed, jhon wiley, and sons, inc usa.2001 isbn0471255157, London.
 30. Lu, D. Mausel, P., Brondi'zio, E. and Moran, E. 2004. Change detection techniques. Int. J. Remote Sensing, 25.
 31. Mary T.E. and Imam, T.H. 2013. Evaluation of land use/land cover changes in Mekelle

