

پایش تغییرات کاربری اراضی با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای لندست (مطالعه موردی: دشت خان میرزا)

کیان کریمیان - دانشجوی دکتری جغرافیا و برنامه‌ریزی روستایی، دانشگاه اصفهان
عباس امینی* - دانشیار گروه جغرافیا و برنامه‌ریزی روستایی، دانشکده علوم جغرافیایی و برنامه‌ریزی، دانشگاه اصفهان
محسن باقری بداغ آبادی - عضو هیئت علمی مؤسسه تحقیقات خاک و آب سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، کرج، ایران
حمید قیومی محمدی - عضو هیئت علمی مؤسسه تحقیقات خاک و آب سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، اصفهان، ایران

تأیید نهایی: ۱۳۹۷/۰۹/۰۵

پذیرش مقاله: ۱۳۹۷/۰۴/۳۰

چکیده

هدف اصلی از این تحقیق پایش تغییرات کاربری اراضی دشت خان میرزا با استفاده از الگوریتم‌های مختلف است که از تصاویر ماهواره لندست ۵، ۷، ۸ و سنجنده‌های TM، ETM، OLI برای سه دوره ۱۹۹۶، ۲۰۰۶ و ۲۰۱۶ استخراج شد و نقشه کاربری اراضی دشت با استفاده از چهار الگوریتم حداکثر احتمال، شبکه عصبی مصنوعی، حداقل فاصله، و فاصله ماهالانویی با استفاده از ضریب کاپا ارزیابی شد. نتایج حاصل از ارزیابی دقت این دو روش با استفاده از تعیین ضریب کاپا نشان داد الگوریتم شبکه عصبی مصنوعی نسبت به الگوریتم حداکثر احتمال با ضریب از دقت بیشتری برخوردار است. همچنین، دو الگوریتم شبکه عصبی مصنوعی و حداکثر احتمال با دقت کلی ۹۰/۲۹ و ۸۶/۷۹ در شناس کلاس کاربری (کشاورزی، مرتع، مسکونی، اراضی سنگی و لخت، باغ، و اراضی پست نم‌دار) طبقه‌بندی شد. تجزیه و تحلیل حاصل از تغییرات نشان داد کاربری‌های کشاورزی و مسکونی روند افزایشی داشته‌اند؛ به طوری که میزان این افزایش به ترتیب برابر با ۶۲/۵ و ۳/۵ درصد بوده است و از اراضی پست نم‌دار، مراتع، و اراضی سنگی و لخت کاسته است. بیشترین تغییر کاربری‌ها مربوط به تبدیل کاربری اراضی سنگی و لخت به کاربری کشاورزی است که ۱۶۷۳ هکتار از اراضی سنگی و لخت در سال ۲۰۰۶ به اراضی کشاورزی در سال ۲۰۱۶ تبدیل شده است. از دیگر تغییر کاربری‌های مشهود در منطقه تغییر کاربری اراضی سنگی و لخت و مراتع به اراضی مسکونی است؛ به طوری که ۶۵/۷ هکتار از اراضی سنگی و لخت و ۴۰/۸ هکتار از اراضی مراتع به کاربری مسکونی تبدیل شده است.

کلیدواژه‌ها: تصاویر ماهواره‌ای، تغییرات کاربری اراضی، دشت خان میرزا، لندست.

مقدمه

فعالیت‌های انسانی می‌تواند تأثیر بسیار زیادی بر منابع طبیعی (مانند خاک) در مناطق خشک و نیمه‌خشک داشته باشد (قیومی محمدی، ۲۰۰۵). کاربری اراضی شامل توصیف انواع بهره‌برداری از زمین به منظور رفع نیازهای گوناگون است (فیضی‌زاده و همکاران، ۱۳۸۶). مهم‌ترین اثر پدیده‌های افزایش جمعیت و شهرنشینی تغییرات چشم‌انداز (زمین‌نما)^۱ است که این تغییرات از یک رشته مشکلات محیطی ناشی می‌شود، از قبیل از بین رفتن اراضی کشاورزی، تناوبی از ویژگی‌های هیدرولوژی، و کاهش گونه‌های زیستی (هان و همکاران^۲، ۲۰۰۹). با استفاده از تصاویر سنجنش از دور، می‌توان داده‌های متنوع، ارزان‌تر، به‌هنگام، باکیفیت بهتر، و البته با تکرار زیاد برای اهداف مختلف به‌دست آورد (لنگفورد^۳ و همکاران، ۲۰۰۸). تجزیه و تحلیل این داده‌ها می‌تواند بینش‌های صحیحی برای تعامل انسان با محیط طبیعی فراهم کند. به‌خصوص استفاده از تجزیه و تحلیل تصاویر چندطیفی می‌تواند به انسان برای شناسایی پوشش زمین کمک کند (بریان^۴ و همکاران، ۲۰۱۱). کاربری زمین یکی از مهم‌ترین عواملی است که انسان از طریق آن محیط زیست را تحت تأثیر قرار می‌دهد. کاربری اراضی بیشتر بر جنبه اجتماعی استفاده از زمین تأکید دارد و به عبارتی خروجی فعالیت‌هایی است که انسان برحسب نیازهای اقتصادی و اجتماعی خود انجام می‌دهد. به‌دلیل افزایش تغییرات مخرب کاربری اراضی، که عمدتاً به‌وسیله فعالیت‌های انسانی انجام می‌گیرد، کشف و بازسازی تغییرات و ارزیابی اثرهای محیط زیستی آن‌ها برای برنامه‌ریزی و مدیریت آبی منابع ضروری است. با اطلاع از نسبت تغییرات کاربری‌ها در گذر زمان، می‌توان تغییرات آبی را پیش‌بینی کرد و اقدامات مقتضی را انجام داد (فیضی‌زاده و میررحیمی، ۱۳۸۷).

مبانی نظری

مطالعات گسترده‌ای در زمینه استفاده از تصاویر ماهواره‌ای در تعیین کاربری انجام شده است؛ در ادامه به تعدادی از آن‌ها پرداخته خواهد شد. قیومی محمدی و مؤمنی (۱۳۸۰) در مطالعه‌ای نشان دادند گسترش محدوده شهر اصفهان به خارج از محدوده هیدرولوژیک برخوردار نیز کشیده شده و با احتساب اراضی تبدیل‌شده در این منطقه جمع کل اراضی تغییر کاربری‌یافته در منطقه اصفهان به ۵۱ هزار هکتار بالغ می‌گردد. در چند دهه اخیر مطالعات متعددی در زمینه به‌کارگیری سنجنش از دور و تصاویر ماهواره‌ای برای استخراج نقشه‌های کاربری اراضی و بررسی تغییرات ایجادشده در پوشش زمین در داخل و خارج از کشور انجام گرفته و مدل‌های به‌کاربرده‌شده در تحقیقات یادشده، با توجه به نوع الگوریتم‌های مورد استفاده، نتایج متفاوتی داشته که به چند مورد از آن‌ها اشاره می‌شود. واردلاو و همکاران به بررسی روند زمانی شاخص‌های گیاهی برای طبقه‌بندی مزارع بزرگ کشاورزی شامل یونجه، ذرت، سویا، و گندم با استفاده از تصویر مودیس^۵ با قدرت تفکیک ۲۵۰ متر پرداختند و، با توجه به روندهای زمانی متفاوت، شاخص‌های EVI و NDVI کلاس‌های مختلف را از هم تفکیک کردند. نتایج این پژوهش نشان داد تفکیک‌پذیری غلات در دوره بلوغ محصولات نسبت به دوره رشد آن‌ها چشم‌گیرتر بوده است. بورآیانا و کوسایتساکولچ^۶ (۲۰۱۲) تغییرات کاربری اراضی را در حوضه آبخیز فینچا، واقع در ارومیا، از ایالت‌های جنوبی اتیوپی بین سال‌های ۱۹۸۵ تا ۲۰۰۵ با استفاده از سنجنش از دور و مدل مارکو بررسی کردند. آن‌ها در این مطالعه از تصاویر ماهواره‌ای لندست TM در سال ۱۹۸۵ و ETM در سال‌های ۱۹۹۵ و

1. Landscape
2. Han et al.
3. Langford
4. Brian and Michael
5. MODIS
6. Boru Ayana and Kositsakulchai

۲۰۰۵ بهره گرفتند؛ نتایج نشان داد اراضی کشاورزی و منابع آبی منطقه به میزان ۵۳/۵۹ درصد و ۹۳/۱۰ درصد افزایش یافته است و کاهش‌ها در محدوده وسیعی از جنگل، علفزار، مناطق باتلاقی، و بوته‌زار به ترتیب به میزان ۵۰/۴۸ درصد، ۳۱/۲۳ درصد، ۵۱/۳۷ درصد، و ۲۴/۸۱ درصد تأمل کردنی است. تسو و مادر^۱ (۲۰۰۱) با استفاده از تصاویر ماهواره لندست TM سال ۱۹۹۰ و ETM سال ۲۰۰۵ دوره زمانی پانزده‌ساله را به روش الگوریتم حداکثر احتمال طبقه‌بندی کردند. خروجی کار آن‌ها نشان‌دهنده تغییرات در پنج کلاس کاربری و کاهش پوشش اراضی جنگل (۶/۲۸- درصد)، زمین‌های حاصل‌خیز (۷/۹۹+ درصد)، منابع آبی (۰/۰۴ درصد)، و همچنین گسترش توسعه شهری (۱/۲۲ درصد) بود. هابتومی^۲ و همکاران (۲۰۱۸) با استفاده از تکنیک‌های سنجش از راه دور و با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای مطالعه‌ای در زمینه استفاده از زمین^۳ در مراتع بورانا^۴ انجام دادند. از تصاویر ماهواره‌ای لندست سال ۱۹۷۳، ۱۹۸۶، و ۲۰۰۳ برای بررسی تغییرات پوشش در طی زمان استفاده شد. تجزیه و تحلیل تصاویر نشان داد پوشش جنگل مراتع بورانا از ۱۱/۳ درصد در سال‌های ۱۹۷۳ تا ۲۰۱۰ افزایش یافته است. باین‌حال، میزان پوشش علف‌های هرز در طیل همان دوره از ۵۸ تا ۳۲ درصد کاهش یافته است. شاخص‌های پوشش گیاهی طبیعی^۵ در سال ۲۰۰۳ نسبت به سال ۱۹۷۳ کاهش یافته است. دلایل این تغییرات خشک‌سالی شدید، افزایش جمعیت، ضعف دولت در سیاست میان محرک‌های اصلی است. در این مطالعه سیاست‌های مناسب برای استفاده از زمین کشاورزی براساس پتانسیل زیست‌محیطی منطقه و دام‌داران برای اطمینان از مدیریت پایدار مراتع بورانا پیشنهاد شده است. الکاراچی و همکاران (۲۰۱۸) در مطالعه‌ای به ارزیابی تغییر کاربری زمین با استفاده از تصاویر ماهواره چندمنظوره در استان سلیمانیه عراق پرداختند. عراق یکی از کشورهایی است که شاهد رشد سریع منطقه حل و فصل بوده است. سنجش از دور و سیستم اطلاعات جغرافیایی^۶ فناوری‌های نرم‌افزاری تحلیلی برای ارزیابی این پدیده آشنا در سراسر جهان است. این مطالعه نشان می‌دهد به توسعه شهرک‌سازی در استان سلیمانیه از سال‌های ۲۰۰۱ تا ۲۰۱۷ با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای لندست از دوره‌های مختلف پرداخته شده است. همه تصاویر با استفاده از نرم‌افزار سنجش از راه دور طبقه‌بندی شده‌اند تا نقشه‌های قدرتمند طبقه‌بندی استفاده از زمین تهیه شود. از روش حداکثر احتمال در طبقه‌بندی تصاویر ماهواره‌ای استفاده شد. تصاویر لندست از منطقه مطالعه به چهار طبقه تقسیم شد که عبارت‌اند از: جنگل، پوشش گیاهی، خاک، و آب. نتایج تجزیه و تحلیل تغییر نشان می‌دهد در مواجهه با تغییر جمعیت انفجاری در منطقه سکونت، که رکورد ۸/۹۹ درصد است و منطقه مسکونی افزایشی از ۳/۸۷ درصد در سال ۲۰۰۱ به ۱۲/۸۶ درصد در سال ۲۰۱۷، از مدل ارزیابی دقت برای ارزیابی تصاویر طبقه‌بندی شده استفاده شده است. دقت نتایج نشان می‌دهد دقت کلی طبقه‌بندی تصاویر ماهواره‌ای از ۷۸/۸۳ درصد به ۹۰/۹ درصد از سال ۲۰۰۱ تا ۲۰۱۷ بوده است. این مطالعه به تصمیم‌گیرندگان در طرح شهری برای توسعه شهر آینده کمک خواهد کرد. اسلام^۷ و همکاران (۲۰۱۸) به طبقه‌بندی استفاده از زمین و تشخیص تغییر با استفاده از تصاویر چندرسانه‌ای از راه تصاویر ماهواره‌ای برای منطقه حفاظت شده چاناتی^۸ بنگلادش پرداختند. پناهگاه حیات وحش چاناتی^۹ تخریب‌شده از سال ۱۹۸۰ تاکنون تغییرات مختلفی را را متحمل شده است. در این مطالعه، تغییرات استفاده از زمین از پناهگاه حیات وحش چاناتی

1. Tso and Mather
2. Habtamu
3. LULC
4. Borana
5. NDVI
6. GIS
7. Islam
8. Chunati
9. CWS

از سال ۲۰۰۵ تا ۲۰۱۵ با استفاده از تصاویر لندست با سنجنده‌های TM و OLI/TIRS بررسی شد. از الگوریتم طبقه‌بندی حداکثر احتمال برای ارزیابی طبقه‌بندی نظارت‌شده بر زمین استفاده شد. مشخص شد حدود ۲۵۶ هکتار سطح جنگل تخریب‌شده در طی ده سال (۲۰۰۵-۲۰۱۵) افزایش یافته و نرخ سالانه تغییر ۵۶ درصد بوده است. ۱۵۹ هکتار از مزارع به سایر استفاده‌های زمینی تغییر کرده است. نتایج این مطالعه برای برنامه‌ریزی و اجرای تصمیمات مهم مدیریتی به‌منظور حفظ تنوع زیستی غنی حفاظت از حیات وحش چاناتی مفید خواهد بود.

جیمز رودریگز و همکاران (۲۰۱۸) در مطالعه‌ای به تأثیر تغییر کاربری زمین بر تنوع زیستی و اکوسیستم در جنگل‌های معتدل شیلی پرداختند و به این نتیجه رسیدند که تغییر کاربری زمین بر تنوع زیستی و خدمات اکوسیستم تأثیر می‌گذارد که به‌طور ذاتی مرتبطاند. درمورد اینکه چگونه تغییر کاربری زمین در سطح منظره تأثیر می‌گذارد، جایی که بیشترین اثرها گزارش شده، کمبود مطالعات جدی وجود دارد. دانش مناسب این رابطه اطلاعات مهمی برای برنامه‌ریزی راهبردهای حفاظت در اختیار قرار می‌دهد. چشم‌انداز جنگل جنوبی شیلی، شامل جنگل‌های معتدل وادیوین^۱، به‌عنوان نقطه‌ای برای حفاظت از تنوع زیستی تعیین شده است. با این حال، این چشم‌انداز تغییرات کاربری زمین داشته است. رشا رامچندران و همکاران (۲۰۱۸) در مطالعه‌ای به تغییرات درازمدت زمین و زمین پوشش (۱۹۲۰-۲۰۱۵) در غلات شرقی هند با استفاده از الگوی دینامیک و چالش‌های موجود در حفاظت از گونه‌های گیاهی پرداختند. منابع طبیعی در معرض فشار بی‌سابقه‌ای به‌دلیل استفاده از زمین و پوشش زمین^۲ تغییر می‌کند. چنین تغییراتی به‌طور قابل‌توجهی بر میزان و شرایط جنگل‌های شرقی هند تأثیر گذاشته که موجب کاهش سطح جنگل و همچنین نابودشدن زیستگاه‌های متعدد گونه‌های نادر، در معرض خطر، و تهدید و گونه‌های اندمیک می‌شود. از نقشه‌های تاریخی و تصاویر ماهواره‌ای از سال ۱۹۲۰ تا ۲۰۱۵ برای توسعه نقشه‌های استفاده از زمین و پوشش زمین و تقسیم‌بندی استفاده شد. از مدل توزیع گونه مکث انت^۳ برای شبیه‌سازی توزیع گونه‌های ریت^۴ و اندمیک استفاده شد. این مطالعه نشان می‌دهد غلات شرقی در طی حدود صد سال از بین رفته است. برای دوره مورد مطالعه (از سال ۱۹۲۰ تا ۲۰۱۵) تخمین زده می‌شود حدود ۷/۹۲ درصد از جنگل به کشاورزی تبدیل شده و ۳/۸ درصد به زراعت علفزار تبدیل شده است. کاهش زیستگاه‌ها عمدتاً در مناطق گجپتی (ایالت اودیسه^۵)، مهبانگر^۶ (ایالت تلانگانا^۷)، و همچنین درنالمالی^۸ و تپه کولی^۹ رخ داده است. جردی انگالادا و همکاران (۲۰۱۷) به تهیه نقشه زمین‌عملیاتی در سطح کشور با استفاده از سری زمانی تصاویر ماهواره‌ای پرداختند. در این مقاله روش‌شناسی برای تولید خودکار نقشه‌های پوشش زمین در سطح کشور با استفاده از سری‌های زمانی تصویر نوری با وضوح بالا ارائه شده است؛ براساس طبقه‌بندی نظارت‌شده و از پایگاه‌های داده موجود به‌عنوان داده‌های مرجع برای آموزش و اعتبارسنجی استفاده شده است. راوات و کومار (۲۰۱۵) در مطالعه‌ای به تغییر کاربری زمین/پوشش با استفاده از روش‌های سنجش از دور و سیستم اطلاعات جغرافیایی برای بلوک هوالقی، ناحیه المورا، اوتاراکنند هند پرداختند. تصاویر ماهواره‌ای لندست از دو دوره زمانی مختلف مربوط به سنجنده TM سال‌های ۱۹۹۰ و ۲۰۱۰ توسط پوشش زمین^{۱۰} و محوطه زمین‌شناسی به‌دست آمد. تغییرات در

1. Valdivian
2. LULC
3. MaxEnt
4. RET
5. Odisha
6. Mahbubnagar
7. Telangana
8. Nallamala
9. Kolli
10. GLCF

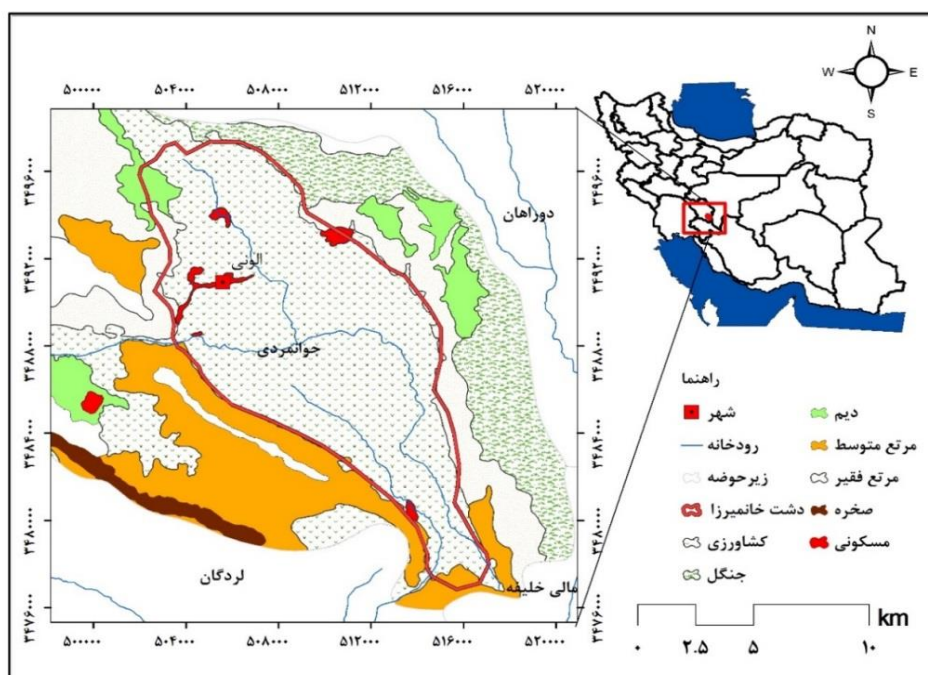
بلوک هوالقی (از سال‌های ۱۹۹۰ تا ۲۰۱۰) در طی یک دوره بیست‌ساله، با استفاده از روش حداکثر احتمال طبقه‌بندی شد و نرم‌افزار ادیسی^۱ بررسی شد. راوات و کومار به این نتیجه رسیدند که در طی دو دهه گذشته پوشش گیاه و زمین‌های مسکونی به ترتیب ۳/۵۱ درصد (۹/۳۹ کیلومتر مربع) و ۳/۵۵ درصد (۹/۴۸ کیلومتر مربع) افزایش یافته است. قرائتی جهرمی و همکاران (۱۳۹۳) با استفاده از تصاویر لندست و تکنیک‌های دورسنجی به بررسی تغییرات کاربری اراضی حوضه کاشان در بازه ۳۶ ساله (۱۹۷۵-۲۰۱۰) پرداختند و بیان کردند اراضی شهری به صورت کاملاً خطی در کل بازه حدود ۹ برابر افزایش یافته است و همچنین اراضی مرتعی در ۱۶ سال اول ۲۴ درصد افزایش یافته و پس از آن تا سال ۲۰۱۰ نسبتاً ثابت باقی مانده است. اراضی کشاورزی و باغات نیز در ۱۶ سال اول ۲۱ درصد کاهش یافته و پس از آن تا سال ۲۰۱۰ حدود ۵۷ درصد افزایش یافته است. رسولی و همکاران (۱۳۸۸) در دشت قزوین تصاویر ماهواره‌ای را برای تشخیص تغییرات کاربری اراضی و ارزیابی تأثیرات محیط زیستی به کار بردند. داده‌های مورد استفاده تصاویر ماهواره‌ای مربوط به سال‌های ۱۹۸۷ و ۲۰۰۲ بوده است. پس از اجرای مراحل پیش‌پردازش بر روی تصاویر، طبقه‌بندی به روش حداکثر احتمال همانندی انجام گرفت. در نهایت، به منظور ارزیابی دقیق تغییرات کاربری اراضی در منطقه مورد مطالعه روش انطباق جدول‌ها و مقایسه دو تصویر طبقه‌بندی شده در سال‌های ذکر شده مورد استناد قرار گرفت. آن‌ها به منظور بررسی اثرهای زیست‌محیطی تغییرات حاصله، از روش شاخص زیان‌باری استفاده کردند. مقایسه نتایج به دست آمده بیانگر ایجاد تغییرات اساسی در منطقه دشت قزوین است و بیشترین افزایش مربوط به کاربری‌های مسکونی و صنعتی است و در مقابل بیشترین کاهش مربوط به کاربری‌های مرتع، دیم، و باغات میوه است. فیضی‌زاده و همکاران (۱۳۸۶) در شهرستان ملکان به تهیه نقشه کاربری اراضی با استفاده از روش طبقه‌بندی نظارت‌شده پرداختند و تصاویر ماهواره‌ای لندست ۷ را به روش حداکثر احتمال طبقه‌بندی کردند و قابلیت این روش را در طبقه‌بندی پوشش و کاربری اراضی تأیید کردند. آشکارسازی و کشف تغییرات یکی از کاربردهای عمده سنجش از دور است. با استفاده از ویژگی تکراری بودن داده‌های دورسنجی زمان‌های مختلف، امکان شناسایی و بررسی پدیده‌های متغیر و پویا در محیط وجود دارد. بر این اساس، روش‌های رقومی مختلفی برای آشکارسازی و کشف تغییرات و تحولات پدیده‌های سطح زمین در سنجش از دور توسعه یافته است. بنابراین، انتخاب روش و الگوریتم برای ارزیابی و کشف این تغییرات به دلیل تأثیر در نتیجه آشکارسازی اقدامی مهم و اساسی است، زیرا روش انتخاب‌شده برای ارزیابی و کشف تغییرات با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای در نتایج به دست آمده و تفسیر و تحلیل آن‌ها تأثیر قابل ملاحظه‌ای دارد. همچنین، آرخ و همکاران (۱۳۹۲) در پژوهشی کارایی الگوریتم‌های طبقه‌بندی شبکه عصبی مصنوعی و درختی در تهیه لایه کاربری اراضی در منطقه دره‌شهر استان ایلام را بررسی کردند. در این پژوهش، هدف اصلی مقایسه سه الگوریتم طبقه‌بندی شبکه عصبی مصنوعی برای طبقه‌بندی پوشش سطح زمین حوزه دره‌شهر استان ایلام بوده است. نتایج حاصل از ارزیابی دقت تصاویر طبقه‌بندی شده نشان داد روش طبقه‌بندی شبکه عصبی با دقت کل متوسط ۹۲ و ضریب کاپای ۰/۹۰ دارای دقت بیشتری نسبت به روش طبقه‌بندی درختی (با سه روش انشعاب) با دقت کل متوسط ۹۰ و ضریب کاپای ۰/۸۸ است. در این پژوهش، بالاترین دقت طبقه‌بندی مربوط به طبقه‌بندی شبکه عصبی مصنوعی آرتمپ فازی بود. بنابراین، این مطالعه کارایی و قابلیت الگوریتم‌های شبکه عصبی مصنوعی را در طبقه‌بندی تصاویر سنجش از دور اثبات می‌کند. سفیانیان و همکاران در پژوهشی نقشه کاربری اراضی با استفاده از روش شبکه عصبی مصنوعی را در حوضه آبخیز کبودرآهنگ، رزن، و خونجین-تلخاب در استان همدان تهیه کردند. در این پژوهش برای تهیه نقشه پوشش اراضی بخشی از استان همدان از داده‌های رقوم ماهواره‌ای IRSP6 استفاده شد. نخست، تصاویر با میانگین خطای مربعات کمتر از ۰/۴۸ پیکسل تصحیح هندسی شد. برای

طبقه‌بندی تصویر، از روش طبقه‌بندی شبکه عصبی مصنوعی پرسپترون سه‌لایه با به‌کارگیری نقشه شاخص گیاهی^۱ به‌عنوان داده کمکی استفاده شد و، درنهایت، نقشه پوشش اراضی منطقه با ۱۳ طبقه تهیه شد. ضریب کاپا و صحت کلی طبقه‌بندی به روش شبکه عصبی به‌ترتیب ۸۸ و ۸۶ درصد برآورد شد. مطالعه حاضر نشان داد روش طبقه‌بندی شبکه عصبی قابلیت تهیه نقشه پوشش اراضی و الگوی کشت با صحت بالا را داراست. هدف از این پژوهش پایش تغییرات کاربری اراضی دشت خان‌میرزا با استفاده از چهار روش حداکثر احتمال^۲، شبکه عصبی مصنوعی^۳، حداقل فاصله^۴، و فاصله ماهالانوبی^۵ با استفاده از تصاویر چندزمانه و چندطیفی ماهواره لندست سال‌های ۱۹۹۶، ۲۰۰۶، و ۲۰۱۶ است.

روش پژوهش

منطقه مورد مطالعه

دشت خان‌میرزا در عرض جغرافیایی ۳۱ درجه شمالی و طول جغرافیایی ۵۱ درجه شرقی در ارتفاع متوسط ۱۸۸۰ متر از سطح دریا قرار گرفته است. این منطقه از شمال به شهرستان بروجن، از غرب به شهرستان اردل، از طرف شرق به بخش فلارد، از جنوب به دهستان ریگ و بخش ارمند شهرستان لردگان از توابع استان چهارمحال و بختیاری محدود شده است. موقعیت دشت در سطح استان و کشور در شکل ۱ نمایش داده شده است. این منطقه دارای ۳۷ روستا با جمعیتی بالغ بر سی‌هزار نفر به مرکزیت شهر آلونی با دو دهستان خان‌میرزا و جوانمردی است که از جمله دشتهای حاصل‌خیز و برتر استان از لحاظ پتانسیل‌های کشاورزی محسوب می‌شود. حوضه آبخیز این دشت در بخش شمال و شمال غربی در منطقه حفاظت‌شده سبزکوه قرار دارد.



شکل ۱. منطقه مورد مطالعه (سازمان جنگل‌ها، مراتع، و آبخیزداری کشور)

1. NDVI
2. Maximum Likelihood
3. Artificial neural network (ANN)
4. Minimum Distance
5. Mahalanobis Distance

در این مطالعه به منظور تهیه نقشه تغییرات کاربری اراضی از چهار روش (حداکثر احتمال، شبکه عصبی مصنوعی، حداقل فاصله، و فاصله ماهالانویی) در دشت خان میرزا و از تصاویر لندست ۵، ۷، و ۸ در سه دوره زمانی (۱۹۹۶، ۲۰۰۶، و ۲۰۱۶) استفاده شده است. نخست، در مرحله پیش‌پردازش تصحیحات هندسی و رادیومتریک بر روی تصاویر اعمال شد و با استفاده از روش‌های مختلف نقشه کاربری اراضی برای این سه دوره تهیه و مقایسه شد. استفاده از هر نوع اطلاعات موضوعی منوط به آگاهی از میزان صحت و درستی آن است. صحت و درستی اطلاعات درحقیقت میزان احتمال درستی اطلاعات است. برای ارزیابی دقت و صحت نقشه‌بندی‌های طبقه‌بندی شده، با انطباق نقشه‌های طبقه‌بندی شده با نقشه واقعیت زمینی حاصل از مطالعات میدانی ماتریس خطا^۱ تشکیل شد و براساس آن دقت کلی^۲ و ضریب کاپا^۳ محاسبه شد. همچنین، از نقشه‌های پوشش گیاهی ۱/۲۵۰۰۰ سازمان جنگل‌ها و مراتع، نقشه‌های توپوگرافی ۱/۵۰۰۰۰، نظر کارشناسان و داده‌های حاصل از بازدید میدانی (تعداد ۳۰ تا) استفاده شد. پردازش و تحلیل تصاویر ماهواره‌ای در محیط نرم‌افزار ENVI 5.3 انجام شد و از نرم‌افزارهای Google Earth، IDRISI 17، و ArcGIS10.2 به منظور تجزیه و تحلیل اطلاعات استفاده شده است. در جدول ۱ مشخصات تصاویر ماهواره‌ای مورد استفاده ارائه شده است.

جدول ۱. مشخصات تصاویر ماهواره‌ای مورد استفاده

مشخصات نام ماهواره	نام سنجنده	تاریخ	تعداد باند	Row/ Path
لندست ۵	TM	۱۹۹۶/۱۰/۱۷	۷	۳۸/۱۶۴
لندست ۷	ETM+	۲۰۰۶/۷/۳	۸	۳۸/۱۶۴
لندست ۸	OLI	۲۰۱۶/۶/۲۰	۱۱	۳۸/۱۶۴

پیش‌پردازش تصاویر ماهواره‌ای

بعد از آماده‌سازی تصاویر ماهواره‌ای، در مرحله پیش‌پردازش روی تصاویر ماهواره‌ای اصلاحات رادیومتریک اعمال شد. هدف اصلی از این مرحله رفع خطاهای سیستماتیک و غیرسیستماتیک موجود در تصاویر خام و افزایش صحت و قابلیت دسته‌بندی اطلاعات رقومی مختلف است. در مرحله پیش‌پردازش، با یک سری عملیات بر روی داده‌های خام (قبل از هرگونه پردازش بصری یا رقومی)، خطاهای رادیومتری، اتمسفری، هندسی، و غیره مورد توجه قرار می‌گیرد. بنابراین، شناسایی و تشخیص خطاهای احتمالی موجود در داده‌های ماهواره‌ای اهمیت زیادی دارد. لازم است پس از دریافت داده‌ها، بررسی دقیقی درباره آن‌ها از نظر هندسی و رادیومتری به عمل آید. حتی اگر قبلاً تصحیحاتی روی این داده‌ها به عمل آمده باشد، باید به طور کامل از خطاهای چنین داده‌هایی آگاهی داشت (علوی‌پناه و همکاران، ۱۳۸۷).

تصحیح هندسی

تصاویر اولیه و خام داده‌های ماهواره‌ای، بنا به دلایل مختلف، مانند گردش زمین و تغییر در ارتفاع ماهواره دارای هندسه ناصحیح بوده و در این حالت قابل استفاده با سایر داده‌های ماهواره‌ای و مقایسه با یکدیگر نیستند؛ از جمله این انحراف‌ها می‌توان به تغییرات در ارتفاع و سرعت سکوی سنجنده، انحنای زمین، جابه‌جایی و پستی و بلندی اشاره کرد. منظور از تصحیح هندسی جبران انحراف‌هاست. برای تطابق هندسی تصاویر موردنظر از نقشه‌های توپوگرافی ۱/۵۰۰۰۰ سازمان جغرافیایی ارتش استفاده شد. تصاویر به روش استفاده از نقاط کنترل زمینی با خطای هندسی نیم‌پیکسل^۴ تطابق هندسی

1. Matrix Confuse
2. Accuracy Overall
3. Coefficient Kappa
4. RMS=0. 5

شد. در مرحله بعد، برای تصحیح هندسی تصاویر با استفاده از روش نمونه‌برداری مجدد تصاویر کُدگذاری زمینی^۱ شد تا کلیه تصاویر از نظر هندسی با هم تطابق یابند و شرایط یکسانی به دست آورند.

تصحیح رادیومتری

تصحیحات رادیومتری شامل آن دسته از تصحیحات است که فقط بر روی درجات خاکستری اعمال می‌شود و فقط با تغییر مقادیر آن‌ها به صورت مجزا (به صورت پیکسل به پیکسل) سعی در جبران بعضی خطاهای موجود تصاویر ماهواره ای دارند (فاطمی و رضایی، ۱۳۹۱). تصحیحات رادیومتری در قبال تغییرات منظر، نوردهی، دید هندسی، شرایط جوی، و نیز سنجنده باید انجام گیرد. با استفاده از این تصحیح اثر، اختلاف زاویه خورشید و ارتفاع در داده‌های چندزمانه برطرف شد و آثار اتمسفر، توپوگرافی، و خطاهای سنجنده روی داده‌های رقومی برطرف می‌شود. در این راستا، با توجه به اطلاعات موجود در فراداده^۲ تصاویر، کلیه تصاویر تصحیح و دارای مختصات یکسان می‌شوند. در این مطالعه از روش چاوز به نام کاهش تیرگی پدیده برای تصحیحات رادیومتری استفاده شد. در این روش فرض می‌شود در هر باند از تصویر می‌توان پیکسل‌هایی یافت که مقادیر آن‌ها صفر یا نزدیک به یک است. به این ترتیب، اثر اتمسفری تابش انحرافی به صورت یک مقدار ثابت به پیکسل‌ها در هر باند اضافه می‌شود. به همین دلیل، برای حذف خطای رادیومتری باید ارزش پیکسل‌های هر باند از حداقل DN مربوط به باند کم شود. این فرایند به منظور کاهش تأثیرات پخش اتمسفری بر روی تصویر است.

تصحیح اتمسفری

بعد از مرحله Stack باندهای تصاویر در مرحله پیش‌پردازش تصاویر، تصحیحات اتمسفری بر روی آن‌ها انجام می‌گیرد. بنابراین، در این پژوهش از تصحیح اتمسفری تفریق تیره^۳ استفاده شد. این عمل بر روی هر دو تصویر انجام گرفت. تصحیح اتمسفری در مواردی که به مقادیر انرژی ساطع شده از اشیاء نیاز است یا هنگامی که شدت سیگنال ارسالی از طرف اشیاء از اثرهای اتمسفری کمتر باشد ضروری است (علوی‌پناه و همکاران، ۱۳۸۷). تصحیح اتمسفری مهم‌ترین بخش قبل از پردازش‌های تصاویر ماهواره‌ای از راه دور است. از این تصحیح به خصوص در مواردی که مقایسه و تجزیه و تحلیل تصاویر چندزمانه مدنظر است استفاده می‌شود و همچنین برای دستگاه‌های تصویربرداری چندطیفی مانند اسکنرهای سنجنده‌های ماهواره‌ای لندست، که در بخش طیف مرئی و مادون قرمز نزدیک اطلاعات را ثبت می‌کنند و جذب اتمسفر به طور عمده بر روی باندهای مرئی و مادون قرمز تأثیر می‌گذارد، اهمیت دارد (هدجیمیتسیس^۴ و همکاران، ۲۰۱۰).

طبقه‌بندی تصاویر

به منظور طبقه‌بندی کاربری اراضی نظارت‌شده پس از تصحیحات انجام‌شده بر روی تصاویر، نخست مناطق و مکان‌هایی به عنوان معرف مدل انتخاب شد. در این تحقیق شصت مکان پس از بررسی میدانی، مشخص شدن تعدادی از نقاط با استفاده از Google Earth، و برداشت نقاط با استفاده از جی پی اس^۵ مشخص شد و نوع کاربری فعلی مشخص شد و با استفاده از این نقاط طبقه‌بندی تصاویر با استفاده از چهار الگوریتم حداکثر احتمال، شبکه عصبی مصنوعی، حداقل فاصله، و فاصله مایلانوبی انجام شد؛ در ادامه هر یک از این روش‌ها به اختصار درج شده است. در انتخاب نقاط تعلیمی، به منظور کاستن از انحراف معیار نسبت به میانگین طبقات و نیز افزایش میانگین طبقات از یکدیگر، سعی شد نمونه‌های

1. Geo-Coding
2. data Meta
3. subtract Dark
4. Hadjimitsis
5. GPS

انتخابی از مناطق همگن، با سطوح کوچک‌تر، به تعداد زیاد، با پراکنش مناسب و هم‌شکل بودن نمونه‌ها در داخل هریک از طبقات تا حد ممکن به تفکیک‌پذیری بهتر طبقات کاربری کمک نماید (کمپل، ۲۰۰۲؛ ماتر، ۲۰۰۵)؛ در ادامه، به چهار روش طبقه‌بندی تصاویر به‌اختصار اشاره شده است.

روش حداکثر احتمال

روش حداکثر احتمال واریانس و کوواریانس کلاس‌ها را ارزیابی می‌کند. برای این کار فرض می‌شود همه مناطق آموزشی از پراکنش نرمال برخوردارند. درحقیقت، نمونه‌های کلاس‌های آموزشی باید معرف آن کلاس باشند. بنابراین، تا حد امکان باید از نمونه‌های بیشتری استفاده شود تا تغییرات بسیاری از ویژگی‌های طیفی در این گستره پیوسته قرار گیرد. بنابراین، شرط توزیع نرمال در روش حداکثر احتمال اهمیت خاصی دارد (علوی‌پناه، ۱۳۹۱).

طبقه‌بندی تصاویر ماهواره‌ای با روش شبکه عصبی مصنوعی

رزنبلات^۱ برای اولین بار در سال ۱۹۸۵ شبکه‌های عصبی مصنوعی را طراحی کرد. در این ساختار، برای آموزش شبکه، نمونه‌های آموزشی از طریق لایه ورودی وارد شبکه می‌شوند و بعد از ضرب شدن در وزن ارتباط‌دهنده نرون‌ها، وارد لایه میانی می‌شوند. در هر نرون از لایه میانی یک تابع فعالیت بر روی ورودی‌ها اعمال می‌شود و مقادیر محاسبه‌شده به لایه خروجی فرستاده می‌شود. در این مرحله، خروج شبکه با مقدار مطلوبی که از شبکه انتظار می‌رود مقایسه می‌شود و مقدار خطای موجود، از روش‌های مختلف، با تغییر در وزن ارتباط‌دهنده نرون‌ها در شبکه تعدیل می‌شود. معمولاً، برای این کار از الگوریتم‌هایی مثل پس انتشار خطا^۲ استفاده می‌شود. این الگوریتم، با استفاده از گرادینت تابع هزینه، وزن شبکه را برای کاهش میزان خطای شبکه تعدیل می‌کند. این کار تا زمانی ادامه پیدا می‌کند که مقدار خطای شبکه به ازای همه نمونه‌های آموزشی به یک مقدار حداقل، که برای شبکه از قبل تعیین شده، برسد (اتکینوس و تننال^۳، ۱۹۹۷).

روش طبقه‌بندی حداقل فاصله

روش طبقه‌بندی حداقل فاصله از میانگین روشی است که پس از تعیین مقادیر میانگین طیفی در هر باند، با مشخص شدن پیکسلی که میانگین ارزش طیفی نمونه‌های تعلیمی هر طبقه را به خود اختصاص داده، فاصله هر پیکسل طبقه‌بندی‌نشده با پیکسل‌های میانگین مقایسه‌شده و سپس پیکسل موردنظر به کلاسی اختصاص می‌یابد که کمترین فاصله با میانگین را دارد. هر پیکسل به طبقه‌ای تعلق می‌گیرد که کمترین مقدار فاصله را تا میانگین آن طبقه داشته باشد. این نوع طبقه‌بندی از نظر ریاضی ساده و از نظر محاسباتی کاراست، ولی مبنای نظری آن به اندازه طبقه‌بندی حداکثر مشابهت قوی نیست (تسو و مادر، ۲۰۰۹).

فاصله ماهالانوبی

این روش بسیار شبیه به روش حداقل فاصله از میانگین است، با این تفاوت که در این روش از ماتریس کواریانس نیز استفاده می‌شود و در این روش فرض می‌شود هیستوگرام باندها به‌صورت نرمال است (لو و ونگ، ۲۰۰۷) و درنهایت به‌منظور مقایسه تغییرات کاربری صورت گرفته در دوره‌های مختلف بر روی تصاویر ماهواره‌ای از روش‌های طبقه‌بندی تصاویر استفاده شد.

ارزیابی نتایج طبقه‌بندی

در تحقیقات و بررسی‌های مربوط به طبقه‌بندی و تهیه نقشه‌های مختلف تعیین صحت حاصل از طبقه‌بندی ضروری است. هدف از بررسی صحت ارزیابی میزان همخوانی نقشه حاصل از طبقه‌بندی با واقعیت زمینی است. با مقایسه یکایک پیکسل‌های نقشه طبقه‌بندی شده با پیکسل‌های متناظر در نقشه واقعیت زمینی مشخص می‌شود که چه تعداد پیکسل در طبقات مختلف صحیح طبقه‌بندی شده و چه تعداد به اشتباه به طبقات مختلف تعلق گرفته است. حاصل این ارزیابی به صورت جدول خطا ارائه می‌شود (پال و مادر، ۲۰۰۵). با استفاده از جدول خطا، صحت کلی و ضریب کاپا محاسبه می‌شود (لطیفی و همکاران، ۱۳۸۶). در تصاویر لندست از شصت نمونه تعلیمی در تعیین کاربری برای طبقه‌بندی استفاده شد و ۳۰ درصد از هر طبقه به عنوان نمونه‌ها در ارزیابی صحت نتایج طبقه‌بندی در نظر گرفته شد. پس از ارزیابی صحت طبقه‌بندی نقشه کاربری اراضی تولیدی به محیط ArcGIS منتقل شد و مساحت طبقات کاربری اراضی تعیین شد و در نهایت درصد تغییرات مساحت انواع کاربری اراضی با استفاده از دستور CROSSTAB در نرم‌افزار IDRISI17 مشخص شد.

بحث و یافته‌ها

در این مطالعه به منظور بررسی تغییرات کاربری در سه دهه گذشته در دشت خان‌میرزا از چهار روش حداکثر احتمال، شبکه عصبی مصنوعی، حداقل فاصله، و فاصله ماهالانویی استفاده شد و برای بررسی دقت طبقه‌بندی تصاویر، از نمونه‌های آزمایشی، نسبت به محاسبه دقت با بهره‌گیری از ماتریس خطا و محاسبه شاخص‌های آماری دقت کل، ضریب کاپا استفاده شد. پس از انجام دادن تصحیحات لازم بر روی تصاویر ماهواره‌ای، طبقه‌بندی کاربری اراضی انجام شد. جدول ۲ دقت طبقه‌بندی برای نقشه کاربری‌های استخراج شده سال‌های ۱۹۹۶، ۲۰۰۶، و ۲۰۱۶ را با استفاده از الگوریتم‌های متفاوت نشان می‌دهد. همان‌طور که از جدول ۱ مشخص است، روش شبکه عصبی مصنوعی برای سال‌های ۱۹۹۶، ۲۰۰۶، و ۲۰۱۶ به ترتیب با دقت کلی ۹۲/۵۱، ۹۰/۳۴، و ۹۰/۲۹ عملکرد مناسب‌تری نسبت به دیگر روش‌ها داشته است. روش حداکثر احتمال نیز به ترتیب با دقت کلی ۹۰/۸، ۹۱/۱۵، و ۸۶/۷۹ درصد الگوریتم مناسب جهت طبقه‌بندی کاربری اراضی برای منطقه مورد مطالعه بوده است. روش حداقل فاصله، نسبت به سایر روش‌ها، دقت کلی و ضریب کاپای پایین‌تری داشته است.

جدول ۲. ارزیابی دقت طبقه‌بندی الگوریتم‌های متفاوت، کاربری‌های استخراج شده در سال‌های مورد بررسی

روش	سال ۱۹۹۶		سال ۲۰۰۶		سال ۲۰۱۶	
	دقت کلی (درصد)	ضریب کاپای کلی	دقت کلی (درصد)	ضریب کاپای کلی	دقت کلی (درصد)	ضریب کاپای کلی
شبکه عصبی مصنوعی	۹۲/۵۱	۰/۸۹۷	۹۰/۳۴	۰/۸۶۱	۹۰/۲۹	۰/۸۴۸
حداکثر احتمال	۹۰/۸۰	۰/۸۷۷	۹۱/۱۵	۰/۸۷۵	۸۶/۷۹	۰/۷۹۹
حداقل فاصله	۷۶/۳	۰/۶۸۲	۶۱/۶۲	۰/۵۰۸	۵۵/۰۶	۰/۴۲
فاصله ماهالانویی	۸۷/۲۱	۰/۸۳	۸۰/۰۱	۰/۷۳۲	۷۶/۲۱	۰/۶۵۵

در ادامه ماتریس خطا مربوط به سال ۲۰۱۶ برای چهار الگوریتم مورد بررسی ارائه شده است. جدول ۳ ماتریس خطای طبقه‌بندی الگوریتم شبکه عصبی مصنوعی است. همان‌طور که مشخص است، سه کاربری اراضی پست‌نمدار، کشاورزی، و مسکونی با خطاهایی به ترتیب صفر، ۲/۹، و ۷/۵ درصد دارای حداقل خطا در بین کاربری‌های موجود است. دقت کلی مربوط به الگوریتم شبکه عصبی مصنوعی برابر با ۹۰/۲۹ درصد و ضریب کاپای کلی برابر با ۰/۸۴۸ است.

جدول ۳. ماتریس خطای طبقه‌بندی الگوریتم شبکه عصبی مصنوعی

خطای کاری (دقت کاربر)	۶	۵	۴	۳	۲	۱	کاربری
۰/۷	۰	۰	۱/۲	۰	۰	۲۶/۹	باغ
۵/۵	۰	۳۵	۰	۰	۵۲/۲	۰	مرتع
۱۴/۸	۰	۰	۰	۱۰۰	۰	۰	اراضی پست نمودار
۵۴/۸	۴/۳	۰/۴	۹۷/۱	۰	۰	۷۳/۱	کشاورزی
۱۱/۳	۳/۱	۶۴/۴	۰	۰	۷۴/۸	۰	اراضی بدون پوشش گیاهی
۱۳	۹۲/۶	۰/۲	۱/۷	۰	۰	۰	مسکونی
۱۰۰	۷/۵	۳۵/۶	۲/۹	۰	۷۴/۸	۷۳/۱	خطای حذف (دقت نقشه بردار)

دقت کلی: ۹۰/۲۹ درصد
ضریب کاپای کلی: ۰/۸۴۸

جدول ۴. ماتریس خطای طبقه‌بندی حداکثر احتمال

خطای کاری (دقت کاربر)	۶	۵	۴	۳	۲	۱	کاربری
۳/۱	۰/۲	۰	۵	۰	۰/۴	۹۲/۳	باغ
۹/۸	۰	۵۶/۶	۰	۰	۷۳	۰	مرتع
۱۴/۵	۰	۰	۰	۹۸/۵	۰	۰	اراضی پست نمودار
۵۲/۳	۱/۴	۰/۵	۹۳/۲	۱/۵	۵/۲	۷/۷	کشاورزی
۶/۲	۰/۶	۴۰/۶	۰	۰	۲۱/۳	۰	اراضی بدون پوشش گیاهی
۱۴	۹۷/۸	۲/۳	۱/۸	۰	۰	۰	مسکونی
۱۰۰	۲۲	۵۹/۴	۶/۸	۱/۵	۲۷	۷/۷	خطای حذف (دقت نقشه بردار)

دقت کلی: ۸۶/۸۹ درصد
ضریب کاپای کلی: ۰/۷۹۹

جدول ۵. ماتریس خطای طبقه‌بندی حداقل فاصله

خطای کاری (دقت کاربر)	۶	۵	۴	۳	۲	۱	کاربری
۱۱/۹	۰	۰	۲۰/۸	۰	۰	۱۰۰	باغ
۱۹/۶	۱۰/۱	۹۷/۴	۴/۱	۰	۹۶/۱	۰	مرتع
۱۱/۱	۰	۰	۰	۷۵/۵	۰	۰	اراضی پست نمودار
۲۹/۹	۳/۱	۰	۵۳/۱	۰	۰	۰	کشاورزی
۱۶/۱	۰/۷	۲/۶	۲۱/۵	۲۴/۵	۳/۹	۰	اراضی بدون پوشش گیاهی
۱۱/۵	۸۶	۰	۰/۵	۰	۰	۰	مسکونی
۱۰۰	۱۳/۹۸	۹۷/۳۹	۴۶/۹۲	۲۴/۴۹	۳/۹۱	۰	خطای حذف (دقت نقشه بردار)

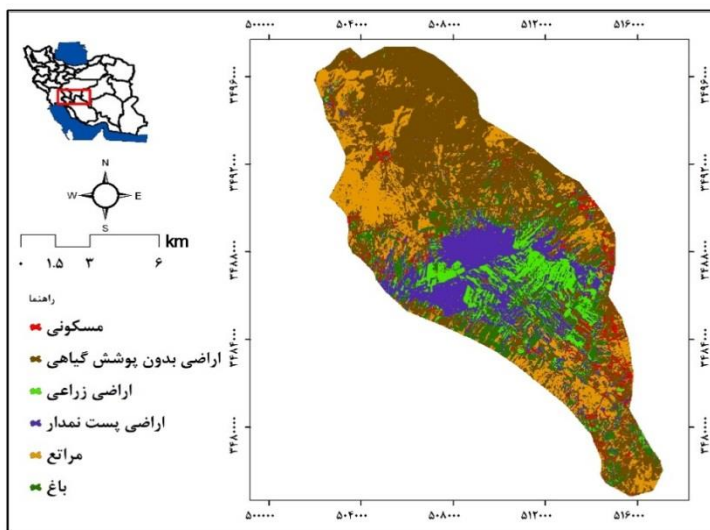
دقت کلی: ۵۵/۰۶ درصد
ضریب کاپای کلی: ۰/۴۲

جدول ۶. ماتریس خطای طبقه‌بندی فاصله ماها لانویی

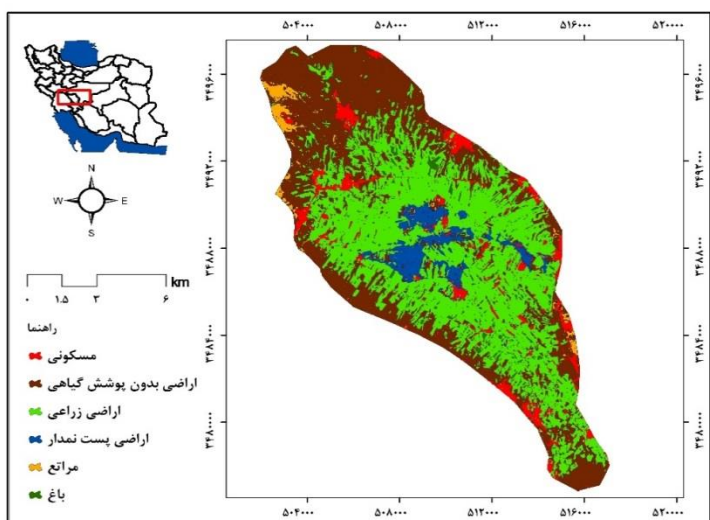
خطای کاری (دقت کاربر)	۶	۵	۴	۳	۲	۱	کاربری
۷/۴	۰/۱	۰	۱۲/۸	۰	۰	۱۰۰	باغ
۱۶/۹	۷/۹	۹۶/۴	۱/۱	۰	۷۲/۶	۰	مرتع
۱۴/۹	۰	۰	۰/۳	۹۹/۶	۰	۰	اراضی پست نمودار
۴۷/۸	۲/۶	۰	۸۵/۶	۰	۰	۰	کشاورزی
۱/۸	۲/۹	۳/۶	۰/۲	۰/۴	۲۷/۴	۰	اراضی بدون پوشش گیاهی
۱۱/۲	۸۶/۶	۰	۰	۰	۰	۰	مسکونی
۱۰۰	۱۳/۴	۹۶/۴	۱۴/۴	۰/۴	۲۷/۴	۰	خطای حذف (دقت نقشه بردار)

دقت کلی: ۷۶/۲۱ درصد
ضریب کاپای کلی: ۰/۶۵۵

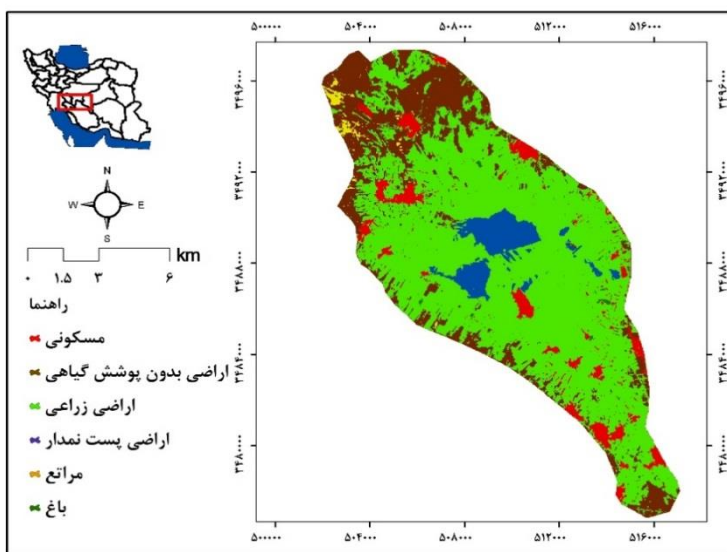
نقشه کاربری اراضی منطقه با روش طبقه‌بندی نظارت‌شده و الگوریتم شبکه عصبی مصنوعی و با استفاده از نقاط معرف در سال ۱۹۹۶ در شکل ۲ ارائه شده است. کمترین کاربری مربوط به کاربری باغ با ۱/۶ درصد و بیشترین مساحت مربوط به اراضی سنگی و لخت با ۴۲/۷ درصد است.



طبقه‌بندی کاربری اراضی در سال ۱۹۹۶



طبقه‌بندی کاربری اراضی در سال ۲۰۰۶



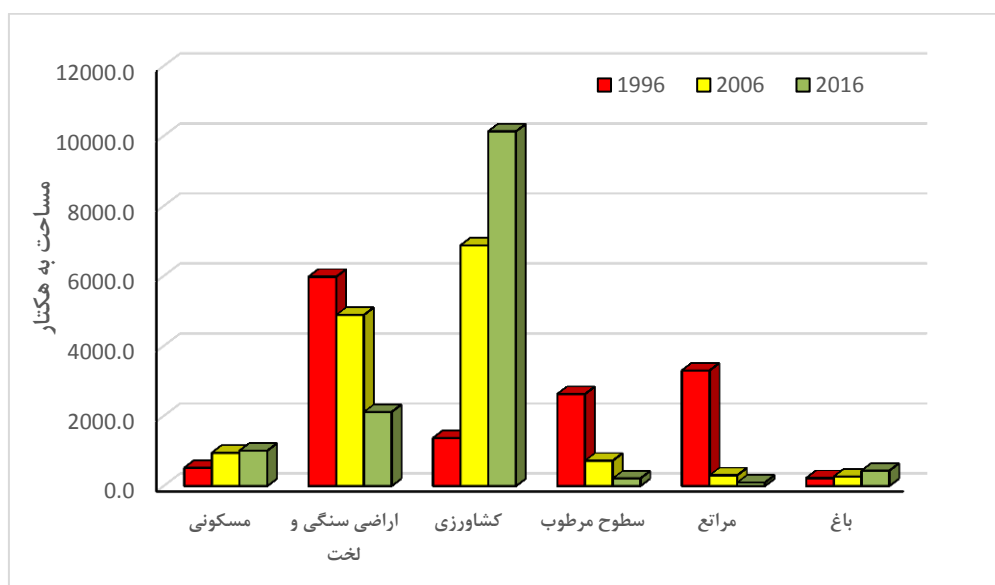
طبقه‌بندی کاربری اراضی در سال ۲۰۱۶

شکل ۲. طبقه‌بندی کاربری اراضی با استفاده از الگوریتم شبکه عصبی مصنوعی در سال‌های ۱۹۹۶، ۲۰۰۶، و ۲۰۱۶

در شکل ۲ نقشه کاربری اراضی منطقه با روش طبقه‌بندی نظارت‌شده و الگوریتم شبکه عصبی مصنوعی در سال‌های ۱۹۹۶، ۲۰۰۶ و ۲۰۱۶ ارائه شده است. نتایج طبقه‌بندی کاربری در سال ۲۰۰۶ نشان داد کمترین کاربری مربوط به کاربری باغ با ۲ درصد و بیشترین مساحت مربوط به اراضی کشاورزی با ۴۹ درصد است. همان‌طور که از جدول ۷ نیز مشخص است، طی زمان‌های ۱۹۹۶ تا ۲۰۰۶ از میزان اراضی سنگی و لخت کاهش یافته و به اراضی کشاورزی افزوده شده است؛ به طوری که میزان این افزایش برای کاربری کشاورزی از ۱۳۶۹/۳ هکتار به ۶۸۷۵/۳ هکتار رسیده است. کاربری مسکونی نیز روندی افزایشی داشته؛ به طوری که از ۵۱۸/۹ هکتار به ۹۴۸/۷ هکتار رسیده است. نتایج نشان می‌دهد روند تغییرات کاربری‌های کشاورزی، باغ، و مسکونی روندی افزایشی داشته و کاربری‌های اراضی سنگی و لخت، مراتع، و اراضی پست نم‌دار در منطقه کاسته شده است. در جدول ۷ انواع کاربری و درصد اختصاص یافته به هر کاربری در سال‌های ۱۹۹۶، ۲۰۰۶ و ۲۰۱۶ درج شده است.

جدول ۷. مساحت کاربری‌های مختلف مربوط به سال‌های ۱۹۹۶، ۲۰۰۶ و ۲۰۱۶ (الگوریتم شبکه عصبی مصنوعی)

کاربری	۱۹۹۶		۲۰۰۶		۲۰۱۶	
	مساحت (هکتار)	مساحت (درصد)	مساحت (هکتار)	مساحت (درصد)	مساحت (هکتار)	مساحت (درصد)
مسکونی	۵۱۸/۹	۳/۷	۹۴۸/۷	۶/۸	۱۰۰۶/۸	۷/۲
اراضی سنگی و لخت	۵۹۸۰/۳	۴۲/۷	۴۸۸۸/۴	۳۴/۹	۲۱۱۴	۱۵/۱
کشاورزی	۱۳۶۹/۳	۹/۸	۶۸۷۵/۳	۴۹	۱۰۱۳۱/۵	۷۲/۳
اراضی پست نم‌دار	۲۶۲۷/۴	۱۸/۷	۷۲۴/۱	۵/۲	۲۱۴/۹	۱/۵
مراتع	۳۲۹۸/۴	۲۳/۵	۳۰۴/۸	۲/۲	۹۷/۶	۰/۷
باغ	۲۲۶	۱/۶	۲۶۹/۳	۲	۴۳۵/۵	۳/۲
مجموع	۱۴۰۲۰/۳	۱۰۰	۱۴۰۲۰/۳	۱۰۰	۱۴۰۲۰/۳	۱۰۰



شکل ۳. کاربری‌های مربوط به سال‌های ۱۹۹۶، ۲۰۰۶ و ۲۰۱۶ (الگوریتم شبکه عصبی مصنوعی)

تغییرات کاربری اراضی

در این مطالعه پس از تعیین کاربری‌های موردبررسی منطقه با استفاده از دستور CROSSTAB در نرم‌افزار IDRISI17 دو تصویر طبقه‌بندی‌شده مقایسه شده است. نتایج حاصل از مقایسه پس از طبقه‌بندی سال‌های ۱۹۹۶-۲۰۰۶ و ۲۰۰۶-۲۰۱۶ در جدول ۸ درج شده است. از جمله تغییرات مشهود در این مقایسه تغییر کاربری اراضی سنگی و لخت به کشاورزی است. کلاس‌های کاربری مربوط به تصویر سال ۱۹۹۶ به شکل ستونی و تصویر سال ۲۰۰۶ به شکل سطری ارائه شده است. مقادیر جدول نشان‌دهنده میزان تغییرات کاربری در کلاس‌های مختلف برحسب هکتار است.

جدول ۸. میزان تغییرات کاربری در کلاس‌های مختلف در سال‌های ۱۹۹۶-۲۰۰۶ (برحسب هکتار)

سال ۲۰۰۶						
کاربری	مسکونی	اراضی سنگی و لخت	کشاورزی	اراضی پست نم‌دار	مراعی	باغ
مسکونی	۷۹۳/۷	-	-	-	-	-
اراضی سنگی و لخت	۵۷/۷	۲۰۰۰	۱۲۰۵/۳	۱۰/۳	۹/۶	۹۹/۵
کشاورزی	۱۱۶/۴	۳۰/۹	۸۷۴۴/۹	۶/۸	۱۲/۹	۷۰/۶
اراضی پست نم‌دار	۱۱/۲	۲۸	۱۶۷/۳	۱۸۳/۷	۲۲/۴	۱۴
مراعی	۷	۵۰/۵	۵/۶	۰	۵۲/۶	۱/۴
باغ	۲/۸	۴/۵	۸/۴	۱۴	۰	۲۴۹/۹

با توجه به نتایج حاصل از مقایسه کاربری‌های سال ۱۹۹۶ و ۲۰۰۶، می‌توان برداشت کرد که حدود ۱۲۰۵/۳ هکتار از اراضی سنگی و لخت در این فاصله زمانی به اراضی کشاورزی تبدیل شده است و همچنین ۱۱۶/۴ هکتار از اراضی کشاورزی به کاربری مسکونی و همچنین ۷۵/۷ هکتار از اراضی سنگی و لخت به کاربری مسکونی تبدیل شده است.

جدول ۹. میزان تغییرات کاربری در کلاس‌های مختلف در سال‌های ۲۰۰۶-۲۰۱۶ (برحسب هکتار)

سال ۲۰۱۶						
کاربری	مسکونی	اراضی سنگی و لخت	کشاورزی	اراضی پست نم‌دار	مراعی	باغ
مسکونی	۸۸۷/۷	-	-	-	-	-
اراضی سنگی و لخت	۶۵/۷	۲۰۶۲/۵	۱۶۷۳	۴/۵	-	۵۸/۹
کشاورزی	۱۱/۲	۸/۱	۸۳۹۷/۸	-	۴/۴	۲۱
اراضی پست نم‌دار	-	۱۸/۲	۱۱/۲	۲۱۰/۴	۱۵/۲	۵/۶
مراعی	۴۰/۸	۴/۲	۲۸	-	۷۶/۶	۴۲/۱
باغ	۱/۴	۲۱	۲۱/۵	-	۱/۴	۳۰۷/۹

نتایج حاصل از تغییرات کاربری کلاس‌های مختلف در سال‌های ۲۰۰۶ و ۲۰۱۶ در جدول ۹ ارائه شده است. بیشترین تغییر کاربری‌های موجود، تغییر کاربری اراضی سنگی و لخت به کاربری کشاورزی است که ۱۶۷۳ هکتار از اراضی سنگی و لخت در سال ۲۰۰۶ به اراضی کشاورزی در سال ۲۰۱۶ تبدیل شده است. از دیگر تغییر کاربری‌های مشهود در منطقه، تغییر کاربری اراضی سنگی و لخت و مراعی به اراضی مسکونی است؛ به طوری که ۶۵/۷ هکتار از اراضی سنگی و لخت و ۴۰/۸ هکتار از اراضی مرتع به کاربری مسکونی تبدیل شده است. همان‌گونه که در جدول ۹ نیز مشخص است، براساس نتایج پژوهش، طی بیست سال اخیر، مساحت یک اکوسیستم پایدار غیرکشاورزی و اراضی مرتعی آن با شتاب

نگران‌کننده کاهش یافته و به تبع آن سطوح کشاورزی آمایش‌نشده و سودجویانانه و بدون توجه به ارزیابی توان محیطی و اکولوژیک افزایش چشم‌گیری یافته است؛ این رخداد چیزی نیست جز انحطاط اراضی و اکوسیستم‌های زیست‌محیطی و بوم‌شناختی. نتیجه‌گیری دیگر اینکه فعالیت‌های کشاورزی (زراعت و باغ) همگام با هم افزایش نیافته و عمدتاً زراعت بوده است. نیز به ویژگی‌های ژئومورفولوژیک دشت خان‌میرزا برمی‌گردد که بیشتر سطح آن در گذشته اراضی پست‌نمدار بوده و در واقع کاربری کشاورزی نداشته است. چون تهویه و زهکشی خاک و بافت سنگین خاک چنین تناسبی را بروز نداده است، بلکه کاربری طبیعی و منابع طبیعی داشته و متعاقباً و به‌صورت آمایش‌نشده کاربری کشاورزی بدان تحمیل شده که می‌تواند عواقب نگران‌کننده‌ای برای این دشت و روستاهای پیرامونی آن داشته باشد.

نتیجه‌گیری

توسعه روزافزون فناوری‌های سنجش از دور، سیستم اطلاعات جغرافیایی، و استفاده از داده‌های زمانی- مکانی آن‌ها به‌منظور بررسی روند تغییرات می‌تواند به مدیران و استفاده‌کنندگان برای مدیریت و برنامه‌ریزی و کاربرد سیاست‌های توسعه پایدار کمک کند. بنابراین، در این راستا این مطالعه به‌منظور بررسی تغییرات کاربری در سه دهه گذشته (سال‌های ۱۹۹۶، ۲۰۰۶، و ۲۰۱۶) در دشت خان‌میرزا با کاربرد چهار روش حداکثر احتمال، شبکه عصبی مصنوعی، حداقل فاصله، فاصله ماهالانویی انجام شد و پس از انجام دادن تصحیحات لازم بر روی تصاویر ماهواره‌ای طبقه‌بندی کاربری اراضی انجام شد. برای بررسی دقت طبقه‌بندی تصاویر، از نمونه‌های آزمایشی، نسبت به محاسبه دقت با بهره‌گیری از ماتریس خطا و محاسبه شاخص‌های آماری دقت کل، ضریب کاپا استفاده شد. نتایج نشان داد روش حداکثر احتمال و شبکه عصبی مصنوعی از دیگر روش‌ها مناسب‌تر بوده است. روش شبکه عصبی مصنوعی برای سال‌های ۱۹۹۶، ۲۰۰۶، و ۲۰۱۶ به‌ترتیب با دقت کلی ۹۲/۵۱، ۹۰/۳۴، و ۹۰/۲۹ عملکرد مناسب‌تری نسبت به دیگر روش‌ها داشته است. روش حداکثر احتمال نیز به‌ترتیب با دقت کلی ۹۰/۸، ۹۱/۱۵، و ۸۶/۷۹ درصد الگوریتم مناسب جهت طبقه‌بندی کاربری اراضی برای منطقه مورد مطالعه بوده است. روش حداقل فاصله نسبت به سایر روش‌ها وضعیت نامناسب‌تری از نظر دقت کلی و ضریب کاپا داشته است. از تغییرات اساسی اتفاق افتاده در کاربری موجود، می‌توان به افزایش کاربری کشاورزی، مسکونی، و کاهش اراضی پست‌نمدار و اراضی سنگی و لخت اشاره کرد. بیشترین تغییر کاربری‌های موجود تغییر کاربری اراضی سنگی و لخت به کاربری کشاورزی است که ۱۶۷۳ هکتار از اراضی سنگی و لخت در سال ۲۰۰۶ به اراضی کشاورزی در سال ۲۰۱۶ تبدیل شده است. از دیگر تغییر کاربری‌های مشهود در منطقه تغییر کاربری اراضی سنگی و لخت و مراتع به اراضی مسکونی است؛ به طوری که ۶۵/۷ هکتار از اراضی سنگی و لخت و ۴۰/۸ هکتار از اراضی مرتع به کاربری مسکونی تبدیل شده است. سه کاربری مسکونی، کشاورزی، و باغ روند افزایشی داشته‌اند؛ به طوری که به‌ترتیب از ۳/۷، ۹/۸، و ۱/۶ درصد در سال ۱۹۹۶ به ۷/۲، ۷۲/۳، و ۳/۲ درصد در سال ۲۰۱۶ رسیده است. بنابراین، بیشترین تغییر مربوط به افزایش سطح زیر کشت کشاورزی بوده که به میزان ۸۷۶۲/۲ هکتار افزایش داشته است. کاربری‌های اراضی سنگی و لخت، مرتع، و اراضی پست‌نمدار روندی کاهشی داشته است؛ به طوری که به‌ترتیب در سال ۱۹۹۶ از ۴۲/۷، ۱۸/۷، و ۲۳/۵ درصد به ۱۵/۱، ۱/۵، و ۰/۷ درصد رسیده است.

منابع

۱. آرخی، صالح؛ نیازی، یعقوب و ابراهیمی، حیدر، ۱۳۹۲، مقایسه کارایی الگوریتم‌های طبقه‌بندی شبکه عصبی مصنوعی و درختی در تهیه لایه کاربری اراضی با کمک داده‌های ETM+ (مطالعه موردی: حوضه دره شهر استان ایلام)، *فضای جغرافیایی*، دوره ۱۳، ش ۴۴.
۲. سفیانیان، علیرضا؛ محمدی، توفیق الهه؛ خداکریمی، لقمان؛ امیری فاضل، ۱۳۹۰. تهیه نقشه کاربری اراضی با استفاده از روش شبکه عصبی مصنوعی (مطالعه موردی: حوزه آبخیز کبودرآهنگ، رزن و خونجین - تلخاب در استان همدان)، *مجله کاربرد سنجش از دور و GIS* در علوم منابع طبیعی، دوره ۲، شماره ۱.
۳. رسولی، علی اکبر؛ زرین‌بال، محمد و شفیعی، محمد، ۱۳۸۸، کاربرد تصاویر ماهواره‌ای با هدف تشخیص تغییرات کاربری اراضی و ارزیابی تأثیرات محیط زیستی، *پژوهش‌های آبخیزداری (پژوهش و سازندگی)*، دوره ۲۲، ش ۲، صص ۲-۹.
۴. علوی‌پناه، سیدکاظم؛ احسانی، امیر هوشنگ؛ متین‌فر، حمیدرضا؛ رفیعی امام، عمار و امیری، رضا، ۱۳۸۷، مقایسه محتوای اطلاعاتی سنجنده‌های TM و ETM+ در محیط‌های بیابانی و شهری ایران، *پژوهش‌های جغرافیا*، س ۴۷، صص ۶۴-۵۶.
۵. علوی‌پناه، سیدکاظم، ۱۳۹۱، *کاربرد سنجش از دور در علوم زمین*، تهران: انتشارات دانشگاه تهران.
۶. فاطمی، سید باقر و رضایی، یوسف، ۱۳۹۱، *مبانی سنجش از دور*، انتشارات آزاده.
۷. فیضی‌زاده، بختیار؛ عزیزی، ح. و ولی‌زاده، خ.، ۱۳۸۶، استخراج کاربری‌های اراضی شهرستان ملکان با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای ETM+، *مجله آمایش*، ش ۲، صص ۷۴-۹۳.
۸. فیضی‌زاده، بختیار؛ میرحییمی، سیدمحمود حاجی. ۱۳۸۷، آشکارسازی تغییرات کاربری اراضی با استفاده از روش طبقه بندی شیء گرا (مطالعه موردی: شهرک اندیشه)، *همایش ژئوماتیک ۸۷*، تهران، سازمان نقشه برداری کشور.
۹. قرائتی جهرمی، مجتبی؛ ولی، عباسعلی؛ موسوی، سیدحجت؛ پناهی، فاطمه و خسروی، حسن، ۱۳۹۳، *پایش تغییرات کاربری اراضی دشت کاشان با استفاده از داده‌های دورسنجی*، *مجله بین‌المللی علمی-تحقیقاتی زمین پویا*، ج ۴، ش ۲، صص ۱۲۹.
۱۰. قیومی محمدی، حمیدرضا و مؤمنی، عزیز، ۱۳۸۰، بررسی تغییر کاربری اراضی مستعد کشاورزی در واحد هیدرولوژیک برخوار- اصفهان، *کنفرانس به‌سازی زمین*، دوره ۱۴، ش ۱.
۱۱. لطیفی، هومن؛ اولادی، جعفر؛ سارویی، سعید و جلیلودن، حمید، ۱۳۸۶، ارزیابی قابلیت داده‌های ماهواره‌ای ETM+ جهت تهیه نقشه طبقات پوشش جنگل، اراضی درختچه و مرتع، *مطالعه موردی حوزه نکا، ظالم‌رود*، *مجله علوم و فنون کشاورزی و منابع طبیعی*، س ۱۱، ش ۴۰، صص ۴۳۹-۴۴۴.
12. Alkaradaghi, K.; Ali, S. S.; Al-Ansari, N. and Laue, J., 2018, Evaluation of Land Use & Land Cover Change Using Multi-Temporal Landsat Imagery: A Case Study Sulaimaniyah Governorate, Iraq. *Journal of Geographic Information System*, Vol. 10, No. 6, PP. 247-260.
13. Alvi Panah, S. K., 2012, *Application in Earth Sciences*, Tehran: Tehran University Press.
14. Alvipanah, S. K.; Ehsani, A. H.; Matinfar, H. R.; Rafei Emam, A. and Amiri, R., 2008, Comparison of Information Content of TM and ETM + Sensors in Iran's Desert and Urban Environment, *Geography Studies*, Vol. 47, PP. 56-64.
15. Arkhi, S.; Niazi, Y. and Ebrahimi, H., 2014, Comparison of the Efficiency of Artificial Neural Network and Tree Classification Algorithms in Building the Land Use Layer Using etm Data(case of study: Darehshahr in Ilam province), *Geographic space*, Vol. 13, No. 44.
16. Atkinson, P. M. and Tatnall, A. R. L., 1997, Neural networks in remote sensing, *International Journal of Remote Sensing*, Vol. 18, No. 4, PP. 699-709.
17. Boru Ayana, A. and Kositsakulchai, E., 2012, Land Use Change Analysis Using Remote Sensing and Markov Modeling in Fincha Watershed, Ethiopia, *Kasetsart Journal: Natural Science*, 046, 135-149.

18. Brian, W. Szuster. Qi Chen, and Michael, Borger., 2011, A comparison of classification techniques to support land cover and land use analysis in tropical coastal zones, *Applied Geography*, Vol. 31, PP. 525-532.
19. Campbell, J.B., 2002, Introduction to remote sensing, Third edition, USA, New York: The Guilford Press, 621p.
20. Fatemi, S. B. and Rezai, Y., 2012, *Fundamentals of remot sensing*, Azadeh Publications.
21. Fezizadeh, B.; Azizi, H. and Valizadeh, KH., 2007, Extraction of land use in Malekan County using etm satellite imagery, *Amayesh Journal*, No. 2, PP. 74-93.
22. Ghaiumi Mohammadi, H. R.; Zarrabi, A. and Momeni, A., 2005, The effects of adhoc development works on natural resources and agricultural lands of Isfahan, *Proceedings of International Conference on Human Impacts on Soil Quality Attributes Sep. 12-16, 2005*, Isfahan, I. R. Iran.
23. Ghayoumi Mohammadi, H. R. and Momeni, A., 2001, Investigation of Land Use Change in Agricultural Potential Land in Hydrologic Unit of Borkhar-Isfahan, *Conference on Land Reclamation*, Vol. 14, No. 1.
24. Gheraati jahromi, M.; Vali, A., Mousavi, S. H.; Panahi, F. and Khosravi, H. (2014). Monitoring of land use change in Kashan Plain using remote sensing data, *Zamin pouya International journal*, Vol. 4, N. 2, PP.129.
25. Hadjimitsis, D. G.; Papadavid, G.; Agapiou, A.; Themistocleous, K.; Hadjimitsis, M.G.; Retalis, A.; Michaelides, S.; Chrysoulakis, N.; Toullos, L. and Clayton, C.R.I., 2010, *Atmospheric correction for satellite remotely*, PP. 112-121.
26. Han, J.; Hayashi, Y.; Cao, X. and Imura, H., 2009, *Application of an integrated system dynamics and cellular automata model for urban growth assessment: A case study of Shanghai*, China Landscape and Urban Planning, www.elsevier.com, P. 133.
27. Inglada, J.; Vincent, A.; Arias, M.; Tardy, B.; Morin, D. and Rodes, I., 2017, Operational high resolution land cover map production at the country scale using satellite image time series, *Remote Sensing*, Vol. 9, No. 1, PP. 95.
28. Islam, Kamrul.; Jashimuddin, Mohammed.; Nath, Biswajit.; and Nath, Tapan. Kumar, 2018, Land use classification and change detection by using multi-temporal remotely sensed imagery: The case of Chunati wildlife sanctuary, Bangladesh, *The Egyptian Journal of Remote Sensing and Space Science*, Vol. 21, No. 1, PP. 37-47.
29. Habtamu, Teka., Madakadze, I.C., Joel Botai, Ondego., Hassen, Abubeker. 2018. Evaluation of land use land cover changes using remote sensing Landsat images and pastoralists perceptions on range cover changes in Borana rangelands, Southern Ethiopia. *International Journal of Biodiversity and Conservation*. Vol. 10(1), pp. 1-11.
30. Langford, M.; Maguire, D. J. and Unwin, D. J., 2008, The areal interpolation problem: estimating population using remote sensing in a GIS framework. In: L. Masser and M. Blakemore, eds. *Handing geographical information: methodology and potential applications*, New York: Longman Scientific & Technical/John Wiley & Sons, 55-77.
31. Latifi, H.; Oladi, J.; Saroei, S. and Jalilvand, H., 2007, Estimation of ETM + satellite data capability for mapping of forest cover classes, shrubland and pasture lands, A case study of the Neka area is rude, *Journal of Agricultural Sciences and Technology*, No. 4, PP. 439.
32. Lu, D. and Weng, Q., 2007, A survey of image classification methods and techniques for improving classification performance, *International Journal of Remote Sensing*, Vol. 28, No. 5, PP. 823.
33. Mather, P.M., 2005, *Computer processing of remotely-sensed images*, Third Edition, John Wiley and Sons, Ltd, 319p.

34. Pal, M. and Mather, P. M., 2005, Support vector machines for classification in remote sensing, *International Journal of Remote Sensing*, Vol. 26, No. 5, PP. 1007-1011.
35. Prakasam, C., 2010, Land use and land cover change detection through remote sensing approach: A case study of Kodaikanal taluk, Tamil nadu, *International Journal of Geomatics and Geosciences*, Vol. 1, No. 2.
36. Ramachandran, R. M.; Roy, P. S.; Chakravarthi, V.; Sanjay, J. and Joshi, P. K., 2018, Long-term land use and land cover changes (1920–2015) in Eastern Ghats, India: Pattern of dynamics and challenges in plant species conservation, *Ecological Indicators*, Vol. 85, PP. 21-36.
37. Rasouli, A.; Zarinbal, M. and Shafei, M., 2009, Application of Satellite Images to Identify Land Use Change and Environmental Impact Assessment, *Watershed Research*, No. 2, PP. 2-9.
38. Rawat, J. S. and Kumar, M., 2015, Monitoring land use/cover change using remote sensing and GIS techniques: A case study of Hawalbagh block, district Almora, Uttarakhand, India, *The Egyptian Journal of Remote Sensing and Space Science*, Vol. 18, No. 1, PP. 77-84
39. Rodríguez-Echeverry, J.; Echeverría, C.; Oyarzún, C. and Morales, L., 2018, Impact of land-use change on biodiversity and ecosystem services in the Chilean temperate forests, *Landscape Ecology*, Vol. 33, No. 3, PP. 439-453.
40. Teku, H.; Madakadze, C. I.; Botai, J. O.; Hassen, A.; Angassa, A. and Mesfin, Y., 2018, Evaluation of land use land cover changes using remote sensing Landsat images and pastoralists perceptions on range cover changes in Borana rangelands, Southern Ethiopia, *International Journal of Biodiversity and Conservation*, Vol. 10, No. 1, PP. 1-11.
41. Tso, B. and Mather, P.M., 2001, *Classification Methods for Remotely Sensed Data*, USA: Taylor & Francis.
42. Tso, B. and Mather, P.M., 2009, *Classification Methods for Remotely Sensed Data*, Chapter 2-3. 2 nd ed., America: Taylor and Francis Pub.
43. Wardlow, D. B.; Eghbert and, L. E. and Castens, J. H., 2007, Analysis of time-series MODIS 250m vegetation index data for crop classification in the U.S. Central Great plains, *Journal of Remote Sensing of Environment*, Vol. 108, PP. 290-310.