جغرافیا و روابط انسانی، بهار ۱٤۰۳، دوره٦، شماره٤، صص٤۰۲-۳۸۹

# مقایسه دقت انواع روش‌های طبقه‌بندی برای تهیه نقشه کاربری اراضی (مطالعه موردی: شهر رضوانشهر)

عقیل مددی*[۱]، طیبه بابایی اولم[۲]

۱- استاد گروه جغرافیای طبیعی، دانشکده علوم اجتماعی، دانشگاه محقق اردبیلی، اردبیل، ایران.

Email: aghil48madadi@yahoo.com

۲- دانشجوی دکتری گروه جغرافیای طبیعی، دانشکده علوم اجتماعی، دانشگاه محقق اردبیلی، اردبیل، ایران

تاریخ دریافت:۱٤۰۲/۰٥/۱٥ تاریخ پذیرش:۱٤۰۲/۰٥/۲۸

## چکیده

با توسعه روش‌های گوناگون در زمینه طبقه‌بندی تصاویر ماهواره‌ای و آشکارسازی تغییرات به‌ویژه در دهه‌های اخیر انتخاب بهترین و صحیح‌ترین روش برای تهیه نقشه کاربری و پوشش اراضی در مناطق مختلف رشد روزافزونی داشته است. هدف اصلی این پژوهش مقایسه دقت انواع روش‌های طبقه‌بندی برای تهیه نقشه کاربری اراضی در شهر رضوانشهر می‌باشد. بدین منظور هفت کلاس کاربری اراضی در شهر رضوانشهر (شامل مراتع، مناطق مسکونی، جاده، زمین‌های زراعی، رودخانه، مناطق ساحلی و جنگل) با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای تعیین شدند. سپس نمونه‌های آموزشی از سطح منطقه با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای، تصاویر گوگل ارث و بازدید میدانی جمع‌آوری شد. در مرحله بعد با استفاده از ویژگی‌های تصاویر کلاس‌های کاربری اراضی در محدوده مورد مطالعه تعیین و پس از مشخص نمودن میزان تفکیک‌پذیری کلاس‌ها طبقه‌بندی به‌صورت حداکثراحتمال (MLC)، ماشین‌بردار پشتیبان(SVM)، حداقل میانگین فاصله (MD) انجام شد. نتایج ارزیابی این سه روش نشان داد که روش ماشین‌بردار پشتیبان نسبت به روش‌های دیگر از دقت بیش‌تری (صحت کلی ۹۲/٦۰ ضریب کاپا ۰/۸۷ برای سال ۲۰۰۰ و صحت کلی ۹۷/۱٦ و ضریب کاپای ۰/۹۳ برای سال ۲۰۲۲) برخوردار است. بنابراین از نتایج این پژوهش می‌توان برای تهیه نقشه کاربری اراضی با دقت بالاتر با استفاده از روش ماشین‌بردار پشتیبان در کارهای ارزیابی محیط زیست و منابع طبیعی در مناطق با شرایط مشابه استفاده نمود.

کلیدواژه‌ها: ماشین بردار پشتیبان، ضریب کاپا، نظارت شده، طبقه‌بندی، رضوانشهر.

شاپا الکترونیکی:3851-645 doi 10.22034/GAHR.2023.410394.1921

مقدمه

کاربری و پوشش اراضی از جمله فرایندهایی طبیعی و انسانی است که تغییرات در آن خیلی سریع اتفاق می‌افتد. تهیه نقشه این تغییرات بخش عمده‌ای از اطلاعات مورد نیاز متخصصان و برنامه‌ریزان توسعه شهری و روستایی را فراهم می‌سازد. تهیه چنین اطلاعاتی در سطح وسیع و با دقت بالا از طریق انجام عملیات زمینی امری پرهزینه، زمان‌بر و در مواردی غیرممکن است. امروزه فن‌آوری سنجش از دور به عنوان یک راهکار ارزشمند در جهت پایش، تشخیص، و شناسایی منابع طبیعی و به ویژه در روند تهیه نقشه‌های کاربری اراضی در مناطق مختلف جهان به صورت علمی مورد استناد قرار می گیرد. مدیریت کاربری اراضی و تغییرات پوشش زمین، به عنوان ابزار اصلی و مهم برای کنترل تغییرات در مقیاس فضایی و زمانی مختلف می‌باشد. تغییرات کاربری اراضی و پوشش گیاهی فرایندی در حال گسترش می‌باشد که به وسیله اقدامات انسانی هدایت می‌شود و در بسیاری از موارد تغییراتی که انسان‌ها را تحت تاثیر قرار می‌دهد، هدایت می‌کند (Pappas et al., 2021). این تغییرات به طور عمده منجر به جنگل زدایی، از دست رفتن تنوع گونه‌های زیستی، رشد فضای شهری و مسدودسازی آبراهه‌ها و افزایش تعداد سیلاب‌های فاجعه‌بار می‌گردد. مشکلات زیست‌محیطی اغلب با تغییرات کاربری اراضی مرتبط است و تأثیرات تغییرات کاربری اراضی بر پایدار بودن اکوسیستم‌ها در تحقیقات و مطالعات تغییرات جهانی به طور فزاینده‌ای مورد توجه واقع شده است (Luo et al., 2019). به نظر می‌رسد که اقدامات و فعالیت‌های انسانی، به بزرگ‌ترین عامل تغییرات در وضعیت فعلی سطح زمین منجر شده است. تغییرات در پوشش سطح زمین سبب تغییر در تعادل انرژی، چرخه آب در سطح محلی، منطقه‌ای و جهانی می‌شود و موجب عدم پایداری دسترسی به منابع طبیعی و فعالیت‌های اقتصادی و اجتماعی می‌گردد (Hietal et al., 2020). بنابراین داده‌هایی که از بررسی تغییرات در کاربری اراضی تهیه می‌گردد می‌تواند اطلاعات مهم و حیاتی برای تصمیم‌گیری‌های بهتر در مورد مدیریت منابع زیست محیطی و منابع آب را فراهم کند (Islam, 2016). جمعیت در حال افزایش و رشد نیازهای اجتماعی و اقتصادی سبب افزایش فشار بر اراضی موجود و تغییرات کاربری آن‌ها می‌شود. این فشار منجر به ایجاد تغییرات غیر قابل کنترل و برنامه با توجه به اینکه تغییرات در کاربری اراضی و پوشش زمین، یک روند اکولوژیکی قابل توجه در سطح محلی و جهانی است ممکن است پیامدهای مهمی برای تغییرات آینده در محیط زیست و تبعات جبران‌ناپذیر داشته باشد (Zhang et al., 2020). از این رو، اطلاعات مربوط به تغییرات کاربری اراضی می‌تواند نقش حیاتی در مدیریت منابع طبیعی ایفا کند. مطالعات پیشین و مطالعاتی که در حال حاضر، توسط سازمان‌ها و مؤسسات تحقیقاتی در سراسر جهان انجام می‌شود عمدتاً در مورد موضوع تغییرات کاربری اراضی و منابع تامین داده‌های مورد نیاز برای این قبیل از مطالعات متمرکز شده است. تصاویر حاصل از سنجش از دور مهم‌ترین منابع برای پایگاه داده سامانه اطلاعات جغرافیایی یا GIS می‌باشد. GIS یک محیط قابل انطباق برای جمع‌آوری داده‌ها، ذخیره‌سازی نمایش و تجزیه و تحلیل داده‌های دیجیتالی مانند نقشه‌های تغییرات کاربری اراضی و پوشش گیاهی از ملزومات مهم برای تشخیص تغییرات کاربری

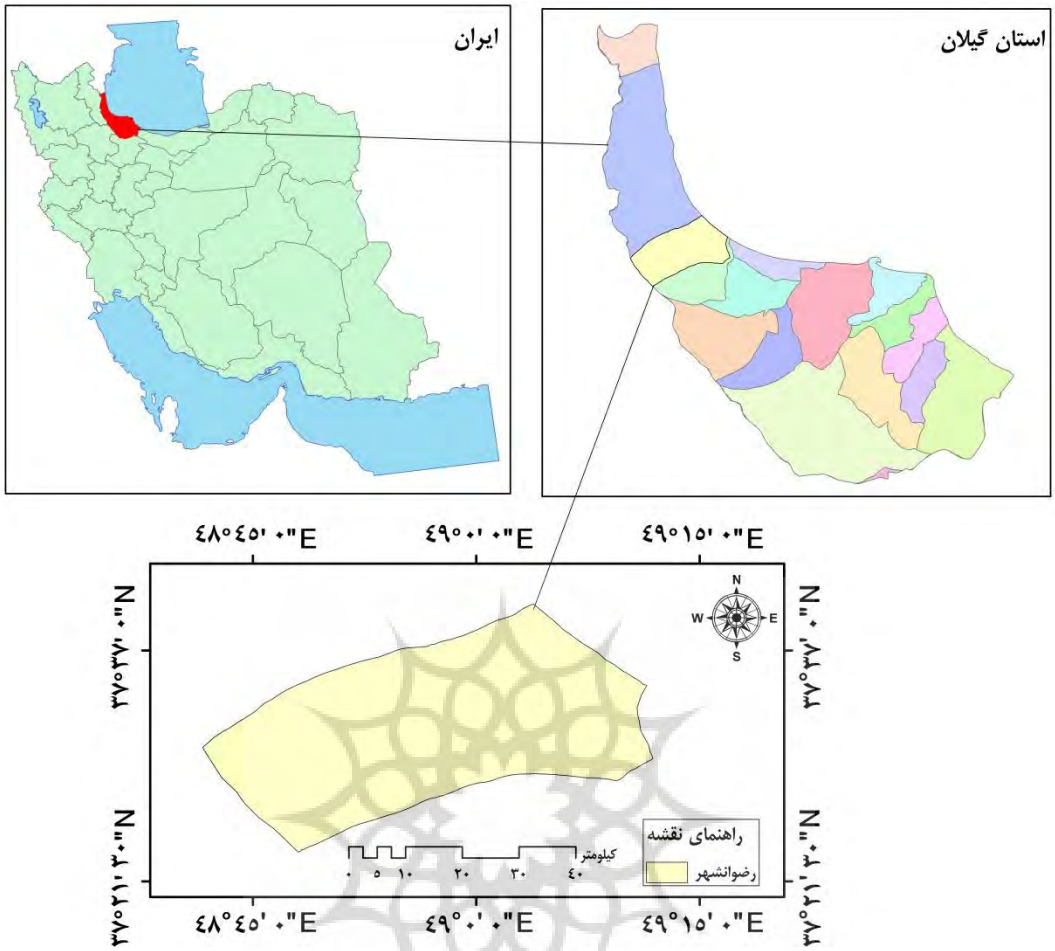
اراضی می‌باشد (ذاکری‌نژاد و همکاران، ۱٤۰۱). تاکنون مطالعات زیادی در خصوص انواع روش‌های طبقه‌بندی برای تهیه نقشه کاربری اراضی در داخل و خارج کشور صورت گرفته است برای مثال، جیانگ و همکاران (۲۰۱۱) در مقایسه دقت طبقه بندی پوشش زمین برای برآورد تغییرات پوشش جنگلی در یکی از استان‌های چین به مقایسه سه روش طبقه بندی درخت تصمیم، شبکه عصبی، و ماشین بردار پشتیبان با استفاده از تصاویر سنجنده OLI پرداختند. نتایج آن‌ها نشان داد که دقتماشین بردار پشتیبان نسبت به دو روش دیگر بالاتر است. گو و همکاران (۲۰۱۲) در مقایسه‌ای که بین دو طبقه‌بندی شبکه عصبی و ماشین‌بردارپشتیبان بر روی تصاویر +ETM در شهر وهان چین انجام دادند نتیجه گرفتند که هر دو نوع طبقه‌بندی دارای دقت بالای ۹۷ درصد هستند اما ماشین بردار پشتیبان دارای دقت بالاتری نسبت به شبکه عصبی است. Manandhar و همکاران (۲۰۱۵) در پژوهشی در منطقه نیو ساوت ولز در استرالیا نقشه کاربری اراضی را با استفاده از تصاویر ماهواره لندست بدست آوردندو دریافتند که الگوریتم حداکثراحتمال با ضریب کاپای ۰/۷۲ و صحت کلی ۰/۹۱ درصد از کارایی بالاتری برخوردار است. Al-Ahmad and Hames (۲۰۱۷) به مقایسه چهار روش طبقه‌بندی نظارت نشده و نظارت شده جهت تهیه نقشه کاربری اراضی در مناطق خشک عربستان سعودی پرداختند. نتایج آن‌ها نشان داد که روش حداکثر احتمال با ضریب کاپای ۰/٦۸ بیشترین صحت را داراست. Mackie (۲۰۲۰)، در پژوهشی به تحلیل ساختار روش شیءگرا پرداخته و نشان داد که در این روش داده‌ها با هم ترکیب شده و قطعاتی را ایجاد می‌کنند که این قطعات کمک بسیاری به حل مشکلات طبقه‌بندی و افزایش دقت تصویر نهایی می‌کند. Batar و همکاران (۲۰۲۲)، به ارزیابی تغییرات پوشش/کاربری اراضی و تقسیم جنگل در منطقه هیمالیان گاروال هند پرداختند. برای تجزیه و تحلیل تغییرات مشاهده شده در پوشش اراضی سال‌های ۱۹۷٦ تا ۲۰۱٤ در منطقه هیمالیان گاروال از تصاویر ماهواره‌ای لندست استفاده کردند. نتایج ایشان نشان داد که فعالیت‌های انسانی علل اصلی از دست دادن پوشش جنگل و تکه تکه شدن جنگل هستند، در حالی که عوامل طبیعی کمک به بهبود زمین‌های از دست رفته و غیرجنگلی می‌کنند. Igue و همکاران (۲۰۲۲) نقشه کاربری اراضی حوزه اویم و اونین را با استفاده از روش شیءگرا انجام دادند که با صحت کلی ۸۷ درصد به عنوان کارآمدترین روش بیان نمودند. در ایران نیز نجفی و مختاری (۱۳۹۳) به مقایسه دقت طبقه بندی ماشین بردار پشتیبان و حداکثر احتمال در استخراج کاربری جنگل از تصاویر ماهواره‌ای لندست ۸ پرداختند. نتایج آن‌ها نشان داد که روش ماشین بردار پشتیبان با ضریب کاپای ۰/۸۸ و دقت کلی ۹۱/٦۷ روشی دقیق برای استخراج اراضی در تصاویر ماهواره‌ای است که این دقت بالا می‌تواند ناشی از مرز تصمیم گیری بهینه آن باشد. غفاری و همکاران (۱۳۹۷)، به مقایسه عملکرد روش‌های پیکسل پایه و شیءگرا در طبقه‌بندی کاربری اراضی در دشت‌های اصفهان- برخوار، نجف‌آباد و چادگان پرداختند. . نتایج نشان داد که طبقه‌بندی شیءگرا با صحت کلی بالای ۹۰ درصد نسبت به طبقه‌بندی پیکسل پایه از دقت بالاتری برخوردار است. امیدی‌پور و همکاران (۱۳۹۷)، به تهیه نقشه کاربری اراضی با استفاده از طبقه‌بندی شیءگرا در شهر ملکشاهی استان ایلام پرداختند. نتایج نشان داد

که ۰/۱۱ درصد و کاربری جنگل کم تراکم با ۵۲/٦ درصد به ترتیب کمترین و بیشترین کاربری منطقه را تشکیل می‌دهند. ضریب کاپا و صحت کلی تصویر طبقه‌بندی شده به ترتیب برابر با ۹۳ و ۹٦ درصد است که دقیق بودن روش شیءگرا را به اثبات می‌رساند. مرادی و رضایی (۱۳۹۹) جهت مقایسه الگوریتم‌های طبقه‌بندی نوع کاربری در تهیه نقشه کاربری اراضی در حوزه آبخیز زنوزچای استان آذربایجان شرقی پرداختند. نتایج آن‌ها نشان داد که الگوریتم حداکثر احتمال با صحت کلی ۷۳/۸٤ و ضریب کاپای ۰/٦۵ درصد از کارایی بالاتری نسبت به دیگر روش‌ها در طبقه‌بندی اراضی برخوردار است. خطیبی و امیریان (۱٤۰۱) به طبقه بندی کاربری اراضی با استفاده از داده‌های لندست ۸ و الگوریتم MLC و SVM در شهرستان کرمانشاه پرداختند. نتایج آن‌ها نشان داد که روش ماشین بردار پشتیبان با ضریب کاپا ۰/۸۹ و دقت کلی ۰/۹۰ نسبت به روش حداکثر احتمال از دقت و قابلیت بالاتری در تهیه نقشه کاربری اراضی منطقه مورد مطالعه دارد. زاکری‌نژاد و همکاران (۱٤۰۱) جهت مقایسهٔ دقت انواع روش‌های طبقه‌بندیه‌ای نظارت شده برای تهیهٔ نقشهٔ کاربری اراضی در حوزه علامرودشت پرداختند. نتایج آن‌ها نشان داد که روش حداکثر احتمال با صحت کلی ۸۸/۳۲ و ضریب کاپای ۰/۸۷ دقیق‌ترین روش برای تهیه نقشه کاربری اراضی بود. عابدینی و همکاران (۱٤۰۲) به تهیه و ارزیابی نقشه کاربری اراضی حوضه آبخیز نیرچای با استفاده از الگوریتم شیءگرا پرداختند. نتایج آن‌ها نشان داد که طبقه‌بندی شیءگرا با صحت کلی ۹۹ و ضریب کاپای ۰/۸۸ درصد نشان‌دهنده صحت بالای روش شیءگرا در طبقه‌بندی است. همچنین نقشه کاربری اراضی نشان داد که کاربری مناطق آبی و مراتع ضعیف به‌ترتیب کم‌ترین (۷۰ هکتار) و بیش‌ترین (۸۰٦۹ هکتار) مساحت را به خود اختصاص داده‌اند. بنابراین هدف از این پژوهش مقایسه دقت انواع روش‌های طبقه‌بندی برای تهیه نقشه کاربری اراضی شهر رضوانشهر می‌باشد.

## روش تحقیق

### موقعیت منطقه مورد مطالعه

شهرستان رضوانشهر یکی از شهرستان‌های استان گیلان با مساحتی بالغ بر ۷۵۰ کیلومتر مربع و دارای ۱۲۷۱۲ هکتار زمین زیرکشت در مجموع دو فصل زراعی بهار و پاییز می‌باشد که در حد فاصل ٤۸ درجه و ٤۰ دقیقه تا ٤۹ درجه و ۱۳ دقیقه طول شرقی و ۳۷ درجه و ۲۵ دقیقه تا ۳۷ درجه و ٤۰ دقیقه عرض شمالی واقع شده است و از شمال به شهرستان تالش، از جنوب به شهرستان های ماسال و صومعه سرا، از شرق به شهرستان بندر انزلی و دریای خزر و از غرب به استان اردبیل محدود می‌شود. این شهرستان شامل سه بخش ساحلی، جلگه‌ای و کوهستانی می‌باشد و جز مناطق آب و هوایی معتدل و مرطوب قرار دارد. در شکل (۱) موقعیت جغرافیایی شهرستان رضوانشهر در سطح کشور و استان گیلان ارائه شده است.




شکل ۱: موقعیت جغرافیایی شهر رضوانشهر در سطح کشور و استان گیلان

**مواد و روش‌ها**

در این پژوهش از تصاویر سنجنده TM و OLI ماهواره لندست با گذر ١٦٦ و ردیف ٣٤ جهت طبقه‌بندی و تهیه نقشه کاربری اراضی استفاده شد بدین منظور ابتدا تصاویر ماهواره‌ای سال‌های ۲۰۲۲ و ۲۰۰۰ به فرمت GeoTiff از سایت سازمان زمین‌شناسی ایالات متحده (USGS[1]) تهیه گردید سپس تصحیحات اتمسفری روی این تصاویر اعمال شد. این تصحیحات با استفاده از ابزار Calibration Radiometric نرم‌افزار ENVI انجام می‌گیرد. نکته‌ای که حائز اهمیت است این است که تصحیحات رادیومتریک بر اساس بازتابش تعریف و اعمال می‌شود. برای کلاس‌بندی تصاویر از روش‌های طبقه‌بندی بیش‌ترین تشابه (MLC)، ماشین بردار پشتیبان (SVM)، حداقل فاصله از میانگین (MD[2]) که از روش‌های نظارت شده می‌باشند استفاده شده و دقت و عملکرد روش‌های طبقه‌بندی

[1]- United States Geological Survey
[2]- Minimum distance

مقایسه شده است.

تصحیحات اتمسفری تصاویر ماهواره‌ای: از آنجا که داده‌های ماهواره لندست ۸ به‌صورت تصحیح‌شده عرضه می‌شود. بااین‌حال برای کنترل تصاویر در این مرحله از میان تصحیحات رادیومتری متداول تصاویر ماهواره‌ای، تصحیحات اتمسفری انتخاب گردید (عبدالعلی‌زاده، ۱۳۸۹). از این‌رو تصحیحات اتمسفری با روش فلش بر روی تصویر سنجنده OLI برای سال ۲۰۲۲ و سنجنده TM انجام شد. لذا برای انجام این مدل نیاز به فاکتورهایی شامل، تاریخ اخذ تصویر GMT، ارتفاع از سطح دریا، نوع سنجنده و تصویر موردنیاز است که با استفاده از متادیتای تصویر این فاکتورها حاصل شد.

تصاویر آنلاین Google Earth در تهیه نقشه کاربری اراضی: با مرور تصاویر موجود در نرم‌افزار Google Earth و هم‌چنین استفاده به‌هنگام از سایت این نرم‌افزار، در نهایت مناسب‌ترین تصویر نزدیک به سال مطالعه انتخاب گردید.

پردازش

ایجاد نمونه‌های تعلیمی: برای ایجاد فایل برداری (وکتوری) نمونه‌های تعلیمی سال‌های ۲۰۲۲ و ۲۰۰۰ از ترکیب رنگی هفت باند و هم‌چنین تصاویر آنلاین با قدرت تفکیک بالای Google Earth استفاده شد. هم‌چنین سعی شد تعداد پیکسل‌های تعلیمی هر طبقه به حد کافی باشند تا نمونه‌های تعلیمی معرف هر طبقه، دامنه طیفی مربوط به آن طبقه را شامل گردد. نمونه‌های تعلیمی مربوط به هر طبقه، در داخل مناطق همگن و در اندازه‌های کوچک انتخاب شدند تا اثر پیکسل‌های مرکب و پیکسل‌هایی که به بیش از یک طبقه پوشش تعلق دارند حذف شود (موسوی و همکاران، ۱۳۸۵; عبدالعلی‌زاده، ۱۳۸۹).

در پژوهش حاضر هفت طبقه کاربری اراضی به‌کاررفته است. تعریف کلاس‌ها بر اساس هدف، کاربری‌های موجود و تفکیک مکانی تصویر صورت می‌گیرد.

تهیه نقشه کاربری اراضی: روش‌های مختلفی برای تهیه نقشه پوشش و کاربری اراضی وجود دارد که هرکدام دارای مزایا و محدودیت‌هایی هستند. انتخاب روش به هدف مطالعه و داده‌های در دسترس بستگی دارد. با توجه به این‌که استخراج اطلاعات پوشش و کاربری زمین از داده‌های سنجش‌ازدور رو به فزونی می‌باشد به همین دلیل تحقیقات زیادی در مورد روش‌هایی برای افزایش صحت طبقه‌بندی صورت گرفته است که ازجمله آن می‌توان به ماشین‌بردار پشتیبان (SVM[۳])، شبکه عصبی مصنوعی (ANN[٤])، حداقل میانگین فاصله (MD[٥]) نام برد (Foody et al., 2004). هرچند روش‌های سنتی مانند روش حداکثر احتمال (MLC[٦])، در صورت نرمال بودن نقاط آموزشی

1- Suport Vectore Machine (SVM)

4- Artificial Neural Networks (ANN)

5- Minimum Distance

6- Maximum Liklihood (MLC)

دقت قابل قبولی را می‌دهد (علوی پناه، ۱۳۸۹). عموماً روش‌های طبقه‌بندی به دو روش پارامتریک و ناپارامتریک تقسیم می‌شود که از روش‌های پارامتریک روش MLC که از واریانس و کوواریانس داده‌ها استفاده می‌کند و از روش‌های ناپارامتریک، روش‌های ANN و SVM می‌توان نام برد که این روش‌ها از ویژگی‌های آماری داده‌ها استفاده نمی‌کنند و اخیراً جزو تکنیک‌های طبقه‌بندی قرارگرفته‌اند (رضایی مقدم و همکاران، ۱۳۹۵).

طبقه‌بندی به روش حداقل میانگین فاصله (MD): در این تکنیک ابتدا میانگین همه طبقه‌ها که قبلاً با استفاده از روش تعیین سپس نواحی تعلیمی از همدیگر تفکیک گردیده‌اند، تعیین و فاصله اقلیدسی بازتاب هر پیکسل را از میانگین تمام طبقه‌ها نشان داده شده محاسبه می‌کنند. به‌عبارتی دیگر 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 کاراست ولی مبنای نظری آن به اندازه طبقه‌بندی‌کننده حداکثر مشابهت قوی نیست (ربیعی، ۱۳۷۲؛ Tso and Mather, 2009).

طبقه‌بندی به‌روش بیش‌ترین شباهت (MLC): یکی از معروف‌ترین روش‌های طبقه‌بندی بر پایه پیکسل می‌باشد. در این روش کلاسی به پیکسل موردنظر انتساب داده می‌شود که بیش‌ترین احتمال تعلق پیکسل به آن کلاس وجود دارد. ماتریس واریانس کوواریانس داده‌ها که علاوه بر بردار میانگین در این روش مورداستفاده قرار می‌گیرد باعث می‌شود تا خصوصیات بیش‌تری از داده‌ها مورد بهره‌برداری قرار گیرد و همین دقت طبقه‌بندی را بالا می‌برد. این روش بر اساس مدل‌سازی آماری داده‌ها عمل می‌کند. در این روش کلاس هر نمونه بر اساس میزان شباهت مدل آن نمونه به مدل واقعی داده‌های آن کلاس تعیین می‌شود (فاضلی فارسانی و همکاران، ۱۳۹٤).

طبقه‌بندی به‌روش ماشین‌بردار پشتیبان (SVM): تئوری SVM توسط واپتیک و همکاران در سال ۱۹۷۱ پیشنهاد شد و در سال ۲۰۰۰ جزئیات آن موردبررسی قرار گرفت سپس در سال ۲۰۰٤ برای استفاده در سنجش‌ازدور مورداستفاده قرار گرفت (رضایی مقدم و همکاران، ۱۳۹۵). SVM ریشه در تئوری یادگیری آماری دارد و به شناختن متن و اعداد موجود و طبقه‌بندی تصاویر ماهواره‌ای دیدگاه ماشینی دارد هم‌چنین این روش طبقه‌بندی را با ایجاد یک سطح جداکننده چندبعدی به‌صورت بهینه از هم جدا می‌کند (رضایی مقدم و همکاران، ۱۳۹۵).

درنهایت نقشه طبقه‌بندی‌شده کاربری اراضی شهرستان رضوانشهر با استفاده از طبقه‌بندی نظارت‌شده به روش‌های ماشین‌بردار پشتیبان، حداکثر احتمال، حداقل میانگین فاصله نقشه طبقه‌بندی‌شده کاربری اراضی منطقه مربوطه تهیه شد.

پس‌پردازش

ارزیابی صحت نقشه‌های کاربری اراضی: به‌منظور بیان دقت یک نقشه طبقه‌بندی‌شده به‌صورت کمی می‌توان آن را به‌صورت پیکسل به پیکسل با واقعیت زمینی مقایسه و نتایج را در جدولی به نام جدول خطا درج نمود. بر پایه این

جدول می‌توان معیارهای کمی نظیر دقت کاربر، صحت تولیدکننده، صحت کلی و ضریب کاپا را برای بیان دقت محاسبه نمود. صحت کلی از نسبت مجموع پیکسل‌هایی که درست طبقه‌بندی‌شده‌اند (در محور اصلی ماتریس طبقه‌بندی قرار دارند) به‌کل پیکسل‌های طبقه‌بندی‌شده به دست آمد. همان‌طور که از اسم آن مشخص است صحت کلی فقط درصد صحت در کل طبقات را می‌دهد و نمی‌تواند درصد صحت هرکدام از طبقات را به‌طور مجزا محاسبه کند. صحت کلی با رابطه (۱)، قابل‌بیان می‌باشد.

در این رابطه OA صحت کلی، $\sum_{K}^{N} = 1 N_{k k}$

رابطه ۱

$$OA = \frac{\sum_{K}^{N} = 1 N_{k k}}{n} \times 100$$

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی

مجموع پیکسل‌های درست طبقه‌بندی‌شده و n کل پیکسل‌های طبقه‌بندی‌شده می‌باشد.

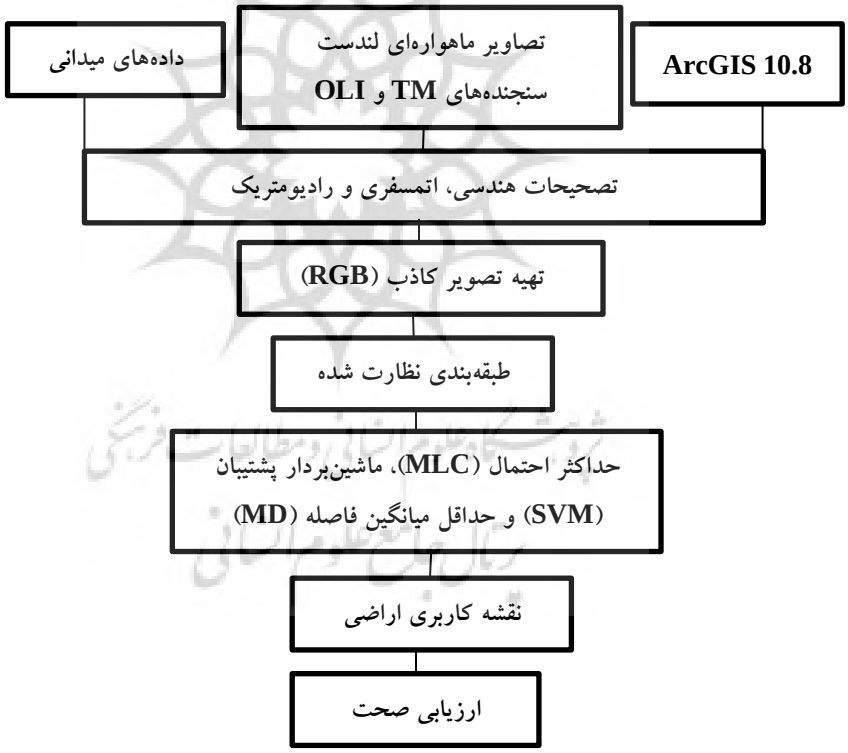
با توجه به این‌که برای نهایی نمودن نقشه کاربری اراضی، باید همه شاخص‌های دقت طبقه‌بندی با یک و یا چند شاخص آماری معتبر برازش داده شود. شاخص کاپا از جمله روش‌های آماری می‌باشد که با رابطه (۲) قابل بیان است (کنگلتون، ۱۹۹۹).

رابطه ۲

$$K = \frac{N\sum_{i=1}^{r} Xii - \sum_{i=1}^{r}(Xio \times Xoi)}{N^2 - \sum_{i=1}^{r}(Xio \times Xoi)}$$

در این رابطه K شاخص کاپا، r تعداد ردیف ماتریس طبقه‌بندی، Xii تعداد مشاهدات در ردیف و ستون (محور اصلی ماتریس)، Xio مجموع مشاهدات در ردیف (مجموع ردیف برای هر کاربری)، Xoi مجموع مشاهدات در ستون (مجموع ستون برای هر کاربری) و N مجموع کل مشاهدات ماتریس طبقه‌بندی می‌باشد.

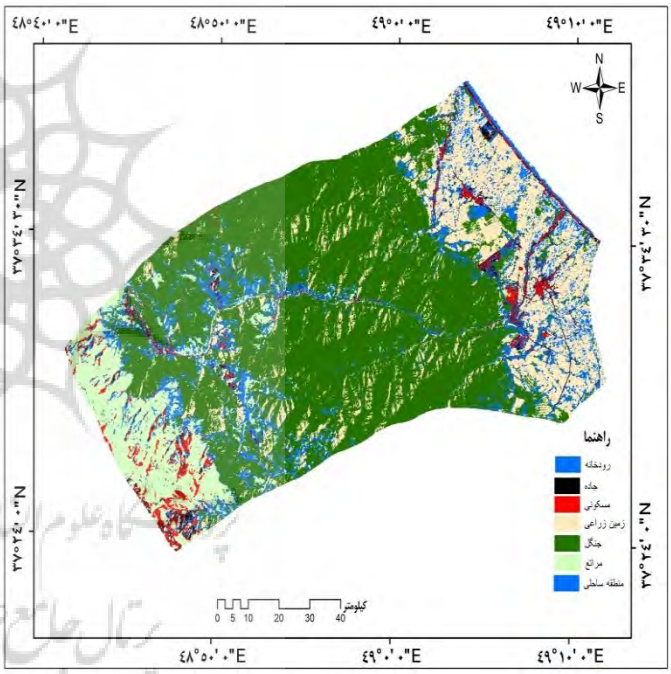
در محاسبه ضریب کاپا علاوه بر پیکسل‌هایی که درست طبقه‌بندی‌شده‌اند پیکسل‌هایی که نادرست طبقه‌بندی‌شده‌اند نیز دخالت داده می‌شوند، ازاین‌رو معیار مناسبی برای مقایسه نتایج ، طبقه‌بندی‌های مختلف می‌باشد (رضایی مقدم و همکاران، ۱۳۹۵). نمودار جریانی مراحل انجام پژوهش در شکل (۲) ارائه شده است.



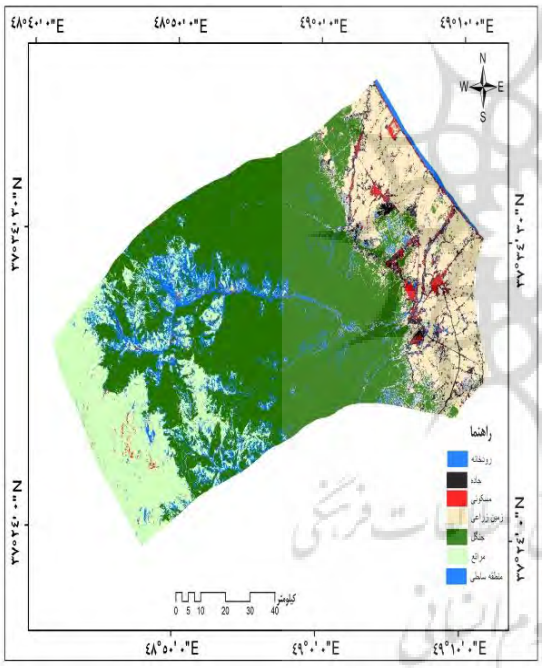

**شکل ۲: نمودار جریانی مراحل انجام پژوهش، منبع: نویسندگان، ۱۴۰۲**

## یافته‌ها

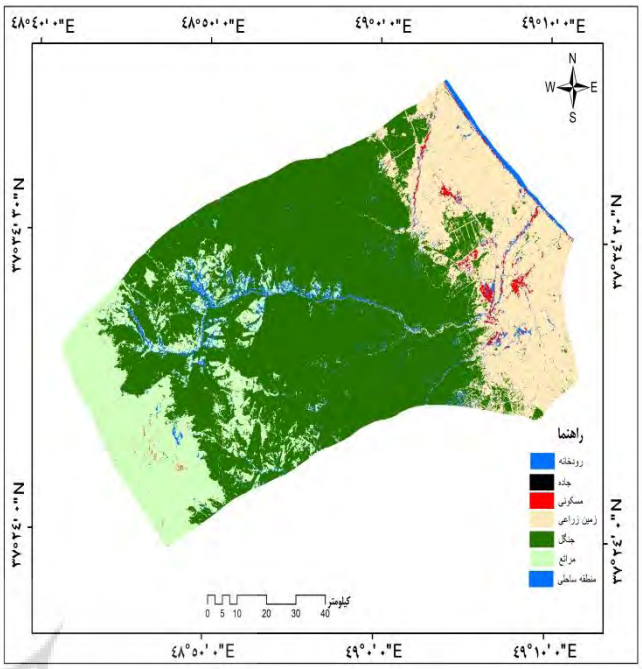
در پژوهش حاضر نقشه کاربری اراضی شهرستان رضوانشهر با استفاده از سه روش طبقه‌بندی نظارت شده شامل روش‌های ماشین‌بردار پشتیبان، حداکثر احتمال و حداقل میانگین فاصله برای سال‌های ۲۰۰۰ و ۲۰۲۲ انجام شد سپس برای تعیین صحت طبقه‌بندی از معیارهای صحت کلی، کاپا، صحت کاربر و صحت تولیدکننده استفاده شد که در جدول (۲) صحت کلی و ضریب کاپای الگوریتم‌های استفاده شده ارائه شده است. در نهایت روش ماشین‌بردار پشتیبان نسبت به سایر روش‌های مورد استفاده به عنوان بهترین الگوریتم طبقه‌بندی انتخاب شد همچنین با توجه به نتایج جدول (۳) بیش‌ترین و کم‌ترین تغییرات به‌ترتیب مربوط به کاربری‌های مسکونی با ۱۹ درصد و مراتع با ۱۷ درصد روند کاهشی و افزایشی داشته‌اند. در شکل (۳) نقشه کاربری اراضی شهر رضوانشهر با استفاده الگوریتم‌های طبقه‌بندی برای سال‌های ۲۰۰۰ و ۲۰۲۲ ارائه شده است.



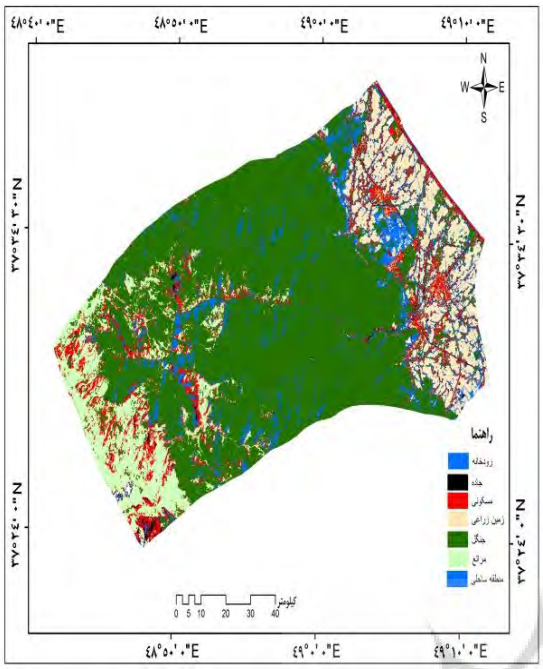

**طبقه‌بندی به روش حداقل میانگین فاصله برای سال ۲۰۰۰، منبع: نویسندگان، ۱۴۰۲**



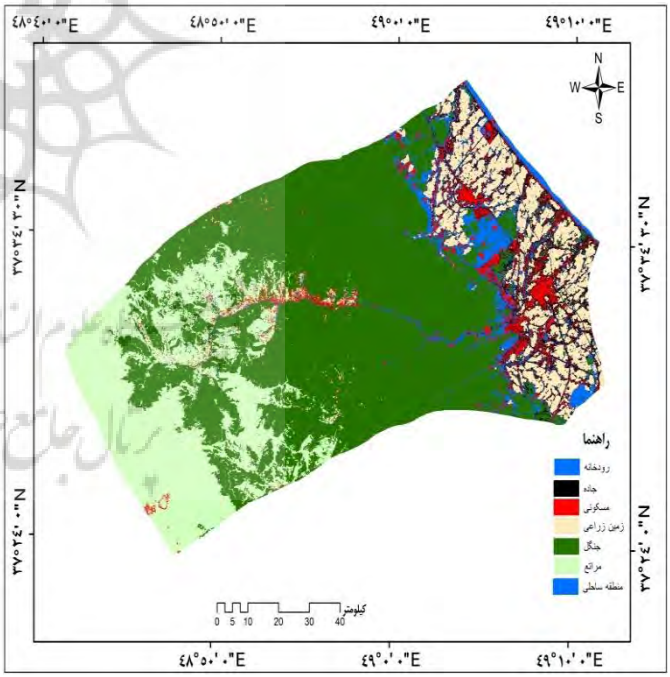

**طبقه‌بندی به روش حداکثر احتمال برای سال ۲۰۰۰، منبع: نویسندگان، ۱۴۰۲**



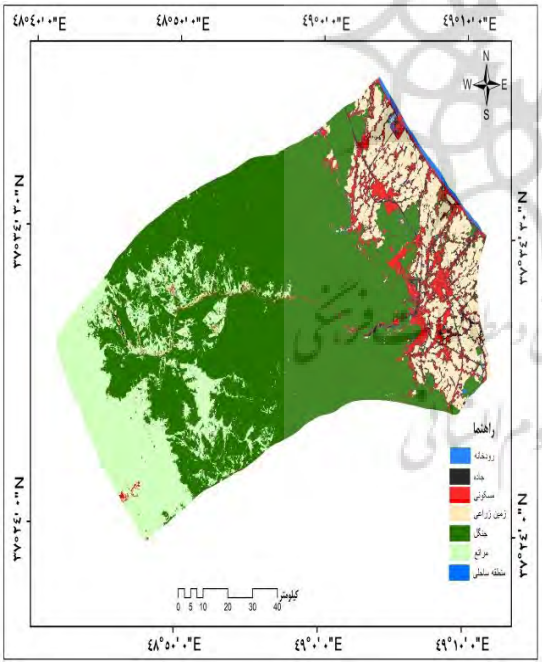

طبقه‌بندی به روش ماشین بردار پشتیبان برای سال ۲۰۰۰، منبع: نویسندگان، ۱۴۰۲




**طبقه‌بندی به روش حداقل میانگین فاصله برای سال ۲۰۲۲، منبع: نویسندگان، ۱۴۰۲**




**طبقه‌بندی به روش حداکثر احتمال برای سال ۲۰۲۲، منبع: نویسندگان، ۱۴۰۲**




**طبقه‌بندی به روش ماشین بردار پشتیبان برای سال ۲۰۲۲، منبع: نویسندگان، ۱۴۰۲**

**شکل : نقشه کاربری اراضی شهر رضوانشهر با استفاده الگوریتم‌های حداکثر احتمال (MLC)، ماشین‌بردار پشتیبان (SVM)، حداقل میانگین فاصله (MD)، منبع: نویسندگان، ۱٤۰۲**

**مقادیر ضریب کاپا و صحت کلی برای تصاویر سال‌های ۲۰۲۲ و ۲۰۰۰، منبع: نویسندگان، ۱٤۰۲**

| انواع الگوریتم‌های طبقه‌بندی | ضریب کاپا (درصد) سال ۲۰۰۰ | صحت کلی (درصد) سال ۲۰۰۰ | ضریب کاپا (درصد) سال ۲۰۲۲ | صحت کلی (درصد) سال ۲۰۲۲ |
|---|---|---|---|---|
| حداکثراحتمال (MLC) | ۹۰/۹۹ | ۰/۸٤ | ۹۳/۹۱ | ۰/۸۷ |
| ماشین بردار پشتیبان (SVM) | ۹۲/٦۰ | ۰/۸۷ | ۹۷/۱٦ | ۰/۹۳ |
| حداقل فاصله از میانگین (MD) | ۸۰/۹۸ | ۰/٦۹ | ۸۸/۲٥ | ۰/۷٦ |

**جدول ۳: مقایسه مساحت و درصد تغییرات کاربری‌ها طی دوره زمانی ۲۲ ساله شهر رضوانشهر، منبع: نویسندگان، ۱٤۰۲**

| نوع کاربری | سال ۲۰۰۰ مساحت (کیلومترمربع) | درصد | سال ۲۰۲۲ مساحت (کیلومترمربع) | درصد | نوع تغییرات |
|---|---|---|---|---|---|
| زمین زراعی | ۱٥٦/٤٦ | ۲۰/۹۲ | ۷۹ | ۱۱/٦۱ | کاهشی |
| منطقه ساحلی | ٤/۱۷ | ۰/٥٥ | ٤/۲۹ | ۰/٦۳ | افزایشی |
| جاده | ۰/۰۰٦ | ۰/۰۰۰۸ | ۲٦/٤۲ | ۳/۸۸ | افزایشی |
| رودخانه | ۲۰/٦۲ | ۲/۷٥ | ٤/۰۸ | ۰/٥۹ | کاهشی |
| مراتع | ۱۳۳/۸۲ | ۱۷/۸۹ | ٦/٦۳ | ۰/۹۷ | کاهشی |
| مناطق مسکونی | ٦/٦۳ | ۰/۸۸ | ۱۳۳/۸۲ | ۱۹/٦٦ | افزایشی |
| جنگل | ٤۲٦/۱۲ | ٥٦/۹۸ | ٤۲٦/۱۲ | ٦۲/٦۳ | افزایشی |
| جمع | ۷٤۷/۸۲٦ | ۱۰۰ | ٦۸۰/۳٦ | ۱۰۰ | |

## نتیجه‌گیری

پژوهش حاضر به منظور مقایسه عملکرد الگوریتم‌های حداکثر احتمال، ماشین بردار پشتیبان و حداقل میانگین فاصله در استخراج نقشه کاربری اراضی شهر رضوانشهر می‌باشد که با استفاده از تصویر سنجنده OLI و TM لندست استفاده و در نهایت انتخاب مناسب‌ترین الگوریتم طبقه‌بندی برای شهر رضوانشهر در استان گیلان انجام شد. به منظور ارزیابی عملکرد سه الگوریتم مورد بررسی از شاخص‌های صحت کلی و ضریب کاپا استفاده شد. نتایج نشان داد الگوریتم ماشین بردار پشتیبان با توجه به نمونه‌های آموزشی مورد استفاده در این پژوهش در تمام شاخص‌های ارزیابی عملکرد نسبت به دو الگوریتم دیگر بهتر بوده است. مقادیر صحت کلی و ضریب کاپا برای این الگوریتم برای سال‌های ۲۰۰۰ و ۲۰۲۲ به ترتیب برابر با ۰/۸۷، ۹۲/٦۰ و ۰/۹۳، ۹۷/۱٦ درصد به دست آمد. از

طرفی الگوریتم حداکثر احتمال نیز از صحت کلی و ضریب کاپای بهتری نسبت به الگوریتم حداقل میانگین فاصله برخوردار بود. از طرفی با توجه به نتایج جدول (۳) بیش‌ترین و کم‌ترین تغییرات سال ۲۰۰۰ نسبت به سال ۲۰۲۲ به‌ترتیب مربوط به کاربری‌های مسکونی با ۱۹ درصد و مراتع با ۱۷ درصد روند کاهشی و افزایشی داشته‌اند. در نهایت با توجه به نتایج استفاده از نقشه کاربری اراضی حاصل از الگوریتم ماشین بردار پشتیبان برای مدل‌سازی، مدیریت و پایش سیستم‌های محیطی در شهر رضوانشهر پیشنهاد می‌شود.

## منابع


خطیبی، م.، امیریان، ی. ۱٤۰۱. طبقه‌بندی کاربری اراضی و محاسبه تغییرات سال‌های ۱۳۹۲ تا ۱٤۰۰ با استفاده از داده‌های ماهواره لندست ۸ مطالعه موردی: شهرستان کرمانشاه، کاربرد سنجش از دور و GIS در علوم محیطی، ۳(۱): ٤۸-۲۵.

ذاکری‌نژاد، ر.، وثوقی، ش.، انتظاری، م. ۱٤۰۱. مقایسهٔ دقت انواع روش‌های طبقه‌بندی‌های نظارت شده برای تهیهٔ نقشهٔ کاربری اراضی (مطالعه موردی: حوضه آبخیز علامرودشت)، پژوهش‌های فرسایش محیطی، ۲(٤٦): ۱۵۳- ۱۳۸.

ربیعی، ح. ۱۳۷۲. سنجش از دور: اصول و کاربرد، انتشارات سمت، تهران.

رضایی مقدم، م. ح.، ولی زاده، خ.، اندریانی، ص.، الماس پور، ف.، ۱۳۹۵. تعیین بهترین الگوریتم استخراج کاربری و پوشش اراضی و کشف تغییرات از تصاویر ماهواره‌ای لندست، حوضه صوفه چای، مراغه، سال ۱٦، شماره ۵۵، ص ۸۵-٦۵.

عابدینی، م.، پاسبان، ا.ح.، نظافت، ب. ۱٤۰۲. ارزیابی و تهیه نقشه کاربری اراضی حوضه آبخیز نیرچای با استفاده از روش شیءگرا، جغرافیا و روابط انسانی، ۵(٤): ۳۱۸-۳۲۸.

عبدالعلی‌زاده، ز.، ۱۳۸۹. بررسی تغییرات پوشش سطح زمین طی سه دهه گذشته (سال‌های ۱۳۸۲-۱۳۵٤) و پیش‌بینی وضعیت آینده با استفاده از GIS و RS در منطقه سبزکوه، پایان‌نامه کارشناسی ارشد، رشته مرتع‌داری، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه شهرکرد، ۸۵ ص.

غفاری، ص.، مرادی، ح.ر.، مدر، ر. ۱۳۹٤. مقایسه روش‌های طبقه‌بندی پیکسل‌پایه و شیءگرا در تهیه نقشه کاربری اراضی مطالعه موردی: دشت‌های اصفهان- برخوار، نجف‌آباد و چادگان، سنجش از دور و سامانه اطلاعات جغرافیایی در منابع طبیعی، ۹(۱) ٤۰-۵۷.

فاضلی فارسانی، آ.، قضاوی، ر.، فرزانه، م. ر.، ۱۳۹٤. بررسی عملکرد الگوریتم‌های کاربری اراضی با استفاده از تکنیک‌های ادغام تصاویر، زیرحوضه بهشت‌آباد، سال ٦، شماره ۱.

مرادی، ح.ر.، رضایی، و. ۱۳۹۹. مقایسه الگوریتم‌های طبقه‌بندی نوع کاربری در تهیه نقشه کاربری اراضی در حوزه آبخیز زنوز چای استان آذربایجان شرقی، تخریب و احیاء اراضی طبیعی، ۱(۲): ۸۰-۸۸.

موسوی، س.ع.، فرح پور، م.، شکری، م.، سلیمانی، ک.، گودرزی، م.، ۱۳۸۵. بررسی روند تغییرات، انبوهی پوشش گیاهی در قسمتی از حوضه سد لار در یک دوره ۲۵ ساله با استفاده تلفیقی از GIS و RS، تحقیقات مرتع و بیابان ایران، دوره ۱۳، شماره ۳، ص ۲۰۰-۱۸٦.

نجفی، ا.، مختاری، م.ح. ۱۳۹۳. مقایسه دقت طبقه بندی ماشین بردار پشتیبان و حداکثر احتمال در استخراج کاربری جنگل از تصاویر ماهواره ای لندست TM، بیست و یکمین همایش ملی ژئوماتیک.

Al-Ahmadi, F.S., & A.S. Hames, 2017. Comparison of Four Classification Methods to Extract Land Use and Land Cover from Raw Satellite Images for Some Remote Arid Areas, Kingdom of Saudi Arabia. Journal of King Abdulaziz University-Earth Sciences, 20, 167-191.

Batar, A.K., Watanabe, T., and Kumar, A. (۲۰۲۲), Assessment of land-use/land-cover change and forest fragmentation in the Garhwal Himalayan Region of India. Environments, 4(34):1-16.

Congalton, R. G., Green, K., 1999. Assessing the accuracy of remotely sensed data principles and practices, Boca Raton: Lewis Publications.

Hietel, E., R. Waldhardt and A. Otte. 2020. Analyzing land-cover changes in relation to environmental variables in Hesse Germany. Landscape Ecology, 19: 473–489.

Igué A.M., Houndagba C. J., Gaiser T. and K. Stahr. (۲۰۲۲) Accuracy of the Land Use/Cover classification in the Oueme Basin of Benin (West Africa), International Journal of AgriScience, 2(2): 174-184.

Luo, G., Ch. Yin, X. Chen, W. Xu and L. Lu. 2019. Combining system dynamic model and CLUE-s model to improve land use scenario analyses at regional scale, a case study of Sangong Watershed in Xinjiang, China. Ecological Complexity, 7: 198–207.

Mackie, R.I. (۲۰۲۰), Dynamic analysis of structures on multicore computers-achieving efficiency through object oriented design. Advances in Engineering Software, 66: 3-9.

Manandhar, R. , I.O.A. Odeh and T. Ancev .2015. Improving the Accuracy of Land use and Land cover Classification of landsat Data Using Post -Classification Enhancement, Remote sensing, 330 - 344.

Pappas, E.A., D.R. Smith, C. Huang, W.C. Shuster and J.V. Bonta. 2021. Impervious surface impacts to runoff and sediment discharge under laboratory rainfall simulation. Catena, 72(1): 146-152.

Tso. B. and P.M. Mather. 2009. Classification Methods for Remotely Sensed Data. Chapter 2-3. 2nd ed., Taylor and Francis Pub., America.

Zhang, Y., Zhang, X., Bi, Z., Yu, Y., Shi, P., Ren, L., & Shan, Z. 2020. The impact of land-use changes and erosion process on heavy metal distribution in the hilly area of the Loess Plateau, China, Science of The Total Environment, 718: 137305.