

# ارزیابی تطبیقی تکنیک‌های پردازش پیکسل پایه و شیء‌گرا

## در طبقه‌بندی تصاویر ماهواره‌ای Aster

### برای استخراج نقشه‌های اراضی کشاورزی و باغی در حاشیه شرقی دریاچه ارومیه

بختیار فیضی‌زاده<sup>۱</sup>

تاریخ پذیرش مقاله: ۹۶/۱۱/۲۱

تاریخ دریافت مقاله: ۹۶/۰۲/۲۹

\*\*\*\*\*

#### چکیده

تحقیق حاضر نمونه‌ای از کاربرد تکنولوژی سنجش از دور در مدیریت منابع کشاورزی است. در این تحقیق با پردازش رقومی تصاویر ماهواره‌ای Aster خرداد ماه سال ۲۰۱۶ نقشه‌های کاربری اراضی حاشیه شرقی دریاچه ارومیه استخراج شده است. در این ارتباط در مرحله پیش‌پردازش، تصحیحات هندسی شامل زمین مرجع کردن، تصحیحات ارتفاعی و تصحیحات اتمسفری بر روی تصاویر اعمال شد. در مرحله پردازش، پس از اعمال توابع آشکارسازی، متناسب با اهداف پژوهش طبقه‌بندی براساس الگوریتم‌های شیء‌گرا و پیکسل پایه بر روی تصاویر انجام شد. برای این منظور از الگوریتم‌های حداکثر احتمال، متوازی السطوح و حداقل فاصله از میانگین تصاویر طبقه‌بندی استفاده شد. سپس، پردازش شیء‌گرای تصاویر ماهواره‌ای بر روی تصاویر اعمال گردید. در این راستا، در ابتدا فرایند سگمنت‌سازی بر روی تصاویر انجام شد و تصاویر متناسب با معیارهای همگنی، ضریب شکل و فشردگی مورد سگمنت‌سازی قرار گرفتند. طبقه‌بندی از نوع شیء‌گرا با استفاده از الگوریتم‌های طیفی و مکانی و روش نزدیکترین همسایگی در محیط نرم افزار eCognition طی مراحل مختلف پیاده شد. به منظور ارزیابی و مقایسه نتایج، ضرایب دقت کلی و کاپای طبقه‌بندی برای هر کدام از الگوریتم‌ها استخراج و مشخص شد که در میان روش‌های پیکسل پایه، الگوریتم طبقه‌بندی حداکثر احتمال با ضریب کاپای ۰/۸۶ و دقت کلی ۸۸/۶۷ درصد در مقایسه با سایر روش‌ها، از دقت بالاتری برخوردار است. اما خود این الگوریتم نیز در مقایسه با روش شیء‌گرا از دقت کمتری برخوردار است، چرا که ضریب کاپای طبقه‌بندی حاصله معادل ۰/۹۳ و دقت کلی نیز معادل ۹۴/۲۰ درصد برآورد گردید.

واژه‌های کلیدی: ریزطبقه‌بندی اراضی کشاورزی، روش‌های پیکسل پایه و شیء‌گرا، تصاویر

\*\*\*\*\*

## ۱- مقدمه

برای چنین مطالعاتی است. انواع الگوریتم‌های موجود برای هریک از این روش‌ها نظیر حداکثر احتمال، حداقل فاصله از میانگین، متوازی السطوح، بردار پشتیبان و ... در روش‌های پیکسل پایه و الگوریتم‌های تلفیق اطلاعات مکانی و طیفی، شاخص‌های بافت و شکل و تراکم در روش‌های شیء‌گرا شناسایی بهترین و کارآمدترین تکنیک‌های پردازش را با مشکل مواجه می‌سازد. علاوه بر آن تلفیق روش‌های طبقه‌بندی با سایر روش‌های مبتنی بر تکنیک‌های کامپیوتری نظیر شبکه‌های عصبی و منطق فازی نیز بر پیچیدگی این موضوع افزوده است (Blaschke, 20) با وجود پیشرفت‌های قابل توجه در علم پردازش تصاویر ماهواره‌ای مبتنی بر روش‌های شیء‌گرا و تأکید بر استفاده از این تکنیک‌ها توسط محققین متعدد (فیضی‌زاده و همکاران، ۱۳۹۴:۹۰۱۲) هنوز قابلیت این روش‌ها در شناسایی و طبقه‌بندی بسیاری از پدیده‌های سطح زمین نظیر اراضی باغی و تفکیک انواع گیاهان مشخص نشده است. با توجه به تنوع روش‌های شیء‌گرا و ارائه انواع الگوریتم‌های طیفی و مکانی استفاده از این روش‌ها در هریک از موضوعات نیازمند کنکاش و تحقیق زیادی است و هنوز روش‌های مشخصی مبتنی بر تکنیک‌های شیء‌گرا برای شناسایی و طبقه‌بندی انواع کاربری‌ها ارائه نشده است. در این راستا فیضی‌زاده و سلمانی (۱۳۹۵)، با بکارگیری الگوریتم‌های شیء‌گرا و تکنیک‌های پردازش تصویر نسبت به مدل‌سازی اراضی تخریبی حاصل از رشد شهری در ارومیه اقدام نموده‌اند. این محققین با بهره‌مندی از شاخص‌های بافت و الگوهای طیفی انواع کاربری‌های اراضی محدوده شهر ارومیه را مدل‌سازی نموده و تغییرات حاصل از گسترش اراضی شهری و اثرات آن بر تحولات کاربری اراضی را بررسی نمودند. این محققین در تحقیقی دیگر تلفیق سیستم‌های فازی با تکنیک‌های شیء‌گرا را مد نظر قرار داده و با بررسی توابع عضویت فازی و مقایسه انواع روش‌های محاسبه عضویت و اپراتورها، دستیابی به بیشترین دقت در طبقه‌بندی با روش‌های شیء‌گرا را مورد بررسی قرار دادند

امروزه دسترسی به نقشه‌های کاربری اراضی با جزئیات بیشتر یکی از نیازهای اساسی در برنامه‌ریزی منابع و توسعه پایدار محسوب می‌شود (Li et al. 2013:33; Turner et al. 2014:395). نقشه‌های دقیق با اطلاع از نسبت کاربری‌های اراضی و نحوه تغییرات آن در گذر زمان یکی از مهمترین موارد در برنامه‌ریزی و مدیریت اراضی کشاورزی است (فیضی‌زاده و سلمانی، ۱۳۹۵: ۱۷۷). امروزه، به منظور برنامه‌ریزی موفق و اجرای کارآمد برنامه‌ها، مدیران و تصمیم‌گیران نیازمند اطلاعات به هنگام و دقیق از نسبت کاربری‌های اراضی هستند. این امر در خصوص توسعه و ترویج فعالیت‌های کشاورزی اهمیتی دو چندان دارد چرا که بدون آگاهی و کسب اطلاعات صحیح از ویژگی‌ها و نسبت اراضی زیر کشت، نمی‌توان بطور اصولی از قابلیت‌های هر سرزمینی بهره‌برداری داد. و اقدامات مربوط به مدیریت محصول (تخمین نسبت محصول تولیدی، بازاریابی و فروش) را به خوبی انجام داد. در این راستا تکنولوژی سنجش از دور با ارائه تصاویر ماهواره‌ای با تفکیک مکانی بالا امکان شناسایی و نقشه‌برداری دقیق اراضی کشاورزی باغی را فراهم می‌آورد. امروزه مدل‌سازی و پیش‌بینی تغییرات کاربری اراضی با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای می‌تواند ابزار بسیار مفیدی برای تشریح روابط متقابل بین محیط طبیعی و فعالیت‌های انسانی، برای کمک به تصمیم‌گیری برنامه‌ریزان در شرایط پیچیده باشد (میرزایی زاده و همکاران، ۱۳۹۴:۳۰). حیدریان و همکاران، (۱۳۹۵). روش‌های متعددی نیز برای پردازش تصاویر ماهواره‌ای وجود دارد که روش‌های پیکسل پایه و شیء‌گرا نمونه‌هایی از آنها هستند. طبقه‌بندی تصاویر ماهواره‌ای در حقیقت تبدیل داده‌ها به اطلاعات قابل درک می‌باشد (رضایی مقدم و همکاران ۱۳۸۹:۱). در طی این فرایند اطلاعات طیفی و مکانی موجود در تصاویر طی فرایندی به نقشه‌های پایه تبدیل می‌گردد. بدیهی است که پردازش و طبقه‌بندی تصاویر ماهواره‌ای با بیشترین دقت یکی از موارد مهم در استفاده از تصاویر سنجش از دور

پیشینه موجود، تحقیق حاضر با رویکرد مقایسه روش‌های پیکسل پایه و شیء‌گرا، شناسایی مؤثرترین و کارآمدترین الگوریتم‌های پیکسل پایه و شیء‌گرا را در طبقه‌بندی اراضی کشاورزی و باغی حوضه شرقی دریاچه ارومیه مد نظر قرار داده است.

## ۲- منطقه مورد مطالعه

محدوده مورد مطالعه اراضی جلگه شرقی دریاچه ارومیه است، که مابین مدارهای ۳۷ درجه و ۱۶ دقیقه و ۲۰ ثانیه تا ۳۸ درجه و ۱۸ دقیقه و ۴۰ ثانیه عرض شمالی و نصف النهارهای ۴۵ درجه و ۲۵ دقیقه و ۴۰ ثانیه الی ۴۶ درجه و ۲۶ دقیقه و ۵ ثانیه طول شرقی واقع شده است. این محدوده با وسعتی معادل ۳۷۶۰۱۷ هکتار اراضی پایکوهی و زمین‌های پست با ارتفاع ۱۲۸۶ تا ۱۴۰۰ متر را در حاشیه شرقی دریاچه ارومیه پوشش می‌دهد که در نگاره (۱) نشان داده شده است. این منطقه دارای اراضی حاصلخیز کشاورزی و باغی بوده و با بهره‌مندی از اراضی وسیع و حاصلخیز نظیر دشت ملکان، بناب، مراغه، عجبشیر، آذرشهر و تبریز از قطب‌های اصلی تولید محصولات کشاورزی و باغی نظیر (انگور، گردو و بادام، پیاز و گوجه فرنگی) به شمار می‌آید. با توجه به شرایط کنونی و کاهش شدید سطح آب دریاچه ارومیه در این منطقه، لزوم مدیریت منابع آب به شکل جدی در این منطقه احساس می‌شود. در این راستا، نتایج تحقیق حاضر با ارائه اطلاعات مربوط به سطح زیر کشت اراضی باغی می‌تواند مبنای بسیاری از مطالعات و برنامه‌ریزی‌ها برای کاهش مصرف آب در بخش کشاورزی این منطقه باشد.

## ۳- مواد و روش‌ها

برای انجام تحقیق از تصاویر ماهواره‌ای Aster با تفکیک مکانی ۱۵ متر مربوط به خرداد ماه ۲۰۱۶ در چهار باند استفاده شده است. در کنار تصاویر ماهواره‌ای از نقشه‌های توپوگرافی ۱/۲۵۰۰۰ و همچنین داده‌های برداشت شده

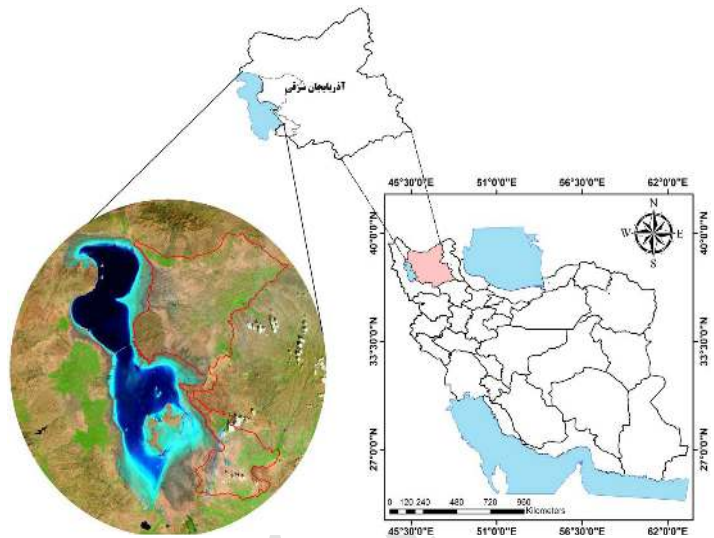
(فیضی‌زاده و همکاران، ۱۳۹۴). گودین و همکاران<sup>۱</sup> (۲۰۱۵) در تحقیق خود از قابلیت روش‌های شیء‌گرا برای طبقه‌بندی پوشش اراضی استفاده کرده و تغییرات کاربری اراضی را مدل‌سازی نمودند. آنها در این تحقیق از ویژگی‌های بافت برای هریک از کلاس‌های کاربری استفاده کرده و در نهایت بر کارایی این الگوریتم‌ها در طبقه‌بندی کاربری اراضی تأکید می‌کنند. در تحقیقی که توسط لیندکویست و دانزیو<sup>۲</sup> (۲۰۱۵) انجام شده است، تکنیک‌های شیء‌گرا در مطالعات مربوط به ارزیابی تغییرات جنگل مورد استفاده قرار گرفته است. این محققین بر پایه تصاویر ماهواره‌ای و پردازش شیء‌گرای تصاویر ماهواره‌ای تغییرات زمانی و مکانی جنگل مخصوصاً جنگل‌زدایی را مدل‌سازی نمودند. در این راستا از الگوریتم‌های بافت هندسی برای شناسایی انواع درختان استفاده کرده و در نهایت تغییرات جنگل را با دقت ۸۸ درصد مدل‌سازی نمودند. فیضی‌زاده و همکاران (۱۳۸۷)، نقشه کاربری اراضی شهر تبریز را برای دوره‌های متعدد با پردازش شیء‌گرای تصاویر ماهواره‌ای تهیه نموده با مقایسه زمانی نتایج تغییرات فضای سبز را در این شهر مدل‌سازی نمودند. لی و شائو<sup>۳</sup> (۲۰۱۴) از عکس‌های هوایی با تفکیک مکانی ۱ متر و تکنیک‌های پردازش شیء‌گرای تصاویر ماهواره‌ای استفاده نموده و کاربری‌های کشاورزی را در منطقه میدوسترن<sup>۴</sup> در آمریکا استخراج نمودند. آنها در این تحقیق با شناسایی کلاس‌های عمده کاربری اراضی از الگوهای شکل و بافت برای دستیابی به دقت بالا در فرایند طبقه‌بندی استفاده نمودند. جمع‌بندی حاصله از مبانی نظری و پیشینه تحقیق نشان می‌دهد که تصاویر دورسنجی از قابلیت‌های بالایی در روند تهیه نقشه‌های کاربری اراضی کشاورزی برخوردارند و در میان انواع روش‌های موجود می‌توان به طبقه‌بندی‌های دانش پایه بخصوص از نوع شیء‌گرا استناد نمود. بنابراین، براساس مبانی نظری و

1- Goodin & et al.

2- Lindquist & Dannunzio

3- Li & Shao

4- Midwestern



نگاره ۱: موقعیت جغرافیائی محدوده مورد مطالعه

براساس ارزش عددی پیکسل‌ها بوده و در آن پدیده‌های دارای ارزش عددی یکسان، در یک گروه قرار می‌گیرند، طبقه‌بندی پیکسل پایه نامیده می‌شود (فیضی زاده و هلالی، ۱۳۸۱: ۱۷۴). در این تحقیق برای انجام طبقه‌بندی پیکسل پایه در ابتدا پس از تعیین کلاس‌های کاربری، نسبت به تعیین نمونه‌های آموزشی بر مبنای داده‌های جمع‌آوری با GPS طی عملیات میدانی اقدام شد. سپس با پیاده‌سازی نمونه‌های آموزشی بر سطح تصویر، نسبت به محاسبه تفکیک‌پذیری کلاس‌ها با استخراج مشخصات مربوط به علائم طیفی و آماری آنها اقدام شد. این مشخصات طیفی همچنین برای انتخاب باندهای مناسب جهت طبقه‌بندی نیز مورد استفاده قرار گرفت. در مرحله بعد با شناخت کافی از مشخصات طیفی کلاس‌ها نسبت به انجام طبقه‌بندی بر اساس الگوریتم پیکسل پایه اقدام شده و سپس نتایج هر الگوریتم مورد آزمون قرار گرفت.

در تحقیق حاضر در روند طبقه‌بندی تصاویر از روش‌های پیشرفته و دانش پایه شیء‌گرا نیز استفاده شد. در روند تحلیل شیء‌گرای تصاویر علاوه بر اطلاعات طیفی به اطلاعات مکانی و محیطی نظیر بافت، شکل و محتوا نیز استناد می‌گردد (Blaschke, 20). واحدهای اساسی پردازش در تحلیل‌های شیء‌گرا، شیء‌های تصویری (سگمنت‌ها) هستند که طی فرایند سگمنت سازی تولید می‌شوند. در این

توسط دستگاه GPS از نوع Lumia ۹۵۰ مدل گارمین استفاده شده است. در راستای انجام تحقیق نیز به منظور تجزیه و تحلیل تصاویر از نرم‌افزارهای تخصصی شامل PCI-Geomatica, Envi, Arc GIS استفاده شده است. با توجه به هدف تحقیق تلاش گردید تا با استفاده از تکنیک‌های پردازش تصویر، کاربری اراضی محدوده شرق دریاچه ارومیه - با تأکید بر تفکیک محدوده باغات - استخراج گردد. تصاویر ماهواره‌ای در سه مرحله اصلی (پیش - پردازش، پردازش و پس - پردازش) مورد پردازش قرار گرفتند. در این راستا، اقدامات انجام شده در مرحله پیش-پردازش شامل زمین مرجع کردن تصاویر با استفاده از نقشه‌های ۱/۲۵۰۰۰ و اعمال تصحیحات ارتفاعی با استفاده از مدل رقومی ارتفاعی زمین (DEM) و انجام تصحیحات اتمسفری بر پایه روش کاهش ارزش عددی پیکسل‌های تیره است. در مرحله پردازش تصاویر، ابتدا، توابع آشکارسازی و سپس طبقه‌بندی تصاویر بر مبنای روش‌های پیکسل پایه اعمال شد. یادآور می‌شود که در تصاویر رقومی سنجش از دور هر پیکسل دارای ارزش عددی مشخصی است، که بازگو کننده رفتار طیفی پدیده متناظر آن در سطح زمین است. با تجزیه و تحلیل ارزش‌های عددی تصاویر رقومی امکان شناسایی عوارض زمینی بر روی تصویر فراهم شده و می‌توان نسبت به طبقه‌بندی آنها اقدام نمود. این نوع طبقه‌بندی که

اثرات اتمسفری اقدام به اعمال تصحیحات اتمسفری بر روی تصاویر شد و با توجه به اینکه تأثیرات اتمسفری بر روی تصاویر متناسب با موقعیت جغرافیایی و زمان تصویربرداری تعیین می‌گردد؛ در تحقیق حاضر به دلیل تأثیر دریاچه ارومیه و افزایش سطح رطوبت در منطقه و طبیعتاً افزایش سطح تیرگی بر ارزش پیکسل‌های محدوده‌های مجاور خود، از روش کاهش ارزش عددی پیکسل‌های تیره استفاده شد. این تکنیک بر این فرض استوار است که کمترین DN یک پیکسل در مناطق آبی در هر باند بایستی صفر باشد و ارزش رادیومتری هر DN نتیجه‌ای است که از خطای اتمسفری حاصل شده است. در این روش، یک مقدار ثابتی از ارزش کل پیکسل‌ها در یک باند مشخص کاسته می‌شود تا تصحیحات اتمسفری بر روی هر تصویر ماهواره‌ای اعمال گردد (Chavez, 1988).

### ۳-۲- تصحیحات هندسی

معمولاً تصاویر رقومی دارای انحرافات قابل توجهی هستند، بطوری که این گونه تصاویر نمی‌توانند به عنوان نقشه مسطحاتی بطور مستقیم مورد استفاده قرار گیرند. منظور از تصحیحات هندسی جبران خطاها است به نحوی که لایه رقومی تصحیح شده قابلیت انطباق با موقعیت‌های سطح زمین را داشته باشد. علیرغم اینکه تصحیحات هندسی مورد نیاز بر روی تصاویر ماهواره Aster قبلاً توسط سازمان هوا و فضای ژاپن صورت گرفته بود، براساس نیاز تحقیق جاری و بر پایه نقشه‌های توپوگرافی ۱/۲۵۰۰۰ و نقاط برداشت شده با GPS تصاویر محدوده شرق دریاچه ارومیه یکبار دیگر زمین- مرجع گردید. برای انجام تصحیحات هندسی نقاط کنترل کافی (۳۰ نقطه برای هر تصویر) با پراکنش مناسب از سطح منطقه مورد مطالعه جمع‌آوری گردید و با استفاده از توابع مربوطه در محیط نرم‌افزار PCI-Geomatica در روی هر تصویر پیاده شد. برای نمونه‌گیری ارزش مجدد پیکسل‌ها از روش نزدیکترین همسایگی استفاده و تصاویر با خطای RMS ۰/۴۲ پیکسل (در حد کمتر از نیم پیکسل)

روش، طبقه‌بندی شیء‌گرا فرآیندی است که کلاس‌های پوشش اراضی را به شیء‌های تصویری پیوند می‌دهد و هر یک از شیء‌های تصویری با درجه عضویت معین به کلاس‌های در نظر گرفته شده اختصاص می‌یابند. فرایند طبقه‌بندی در محیط نرم‌افزار eCognition بصورت یک فرایند تکرار پذیر اجرا می‌گردد تا بالاترین درجه عضویت برای هر کدام از شیء‌های تصویری حاصل آید. مراحل اصلی پردازش تصاویر به روش شیء‌گرا به ترتیب شامل سگمنت سازی تصاویر، ایجاد سیستم دانش پایه با تعریف اطلاعات برای کلاس‌های مختلف، تعریف شرایط طبقه‌بندی برای هر کدام از کلاس‌ها، بررسی تفکیک‌پذیری شیء‌های آموزشی، شناسایی شاخص‌های کارآمد، انجام طبقه‌بندی شیء‌پایه و ارزیابی صحت نتایج با استفاده از شاخص‌های پایداری طبقه بندی، انتخاب بهترین نتیجه طبقه بندی و ارزیابی دقت کلی می‌باشد. در نهایت، در مرحله پس- پردازش نقشه‌های تهیه شده از هر دو روش به محیط GIS انتقال یافته و با تشکیل پایگاه اطلاعات مکانی برای هر یک از نقشه‌ها، نتایج ارائه شده است. جزئیات فرایند انجام تحقیق به شرح مراحل زیر است:

### ۳-۱- تصحیحات اتمسفری

تصاویر سنجنش از دور دارای آرایه‌ای از پیکسل‌ها می‌باشند که در آن هر پیکسل متناسب با انعکاس طیفی محدوده مکانی متناظر خود، ارزش عددی را کسب می‌نماید. با توجه به تأثیرات اتمسفری بر عملکرد سنجنش از دور، ارزش عددی هر پیکسل در تصاویر حاصل از سنجنش از دور ثبت واقعی تابندگی سطح زمین نیست، زیرا بر اثر جذب اتمسفری، بازتابش‌ها تضعیف شده و یا اینکه بر اثر پراکنش مسیر آن تغییر می‌کند (میرغلیزاده فردو بخشی، ۱۳۹۵: ۳۴). این موضوع در رابطه با تصاویر Aster به دلیل هندسه تصویر برداری (قابلیت دید در دو طرف نقطه نادیر) جهت تهیه زوج‌های استریویی در مدل‌های رقومی ارتفاع زمین شاخص‌تر است. بر این اساس جهت تصحیح

زمین مرجع گردید.

### ۳-۴- تعیین الگوی پوشش زمین و کاربری اراضی در منطقه مورد مطالعه

اصولاً قبل از انجام طبقه بندی بر روی هر تصویر ماهواره‌ای، بایستی یک الگوی طبقه بندی استاندارد مدنظر قرار گیرد تا واقعیت‌های مربوط به پوشش زمین و کاربری اراضی به درستی طراحی گردد. الگوی مورد استفاده در این تحقیق تلفیقی از سطوح یک، دو و سه طرح طبقه بندی سیستم طبقه بندی سازمان زمین شناسی آمریکا<sup>۱</sup> می باشد که ویژگی‌های مربوطه در جدول (۱) ارائه شده است.

### ۳-۵- پردازش پیکسل پایه تصاویر ماهواره‌ای

در تصاویر رقومی هر پیکسل دارای ارزش عددی مشخصی است که بازگو کننده رفتار طیفی پدیده متناظر آن در سطح زمین است. با تجزیه و تحلیل ارزش‌های عددی تصاویر رقومی امکان شناسایی عوارض زمینی بر روی تصویر فراهم شده و می توان نسبت به طبقه بندی آنها اقدام نمود. این نوع طبقه بندی براساس ارزش عددی پیکسل‌های موجود در هر تصویر بوده و در آن پدیده‌های دارای ارزش عددی یکسان، در یک گروه قرار می گیرند (فیضی زاده و هلالی، ۱۳۸۸:۲۷). در طبقه بندی پیکسل پایه تصاویر ماهواره‌ای از سه نوع الگوریتم اصلی شامل: حداکثر احتمال، متوازی السطوح و حداقل فاصله از میانگین استفاده شد. در این فرآیند، پس از تعیین کلاس‌های پوشش/کاربری اراضی، نمونه‌های آموزشی برای هر کدام از کلاس‌ها به تعداد مورد نیاز جمع‌آوری گردید. نمونه‌های آموزشی مورد استفاده در این تحقیق طی چند مرحله جمع‌آوری شد. مرحله اول نمونه برداری که با هدف جمع‌آوری داده‌های آموزشی برای انجام طبقه بندی اجرا شد، همزمان با تاریخ تصویربرداری در خرداد و تیرماه سال ۱۳۹۵ صورت پذیرفت. طی این فرآیند براساس تعداد کلاس‌های تعیین شده ۱۲۷۰ نمونه آموزشی با استفاده از GPS در عملیات میدانی برداشت شد (جدول ۲). پس از پیاده‌سازی نمونه‌های آموزشی بر سطح تصاویر

### ۳-۳- تصحیحات ارتفاعی

در تحقیق حاضر، تصحیحات ارتفاعی نیز بر روی تصاویر محدوده مورد مطالعه انجام شد تا نقشه‌های خروجی از دقت بالایی برخوردار باشند. تصحیحات ارتفاعی بر روی هر تصویر با استفاده از ۴۰ نقطه کنترل زمینی با پراکنش مناسب از سطح منطقه انجام شد. برای انجام این مهم ابتدا DEM منطقه مورد مطالعه با استفاده از نقشه‌های رقومی ۱/۲۵۰۰۰ در محیط نرم افزار ArcGIS تهیه شد. سپس با استفاده از نقاط کنترل زمینی، تصاویر ماهواره‌ای و DEM با هم منطبق و تصاویر نهائی با خطای RMS ۰/۴۵ از نظر ارتفاعی تصحیح شد. تصحیح ارتفاعی تصاویر همچنین به منظور استفاده از عامل ارتفاعی در فرایند طبقه بندی شیء گرا انجام شد تا عدم انطباق ارتفاعی ناشی از اعوجاجات هندسی و ارتفاعی مشکلی در پردازش شیء گرا ایجاد ننماید.

جدول ۱: الگوی طبقه بندی تصاویر

سطح سه	سطح دو	سطح یک
باغ ریزدانه	اراضی باغی	نواحی کشاورزی
باغ هسته دار		
باغ خشک میوه		
باغ ترکیبی		
	اراضی زراعی آبی	مرتع
	اراضی زراعی دیم	
	اراضی تحت آیش	
	مرتع	آب
	سطح آبی	
	آبراهه‌ها	شهر و نواحی ساخته شده
	اراضی شهری، نقاط تمرکز و مجموعه‌ها	
	محورهای ارتباطی	اراضی بایر
	اراضی بایر	
	لم یزرع	
	شوره زار	

**فصلنامه علمی - پژوهشی اطلاعات جغرافیایی (ص ۱۷۳)**  
**ارزیابی تطبیقی تکنیک‌های پردازش پیکسل پایه و ... / ۱۷۳**

نمونه‌های آموزشی بر سطح تصویر، جهت اطمینان از تفکیک پذیری کلاس‌ها، تفکیک‌پذیری تمامی کلاس‌ها استخراج و نسبت به انتخاب باندهای مناسب برای طبقه‌بندی اقدام شد. در انتخاب بهترین ترکیب باندهای برای طبقه‌بندی، علاوه بر تحلیل مشخصات آماری کلاس‌ها، از روش‌های گرافیکی شامل: تفسیر منحنی‌های انعکاس طیفی کلاس‌های کاربری اراضی و همچنین ارزیابی هیستوگرام همبستگی باندها نسبت به یکدیگر نیز استفاده شد. در این راستا با تجزیه و تحلیل مشخصات آماری کلاس‌ها و تفسیر منحنی‌های انعکاس طیفی هر کلاس ترکیب باندهای ۴-۳-۱ به عنوان ترکیب باندهای مبنای برای طبقه‌بندی مورد استفاده قرار گرفت.

**جدول ۲: نوع پوشش و کاربری اراضی و تعداد نمونه‌های آموزشی**

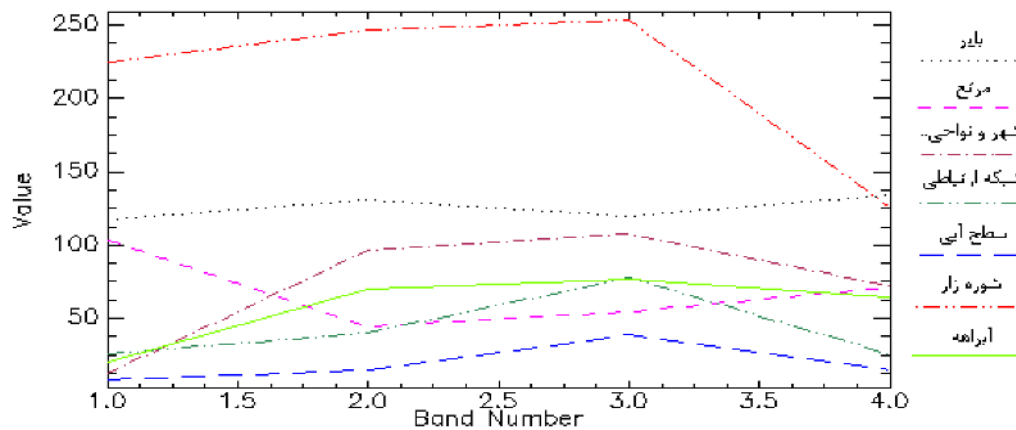
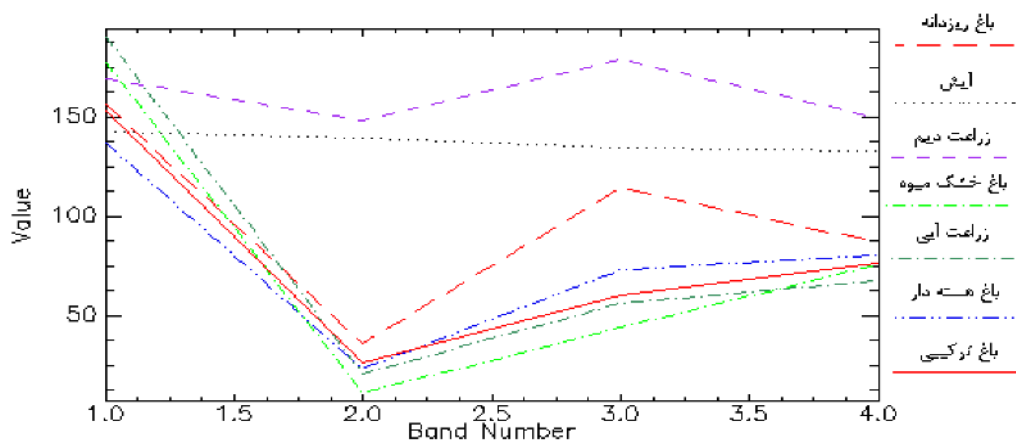
مرحله پس از طبقه‌بندی	مرحله قبل از طبقه‌بندی	نوع پوشش/ کاربری اراضی	نوع پوشش/ کاربری اراضی
۵۰	۱	باغ هسته دار	نواحی کشاورزی
۵۰	۱	باغ ریزدانه	
۵۰	۱	باغ خشک میوه	
۵۰	۱	باغ ترکیبی	
۵۰	۱۲۰	اراضی زراعی آبی	
۴۰	۷۰	اراضی زراعی دیم	
۵۰	۱۲۰	اراضی تحت آیش	
۳۵	۸۰	مرتع	مراتع
	۵۰	سطح آبی	آب
۳۵	۸۰	آبراهه ها	
۲۰	۵۰	اراضی شهری، نقاط تمرکز و مجموعه‌ها	اراضی شهری و ساخته شده
۲۰	۵۰	محورهای ارتباطی	
۶۰	۱۵۰	اراضی بایر	اراضی بایر
۲۰	۶۰	شوره زار	
۵۴۰	۱۲۷۰	-	جمع

و استخراج پارامترهای آماری مورد نیاز، بهترین ترکیب باندها برای طبقه بندی انتخاب و در مرحله بعد با استفاده از الگوریتم‌های یاد شده تصویر مربوطه طبقه‌بندی گردید. در برداشت نمونه‌های آموزشی سعی شد تا نمونه‌های آموزشی از پراکنش مناسبی در سطح تصویر برخوردار باشند. موقعیت دقیق و پراکندگی مناسب مناطق آموزشی در سرتاسر تصویر، شانس اینکه این مناطق نمایانگر کل تغییرات پدیده‌های زمینی باشد را افزایش می‌دهد. این امر در خصوص طبقه‌بندی تصویر با هدف استخراج کلاس‌های کشاورزی بارزتر است، به دلیل اینکه روش‌های مدیریت محصول، شرایط رطوبتی خاک، وضعیت توپوگرافی، تیپ‌های خاک، شرایط جوی و مجموعه‌های فاکتورهای غیرقابل کنترل، در واکنش طیفی یک کلاس تأثیر گذاشته و باعث اختلاف در رفتارهای طیفی تصویر می‌گردد (Lillesand and Kiefer, 2001) با توجه به اینکه یکی از مهمترین اهداف تحقیق حاضر تعیین سطح زیر کشت محدوده‌های زراعی و باغی در منطقه مورد مطالعه است، لذا در برداشت نمونه‌های آموزشی سعی شد که نمونه‌های آموزشی از پراکنش مناسبی برخوردار باشند تا الگوهای طیفی کلاس‌ها به خوبی منعکس گردد. در فاز بعدی و پس از انجام طبقه‌بندی‌ها، برای ارزیابی دقت طبقه‌بندی‌های انجام شده نسبت به جمع‌آوری داده‌های نقاط کنترل زمینی اقدام شده و در مجموع ۵۴۰ نقطه به عنوان نقاط کنترل زمینی برداشت شد. جمع‌آوری نقاط کنترل زمینی در تیرماه و مرداد ۱۳۹۵ انجام شده و داده‌های برداشت شده برای تعیین صحت نقشه‌های استخراج شده مورد استفاده قرار گرفت. در جدول ۲ تعداد نمونه‌های آموزشی برداشت شده برای هر کلاس در مراحل مختلف طبقه‌بندی ارائه شده است. با توجه به اینکه هدف اصلی این تحقیق تفکیک سطح باغات بود، منحنی‌های انعکاس طیفی انواع کلاس‌های اراضی باغی شامل باغات ریزدانه، هسته‌دار، خشک میوه و ترکیبی به شرح نگاره ۲ تهیه شد تا با آنالیز رفتار طیفی این کلاس‌ها شرایط مناسب برای طبقه‌بندی آنها استخراج شود. پس از پیاده‌سازی

### ۳-۵-۱- طبقه‌بندی پیکسل پایه

بعد از آماده‌سازی و انجام فرآیندهای آشکارسازی، تصاویر فرآیند طبقه‌بندی تصاویر به روش پیکسل پایه صورت گرفت. در کل، به جداسازی مجموعه‌های طیفی مشابه و تقسیم‌بندی طبقاتی آنها که رفتار طیفی یکسانی داشته باشند، طبقه‌بندی اطلاعات ماهواره‌ای گفته می‌شود. به عبارتی در طبقه‌بندی تصاویر، اختصاص دادن هر یک از پیکسل‌ها به کلاس یا پدیده خاص، مورد نظر است. در تحقیق حاضر، برای انجام طبقه‌بندی پیکسل پایه با روش طبقه‌بندی نظارت شده از الگوریتم‌های طبقه‌بندی کننده حداکثر احتمال، حداقل فاصله از میانگین و متوازی‌السطوح استفاده شد است. در روند تولید نقشه‌های کاربری اراضی، ابتدا، الگوریتم طبقه‌بندی حداکثر

احتمال براساس کلاس‌های آموزشی معرفی و طبقه‌بندی صورت گرفت. ارزیابی منابع نظری تحقیق نشان می‌دهد که الگوریتم طبقه‌بندی متوازی‌السطوح از رایج‌ترین و ساده‌ترین الگوریتم‌ها در طبقه‌بندی تصاویر ماهواره‌ای به شمار می‌رود که به علت سرعت پردازش بالا مورد توجه اغلب محققان قرار گرفته است. بنابراین، این الگوریتم نیز به عنوان یکی از روش‌های اصلی در طبقه‌بندی پیکسل پایه مورد استفاده قرار گرفت. در این روش حساسیت به واریانس کلاس‌ها می‌تواند با لحاظ کردن دامنه مقادیر در هر کلاس آموزشی معرفی شود. در اجرای الگوریتم مربوطه حد بالا  $u_i$  و پایین  $l_i$  هر متوازی‌السطوح (که معرف کلاس‌های مورد نظر می‌باشند) تعریف و با اعمال شرایط خاص (طبق شرط  $if\ l_i \leq x \leq u_i$  then  $x \in i$ ) تصاویر



نگاره ۲: منحنی انعکاس طیفی کلاس‌ها بر اساس میانگین نمونه‌های آموزشی



درجه عضویت، تعیین کننده وابستگی هر پیکسل می‌باشد و ارزش عضویت معمولاً ما بین صفر و یک در تغییر است. ارزش صفر بیانگر عدم احتمال وابستگی مطلق است و یک نیز بیانگر نسبت عضویت کامل هر پیکسل در کلاسی خاص است. البته شدت عضویت بستگی به درجه‌ای دارد که اشیاء در شرایط توصیفی از کلاس‌ها به خود اختصاص می‌دهند. بنابراین، عمده‌ترین واحدهای پردازش در روش شیء‌گرا اشیاء یا خوشه‌هایی از پیکسل‌ها هستند و با قبول این دیدگاه نخستین مرحله تشکیل واحدهای پردازش، بوسیله سگمنت سازی تصویر است (فیضی‌زاده و سلمانی، ۱۳۹۵: ۱۹۰). مراحل تحلیل شیء‌گرای تصاویر طی مراحل مختلف صورت می‌گیرد که در تحقیق جاری شرایط مندرج در ذیل مورد توجه قرار گرفت:

### ۳-۶-۱- سگمنت‌سازی تصاویر

تکنیک سگمنت‌سازی چند تفکیکی مهمترین روش در سگمنت‌سازی تصاویر محسوب می‌شود که برپایه اطلاعات طیفی و مکانی فرایند سگمنت‌سازی را انجام می‌دهد. این فرایند در اصطلاح عبارت است از تقسیم‌بندی تصاویر به محدوده‌های همگن و بدون هم پوشان براساس اطلاعات مکانی و طیفی تحت عنوان شیء (Blaschke, 20). شیء‌های تصویری حاصل از فرایند سگمنت‌سازی، مبنای طبقه‌بندی شیء‌گرا هستند و آنها دارای حجم زیادی از مشخصات و خصیصه‌های پدیده‌های زمینی متناظرشان در سطح تصویر می‌باشند و هرچه قدر این فرایند با دقت بیشتری انجام گیرد، مستقیماً در کیفیت طبقه‌بندی شیء‌گرا تأثیر خواهد گذاشت (Feizizadeh, 2017). این فرایند براساس شاخص‌های مربوط به فشردگی شکل و ضریب شکل متناسب با مقیاسی تعریف شده توسط مفسر انجام می‌شود. انتخاب پارامترهای سگمنت‌سازی بر اندازه شیء‌های تصویر تأثیر داشته و با انتخاب عدد بزرگ برای مقیاس، شیء‌های تصویر بزرگ و بر عکس تولید می‌گردد (Blaschke et al. 2014). بنابراین تعریف مقیاس مناسب برای سگمنت‌سازی تصویر از اهمیت بالایی

طبقه‌بندی شدند. در نهایت، در روش الگوریتم طبقه‌بندی حداقل فاصله از میانگین، نخست مقادیر میانگین طیفی در هر باند و برای هر کلاس تعیین شد. پس از مشخص شدن پیکسل‌هایی که میانگین ارزش طیفی نمونه‌های انتخابی هر طبقه را به خود اختصاص داده، فاصله هر پیکسل طبقه‌بندی نشده با پیکسل‌های میانگین مقایسه و سپس پیکسل مورد نظر به کلاسی خاص اختصاص یافت که کمترین فاصله را با میانگین مربوطه دارد.

### ۳-۶-۲- پردازش شیء‌گرا

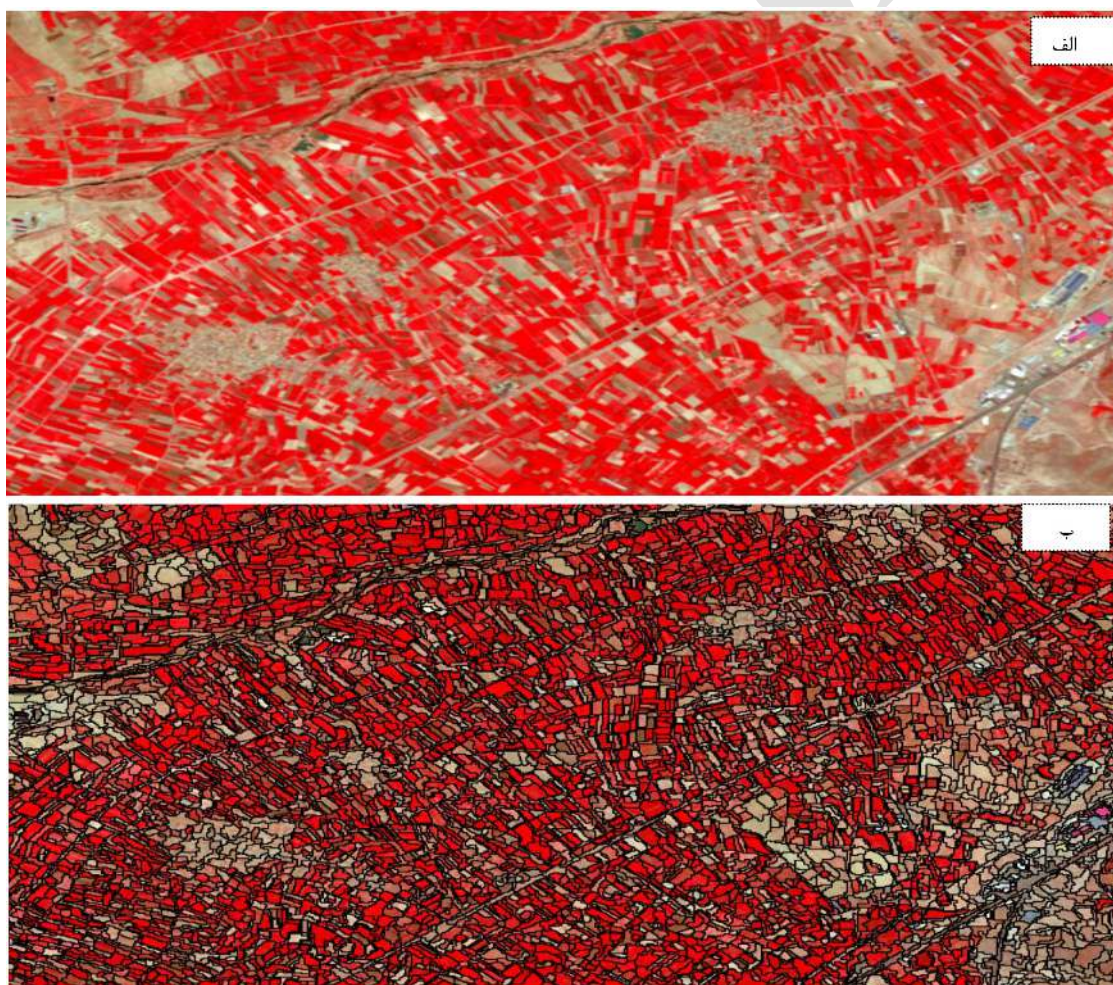
پردازش شیء‌گرای تصاویر ماهواره‌ای، روشی نوین در سنجش از دور می‌باشد که برای رفع محدودیت‌های ناشی از پردازش پیکسل پایه مطرح گردیده است. شباهت‌های طیفی پدیده‌های متفاوت در سطح زمین و به تبع آن اختلالات ناشی از آن در طبقه‌بندی تصاویر ماهواره‌ای لزوم استفاده از اطلاعات مکانی و محیطی نظیر بافت، شکل، موقعیت، الگو و ... را مطرح می‌نمود که این نیاز مهم با پردازش شیء‌گرای تصاویر ماهواره‌ای محقق گردید (Blaschke et al. 2014). در این تکنیک‌ها پردازش تصاویر ماهواره‌ای با فرایند سگمنت‌سازی شروع می‌شود که طی آن پیکسل‌ها در شیء‌های تصویری ادغام می‌گردند. این شیء‌های تصویر هوشمند دارای حجم وسیعی از اطلاعات متناسب با شکل، موقعیت، بافت، روبرط همسایگی، مشخصات آماری و هندسی و ... می‌باشند. چنین ارزش‌هایی که براساس ویژگی‌های مکانی و محتوایی متناسب با مقیاس سگمنت‌سازی تولید می‌گردند، مبنایی برای استفاده از انواع الگوریتم‌های طبقه‌بندی را فراهم می‌آورند. به عبارتی دیگر، در این روش‌ها واحد اصلی پردازش تصویر، شیء‌های تصویری یا سگمنت‌ها هستند که متناسب با نظر مفسر براساس اطلاعات مکانی و طیفی در مقیاسی مشخص تولید می‌شوند. در فرایند طبقه‌بندی شیء‌گرا، از توابع عضویت برای سنجش وابستگی هر سگمنت به کلاس‌های تعیین شده، استفاده می‌شود. در واقع این تکنیک‌ها بر مبنای روش‌های فازی استوار بوده و در آن

### ۳-۶-۲- طبقه‌بندی شیء‌گرای تصاویر

برخوردار است.

طبقه‌بندی شیء‌گرا فرآیندی است که کلاس‌های پوشش اراضی را به اشیاء تصویری پیوند می‌دهد (فیضی‌زاده و همکاران، ۱۳۸۷: ۱۹). پس از فرایند طبقه‌بندی، هر یک از اشیاء تصویری به یکی (یا هیچکدام) از کلاس‌ها اختصاص می‌یابند. از این رو، فرآیند طبقه‌بندی در فرایند شیء‌گرا فرایندی تکرارپذیر محسوب می‌شود که براساس آن سگمنت‌ها متناسب با درجه عضویت در کلاس‌های مشخص شده ارزیابی شده و در کلاسی که بیشترین درجه عضویت را دارند طبقه‌بندی می‌شوند. طبقه‌بندی شیء‌گرا براساس تکنیک‌های فازی استوار بوده و متناسب با شرایطی

در تحقیق حاضر در سگمنت‌سازی از اطلاعات مربوط به ویژگی‌های هندسی کلاس‌های کاربری اراضی (شامل شکل، اندازه، بافت) استفاده شده و این فرایند با روش سگمنت‌سازی چند تفکیکی انجام شد و برای این منظور با تجزیه و تحلیل نتایج سگمنت‌سازی تصویر با پارامتر مقیاس متفاوت و تفکیک مکانی تصویر، پارامتر مقیاس انتخاب شد و معیار همگنی برای شکل  $0/6$  و فشردگی  $0/4$  در نظر گرفته شده است. نگاره ۳ بخشی از تصویر ماهواره ای منطقه مورد مطالعه قبل و بعد از سگمنت‌سازی را نشان می‌دهد.



نگاره ۳: الف) تصویر ماهواره‌ای بخشی از منطقه مورد مطالعه قبل از سگمنت‌سازی و ب) نتیجه سگمنت‌سازی

ویژگی‌های بصری هر کلاس بهره کافی برده شد. در این راستا از توابع سیگموئید،  $\lambda$  شکل و خطی در تعریف شرایط طبقه‌بندی برای کلاس‌ها استفاده شد. همچنین پس از انجام طبقه‌بندی از فاکتور پایداری طبقه‌بندی جهت ارزیابی تفاوت‌ها در درجه‌های عضویت استخراج شده برای شیء‌های تصویری در فرایند طبقه‌بندی استفاده شده (لازم به ذکر است که در این فرایند اگر بین درجه عضویت در بهترین طبقه‌بندی اول و دوم، اختلاف کمی وجود داشته باشد، نتیجه طبقه‌بندی دارای نسبت همگنی خواهد بود (نسبت خویشاوندی). اما اگر اختلاف در درجه عضویت عناصر تصویری مورد بحث کم نباشد، مدل قابل قبولی حاصل نخواهد شد. فرایند طبقه‌بندی متناسب با شرایط تعریف شده در فوق برای هر یک از کلاس‌ها انجام شد.

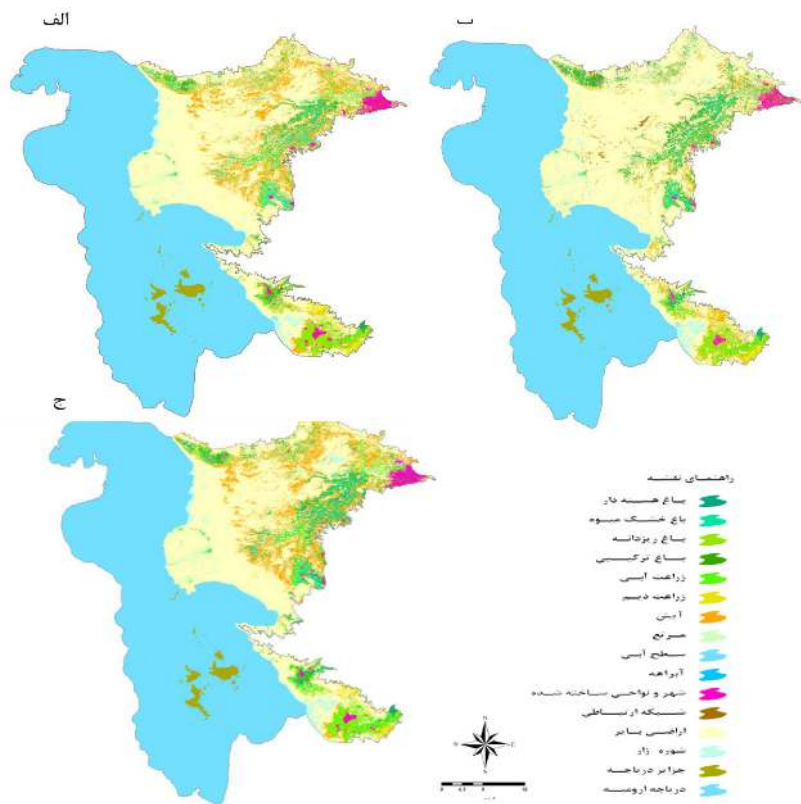
#### ۴- نتایج و یافته‌های تحقیق

پس از انجام مراحل ارائه شده در بخش قبلی برای اجرای طبقه‌بندی‌های پیکسل پایه و شیء‌گرا، نسبت به استخراج نتایج اقدام شد. نگاره ۴ نتیجه طبقه‌بندی با الگوریتم‌های پیکسل پایه را نشان می‌دهد. در این نگاره گزینه الف) نتیجه طبقه‌بندی به روش حداکثر احتمال، ب) نتیجه طبقه‌بندی به روش متوازی السطوح و ج) نتیجه طبقه‌بندی به روش حداقل فاصله از میانگین را نشان می‌دهد. نگاره ۵ نیز نتیجه اجرای طبقه‌بندی به روش شیء‌گرا را نشان می‌دهد.

پس از انجام طبقه‌بندی‌ها نسبت به ارزیابی نتایج و سنجش کارآمدی هر یک از روش‌ها اقدام شد. لازم به ذکر است که ارزیابی دقت یکی از مهمترین موارد در طبقه‌بندی تصاویر ماهواره‌ای محسوب می‌شود و براساس اصل سنجش از دور هیچ طبقه‌بندی تا زمانی که دقت آن ارزیابی نشود تکمیل نیست (Lillesand and Kiefer, 2001). در راستای ارزیابی صحت نتایج طبقه‌بندی‌های انجام شده، با استفاده از دستگاه GPS اقدام به برداشت نقاط کنترل زمینی به شکل تصادفی از منطقه مورد مطالعه شد و از این داده‌ها برای ارزیابی دقت استفاده شد. برای این منظور پس از

است که مفسر برای هر کلاس تعیین می‌کند. این شرایط بوسیله توابعی که برای کلاس‌ها بیان می‌گردد، تعریف می‌شود که می‌تواند بصورت تابع عضویت، شبیه‌سازی کلاس‌ها یا نزدیکترین همسایه باشد. با تعیین ویژگی‌های مربوط به اطلاعات طیفی و ویژگی‌های هندسی کلاس‌های کاربری اراضی در طی فرآیند پردازش تصویر، می‌توان از عملگرهای منطق فازی شامل Or, Max عملگری با حداکثر ارزش بازگشتی از ارزش فازی، میانگین حسابی ارزش فازی، میانگین هندسی ارزش فازی و And عملگر بازگشتی به عنوان حاصل ضربی از ارزش فازی استفاده نموده و شرایط مناسب برای طبقه‌بندی را تعریف نمود.

در تعریف شرایط طبقه‌بندی مفسر می‌تواند از پارامترهای طیفی و بصری (شامل بافت، شکل، تن رنگ و...) استفاده نموده و با تعریف یکی یا مجموعه‌ای از این عوامل و همچنین تعیین نسبت اهمیت هر یک از این عوامل در فرایند طبقه‌بندی، شرایط مناسب برای طبقه‌بندی کلاس‌ها را تعریف نماید. در این تحقیق، این شرایط برای کلاس‌ها متناسب با خصوصیات بصری و طیفی هر کلاس تعریف شده است. برای انجام این کار، در ابتدا نسبت به تعیین خصوصیات هر کدام از کلاس‌ها برای طبقه‌بندی بطور جداگانه اقدام شد. با در نظر گرفتن ویژگی‌های طیفی، مکانی و هندسی کلاس‌ها، از الگوریتم‌های مکانی شامل بافت، شکل، تن، رنگ و مشخصات آماری و هندسی استفاده شد. به عنوان نمونه در شناسایی پدیده‌های خطی (شبکه‌های ارتباطی و آبراهه‌ها) از نسبت طول به عرض استفاده شد. همچنین عامل بافت به عنوان یک عامل تأثیرگذار در شناسایی و تشخیص کلاس کاربری اراضی باغی ریزدانه، از سایر کلاس‌ها معرفی گردید. عامل شکل نیز به عنوان عاملی تأثیرگذار در روند جداسازی اراضی تحت آیش کشاورزی از اراضی بایر معرفی گردید. پس از تعیین الگوریتم‌های مناسب برای هر کلاس، از الگوریتم نزدیکترین همسایه برای اجرای شاخص‌های اعمال شده استفاده شد. از عملگرهای منطق فازی به منظور تعریف

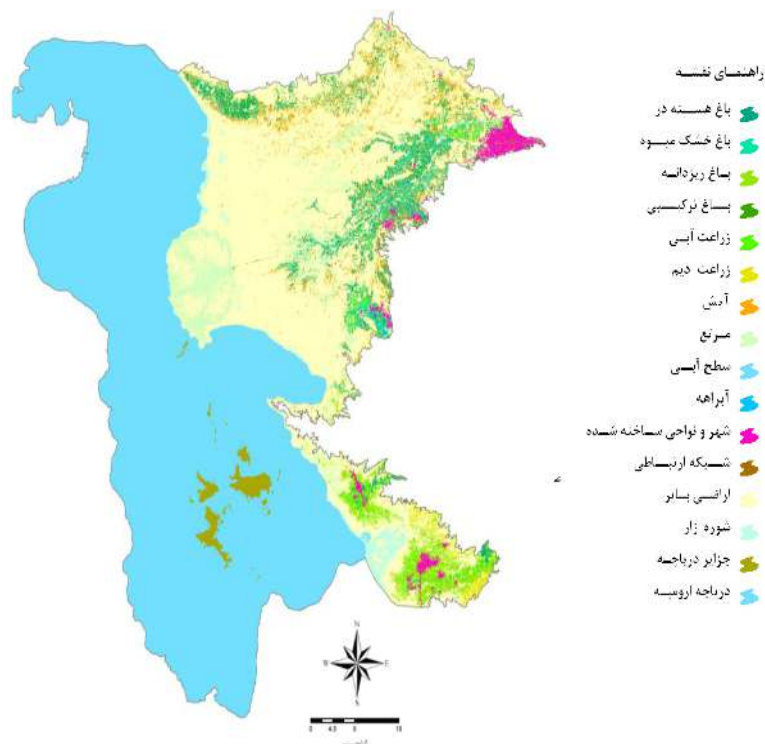


نگاره ۴: الف، نتیجه طبقه‌بندی به روش حداکثر احتمال، ب، نتیجه طبقه‌بندی به روش متوازی السطوح و ج نتیجه طبقه‌بندی به روش حداقل فاصله از میانگین

جدول ۳: مساحت کلاس‌های کاربری اراضی استخراج شده با روش‌های پیکسل پایه و شیء‌گرا

م طبقه‌بندی با روش شیء‌گرا		طبقه‌بندی با الگوریتم متوازی السطوح		طبقه‌بندی با الگوریتم حداقل فاصله		طبقه‌بندی با الگوریتم حداکثر احتمال		کلاس کاربری/پوشش اراضی
ب	الف	ب	الف	ب	الف	ب	الف	
۱	۱	۰/۶	۰/۶۶	۰/۹۲	۰/۹۵	۰/۹۶	۰/۸۹	باغ ریزدانه
۱	۱	۰/۷۸	۰/۷۹	۰/۵۴	۰/۸۱	۰/۷۹	۰/۷۲	باغ خشک میوه
۱	۱	۰/۷۱	۰/۵۷	۰/۵۷	۰/۴۴	۰/۸۹	۱	باغ هسته دار
۰/۳۹	۰/۷۲	۰/۷۸	۱	۰/۴۰	۰/۷۱	۰/۶۱	۰/۸۸	باغ ترکیبی
۱	۱	۰/۹۲	۰/۹۳	۱	۰/۹۷	۱	۱	اراضی زراعی آبی
۱	۱	۰/۹۸	۰/۹۷	۰/۴۶	۰/۵۷	۰/۹۳	۱	اراضی زراعی دیم
۱	۱	۰/۶۵	۰/۹۴	۰/۶۴	۰/۹۴	۰/۹۶	۰/۸۹	اراضی تحت آیش
۱	۱	۰/۹۷	۱	۰/۹۸	۰/۸۷	۰/۹۷	۱	مرتع
۱	۱	۰/۸۴	۰/۶۵	۰/۶۹	۰/۸۶	۰/۷۶	۰/۷۶	سطح آبی
۱	۱	۰/۵۹	۰/۹۴	۰/۱۸	۰/۵۹	۰/۷۰	۰/۹۶	آبراهه‌ها
۱	۰/۷۳	۰/۸۴	۰/۸۷	۰/۹۲	۰/۶۸	۰/۹۵	۰/۸۷	اراضی شهری و ...
۱	۱	۰/۹۱	۰/۸۸	۰/۷۶	۰/۶۸	۱	۰/۹۴	محورهای ارتباطی
۰/۷۷	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	اراضی بایر
۱	۱	۰/۸۲	۰/۸۹	۰/۹۳	۱	۰/۹۴	۰/۹۷	شوره زار

الف: دقت تولید کننده و ب: دقت استفاده کننده



نگاره ۵: نتیجه طبقه‌بندی به روش شی‌آگرا

جدول ۴: نتایج ارزیابی دقت الگوریتم‌های طبقه‌بندی پیکسل پایه

الگوریتم طبقه‌بندی	دقت کلی طبقه‌بندی (درصد)	ضریب کاپای طبقه‌بندی
حداکثر احتمال	۸۷/۶۶	۰/۸۶
متوازی السطوح	۸۳/۹۹	۰/۸۳
حداقل فاصله از میانگین	۷۴/۰۷	۰/۷۳
نزدیکترین	۹۴/۲۰	۰/۹۳

استخراج پارامترهای آماری ارزیابی صحت برای هر کدام از طبقه‌بندی‌های انجام شده به منظور مقایسه نتایج هر یک از الگوریتم‌ها، شامل دقت تولید کننده، دقت استفاده کننده، ضریب کاپا و دقت کلی هر کدام از روش‌های طبقه‌بندی پیکسل پایه و شی‌آگرا به شرح جدول (۳) و (۴) استخراج شد. ارزیابی نتایج طبقه‌بندی‌ها نشان می‌دهد که در میان انواع روش‌های پیکسل پایه، الگوریتم حداکثر احتمال با دقت کلی معادل ۸۷ درصد، در مقایسه با الگوریتم‌های متوازی السطوح (دقت کلی ۸۳ درصد) و حداقل فاصله از میانگین (دقت کلی ۷۴ درصد) دقت بالایی را داراست. اما در مجموع، نتایج حاصله از روش‌های شی‌آگرا با اعمال الگوریتم نزدیکترین همسایگی معادل ۹۴ درصد محاسبه گردید که دست‌یابی به دقت بالا را امکان‌پذیر نموده است. پس از اتمام طبقه‌بندی‌های پیکسل پایه و شی‌آگرا، با تشکیل پایگاه اطلاعات زمینی در محیط GIS مساحت هر کدام از کلاس‌های کاربری اراضی به شرح جدول (۵) محاسبه شد.

#### ۵- بحث و بررسی

در تحقیق حاضر الگوریتم‌های طبقه‌بندی پیکسل پایه و شی‌آگرا در طبقه‌بندی اراضی کشاورزی مورد استفاده قرار گرفت. نتایج بیانگر این مهم است که در میان انواع الگوریتم‌های طبقه‌بندی پیکسل پایه، الگوریتم حداکثر احتمال با دقت کلی معادل ۸۷ درصد، در مقایسه با الگوریتم‌های متوازی السطوح (دقت کلی ۸۳ درصد) و حداقل فاصله از میانگین (دقت کلی ۷۴ درصد) دقت بالایی را ارائه می‌دهد.

این در حالی است که ارزیابی دقت انجام شده برای نتیجه طبقه‌بندی شیء‌گرا معادل ۹۴ درصد محاسبه شد. براساس نتایج پژوهش شباهت‌های طیفی عامل اساسی محدودیت در تکنیک‌های پیکسل پایه می‌باشد که دست‌یابی به دقت بالا را با مشکل مواجه می‌سازد. بنابراین با کاهش شباهت‌های طیفی که یکی از مهمترین مشکلات تکنیک‌های پیکسل پایه است، امکان افزایش دقت طبقه‌بندی به نحو فزاینده‌ای افزایش می‌یابد (Blaschke, 20). براساس نتایج، استفاده تلفیقی از اطلاعات محیطی و ژئومتری می‌تواند در افزایش دقت نتایج نقش قابل توجهی داشته باشد که این مهم در روش شیء‌گرا مورد نظر قرار می‌گیرد. چراکه این روش‌ها علاوه بر اطلاعات طیفی عوارض و پدیده‌های زمینی از سایر علائم تصویری (نظیر: بافت، الگو و شکل) در طبقه‌بندی تصاویر ماهواره‌ای استفاده می‌نمایند.

نتایج تحقیق همچنین نشان می‌دهد که افزایش صحت در الگوریتم نزدیکترین همسایه روش طبقه‌بندی شیء‌گرا در ارتباط مستقیمی با پارامترهای سگمنت‌سازی و مقیاس و تعیین مقیاس سگمنت‌ها ارتباط مستقیمی با تفکیک

آن می‌باشد. تعیین پارامترهای سگمنت‌سازی یکی از مهمترین موارد در پردازش شیء‌گرای تصاویر ماهواره‌ای محسوب می‌شود. با توجه به تجربی بودن انتخاب معیارهای سگمنت‌سازی، بدیهی است که تجربه مفسر نقش مهمی در این فرایند خواهد داشت و مفسر با توجه به شناخت خود از منطقه می‌تواند براساس پارامترهای شکل، بافت، ضریب فشردگی و معیار نرمی شکل سگمنت‌سازی تصویر را انتخاب نماید. همچنانکه در تحقیق حاضر برای دست‌یابی به دقت بالا و استفاده از اطلاعات محیطی از عامل شکل و نسبت طول به عرض به عنوان عاملی مؤثر در جداسازی بستر رودخانه و تفکیک بهتر کلاس اراضی تحت آیش کشاورزی از کلاس اراضی بایر، از عامل بافت به عنوان عاملی تأثیرگذار در جداسازی کلاس تاکستان و از توابع سیگموئید، J شکل و خطی در تعریف شرایط طبقه‌بندی برای کلاس‌ها، استفاده شد.

نتایج پژوهش بیانگر این است که کیفیت سگمنت‌سازی و تعیین مقیاس سگمنت‌ها ارتباط مستقیمی با تفکیک

در ارتباط مستقیمی با پارامترهای سگمنت‌سازی و مقیاس و تعیین مقیاس سگمنت‌ها ارتباط مستقیمی با تفکیک

جدول ۵: مساحت کلاس‌های کاربری اراضی استخراج شده با روش‌های پیکسل پایه و شیء‌گرا

مساحت هر کلاس در طبقه‌بندی با روش شیء‌گرا	مساحت هر کلاس در طبقه‌بندی با الگوریتم متوازی السطوح	مساحت هر کلاس در طبقه‌بندی با الگوریتم حداقل فاصله	مساحت هر کلاس در طبقه‌بندی با الگوریتم حداکثر احتمال	کلاس کاربری/پوشش اراضی (مساحت به هکتار)
۱۲۶۴۶/۲۱	۸۱۲۸/۴۳	۱۳۳۴۹/۰۴	۹۷۷۴/۰۹۲	باغ ریزدانه
۵۵۹۳/۸۶	۶۶۰۳/۷۱	۱۷۲۲۸/۹۲	۵۵۴۴/۶۴	باغ خشک میوه
۱۹۵۴۵/۵۶	۱۶۸۳۶/۳۵	۷۹۳۰/۰۱	۹۶۲۱/۹۱	باغ هسته دار
۹۷۸۷/۷۶	۱۳۰۸۷/۳۱	۲۰۵۷۱/۲	۱۴۱۷۰/۲۲	باغ ترکیبی
۸۱۴۸/۹۵	۲۱۸۳۲/۱۵	۹۷۶۷/۰۳	۹۳۴۸/۴۱	اراضی زراعی آبی
۵۱۳۸/۶۲	۱۷۶۹/۷۹	۲۵۰۷/۳۱	۳۱۷۶/۶۷	اراضی زراعی دیم
۱۸۱۷۳/۰۷	۵۴۱۲۸/۲۴	۱۸۳۵۲/۶۹	۵۰۷۵۸/۲۷	اراضی تحت آیش
۲۷۶۶۸/۶۲	۱۱۳۱۴/۶۶	۱۲۷۶۷/۹۳	۲۱۹۸۱/۲۷	مرتع
۳۱۸/۷	۱۷۳/۲۱	۷۱۶/۰۵	۲۳۹/۲۲	سطح آبی
۰/۸۴۱	۵۶۰/۵۹	۲۳۰/۱۴	۱۵۶/۴۷	آبراهه ها
۷۹۳۰/۳۶	۶۶۳۷/۹۹	۵۰۱۵/۴۹	۶۵۱۲/۵۳	اراضی شهری و ...
۱۱۱۲/۸۸	۲۰۳۶/۷	۱۲۱۸۱/۵۹	۲۴۵۹/۲۰	محور های ارتباطی
۲۵۲۲۶۸/۰۵	۲۳۳۷۵۷/۸۵	۲۶۴۲۲۰	۲۳۴۱۴۳	اراضی بایر
۷۱۴۶/۲۵	۲۳۵/۹	۷۵۵۱/۱۴	۸۱۳۰/۹۹	شوره زار
۳۷۶۰۱۷	۳۷۶۰۱۷	۳۷۶۰۱۷	۳۷۶۰۱۷	جمع

موقعیت و محتوا نیز در فرایند طبقه‌بندی استفاده می‌شود. بنابراین ویژگی‌های هندسی و ژئومتری یکی از مهمترین موارد در پردازش شیء‌گرای تصاویر ماهواره‌ای محسوب می‌شود. در این راستا، استفاده از تصاویر ماهواره‌ای، در روند استخراج نقشه‌های کاربری اراضی از تصاویر ماهواره‌ای با قدرت تفکیک مکانی زیاد نتیجه بهتری را ارائه خواهد نمود. براساس نتایج تحقیق ویژگی‌های هندسی کلاس‌های کاربری اراضی عامل مهمی در شناسایی و طبقه‌بندی آنها توسط روش‌های شیء‌گرا می‌باشد. در این راستا، در اثنای انجام تحقیق مشخص شد که اعمال بافت به عنوان عمل مهمی در شناسایی انواع باغات می‌باشد. همچنین شکل و نسبت سطح درختان در اراضی باغات گردو، بافت در باغات سیب و کتراس در باغات انگور الگوریتم‌های بسیار مناسبی برای تفکیک این باغات شناخته شدند.

براساس نتایج، تصاویر سنجنده Aster از تفکیک مکانی مناسبی برای شناسایی و تخمین سطح زیر کشت محدوده‌های زراعی و باغی برخوردارند، اما توانایی لازم برای تشخیص نوع گونه‌های درختی را ندارند. بنابراین، از نظر قدرت طیفی دارای محدودیت‌های معین تشخیصی هستند. براین اساس استفاده از روش شیء‌گرا و تصاویر ماهواره‌ای با تفکیک مکانی و طیفی بالا، در فرایند طبقه‌بندی تصاویر ماهواره‌ای پیشنهاد می‌گردد. در فرایند انجام تحقیق مشخص شد که استفاده از عامل بافت در طبقه‌بندی شیء‌گرا، اجرای طبقه‌بندی شیء‌گرا تبدیل به فرآیندی بسیار زمان بر می‌شود. لذا به کاربران آتی پیشنهاد می‌شود که در روند پردازش تصاویر ماهواره‌ای از نوع شیء‌گرا در محیط نرم افزارهای تخصصی مانند eCognition از امکانات سخت‌افزاری مناسب بهره‌گیری گردد. نتایج این تحقیق علاوه بر ارائه اطلاعات ارزشمند از انواع اراضی باغی حاشیه شرقی دریاچه ارومیه که برای اهداف مدیریتی اراضی کشاورزی بسیار مهم می‌باشد، برای جامعه علمی سنجش از دور نیز با مقایسه تکنیک‌های طبقه‌بندی و شناسایی کارآمدترین آنها و همچنین معرفی الگوریتم‌های شیء‌گرای مناسب برای

مکانی تصویر ماهواره‌ای دارد و با افزایش تفکیک مکانی تصاویر و دست‌یابی به وضوح بالا در استخراج اشکال پدیده‌های زمینی در روی تصاویر، می‌توان سگمنت‌هایی با کیفیت بالا تولید نموده و دقت طبقه‌بندی را به نحو قابل توجهی افزایش داد. هرچند که در افزایش میزان صحت، عوامل دیگری مانند تعداد کلاس‌ها و دقت مکانی و طیفی سنجنده نیز می‌تواند تأثیر داشته باشد ولی در شرایط یکسان تعیین دقیق عوامل تأثیرگذار نقش قابل توجهی در افزایش دقت طبقه‌بندی دارند. مقایسه نتایج حاصله با تجارب قبلی محققان نشان می‌دهد که بهره‌گیری از یک سیستم GIS تخصصی در زمینه اجرا و مدیریت عملیات کشاورزی ضرورتی اجتناب ناپذیر می‌باشد. در این راستا روش‌های پردازش شیء‌گرای تصاویر ماهواره‌ای می‌توانند تکنیک‌های مناسبی برای تهیه نقشه‌های اراضی کشاورزی و باغی بوده و حتی در صورت استفاده از تصاویر ماهواره‌ای با دقت مکانی مناسب می‌توانند مبنایی برای تهیه نقشه‌های کاداستر زراعی باشند. چنین نتیجه‌ای همچنین در تحقیقات محققین دیگر (Platt and Schoennagel, 2009; Chen et al., 2009; Dehvariet al., 2009; HuiliY and Luo, 2015; Chankon et al., 2015; Tabib Mahmoudi et al., 2013; 2015; Grebby et al., 2016) ; Lindquist and Dannunzio, 2016; نیز به اثبات رسیده و بنابراین براساس نتایج حاصله می‌توان روش‌های شیء‌گرا را به عنوان روش‌های کارآمدی در طبقه‌بندی و استخراج نقشه‌های کاربری اراضی و بروزرسانی آنها معرفی نمود.

## ۶- نتیجه‌گیری

براساس نتایج تحقیق، روش‌های پردازش شیء‌گرا تصاویر ماهواره‌ای در طبقه‌بندی تصاویر رقومی ماهواره‌ای در مقایسه با الگوریتم حداکثر احتمال در روش پیکسل پایه، دست‌یابی به دقت بالاتر را امکان‌پذیر می‌سازد. یکی از مهمترین دلایل دست‌یابی به دقت بالا در روش طبقه‌بندی با الگوریتم نزدیکترین همسایه این است که در این روش علاوه بر اطلاعات طیفی از اطلاعات مربوط به بافت، شکل،

۷- فیضی زاده، ولیزاده کامران؛ حیدری؛ بختیار، خلیل، حسن، (۱۳۸۸). برآورد سطح زیر کشت تاکستان‌های شهرستان ملکان با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای SPOT 5، دانشگاه تبریز، نشریه جغرافیا و برنامه‌ریزی، ۱۴، صفحات ۶۰-۴۷.

۸- فیضی زاده، عزیزی؛ ولیزاده کامران؛ بختیار، حسین، خلیل؛ (۱۳۸۶). استخراج کاربری‌های اراضی شهرستان ملکان با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای ETM+ لندست ۷، مجله آمایش، ۳، صفحات ۲۴-۱.

۹- میرزایی زاده، نیک‌نژاد؛ جعفر اولادی قایدکلی؛ وحید، مریم، جعفر؛ (۱۳۹۴). ارزیابی الگوریتم‌های طبقه‌بندی نظارت شده غیر پارامتریک در تهیه نقشه پوشش زمین با استفاده از تصاویر لندست ۸، سنجش از دور و سامانه اطلاعات جغرافیایی در منابع طبیعی، ۶ (۳)، صفحات ۴۴-۲۹.

10- Aksoy, B; M, Ercanoglu, (2012). Landslide identification and classification by object-based image analysis and fuzzy logic: An example from the Azdavay region (Kastamonu, Turkey),” Computer and Geoscience, 38, pp. 87- 98.

11- Blaschke, T; B, Feizizadeh; D, Holbling, (2014). Object-Based Image Analysis and Digital Terrain Analysis for Locating Landslides in the Urmia Lake Basin, Iran, IEEE Journal of Selected Topics in Applied Earth Observations and Remote Sensing, DOI: .19/ JSTARS.2014.2350036

12- Blaschke, T, (20). Object based image analysis for remote sensing, ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing, 65, pp. 2-16.

13- Chavez, P.S. (1988). An improved dark-object subtraction technique for atmospheric scattering correction of multi-spectral data, Remote Sensing of Environment, 24 (3), 1988, pp. 459-479.

14- Chankon, K; S, Iabchoon; S, Wongsai. (2015). Urban landuse mapping on object based image analysis using world world view 3 image satellite imagery, Asian, Association on Remote sensing, pp. 1-9.

15- Chen, M; W, Su; L, Li; Z, Chao; A, Yue; H, Li H. (2009). of Pixel-based and Object-oriented Knowledge-based Classification Methods Using SPOT5 Imagery,

شناسایی هریک از کلاس‌های کاربری اراضی، می‌تواند راهگشای تحقیقات آتی در انتخاب الگوریتم‌های مناسب طبقه‌بندی تصاویر ماهواره‌ای باشد.

## منابع و مآخذ

۱- حیدریان، رنگزن، ملکی، تقی‌زاده؛ پیمان، کاظم، سعید، ایوب، (۱۳۹۲). پایش تغییرات کاربری اراضی با استفاده از روش مقایسه پس از طبقه‌بندی تصاویر ماهواره لندست (مطالعه موردی: اراضی شهر تهران)، سنجش از دور و سامانه اطلاعات جغرافیایی در منابع طبیعی، ۴ (۴)، صفحات ۱-۱.

۲- رضایی مقدم، رضایی بنفشه؛ فیضی‌زاده؛ نظم‌فر؛ محمدحسین، مجید، بختیار، حسین؛ (۱۳۸۹). طبقه‌بندی پوشش اراضی/کاربری اراضی براساس تکنیک شیء‌گرا و تصاویر ماهواره‌ای، مطالعه موردی: استان آذربایجان غربی. پژوهش‌های آبخیزداری، ۲۳ (۲)، صفحات ۱۹-۳۲.

۳- فیضی‌زاده، سلمان؛ بختیار، سعید، (۱۳۹۵). مدل‌سازی تخریب اراضی کشاورزی بر اثر رشد و توسعه شهری با بکارگیری روش‌های شیء‌پایه پردازش تصاویر ماهواره‌ای، آمایش سرزمین، ۸ (۲)، صفحات ۲۰۲-۱۷۷

۴- فیضی‌زاده، پیرنظر؛ زند کریمی؛ عابدی؛ بختیار، مجتبی، آرش، حسن؛ (۱۳۹۴). ارزیابی استفاده از الگوریتم‌های فازی در افزایش دقت نقشه‌های کاربری اراضی استخراج شده با روش‌های پردازش شیء‌گرا، فصلنامه علمی پژوهشی اطلاعات جغرافیایی، ۲۴ (۹۴)، صفحات ۱۱۸-۸.

۵- فیضی‌زاده، هلالی؛ بختیار، حسین؛ (۱۳۸۸). مقایسه روش‌های پیکسل پایه و شیء‌گرا و پارامترهای تأثیرگذار در طبقه‌بندی پوشش/کاربری اراضی استان آذربایجان غربی، نشریه پژوهش‌های جغرافیایی طبیعی، شماره ۷۱، صفحات ۷۳-۸۴.

۶- فیضی‌زاده، جعفری، نظم‌فر؛ بختیار، فیروز، حسین؛ (۱۳۸۷). کاربرد داده‌های سنجش از دور در آشکارسازی تغییرات اراضی شهری، دانشگاه تهران، نشریه هنرهای زیبا، شماره ۳۴، صفحات ۲۴-۱۷.



- 25- Tabib Mahmoudi. F; F, Samadzadegan; P, Reinartz. (2015). Context aware modification on the object based image analysis, Society of Remote Sensing, doi: .07/ s12524-015.
- 26- Tabib Mahmoudi. F; F, Samadzadegan; P, Reinartz. (2013). Object oriented image analysis based on multi-agent recognition system, Computers & Geosciences, 54, pp.219-230.
- 27- Turner, B.L; A.C, Janetos; P.H, Verburg; A.T, Murray. (2013) Land system architecture: Using land systems to adapt and mitigate global environmental change. Glob. Environ. Change, 23, pp. 395-397.
- Wseas Transactions on Information Science and Applications, ISSN: 1790-0832, pp, 477-489
- 16- Dehvari, A; A.J, Heck. (2009). Comparison of object-based and pixel based infrared airborne image classification methods using DEM thematic layer, Journal of Geography and Regional Planning, 2(4), pp. 086-096,
- 17- Goodin, D.G; K.L, Anibas; M, Bezymennyi. (2015). Mapping land cover and land use from object-based classification: an example from a complex agricultural landscape, International Journal of Remote Sensing, 35(18), pp. 4702-4723.
- 18- Grebby, S; E, Field; K, Tansey. (2016). Evaluating the Use of an Object-Based Approach to Lithological Mapping in Vegetated Terrai, Remote Sensing. 8, 843; doi:.3390/rs80843.
- 19- Hay, G. J; T, Blaschke. (20).Foreword special issue: Geographic objectbased image analysis (GEOBIA), Photogramm. Enginiring Remote Sensing, 76(2), pp. 121-122.
- 20- Huili, Y; M, Ronghua; J, Luo. ( 2015). Mappin orchards on plain terrains using multi-temporal medium-resolution satellite imagery, Applide Engineering in Agriculture.
- 21- Lillesand, T. M; R.W, Kiefer. (200. Remote sensing and image interpretation, John Weily& Sons Inc., New York, p 749.
- 22- Lindquist, E; R, Dannunzio R. (2016). Assessing global forest land-use change by object-based image analysis, Remote Sensing, 8, 678; doi: .3390/rs8080678.
- Li. X; G, Shao. (2014). Object-based land-cover mapping with high resolution aerial photography at a county scale in midwestern USA, Remote Sensing, 6, pp.11372-11390.
- 23- Li, X.; S.W, Myint; Y, Zhang; C, Galletti; X, Zhang; B, Turner; L, II. (2014). Object-based land-cover classification for metropolitan Phoenix, Arizona, using aerial photography. Interantional Journal of Earth Observartion and Geoinformatics, 33, pp. 321-330.
- 24- Platt, R. V; T, Schoennagel. (2009). An object-oriented approach to assessing changes in tree cover in the colorado front range 1938-1999, Forest Ecology and Management, 258, pp. 1342-1349.