

# استفاده از روش طبقه بندی زیرپیکسلی به منظور افزایش دقت تخمین مساحت زمین های کشاورزی

## (مطالعه موردی تصویر منطقه سمیرم)

نویسنده:

کارشناس ارشد سنجش از دور دانشکده مهندسی نقشه برداری، دانشگاه صنعتی خواجه نصیرالدین طوسی  
ali.ghafouri@gmail.com

مهندس علی غفوری

### چکیده

مساحت زمین های کشاورزی در مسائل کلان اقتصاد کشاورزی یکی از مهم ترین عوامل برای برنامه ریزی های میان مدت و درازمدت است. با توجه به این که در کشور ما هنوز هم کشت سنتی قسمت قابل توجهی از زمین های کشاورزی را به خود اختصاص داده است، تعیین دقیق مساحت زیر کشت زمین های کشاورزی برای برآوردهای اقتصادی و همچنین اختصاص یارانه های کشاورزی اهمیت زیادی دارد. زمین های با کشت سنتی غالباً دارای مساحت کم بوده و صاحبان آنها مطابق با برنامه زمانبندی یا تقویم زراعی به کشت نمی پردازند. لذا مدیریت منابع در این زمینه با مشکل مواجه می شود. اندازه گیری مساحت باروش های معمول نقشه برداری زمینی امکان پذیر نیست و به منظور ارزیابی کلان، استفاده از فن آوری سنجش از دور کمک شایانی به این بخش می کند. مطمئن ترین و رایج ترین شیوه استخراج اطلاعات از تصاویر سنجش از دور طبقه بندی تصویر است. استفاده از تمایز مشخصات طیفی پوشش ها و عوارض مختلف، امکان طبقه بندی تصویر را برای کاربران فراهم می سازد. روش طبقه بندی پیکسلی<sup>۱</sup> که هر پیکسل را تنها به یک کلاس اختصاص می دهد به علت خطای زیاد منسوخ شده و روش های طبقه بندی زیرپیکسلی و تجزیه اختلاط طیفی<sup>۲</sup> جایگزین آن شده است [۳]. برای ارزیابی روش طبقه بندی زیرپیکسلی، این روش برای ۱۹ بلوک کشاورزی با نقشه کاربری که مساحت دقیق آنها را ارائه می داد، مورد آزمون قرار گرفت. نتیجه نهایی حاکی از آن بود که دقت این روش در مقایسه با روش طبقه بندی معمولی تصویر برای ۱۴ بلوک از میان ۱۹ بلوک کشاورزی، به میزان قابل توجهی از دقت بالاتری برخوردار است.

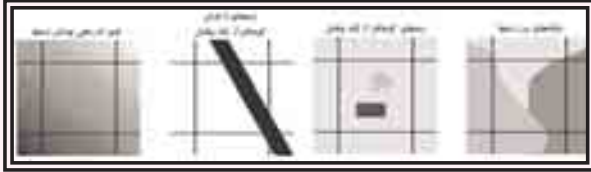
**واژگان کلیدی:** تجزیه اختلاط طیفی، تصاویر ماهواره ای، تقریب مساحت، زمین های کشاورزی، طبقه بندی زیرپیکسلی

مورد نیاز، لزوم دسته بندی صدها هزار قطعه زمین کشاورزی را ایجاب می نماید که بدون به کارگیری روش های سنجش از دور این امر امکان پذیر نمی باشد. برای این منظور در استفاده از داده های سنجش از دور و بارعایت هزینه، از سنجنده ای همچون ASTER که دارای توان تفکیک کافی می باشد، استفاده شد [۸]. سنجنده ASTER یک سنجنده چندطیفی<sup>۳</sup> است و دارای ۱۴ باند طیفی می باشد. برای طبقه بندی زیرپیکسلی همان طور که در بخش های بعدی بیشتر توضیح داده می شود، افزایش تعداد باندهای طیفی منجر به بالاتر رفتن دقت طبقه بندی می شود (و به همین دلیل استفاده از تصاویر پرتیفی<sup>۴</sup> برای این روش طبقه بندی

### ۱. مقدمه

تخمین دقیق مساحت زمین های کشاورزی از اهمیت بالایی برخوردار است زیرا بر اساس همین اطلاعات، میزان محصول با دقت بیشتری برآورد می شود. از سوی دیگر یارانه های بخش کشاورزی نیز بر پایه میزان مساحت هر زمین تخصیص می یابد؛ ضمن آنکه هرچقدر درجه اطمینان، درستی و دقت این اطلاعات بالاتر باشد، بهتر می توان از سوء استفاده های احتمالی جلوگیری کرد. بررسی های اقتصادی اعم از برآورد محصول و میزان یارانه

کوچکتر است، یعنی هم زمین‌هایی که در یک بعد از ابعاد پیکسل کوچکترند و هم زمین‌هایی که ابعاد آنها در هر دو بعد می‌تواند از ابعاد پیکسل کوچکتر باشد. مورد سوم ویژه مواردی است که محتوای پیکسل تقریباً خالص است ولی بخشی از انرژی پیکسل مجاور نیز، محتوی آنرا تحت تأثیر قرار داده است [۳ و ۱]. شکل ۱ طرحی شماتیک از موارد مذکور را ارائه می‌کند.



شکل ۱. طرحی شماتیک از پیکسل‌های مختلط در تصویر زمین‌های کشاورزی [۳]

در روش‌های تولید نقشه‌های کاربری، عموماً هر یک از پیکسل‌های مختلط را مانند سایر پیکسل‌ها در یک کلاس خاص طبقه‌بندی می‌کنند. این در حالیست که پیکسل مختلط به بیش از یک کلاس تعلق دارد. روش‌های طبقه‌بندی پیکسلی قادر به جداسازی پیکسل‌های مختلط نیستند.

### ۳. روش‌های طبقه‌بندی زیرپیکسلی (تجزیه اختلاط طیفی)<sup>۶</sup>

تاکنون روش‌های متنوعی برای طبقه‌بندی زیرپیکسلی و طبقه‌بندی زیرپیکسلی پیشنهاد شده است که در [۲ و ۳] به تعداد قابل توجهی از این روش‌ها، با توضیحات کامل اشاره شده است. در اینجا برای بررسی اثر تصحیحات جوی بر نتایج حاصل از طبقه‌بندی صرفاً از روش تجزیه خطی اختلاط طیفی استفاده می‌شود.

#### روش تجزیه خطی اختلاط طیفی<sup>۷</sup>

پیکسل‌های مختلط با معکوس کردن مدل آماری که بیشتر گفته شد، می‌تواند تجزیه شود. مدل اختلاط خطی، معمولاً به صورت ماتریس زیر نوشته می‌شود:

$$x = Mf + e \quad (1)$$

در این رابطه، بردار  $f$  ضرایب سهم اعضا در پیکسل است و

بیشتر رایج است) ولیکن به جهت آنکه در این پژوهش ارزیابی مساحت هدف اصلی است، تصاویر می‌بایست از توان تفکیک مکانی خوبی برخوردار باشند. از این حیث سنجنده ASTER با دارا بودن هر دو ویژگی مناسب تشخیص داده می‌شود. برای اندازه‌گیری مساحت به کمک روش سنجش از دور، پیش از این، پس از تعلق هر یک از پیکسل‌ها به یک کلاس طیفی در یک فرآیند طبقه‌بندی، پیکسل‌های موجود در هر کلاس شمارش می‌شد و مساحت کلاس با ضرب کردن تعداد پیکسل‌ها در مساحت یک پیکسل تصویر، مشخص می‌گردید. در این میان، برخی از پیکسل‌ها یا طبقه‌بندی نمی‌شدند و یا به طور نادرست طبقه‌بندی می‌گردیدند. برای حل این مشکل، روش پیشنهادی انجام یک فرآیند ناحیه‌بندی<sup>۵</sup> قبل از طبقه‌بندی تصویر است [۶]. انجام یک فرآیند ناحیه‌بندی، به دست آوردن یک طبقه‌بندی کلی از تصویر را منجر می‌شود که طبعاً در این روش پیکسل‌های مرکزی زمین‌های کشاورزی بهتر طبقه‌بندی می‌شوند ولی طبقه‌بندی پیکسل‌های مرزی همچنان از عدم قطعیت برخوردار است. با استفاده از روش تجزیه خطی اختلاط طیفی Horwitz [۵] می‌توان دقت طبقه‌بندی را بهبود بخشید به نحوی که پیکسل‌های مختلط با سهم‌های متفاوت، به چند کلاس مختلف اختصاص یابند.

### ۲. اختلاط طیف بیش از یک نوع پوشش در پیکسل

#### ۲.۱. پیکسل‌های مختلط

قبل از مبحث جداسازی و طبقه‌بندی پیکسل‌های مختلط، بهتر است پدیده پیکسل مختلط و چگونگی ایجاد آن را مرور کنیم. یک پیکسل مختلط عبارت است از پیکسلی که انرژی دریافت شده از آن توسط سنجنده، حاصل بازتاب بیش از یک عارضه یا موضوع باشد. عموماً در همه تصاویر سنجش از دور بسته به توان تفکیک مکانی سنجنده مورد استفاده، تعداد قابل توجهی پیکسل مختلط وجود دارد. مواردی که باعث به وجود آمدن یک پیکسل مختلط در تصویر زمین‌های کشاورزی می‌شود، موقعیت‌های ویژه‌ای است که تعدادی از آنها را به اختصار در ذیل شرح می‌دهیم:

رایج‌ترین مورد آن، لبه‌های زمین‌های بزرگ است. مورد شایع دیگر، مربوط به مواردی است که ابعاد زمین از توان تفکیک مکانی

مساحت واقعی.

ب- مقایسه زمین به زمین مساحت تخمین زده شده با مساحت واقعی.

ت- مقایسه محصول به محصول (کلاس به کلاس) مساحت تخمین زده شده با مساحت واقعی.

ث- محاسبه درجه اطمینان طبقه بندی و طبقه بندی زیرپیکسلی به صورت پیکسل به پیکسل.

در [۳] مفصلاً بر روی این گزینه‌ها بحث شده است و به رغم اینکه هیچکدام از چهار گزینه فوق مزیت ویژه‌ای نسبت به بقیه ندارند ولی روش دوم با کمی تغییر می‌تواند به عنوان راه حل این طرح برای ارزیابی تخمین مساحت به کار گرفته شود. با این تفاوت که به جای مقایسه مساحت تخمین زده شده و واقعی زمین‌ها با یکدیگر، بایستی مساحت تخمین زده شده و مساحت واقعی قطعات را با یکدیگر مقایسه کنیم.

## ۵. مطالعه و ارزیابی دقت تخمین مساحت به کمک تصویر ASTER

منطقه مورد مطالعه در ۴۰ کیلومتری شمال شهر ساوه، در شمال شرق استان مرکزی بین عرض جغرافیایی 30°40'00"E و 30°55'00"E و طول جغرافیایی 51°30'00"N و 52°00'00"N واقع است. این محدوده منطقه‌ای است به ابعاد تقریبی 27.7km x 47.7km.



شکل ۲. نقشه موقعیت منطقه مورد مطالعه

بر اساس نقشه موجود، منطقه مورد مطالعه، مسطح و به طور عمده برای کشت محصولات کشاورزی کاربری دارد. شبکه‌ای از راه‌ها، آبراهه‌ها و نهرها منطقه را شکل می‌دهند. بسیاری از کشاورزان، هر قطعه را به چند زمین کوچکتر تقسیم می‌کنند تا در

ماتریس  $M$  بازتاب میانگین پوشش‌های متفاوت است. تغییرات احتمالی بازتابندگی عضوها در بردار خطای  $e$  می‌آید. مجدداً، اگر تعداد باندهای طیفی و نوع پوشش‌های گیاهی به ترتیب  $n$  و  $c$  فرض شوند،  $x$  بردار ستونی پیکسل با ابعاد  $n \times 1$  یا همان مشاهده چند طیفی است و  $f$  بردار ضرایب وزنی با ابعاد  $c \times 1$  است که وزن انواع پوشش‌های زمینی را بیان می‌دارد. هر ستون ماتریس  $M$  با ابعاد  $n \times c$  بازتابندگی طیفی هر یک از عضوها را شامل می‌شود. در نهایت بردار خطای  $e$  با ابعاد  $n \times 1$  برای مدل کردن نوسانات آماری حول مقدار میانگین  $m(f) = Mf$  به کار می‌رود. فرض می‌شود که یک توزیع نرمال با میانگین صفر و ماتریس واریانس-کوواریانس  $N(f)$  وجود داشته باشد. معادلات اختلاط (۱)، معمولاً با ۲ قید همراه هستند و برای آنکه معادله، یک جواب صریح و منحصر به فرد داشته باشد، این قیود باید تأمین شوند. قید واحد شدن مجموع بیان می‌دارد: زمانی پیکسل به طور کامل توسط اجزایش شناخته شده است که مجموع سهم‌های وزنی اجزاء در آن پیکسل، واحد شود:

$$\sum_{i=1}^c f_i = 1 \quad (2)$$

قید دیگری که الزاماً باید تأمین شود، قید مثبت شدن است، که بیان می‌دارد: هیچ یک از وزن اجزاء پیکسل مختلط نمی‌توانند در مجموع، منفی ظاهر شوند (ضریب و سهم منفی داشته باشند)

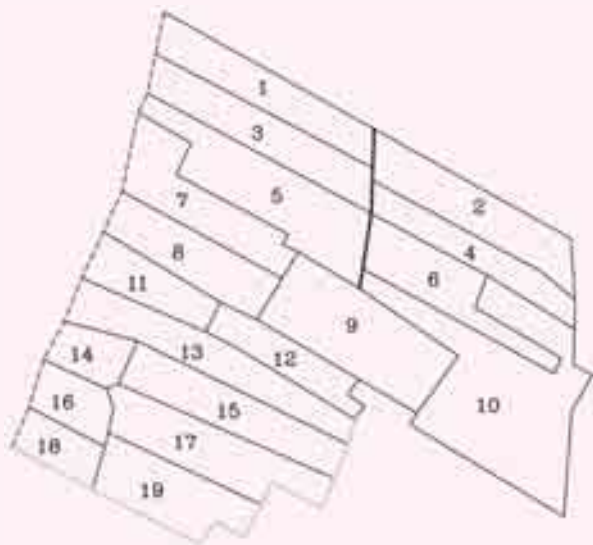
$$f_i \geq 0 \text{ for } i=1, \dots, c \quad (3)$$

تأمین شدن قید دوم، معمولاً دشوار است و نیاز به اعمال روش‌های ویژه‌ای دارد. معادلات اختلاط و قیود ذکر شده با هم، معادلاتی را تشکیل می‌دهند که بایستی برای تجزیه هر پیکسل مختلط، توأمان حل شوند. با داشتن  $x$  و  $M$  و از طریق معادلات (۱) تا (۳) بردارهای ضرایب وزنی  $f$  و خطای  $e$  به دست می‌آید.

## ۴. ارزیابی دقت تخمین مساحت

به منظور ارزیابی دقت و صحت تخمین مساحت چند گزینه وجود دارد:

أ- مقایسه پیکسل به پیکسل مساحت تخمین زده شده با



شکل ۳. نقشه بُرداری ۱۹ قطعه کشاورزی که در این پژوهش بررسی شده‌اند. قطعات کشاورزی با آبراهه یا مرزهای ساخته شده نظیر ردیف‌های درخت (خط سیاه ضخیم)، جاده خاکی (خط چین) و آبراهه (خط خاکستری) از همدیگر جدا شده‌اند.

$$e_A = \frac{1}{2} \sum_i \hat{A}_i - A_i \quad (4)$$

همان‌طور که گفته شد، در این پژوهش بررسی دقت تخمین مساحت قطعات کشاورزی مد نظر بوده و نه مساحت اختصاص یافته به انواع مختلف محصولات یعنی کلاس‌های طبقه‌بندی طیفی. بنابراین، در رابطه فوق  $A_i$  و  $\hat{A}_i$  به ترتیب مساحت واقعی و مساحت تخمین زده شده قطعه زمین  $i$ ام هستند. همواره کسری تخمین مساحت یک قطعه منجر به اضافه تخمین مساحت قطعه دیگر می‌گردد؛ لذا یک ضریب ۷۲ برای جبران این امر در رابطه فوق منظور شده است. اما به دلیل آنکه منطقه مورد مطالعه منطقه کوچکی است، در تصویر حاضر الزاماً کسری تخمین مساحت یک قطعه منجر به اضافه تخمین مساحت قطعه دیگر نشده و می‌تواند در پس‌زمینه جبران شود. لذا می‌توان ضریب ۷۲ را منظور نکرد. ولی از آنجا که به دلیل نسبی بودن مقایسه، حضور و عدم حضور این ضریب نقشی در برتری یا عدم برتری روش تخمین ندارد، آنرا حذف نمی‌کنیم.

آنها کشت‌های متفاوتی را انجام دهند. مرز این زمین‌ها توسط کشاورز تعیین می‌شود و ممکن است سال به سال تغییر کند.

تجزیه و تحلیل کمی روش‌های متفاوت تخمین مساحت صرفاً با در اختیار داشتن نقشه منطقه امکان‌پذیر است. به نحوی که دقت نقشه حتماً باید بیشتر از توان تفکیک مکانی تصویر باشد. برای این منظور از نقشه ۱:۱۰۰۰ منطقه که از برداشت‌های زمینی ترسیم شده بود، استفاده گردید (شکل ۳). با توجه به دقت ۰/۵ متری نقشه‌ها ملاحظه می‌شود که دقت چند برابر توان تفکیک ۱۵ متری تصویر است. ثبت مختصاتی نقشه به تصویر همان منطقه با تبدیل آفاین که از طریق انتقال، دوران و مقیاس نقشه بُرداری، این تبدیل را انجام می‌دهد، صورت گرفت. به منظور ارزیابی دقت تخمین مساحت، دقت نقشه ۱:۱۰۰۰ موجود به اندازه کافی بالا است. روش‌های تخمین مساحت، همگی مساحت زمین‌های کشاورزی را اندازه می‌گیرند و نه قطعات را؛ از این رو چند مرحله اضافی باید انجام شود تا این مقایسه امکان‌پذیر باشد. به عنوان اولین مرحله، بایستی نقشه بُرداری به رستر تبدیل شده ۸ تا مشخص شود چه پیکسل‌هایی به چه قطعه‌ای تعلق دارند. تصویر حاصل برای انطباق بر روی تصویر اراضی به کار می‌رود. متأسفانه محاسبه مساحت قطعات صرفاً با جمع کردن مساحت زمین‌های کشاورزی موجود در آن به دست نمی‌آید؛ چراکه قسمتی از مرز میان زمین‌ها جزو کلاس‌های لبه است. بعد از یک ضرب ساده- با در نظر گرفتن سطح ۱۵×۱۵ متر مربع برای هر پیکسل- می‌توان مساحت حاصل از روش تخمین را به دست آورد و با مساحت واقعی آن قطعه مقایسه نمود. بنابر آنچه بیان گردید، قابل ملاحظه است که روش طبقه‌بندی زیرپیکسلی برای تخمین سطح قطعات زمین بسیار مناسب است؛ بر خلاف روش انتخاب سرتاسری عضوهای طیفی که بیشتر برای تخمین سطح کلاس‌ها مناسب است.

برای ساده شدن مقایسه نتایج تخمین سطح، بهتر است یک معیار واحد بر اساس تقریب سطح قطعه‌ها داشته باشیم. ضمن آنکه لازم است بتوانیم بهترین حالت را از میان آستانه‌های مختلف ناحیه‌بندی و همین‌طور کلاس‌های مختلف برای لبه‌ها برگزینیم. پارامتری برای خطا که ویژگی‌های فوق را داشته باشد توسط Gebbinck [۷] معرفی گردیده است:

## ۶. نتایج

بخش ۱-۶ تقریب‌های به دست آمده از قطعات را نشان می‌دهد و آنها را با مقادیر واقعی که از نقشه برداری به دست آمده است مقایسه می‌کند. بخش ۲-۶ به این تجزیه و تحلیل می‌پردازد که مرزها چگونه در فرآیند تخمین مساحت پردازش می‌شوند. بخش ۳-۶ بحث بر روی ارزیابی نتایج این پژوهش را ارائه می‌کند.



شکل ۴. نقشه برداری که بر روی تصویر رنگ

کاذب (RGB:۴۵۳) منطبق شده است. مرز قطعات به رنگ

مشکی و مرز زمین‌ها به رنگ سفید ظاهر شده‌اند.

## ۱.۶. تقریب مساحت قطعات کشاورزی

در جدول ۱، مساحت ۱۹ قطعه زمین که از نقشه برداری محاسبه شده است با مقادیر نظیر آنها که توسط روش طبقه بندی و تجزیه طیفی تخمین زده شده، آمده است. به غیر از عوارض مرزی برای ذرت دانه‌ای و چغندر قند که موجب می‌شد خطای مساحت برای کلاس خیلی بالا رود، خطای مساحت برای تجزیه اختلاط طیفی ۴۸/۶۲۶ است که قریب به یک چهارم ۲۰۷/۳۵۹ برای طبقه بندی معمولی پیکسلی است. با ملاحظه نتایج هر قطعه کشاورزی به طور جداگانه، مشاهده می‌شود که برای ۱۴ قطعه، روش طبقه بندی زیرپیکسلی نتیجه بهتری ارائه کرده و برای ۲ مورد هم دو روش به طور یکسان جواب داده‌اند. تنها در ۳ مورد روش طبقه بندی زیرپیکسلی صحت کمتری را نشان می‌دهد که با مشاهده هر مورد

۱۳۹۴		۱۳۹۵		خط (۱-۱۱)	
روش طبقه بندی زیرپیکسلی	مساحت	تحراف معیار	روش طبقه بندی پیکسلی	مساحت	تحراف معیار
۱	۹۰۵۵۹۷.۹۲۵	۱.۰۸۷	۹۰۵۵۹۶.۸۵	۸	۳.۰۳۱
۲	۱۰۱۱۳۵۷۲.۷۸۱	-۲۱.۸۹۱	۱۰۱۳۳۹۳.۶	۷۲	-۳.۱۴۰
۳	۹۷۷۸۲.۹۸۷	-۱۷.۱۵۱	۹۷۷۸۵.۱۱	۸	-۳.۰۱۷
۴	۶۷۷۹۹.۱۱۶۶	-۲۰.۲۲۱	۶۷۳۱۰.۳۶	۷	-۴.۶۶۷
۵	۱۳۸۶۹۱۹.۷۶۰	-۴۵.۴۱۶	۱۳۸۶۶۶۲.۱	۷۶	-۱۷.۰۰۶
۶	۸۴۳۷۹.۱۷۵۳	-۲۲.۸۲۶	۸۴۳۷۶۳.۵۷	۹	-۴.۷۹۲
۷	۹۴۹۴۲۱.۵۵۸	۴۰.۱۱۸	۹۴۹۲۳.۴۴	۰	۸.۱۹۸
۸	۸۴۷۷.۵۱۰۵۹	۲۸.۶۰۲	۸۴۷۲۶.۴۵	۷	۳.۳۳۴
۹	۱۴۱۳۹۹۷.۹۱۷	۰.۴۴۴	۱۴۱۳۹۹۷.۴	۲۰	۱.۰۳۳
۱۰	۲۳۹۲۷۷۲.۲۲۱	۰.۶۶۷	۲۳۹۴۶۷۱.۸	۶۵	۲.۰۱۴
۱۱	۵۵۸۵۳۹۲۶	۳.۶۷۳	۵۵۸۵۳۳.۲۷	۱	۱.۲۰۱
۱۲	۵۶۹۸۵۹.۹۷۸	-۰.۷۲۷	۵۶۹۸۶۰.۷۰	۳	-۰.۲۳۳
۱۳	۱۰۸۳۱۷۱.۸۹۲	-۳۲.۳۲۲	۱۰۸۱۴۳۰.۲	۱۴	-۲.۶۱۷
۱۴	۳۶۹۲۱۳.۸۲۶	۳.۹۹۹	۳۶۹۲۰۹.۸۱	۷	۱.۲۳۴
۱۵	۹۶۹۸۲۷.۰۲	-۱.۴۹۱	۹۶۹۸۲۳.۱۹	۳	-۰.۵۴۶
۱۶	۴۱۲۱۳.۳۲۲	۷.۱۸۳	۴۱۲۱۲.۱۵	۸	۱.۵۰۰
۱۷	۱۰۵۹۲۲۱.۱۶۵	-۰.۶۷۶	۱۰۵۹۴۲۱.۸	۴۱	-۱.۸۰۷
۱۸	۳۷۷۷۱.۱۲۸۸	-۸۶.۰۵۰	۳۷۷۱۵۷.۳۳	۸	-۲۱.۳۲۳
۱۹	۸۷۹۸۸۸.۴۶۱	-۸۰.۱۷۱	۸۷۹۹۶۳.۶۱	۲	-۱۶.۵۳۸

جدول ۱. مقایسه مساحت محاسبه شده از نقشه برداری با نتیجه به دست آمده از روش‌های طبقه بندی و تجزیه

طیفی؛ واحد ارقام پیکسل می‌باشد. نام قطعات بر اساس نوع پوششی که بیشترین سطح قطعه را به خود

اختصاص داده انتخاب شده است. نتایج روش طبقه بندی با در نظر گرفتن و بدون در نظر گرفتن خاک لخت به

عنوان یک نوع لبه محاسبه شده است. مساحت هابر حسب متر مربع می‌باشند.

توجهی برای این اتفاق وجود دارد.

در جدول ۱ ملاحظه می‌شود که مساحت همه زمین‌هایی که در حد وسیع پوشیده از خاک لخت و سیب زمینی هستند، به میزان قابل توجهی کمتر از مساحت واقعی آنها توسط روش طبقه بندی تخمین زده شده است. علت این امر آنست که خاک لخت

سطح قطعات شماره ۱۸ و ۱۹ بیشتر از مقدار واقعی آن در روش تجزیه طیفی و خیلی بیشتر از مقدار واقعی در روش طبقه بندی پیکسلی تخمین زده شده است. علت اصلی این موضوع پیکسلی هایی است که در مرز جنوب شرقی قطعه واقع هستند و طیف آنها ترکیبی است از طیف آبراهه، نوع پوشش این قطعات و کلاس دیگری که در خارج از محدوده قطعات ۱۸ و ۱۹ می باشد. از آنجا که هم کشت قطعه ۱۹ و هم کشت یکی از زمین های خارج از قطعه ۱۹، ذرت دانه ای می باشد و میان ذرت دانه ای (به علت تراکم کم) و سیب زمینی شباهت طیفی وجود دارد، لذا حتی روش تجزیه طیفی، تمام آن پیکسل ها را به عنوان قطعه ۱۹ فرض کرده است. تجزیه طیفی در ۱۴ مورد دقیق تر از روش طبقه بندی است، در ۲ مورد تقریباً نتیجه یکسانی ارائه می کند (۱ پیکسل) و به دلایلی که بیشتر اشاره شد در ۳ مورد دقت کمتری نشان می دهد. حذف خاک لخت از میان کلاس ها به میزان قابل توجهی بر دقت تخمین مساحت تأثیر منفی دارد و کاملاً محرز است که خاک لخت یک نوع لبه مرزی است و حتماً باید لحاظ شود.

## ۲.۶. پردازش مرز قطعات کشاورزی

آگاهی از موقعیت قرارگیری شروع و پایان مرزها، در تعیین مساحت نقش مهمی دارد. مشکل اساسی اینجاست که پهنای اکثر مرزها خیلی کم است (کمتر از یک پیکسل) و جنس آنها نیز می تواند خیلی پیچیده باشد نظیر جاده آسفالتی که آبراهه و باریکه ای چمن نیز کنار آن باشد. به علت کوچکی اندازه و نیز تنوع آن، این عوارض معمولاً در نقشه ها ترسیم نمی شوند و معمولاً در اختیار داشتن نقشه ای که این عوارض در آن برداشت و ترسیم شده باشد، نیاز به حجم زیادی از کار زمینی دارد. حتی اگر چنین نقشه ای هم فراهم شود، به دلیل دقت کمی که حین ثبت مختصات بر روی تصویر داریم، چندان سودی ندارد. اما برای بررسی کیفی و شناسایی نوع لبه هایی که برای زمین های کشاورزی می توان متصور شد، می توان یک سری اطلاعات را برای تشخیص ساده تر به صورت صرفاً توضیح به نقشه اضافه کرد. به عنوان مثال اینکه آیا نواری از درخت، جاده آسفالتی و آبراهه وجود دارند یا خیر.

در طبقه بندی پیکسلی تصویر پیکسل های درخت در مرز قطعات ۵ و ۶ با یکدیگر به کلاس ذرت دانه ای تجزیه شدند که دقیقاً با اطلاعات نقشه برداری همخوانی دارد و این موضوع باعث

به عنوان کلاس لبه فرض می شود؛ لذا بسیاری از پیکسل های خالص این قطعات ممکن است به جای آنکه به خود قطعه اطلاق یابند به عنوان مرزهای آن طبقه بندی شوند. از سوی دیگر، تجزیه طیفی می تواند این اختلافات ظریف را هم شناسایی کند و از عهده چنین مواردی برآید. برای اطمینان از صحت این نظریه، طبقه بندی را بدون در نظر گرفتن کلاس خاک لخت هم انجام دادیم. نتایج روش طبقه بندی نشان می دهد که تقریب مساحت ها برای قطعات پوشیده از خاک لخت به میزان قابل توجهی بهبود می یابد. سطح تخمین زده شده قطعه ۱۳ در روش طبقه بندی زیرپیکسلی، کمی بیشتر از سطح واقعی آن است ولی برای روش طبقه بندی پیکسلی به میزان زیادی کمتر از مقدار واقعی است. علت این اختلاف فاحش آن است که نقشه برداری تطابق خیلی کمی با واقعیت های زمینی دارد. همان طور که در شکل ۴ ملاحظه می شود، قطعه ۱۳ صرفاً از سیب زمینی پوشیده نشده بلکه نوار باریکی از خاک لخت هم در ضلع شمال شرقی آن وجود دارد. بنابراین هر تقریب دقیق و صحیحی از سطح پوشیده شده از سیب زمینی، قطعاً در مقایسه با مقدار واقعی محاسبه شده از نقشه برداری تخمین کوچکتری خواهد بود. آخرین قطعه هایی که خطای تخمین مساحت روش تجزیه طیفی در مورد آنها از روش طبقه بندی بیشتر است، قطعه های ۱ و ۱۷ می باشند. هر دو روش، مقدار مساحت آنها را بیشتر از مقدار واقعی تخمین زده اند. برخلاف آنچه در وهله اول تصور می شد، این مقدار خطا نشانه دقت بالاتر روش تجزیه طیفی است. در ضلع جنوب غرب این قطعه یک نوار از پیکسل هایی وجود دارد که متعلق به آبراهه هستند، قطعه طرف دیگر، پوشیده از چغندر قند و زمین باتلاقی است. به دلیل ابهام طیفی، اختلاط این پوشش ها با یکدیگر، طیفی مشابه طیف خاک لخت قطعه ۱ و ۱۷ ایجاد می کنند [۹]. بنابراین، سطح این قطعه بزرگتر از مقدار واقعی تخمین زده می شود. این پیکسل های مرزی قطعه که اختلاطی از طیف خاک لخت و طیف آبراهه را دارند، در روش طبقه بندی کاملاً به عنوان آسفالت طبقه بندی شده اند و این باعث کمتر شدن خطای تقریب که سطح را بیشتر از واقعیت تخمین زده بود می شود. به علت آنکه روش تجزیه طیفی این پیکسل ها را دقیق تر پردازش می کند، قسمتی از سطح آنها را به قطعه ۱ و ۱۷ اختصاص داده و خطای تخمین مساحت نسبت به مقدار نقشه برداری بزرگتر می شود.

شناسایی نمی‌شدند. در مجموع مشکل ابهام طیفی برای روش طبقه‌بندی بسیار جدی‌تر به نظر می‌رسد. زیرا در روش طبقه‌بندی، پیکسل‌های مختلط هم‌خالص در نظر گرفته می‌شوند. حال آنکه تعلق هر کلاسی به کل آن پیکسل خطای بزرگی ایجاد می‌کند. با این حال هرچند هیچ‌یک از دو روش توانایی زیادی در شناسایی مرزها ندارند، ولی می‌توانند به‌عنوان منبع کمکی خوبی از اطلاعات برای روش‌های ویژه استخراج جاده از تصویر باشند.

## ۷. پانوشت‌ها

- 1.Pixel-based Classification
- 2.Subpixel Classification (Spectral Unmixing)
- 3.Multispectral Images
- 4.Hyperspectral Images
- 5.Segmentation
- 6.Subpixel Classification (Spectral Unmixing)
- 7.Linear Spectral Unmixing
- 8.Vector to Raster Conversion

۹.فاصله ماهالانویس بین طیف ذرت دانه‌ای و اختلاط طیف کانال آب (۳۱٪) و چغندر قند (۶۹٪) به میزان ۰/۰۶۷ است.

## ۸. منابع

- [۱] امامی حسن، ارزیابی و تجزیه پیکسل‌های مختلط در تصاویر ماهواره‌ای فرایطیفی. پایان‌نامه کارشناسی ارشد. دانشگاه صنعتی خواجه نصیرالدین طوسی ۱۳۸۱.
- [۲] دستوریان کریم، آشکارسازی هدف و طبقه‌بندی تصاویر فرایطیفی با دقت زیرپیکسل. پایان‌نامه کارشناسی ارشد، دانشکده فنی دانشگاه تهران ۱۳۸۱.
- [۳] غفوری علی، استخراج اطلاعات از یک پیکسل به روش Unmixing. پایان‌نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه صنعتی خواجه نصیرالدین طوسی ۱۳۸۵.
- [4] G.M. Foody and D.P. Cox. Sub-pixel land cover composition estimation using a linear mixture model and fuzzy membership functions. Int. J. of Remote Sensing, 15(3):619631, 1994.
- [5] H.M. Horwitz, R.F. Nalepka, P.D. Hyde, and J.P. Morgenstern. Estimating the proportions of objects within a single resolution element of a multispectral scanner. Ann Arbor, Michigan.
- [6] L.L.F. Janssen. Methodology for updating terrain object data from remote sensing data. PhD.thesis, Wageningen Agricultural University, The Netherlands, 1994.
- [7] M.S. Klein Gebbinck and T.E. Schouten. Accurate area estimation by data-driven decomposition of mixed pixels. Technical Report CSI-R9622, University of Nijmegen, 1996.
- [8] M.S. Klein Gebbinck and Th.E. Schouten. Application of data-driven decomposition to Landsat-TM images for crop area estimation. Computing Science Institute, University of Nijmegen, 1996.
- [9] T.M. Lillesand and R.W. Kiefer. Remote sensing and image interpretation. John Wiley, New York, 3rd edition, 1994.

اختلاف فاحش تخمین مساحت این قطعات گردیده‌است. درخت‌های مرزی قطعه ۳ به کلاس آب اختصاص یافته‌اند. علت اینکه همان درخت‌ها در اینجا به گونه دیگری تجزیه طیفی شده‌اند اینست که پوشش قطعه ۳ خاک لخت است، در حالی که پوشش قطعه ۵ و قطعه ۶ ذرت دانه‌ای است. ظاهراً به دلیل سردرگمی (ابهام) طیفی، اختلاط در کنار این نوع پوشش، به‌طور اشتباه تجزیه می‌گردد.

## ۳.۶. نتیجه‌گیری

برای ارزیابی دقت روش تجزیه طیفی در تخمین مساحت، ۱۹ قطعه زمین کشاورزی انتخاب گردید. در روش تجزیه طیفی در مقایسه با روش طبقه‌بندی پیکسلی، مساحت ۱۴ قطعه با دقت بالاتری به دست آمد. برای ۵ قطعه دیگر نیز که تجزیه طیفی دقت کمی را نشان می‌داد دلایل موجهی ارائه گردید. یک مشکل در روش طبقه‌بندی، خاک لخت بود. اگر خاک لخت به‌عنوان یک عارضه لبه در نظر گرفته شود، تخمین سطح قطعاتی که پوشیده از خاک لخت باشند، کمتر از سطح واقعی آنها به دست می‌آید. همین‌طور اگر این پوشش را به‌عنوان یک عارضه مرزی در نظر بگیریم، نتیجه تخمین سطح برخی از اراضی، از مقدار واقعی بزرگتر به دست می‌آید. از آنجا که روش تجزیه طیفی با در نظر گرفتن خاک لخت به‌عنوان لبه، نتیجه مطلوب‌تری را برای اکثر اراضی ارائه می‌کند. روش تجزیه طیفی، در مقایسه با روش طبقه‌بندی به‌عنوان روش دقیق‌تری در تخمین مساحت‌ها به‌شمار می‌آید. بایستی اشاره کرد که برای زمین‌های با مساحت کمتر، دستیابی به همین نتایج هم تضمینی ندارد، چون حداقل مساحت برای به دست آوردن یک تقریب مطلوب که بتواند توزیع آماری مناسبی ارائه کند، در این پژوهش محاسبه نشده است.

سه عارضه اصلی، یعنی ردیف‌های درختکاری، جاده‌های آسفالتی و آبراهه به‌عنوان عوارض مرزی توسط روش‌های طبقه‌بندی و تجزیه طیفی شناسایی شده‌اند ولی نهرهای باریک حاشیه قطعات قابل شناسایی نبودند. هر دو روش در شناسایی این عوارض اصلی کمی ضعف داشته ولی در مجموع از روش تجزیه طیفی عملکرد بهتری مشاهده گردید. اشکال عمده در شناسایی عوارض مرزها، شباهت طیف خاک لخت و جاده آسفالتی بود که ایجاد ابهام طیفی نموده و باعث تعلق کلاس جاده آسفالتی به مرزهای خاک لخت می‌گردید. همچنین عوارض دارای آب نیز