

اثر شاخص‌های بافت در تهیه نقشه پوشش / کاربری اراضی بر روی تصاویر ماهواره‌ای Landsat-8 (مطالعه موردی: حوزه غرب شیراز)

فرزانه بوربور حسین ییگی^۱، سیدرشید فلاح شمسی^۲، سیدیوسف عرفانی فرد^۳، غلامعباس قنبریان^۴
دانشجوی کارشناسی ارشد مهندسی منابع طبیعی و محیط زیست-مدیریت مناطق بیابانی دانشگاه شیراز،
(farzaneh.boorboor@gmail.com)

^۱دانشیار بخش مهندسی منابع طبیعی و محیط زیست-مدیریت مناطق بیابانی دانشگاه شیراز، (fallahsh@shirazu.ac.ir)
^۲دانشیار بخش مهندسی منابع طبیعی و محیط زیست-مدیریت مناطق بیابانی دانشگاه شیراز، (erfanifard@shirazu.ac.ir)
^۴استادیار بخش مهندسی منابع طبیعی و محیط زیست-مدیریت مناطق بیابانی دانشگاه شیراز، (ghanbarian@shirazu.ac.ir)

چکیده

طبقه‌بندی به‌عنوان یکی از مباحث محوری سنجش از دور، برگرفته از علم تشخیص الگو بوده و پیکسل‌ها را به‌عنوان جزء اصلی در نظر می‌گیرد و بر اساس اطلاعات طیفی به آن‌ها برچسب می‌دهد و به تصمیم‌گیری در مورد اینکه به کدام پدیده تعلق دارند می‌پردازد. آشکار است که اطلاعات طیفی به‌تنهایی در بعضی از مواقع نمی‌توانند دقت کافی برای تفسیر را ارائه دهد. در این شرایط شاید اطلاعات بافت بتواند جهت حصول دقت بالا در طبقه‌بندی به ما کمک رساند. این تحقیق باهدف اثر شاخص‌های بافت در تهیه نقشه پوشش کاربری با استفاده از تصاویر لندست ۸ در حوزه غرب شیراز صورت گرفت و شاخص‌های بافت شامل: NDC, CVN و BCM روی باندهای مختلف ارزیابی و انتخاب گردید سپس با استفاده از ادغام اطلاعات طیفی و بافت طبقه‌بندی به روش حداکثر احتمال انجام گردید. با توجه به نتایج بدست آمده صحت کلی و ضریب کاپا به ترتیب ۰/۵۹ و ۰/۵۱ برای طبقه‌بندی اطلاعات طیفی به تنهایی و ۰/۶۵ و ۰/۵۷ برای اطلاعات طیفی همراه با بافت برآورد گردید. نتایج حاصله نشان می‌دهد ادغام اطلاعات مکانی و اطلاعات طیفی صحت طبقه‌بندی را نسبت به حالتی که تنها از اطلاعات طیفی استفاده می‌گردد بهبود می‌دهد.

کلمات کلیدی: کاربری و پوشش اراضی، حداکثر احتمال، شاخص بافت، لندست ۸

مقدمه:

داده‌های سنجش از دور منبع مهمی از اطلاعات برای تهیه نقشه‌های پوشش و کاربری اراضی می‌باشند. بسیاری از روش‌های بکار گرفته شده در طبقه‌بندی تصاویر تنها بر اساس مشخصات طیفی در درون یک پیکسل بوده و موقعیت مکانی پیکسل در مجاورت سایر پیکسل‌ها اغلب نادیده گرفته می‌شود. گرچه بازتاب طیفی عامل مؤثری در شناسایی ماهیت پدیده به شمار می‌رود اما در صورت بروز شباهت رفتار طیفی پدیده‌ها و یا عدم یکپارچگی توزیع مکانی پدیده، صرفاً به‌کارگیری مقادیر بازتابش طیفی سبب بروز مشکلاتی خواهد شد (Lee & Philpot, 1991). درنتیجه پردازش‌های هم‌زمان طیفی-مکانی مانند تحلیل بافت می‌تواند محدودیت‌ها و مشکلات روش‌های معمول طبقه‌بندی را برطرف نماید (Zhang, 1999). درروش طبقه‌بندی طیفی، هر پیکسل مستقل یا به تاج پوشش درخت تعلق دارد و یا به خاک فاقد پوشش، درحالی‌که ترکیب ویژه این دو پدیده در کنار هم با فاصله و تکرار معین، مبین "الگوی" جنگل تنک در نواحی نیمه‌خشک به شمار می‌رود. تغییر در فاصله، نحوه تکرار، همگنی و ... سبب درک بافت از زمینه تصویر می‌گردد؛ بنابراین به

نظر می‌رسد طبقه‌بندی تصویر و تفسیر بر اساس تحلیل اطلاعات پیکسل (بدون در نظر گرفتن پیکسل‌های مجاور و ارتباط آن با پیکسل‌های هم‌جوار) در تهیه نقشه پدیده‌های سطحی زمین به‌تنهایی کافی نباشد و تفسیر رضایت‌بخش تصاویر سنجش از دور می‌بایست تحلیل طیف و بافت را به‌طور هم‌زمان شامل شود (He & Wang, 1990). شیه و شوانگرد (۱۹۸۳) بافت را تغییرات تن و یا الگوی روابط فضایی بین گام‌های خاکستری پیکسل‌های مجاور یک پیکسل دانستند. تغییرپذیری یک خصیصه متغیر است هرچند که این تغییرپذیری لزوماً تصادفی نیست و می‌تواند ساختاری در جهت خاص داشته باشد (نجفی دیسفانی، ۱۳۷۷). در میان خصوصیات مختلف عوارض موجود در یک تصویر (مانند رنگ، شکل، بافت و ...)، بافت بارزترین این عوارض هم از نظر بصری هم از دیدگاه پردازش تصویر است. بافت یک تصویر به توزیع مکانی مقادیر درجه خاکستری بستگی دارد و شامل اطلاعاتی راجع به کنتراست، چین‌خوردگی، نظم و مانند این‌ها است. تحلیل بافت، امکانات جالبی برای تشخیص ناهمگونی ساختاری طبقه‌ها ارائه می‌دهد. بافت ناهمگنی مقادیر مربوط به ارزش پیکسل‌ها در داخل یک منطقه تعریف شده را در تصویر محاسبه می‌کند (Wood et al, 2012). مشاهده بافت به دو عامل بستگی دارد نخست اندازه تغییراتی که "بافت" را معرفی می‌کند که ممکن است محلی یا ناحیه‌ای باشند. دومین عامل مقیاس مشاهده شده است؛ اما علی‌رغم این واقعیت که ارائه تعریف دقیقی از بافت دشوار است استفاده از این تحلیل مداوماً مورد استفاده قرار می‌گیرد. در صورتی که تفکیک‌پذیری فضایی تصویر در حدی باشد که مفهوم بافت را معنی‌دار و قابل استفاده کند، بافت می‌تواند به‌عنوان یک شاخص بسیار جالب در تشخیص عوارض موردنظر در تفسیر به شمار رود (نجفی دیسفانی، ۱۳۷۷).

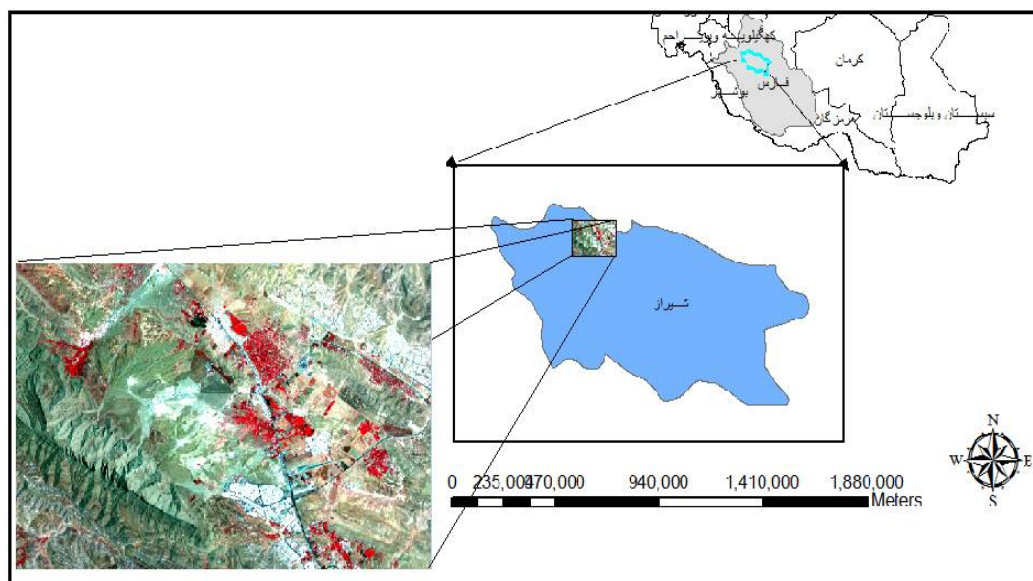
Haralick et al (1973) اولین بار کاربرد بافت را در تصاویر سنجش از دور ارائه نمودند و ماتریس grey level co-occurrence را پیشنهاد کردند. Marceau et al (1990) با استفاده از تحلیل طیف-بافت روی تصاویر چند طیفی Spot مبتنی بر روش ماتریس هم‌زمان سطح خاکستری به طبقه‌بندی پوشش/کاربری اراضی پرداختند و به این نتیجه رسیدند که این روش در طبقه‌بندی نتایج مطلوبی را به همراه داشته است. در مطالعه‌ای Carr (1996) به طبقه‌بندی با استفاده از بافت تصاویر دیجیتال تک باند و چند باند پرداخت و از الگوریتم تحت نظارت استفاده کرد. برای طبقه‌بندی طیفی (تشخیص الگو) روش حداقل فاصله و الگوریتم حداکثر احتمال استفاده شد. طبقه‌بندی بافت تصویر بر اساس واریوگرام محلی اطراف هر پیکسل تصویر انجام شد ترکیب طبقه‌بندی بافت با اطلاعات طیفی نشان داد که ارزش خاص برای تصاویر رادار تک باند را در بردارد همچنین برای تصاویر چند باندهای نشان داد که واریوگرام و کراس واریوگرام استفاده شده در طبقه‌بندی بافت و اطلاعات طیفی دقت طبقه‌بندی را بهبود بخشیده است. Kabir et al (2006) طبقه‌بندی حداکثر احتمال را روی سه دسته داده انجام دادند. دسته اول داده‌های طیفی دسته دوم داده‌های مکانی و دسته سوم استفاده از داده‌های ترکیبی تصاویر طیفی و بافت بود؛ که استفاده از داده‌های ترکیبی بالاترین صحت و استفاده از داده‌های بافت به‌تنهایی، کمترین صحت را داشت. Berberoglu et al (2007) در تهیه نقشه پوشش اراضی از تحلیل بافت استفاده نموده و به مقایسه آن با نتایج طبقه‌بندی به روش حداکثر احتمال پرداختند. روش‌های بکار رفته در تحلیل بافت بر استفاده از انحراف معیار واریانس و آماره‌های مشتق شده از ماتریس هم‌زمان و واریوگرام مبتنی بودند. در تحقیقی Zhang & Wang (2014) با استفاده از تصاویر ماهواره لندست ETM/TM یک روش جدید ترکیبی از اطلاعات طیفی و بافت چند متغیره برای مناطق شهری ارائه دادند و در روش خود برای مقایسه، از ماتریس کوواریانس سطح خاکستری برای استخراج بافت تصویر استفاده کردند نتایج کار آن‌ها نشان داد که روش ارائه‌شده عملکرد بهتری نسبت به استفاده از اطلاعات طیفی (به‌تنهایی) داشته است. طاهری زاده (۱۳۸۰) از ترکیب ویژگی‌های طیفی- مکانی برای طبقه‌بندی تصاویر ماهواره‌ای استفاده کرد. جهت به دست آوردن باند حاوی اطلاعات بافت از باندهای مختلف و پنجره‌هایی با ابعاد متغیر استفاده شده است. سپس با استفاده از ترکیب اطلاعات بافت و اطلاعات طیفی با روش طبقه‌بندی حداکثر احتمال و حداقل فاصله، فرایند طبقه‌بندی صورت گرفت. نتایج حاصل نشان می‌دهد که ادغام اطلاعات مکانی بافت و اطلاعات طیفی به‌طور قابل‌توجهی طبقه‌بندی را افزایش می‌دهد. میرزاپور (۱۳۸۰) با استفاده از ویژگی‌های بافت در تصاویر ماهواره‌ای به‌منظور آشکارسازی پوشش‌های زمینی، اقدام به تهیه نقشه‌های کاربری نمود. حق‌پرست و همکاران (۱۳۹۰) به‌منظور ارزیابی نتایج طبقه‌بندی تصاویر ماهواره‌ای با به‌کارگیری

پارامترهای بافت از تصویر سنجنده LISS-III از ماهواره IRS-P 6 استفاده کردند. نتایج تحقیق آن‌ها نشان داد استفاده از اطلاعات مکانی در کنار اطلاعات طیفی صحت طبقه‌بندی را نسبت به حالتی که تنها از اطلاعات طیفی استفاده می‌گردد، بهبود می‌دهد. گلشنی و همکاران (۱۳۹۳) به بررسی قابلیت داده‌های سنجنده GeoEye-1، مشخصه‌های بافت تصویر و روش طبقه‌بندی BRT، برای طبقه‌بندی کاربری‌های شهری پرداختند و با استفاده از لایه‌های اصلی و مشخصه‌های بافت تصویر اقدام به طبقه‌بندی کردند. نتایج تحقیق آن‌ها نشان داد که طبقه‌بندی دارای صحت کلی و ضریب کاپا، به ترتیب ۰/۹۲ و ۰/۹۰ بدست آمد.

روش پژوهش:

منطقه مورد مطالعه

منطقه مورد مطالعه در ۱۵ کیلومتری شمال غرب شیراز با مختصات جغرافیایی $29^{\circ} 59.85'$ و $52^{\circ} 17' 21.92''$ و طول خاوری $43^{\circ} 32.55'$ و $29^{\circ} 51' 3.98''$ عرض شمالی واقع شده است. مساحت منطقه $28071/4$ هکتار و ارتفاع از سطح دریا ۱۸۴۶ متر است. میانگین دمای سالانه $14/5$ درجه سانتی‌گراد و بارش $617/4$ میلی‌متر با آب‌وهوای معتدل کوهستانی است.



شکل ۱- موقعیت جغرافیایی منطقه مورد مطالعه

داده‌های مورد استفاده و آماده‌سازی آن‌ها

در این تحقیق، از تصویر سنجنده ماهواره Landsat 8 استفاده شده است. این ماهواره در تاریخ ۱۱ فوریه ۲۰۱۳ توسط سازمان زمین‌شناسی آمریکا و ناسا عملیاتی شد. لندست ۸ اخذ مستمر داده و در دسترس بودن داده‌های لندست را با استفاده از دو حسگر، یکی سنجنده عملیاتی تصویرساز سرزمین (OLI^1) و دیگری سنجنده حرارتی مادون قرمز ($TIRS^2$)

¹ Operational Land Imager

² Thermal InfraRed Sensor

تضمین خواهد کرد. OLI داده‌ها را از ۹ باند طیفی جمع‌آوری می‌کند. ۷ تا از این ۹ باند با سنجنده‌های TM^۳ و ETM^۴ که بر روی ماهواره‌های لندست قبلی قرار داشتند سازگار می‌باشند که این عمل علاوه بر سازگاری داده‌های تاریخی لندست، قابلیت‌های اندازه‌گیری را نیز بهبود داده است. جدول ۱ اطلاعات طیفی لندست ۸ را نشان می‌دهد.

جدول ۱- اطلاعات طیفی لندست ۸

باند طیفی	طول موج	قدرت تفکیک
باند ۱- Coastal / Aerosol	۰,۴۳۳ – ۰,۴۵۳ μm	۳۰ متر
باند ۲- آبی	۰,۴۵۰ – ۰,۵۱۵ μm	۳۰ متر
باند ۳- سبز	۰,۵۲۵ – ۰,۶۰۰ μm	۳۰ متر
باند ۴- قرمز	۰,۶۳۰ – ۰,۶۸۰ μm	۳۰ متر
باند ۵- مادون قرمز نزدیک	۰,۸۴۵ – ۰,۸۸۵ μm	۳۰ متر
باند ۶- مادون قرمز طول موج کوتاه	۱,۰۵۶ – ۱,۰۶۶ μm	۳۰ متر
باند ۷- مادون قرمز طول موج کوتاه	۲,۰۱۰ – ۲,۰۳۰ μm	۳۰ متر
باند ۸- Panchromatic	۰,۵۰۰ – ۰,۶۸۰ μm	۱۵ متر
باند ۹- Cirrus	۱,۰۳۶ – ۱,۰۳۹ μm	۳۰ متر
باند ۱۰- مادون قرمز طول موج بلند	۱,۰۳۰ – ۱,۱۳۰ μm	۱۰۰ متر
باند ۱۱- مادون قرمز طول موج بلند	۱,۱۵۰ – ۱,۲۰۵ μm	۱۰۰ متر

طبقه‌بندی تصاویر ماهواره‌ای:

آماده‌سازی و پیش‌پردازش

در ابتدا لازم است یک سری عملیات روی تصاویر، در ارتباط با خطاهای رادیومتری، هندسی و غیره انجام گیرد. با توجه به اینکه برای اولین بار است که در لندست از TIRS برای تشخیص تابش اشعه مادون قرمز استفاده شده است. با ثبت داده‌های TIRS با داده‌های OIL محصولات ۱۲ بیتی لندست ۸ تولید خواهد شد که تصحیحات هندسی، رادیومتری و زمینی به آن‌ها اعمال شده است. در این تحقیق جهت اطمینان کامل این تصحیحات روی تصاویر بررسی گردید. همچنین از نقشه پوشش گیاهی (اداره کل منابع طبیعی و آبخیزداری) به عنوان اطلاعات جانبی در فرایند دورسنجی استفاده شد. به منظور تعیین بهترین ترکیب باندی برای استفاده در ایجاد تصاویر کاذب رنگی از طریق مشاهده و شاخص حد مطلوب پردازش‌های موردنظر اعمال گردید. جهت ایجاد این تصاویر از متداول ترین ترکیب‌های رنگی کاذب که در آن از باندهای ۵، ۴ و ۳ استفاده می‌شود تحت عنوان RGB بهره گرفته شد. به منظور آشکارسازی بهتر پوشش گیاهی جهت طبقه‌بندی، باندهای مصنوعی از طریق تجزیه مؤلفه‌های اصلی، رگرسیون تصاویر و شاخص‌های بافت ایجاد شدند. تجزیه مؤلفه اصلی برای حذف اطلاعات زائد در داده‌های ماهواره‌ای کاربرد فراوانی دارد (علوی پناه، ۱۳۸۲). با توجه به وجود همبستگی زیاد بین برخی از باندها که نشان‌دهنده نوعی تکرار اطلاعات است، باید از میان این مجموعه باندی، باندهایی که دارای کمترین حد همبستگی هستند انتخاب شوند. جدول شماره ۲ تجزیه مؤلفه‌های اصلی را نشان می‌دهد.

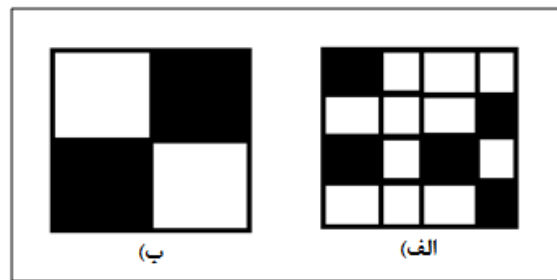
جدول ۲- تجزیه مؤلفه‌های اصلی

T-MODE COR. MATRIX	b1	b2	b3
b1	۱,۰۰۰۰۰۰	۰,۹۹۱۸۱۰	۰,۹۵۵۱۰۵
b2	۰,۹۹۱۸۱۰	۱,۰۰۰۰۰۰	۰,۹۷۱۸۱۱
b3	۰,۹۵۵۱۰۵	۰,۹۷۱۸۱۱	۱,۰۰۰۰۰۰

^۳ Thematic Mapper

^۴ Enhanced Thematic Mapper Plus

در این پژوهش با بررسی تجزیه مؤلفه اصلی، جدول شماره ۲ و رگرسیون تصاویر، باندهای ۳، ۴ و ۵ انتخاب گردید. گاه دو عارضه که خصوصیت طیفی مشابهی دارند خصوصیات متفاوتی را نشان می‌دهند. ارزش بافت به‌عنوان یکی از کلیدهای اصلی تفسیر بصری تصاویر توجه به آن را در خصوص بهبود دقت طبقه‌بندی تضمین می‌کند (نجفی دیسفانی، ۱۳۷۷). بافت ویژگی است که سطح و ساختار یک تصویر را نشان می‌دهد و عبارت است از تکرار منظمی از یک جزء یا یک الگو بر روی یک سطح. بافت بر روی تصویر متشکل از الگوی بصری پیچیده‌ی شامل نواحی با زیرالگوهای با ویژگی‌هایی نظیر درجه شفافیت، رنگ، شکل و اندازه است. یک ناحیه از تصویر را واجد بافت ثابتی می‌نامند اگر مجموعه‌ای از این خصوصیات در آن ثابت و یا دارای تغییرات کند یا متناوب باشند (Srinivasan & Shobha., 2008). درواقع بافت شامل سه مؤلفه اساسی است که عبارتند از: الف: کنتراست محلی (زبری یا صافی)، ب: اندازه مناطق تیره یا روشن (درشتی یا زبری) و ج: جهت تعیین شده از مناطق تیره و روشن (ناهمسانگردی) (Berberoglu et al, 2007). توانایی محسوس انسان برای تفکیک بافت نشان می‌دهد که اگر بافت در فرایند طبقه‌بندی دخالت داده شود پیشرفت‌های زیادی حاصل می‌شود. برای غلبه بر محدودیت‌های طبقه‌بندی طیف بسیاری از روش‌های تحلیل بافت برای تصاویر ارائه شده‌اند که بر اساس الگوهای مکانی هستند (Lee & Philpot, 1991). بافت به معنی تغییرات مکانی می‌باشد، هنگامی که عدد رقومی دیجیتالی در باندی خاص به شدت در بین پیکسل مرکزی و همسایگی‌اش تغییر نماید آنگاه تصویر بافتی درشت و اگر به آرامی تغییر کند تصویر بافتی ظریف دارد (طاهرکیا، ۱۳۷۵). هر بافت قابل تشخیص دارای دو بعد اساسی است: الف: توصیف واحد اولیه و ب: بعد توصیف همبستگی مکانی (نحوه تعامل واحدهای اولیه بر روی تصویر). اولین با واحدهای اولیه‌ای مربوط هستند که از نظر طیفی (تن رنگ) دارای تشابهاتی در ویژگی‌های محلی هستند. بعد دوم با سازمان‌دهی مکانی واحدهای اولیه مربوط‌اند. بافت تصویر با تعداد و نوع واحدهای اولیه و سازمان‌دهی مکانی یا چیدمان آن‌ها توصیف می‌شود. سازمان‌دهی مکانی ممکن است تصادفی یا وابسته به یک یا N واحد اولیه در یک زمان معین بوده و ممکن است به شکل ساختاری، احتمالی یا بنیادی باشد (Haralick et al, 1973). عبارت‌هایی مانند صافی و زبری در بیان کیفی محتوای بافت یک پدیده به‌کار برده می‌شوند (Srinivasan & Shobha., 2008). بافت تصویر را می‌توان به‌عنوان تابعی از رابطه ساختاری مبتنی بر تن در بین واحدهای اولیه نشان داد. این درحالی است که تن بر ارزش خاکستری پیکسل‌ها و ساختار بر رابطه مکانی بین واحدهای اولیه استوار است. واحدهای اولیه بافت، مجموعه‌ای پیوسته از پیکسل‌ها با ویژگی محلی و تن هستند که با میانگین، حداقل و حداکثر، ابعاد و شکل قابل توصیف‌اند. ارتباط مکانی بین واحدهای اولیه بافت می‌تواند تصادفی، دوبه‌دو یا متقابل باشد در نتیجه بافت تصویر با تعداد و نوع واحدهای اولیه و ارتباط مکانی میان آن‌ها تعریف می‌شود. بافت، تن و ساختار را نمایش می‌دهد و این دو از یکدیگر مستقل نیستند. بافت تصویر را می‌توان از نظر کیفی نیز مورد ارزیابی قرار داد برای مثال از جنبه برخورداری از یک یا تعدادی از ویژگی‌ها نظیر نرمی، زبری، صافی، دانه‌ای بودن، تصادفی، خطی یا لکه‌ای بودن، نامنظم بودن یا ناهمواری. هر یک از این صفات ویژگی هریک از واحدهای اولیه و تعامل مکانی میان آن‌ها را تفسیر می‌کند و از این ویژگی‌ها برای کمی کردن بافت یک تصویر استفاده می‌شود. هنگامی که ناحیه کوچک به‌هم‌پیوسته‌ای از تصویر از نظر تغییرات تن در واحدهای اولیه، از اختلافات اندکی برخوردار است خصوصیت غالب در آن ناحیه تن خواهد بود و هنگامی که اختلافات واحدهای اولیه بسیار زیاد باشد خصوصیت غالب، بافت است. در این تشخیص، ویژگی‌هایی نظیر؛ اندازه ناحیه کوچک به‌هم‌پیوسته، اندازه‌های نسبی، انواع واحدهای اولیه مبتنی بر تن، تعداد، محل یا ترتیب واحدهای اولیه تعیین‌کننده است. هنگامی که الگوی مکانی در واحدهای اولیه مبتنی بر تن، تصادفی و اختلاف تن خاکستری میان واحدهای اولیه زیاد باشد نتیجه آن بافتی ریز/ نرم خواهد بود. هنگامی که الگوی مکانی واحدهای اولیه مشخص‌تر باشد نتیجه آن بافتی درشت/ زبر خواهد بود. شکل شماره ۲ بافت را در ابعاد متفاوت با الگو و بدون الگوی مشخص نشان می‌دهد.



شکل ۲: نمایش بافت و الگو الف) بافت ریز الگو بدون الگو، ب) بافت درشت با الگو.

به طور خلاصه برای مشخص کردن یک بافت معین، ابتدا ویژگی‌های واحدهای اولیه مبتنی بر تن و سپس ارتباطات مکانی بین آن‌ها مشخص می‌شود. این مسئله نشان‌دهنده آن است که تن- بافت درواقع ساختاری دولایه است، لایه اول پیرامون مشخص کردن خصوصیات محلی است که در قالب واحد اولیه ظاهر می‌شود. لایه دوم در مورد مشخص کردن سازمان‌دهی مکانی در میان این واحدهای اولیه است. در این پژوهش سه معیار بافت به منظور طبقه‌بندی تصاویر ماهواره‌ای روی باندهای ۳، ۴، ۵ و ۶ مورد استفاده قرار گرفته است که عبارت‌اند از: ماتریس مقایسه جفتی (BCM)^۵، تعداد طبقات متفاوت (NDC)^۶ و پیکسل‌های متفاوت از پیکسل مرکزی (CVN)^۷. در بررسی‌های بافت از طریق معیارهایی از قبیل مقایسات ماتریس جفتی، تعداد طبقات متفاوت و تعداد طبقات متفاوت با پیکسل مرکزی بررسی همسایگی برای داده‌هایی با قالب شبکه‌ای انجام می‌شود (Murphy, 1985).

منطقه موردنظر با توجه به اطلاعات نقشه اداره کل منابع طبیعی و همچنین عملیات میدانی، ۷ طبقه اصلی را به خود اختصاص داد که به شرح زیر انتخاب گردید.

جدول ۳- طبقات پوشش اراضی و توصیف آن‌ها

نام طبقه	توصیف
مراغه متراکم	مرتفع با تراکم تاج پوشش بیش از ۵۰ درصد (گیاهان یک‌ساله و چندساله)
مراغه نیمه متراکم	مرتفع با تراکم تاج پوشش ۲۵-۵۰ درصد (گیاهان یک‌ساله و چندساله)
مراغه کم تراکم	مرتفع با تراکم تاج پوشش ۲۵-۵ درصد و کمتر از ۵ درصد (گیاهان یک‌ساله و چندساله)
اراضی جنگلی	جنگل‌های طبیعی، دست کاشت، ماندابی و درختچه زارها
اراضی زراعی	زراعات آبی و باغات و زراعت دیم
مناطق مسکونی	شامل مناطق شهری، روستایی و تأسیسات با ذکر نام
باغ شهر	منازل مسکونی ویلایی با پوشش درختی و درختچه‌ای

همچنین به منظور انتخاب نمونه‌های تعلیمی و تعیین کاربری اراضی از عملیات میدانی، طبقه‌بندی نظارت‌نشده طیفی و همچنین داده‌های با قدرت تفکیک زیاد (تصاویر سامانه گوگل ارث) استفاده شد (درویش‌صفت، ۱۳۷۷). نقطه قابل توجه در طبقه‌بندی تصاویر ماهواره‌ای داشتن نمونه‌های آموزشی صحیح از پدیده‌ها و عوارض زمینی است که می‌تواند نتایج طبقه‌بندی را کاملاً تحت تأثیر قرار دهد. همچنین جهت انتخاب بهترین نمونه تعلیمی سه روش نمونه‌گیری همگن، ناهمگن و ترکیبی انجام شد و بهترین نمونه آموزشی انتخاب گردید.

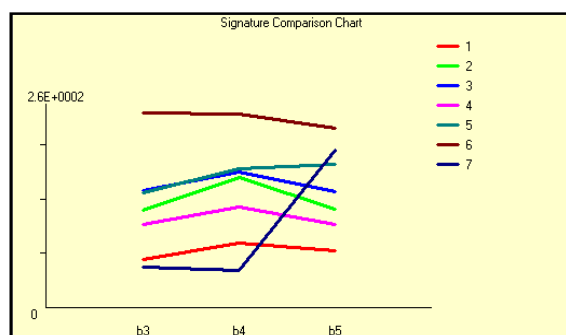
پس از بررسی کیفیت نمونه‌های تعلیمی به لحاظ میزان تفکیک‌پذیری و مشخصه‌های آماری آن‌ها استخراج شد. نمودار ۱ رفتار جدایی‌پذیری طبقات را نشان می‌دهد که بیان‌گر میزان تفکیک طبقات در نظر گرفته‌شده با استفاده از

⁵Binary Comparison Matrix

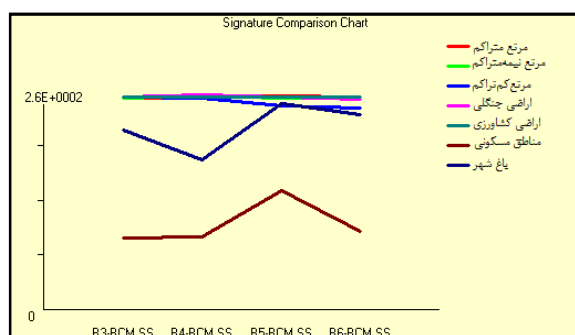
⁶Number of Different Classes

⁷Center Versus Neighbors

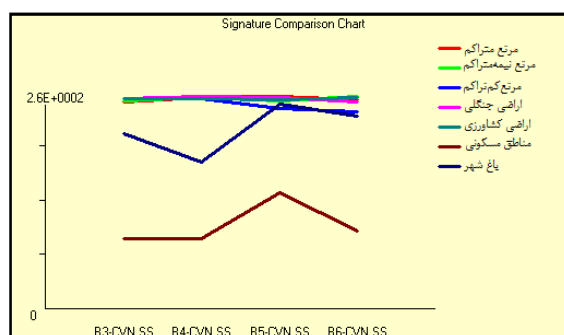
باندهای خام است. همچنین نمودار ۲ تا ۴ جدایی پذیری طبقات با استفاده از معیار بافت را نشان می دهد. نمودار شماره ۵ رفتار جدایی پذیری باندهای خام به همراه بافت های منتخب را نشان می دهد.



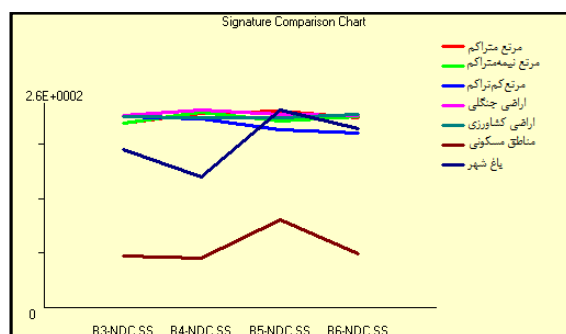
نمودار ۱- رفتار جدایی پذیری طبقات حاصل از باندهای خام



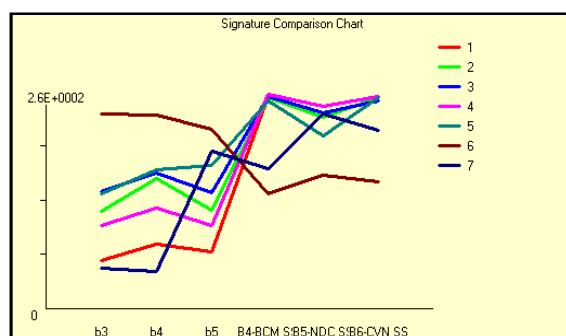
نمودار ۳- رفتار جدایی پذیری طبقات حاصل از بافت bcm



نمودار ۲- رفتار جدایی پذیری طبقات حاصل از بافت cvn

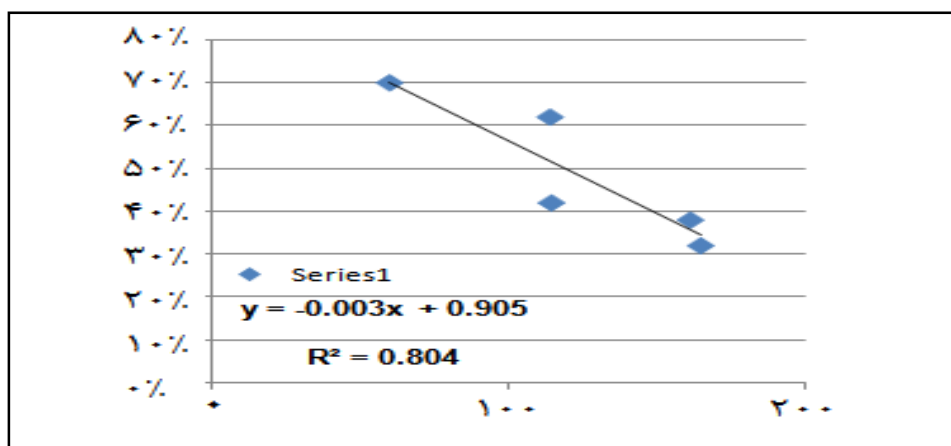


نمودار ۴- رفتار جدایی پذیری طبقات حاصل از بافت ndc



نمودار ۵- رفتار جدایی پذیری طبقات حاصل از باندهای خام و معیار بافت منتخب

آزمون قابلیت جدایی‌پذیری نمونه‌های تعلیمی هدف و ارزیابی کمی تفکیک‌پذیری طبقات به روش آزمون جدایی‌پذیری جفری-ماتوسیا (JM) انجام شد (Richards and Jia, 1999). در ارزیابی جدایی‌پذیری با معیار جفری-ماتوسیا، بر اساس محاسبات آماری، میزان تفکیک‌پذیری طبقه‌ها نسبت به هم و در یک دامنه عددی بین ۲- و ۲+ تعیین می‌شود. در روش حداکثر احتمال که از سایر روش‌های موجود برای طبقه‌بندی دقیق‌تر است میزان کمی واریانس و همبستگی ارزش‌های طیفی باندهای مختلف برای مناطق نمونه محاسبه می‌شود و از همین خاصیت برای ارتباط یک پیکسل طبقه‌بندی نشده به یکی از گروه‌ها یا نمونه‌های طیفی نیز استفاده می‌شود. به بیان دیگر برای بررسی نحوه توزیع ارزش‌های طیفی و احتمال آماری ارتباط یک پیکسل با یکی از گروه‌های نمونه از ماتریکس واریانس و بردار میانگین که خود واریانس و همبستگی ارزش‌های طیفی را تعریف می‌کنند، استفاده می‌شود. با استفاده از عامل شدت احتمال، هر یک از پیکسل‌های تصویر پس از آزمون آماری و محاسبه احتمال تعلق آن‌ها به گروه‌های طیفی نمونه، به گروه مربوطه تعلق می‌گیرد (زبیری، ۱۳۷۵). در این پژوهش طبقه‌بندی با روش حداکثر احتمال برای باندهای خام (۳، ۴، ۵) انجام شد و سپس بار دیگر طبقه‌بندی این باندها به همراه شاخص‌های بافت (BCM_{b4}, NDC_{b5}, CVN_{b6}) صورت گرفت. فیلتر کردن نوعی تغییر ارزش‌های طیفی است که در آن ارزش هر پیکسل نسبت به پیکسل همسایه‌اش تغییر می‌کند و تصویر جدیدی می‌سازد که تباین آن با تصویر اصلی می‌تواند متفاوت باشد (علوی پناه و همکاران، ۱۳۸۷). برای عمل فیلتر کردن، معمولاً از جعبه فیلترهایی به اندازه ۳×۳، ۵×۵، ۷×۷ استفاده می‌شود؛ که در این تحقیق از فیلتر مد ۵×۵ استفاده شد. بررسی صحت طبقه‌بندی در دو مرحله انجام شد مرحله اول عملیات میدانی و نمونه‌برداری بود که از نمونه‌برداری دومرحله‌ای استفاده شد. در این روش آماربرداری تمام منطقه مورد آماربرداری به واحد یا قسمت یا قطعه، یک عضو آن می‌باشد، تعدادی قطعه یا قسمت، پس از شماره‌گذاری قطعات، به‌طور تصادفی انتخاب می‌گردند. امکان دارد مساحت قطعات مرحله اول، مساوی نباشند. در مرحله یا گام دوم فقط در قطعات یا بلوک‌های انتخاب‌شده تعداد قطعات نمونه‌ای که باید برداشت شوند پیاپی و اندازه‌گیری می‌گردند (زبیری، ۱۳۸۶). روش نمونه‌برداری در عملیات میدانی روش نمونه‌گیری خط‌نمونه بود که نمونه‌برداری در طول یک امتداد انتخاب شدند. مرحله دوم تهیه مدل بود که با استفاده از میانگین، برآورد ضریب همبستگی و ضریب تعیین بدست آمد. نمودار ۳ مدل تخمین درصد پوشش گیاهی و طبقه درجه مرتع به روش نمونه‌برداری دومرحله‌ای برداری دومرحله‌ای بدست آمده را نشان می‌دهد.



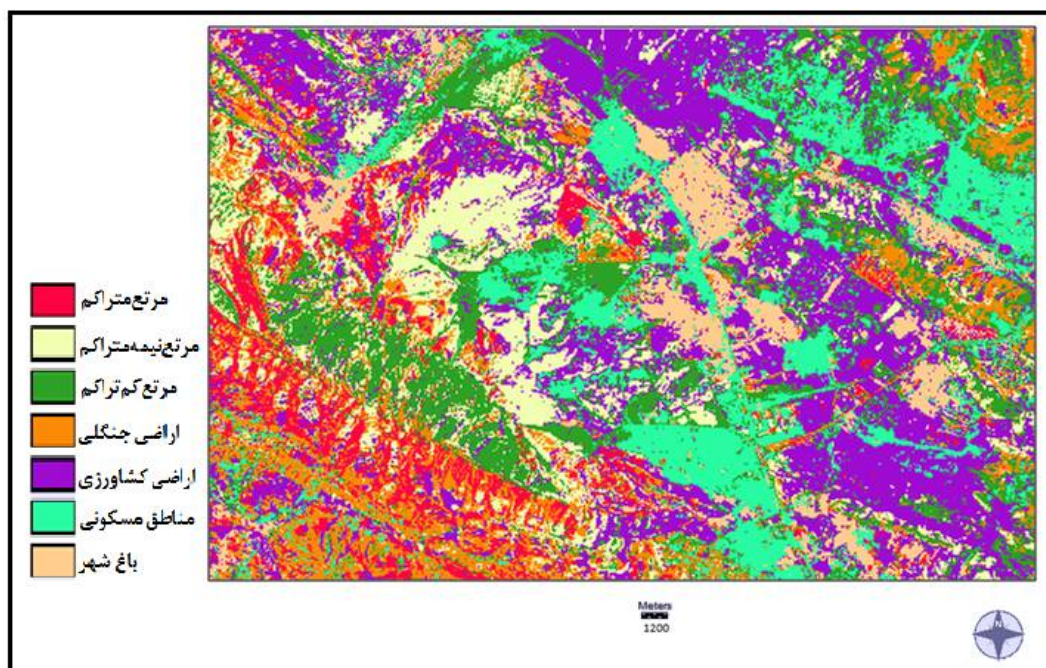
نمودار ۳- مدل تخمین درصد پوشش گیاهی و طبقه درجه مرتع به روش نمونه‌برداری دومرحله‌ای

ارزش و قابلیت استفاده از هر نقشه تولید شده به درجه دقت آن بستگی دارد و نقشه‌ها بدون تعیین دقت ارزش کاربردی کمی دارند. روش بسیار معمول و استاندارد برای تعیین دقت نقشه‌های طبقه‌بندی شده استفاده از ماتریس خطا می‌باشد؛ که در این پژوهش برای ارزیابی دقت و صحت نقشه‌های طبقه‌بندی‌شده، ماتریس خطا تشکیل شد. سپس

محاسبه ضریب کاپا که توافق شانس را از صحت کلی نقشه‌های تولید شده به روش رقومی خودکار حذف می‌کند نیز برای ارزیابی دقیق‌تر صحت نقشه‌های حاصل مورد استفاده قرار گرفت.

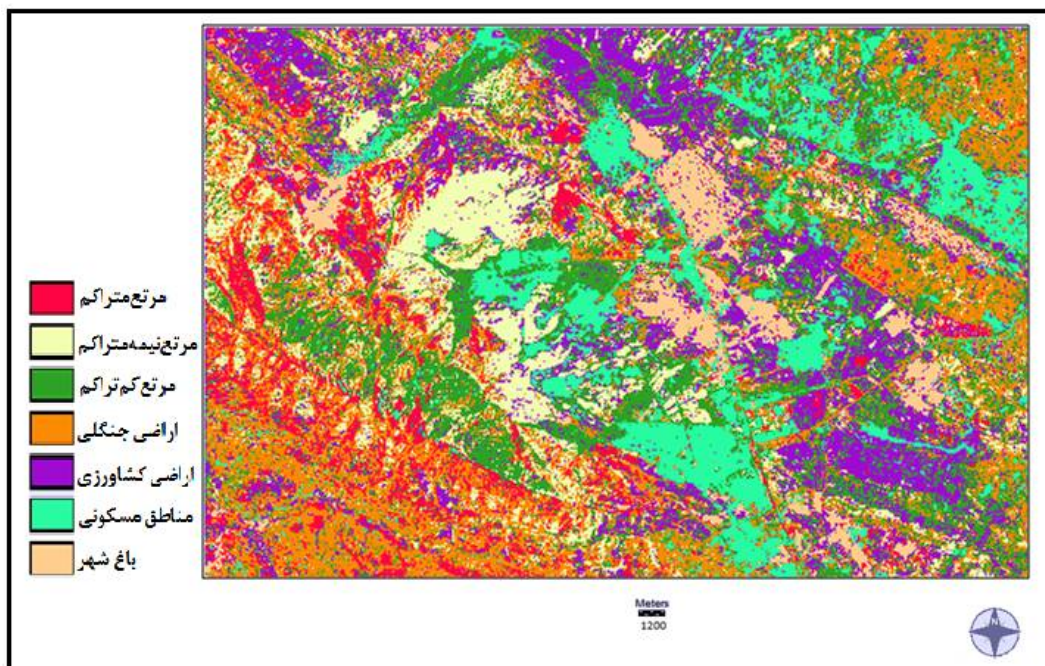
نتایج و بحث:

از مهم‌ترین مراحل در طبقه‌بندی تصاویر ماهواره‌ای انتخاب نوع و نمونه‌های تعلیمی طبقه‌ها می‌باشد از جمله ابزار مورد استفاده برای این منظور باز دیدهای میدانی، طبقه‌بندی نظارت‌نشده و داده‌هایی با قدرت تفکیک زیاد می‌باشد. همچنین اندازه و تعداد نمونه‌های تعلیمی تأثیر بسزایی در نتیجه نهایی خواهد داشت. با توجه به نمودار ۱ طبقات جدایی-پذیری خوبی را در باندهای انتخاب‌شده نسبت به یکدیگر نشان می‌دهند. نمودار ۲ تا ۴ جدایی‌پذیری طبقات را در شاخص‌های بافت BCM, NDC, CVN در باندهای ۳، ۴، ۵ و ۶ نشان می‌دهد که با توجه به میزان جدایی‌پذیری، شاخص‌هایی که تفکیک‌پذیری مناسب‌تری داشتند انتخاب گردید. نمودار ۵ میزان جدایی‌پذیری باندها و بافت‌های انتخاب‌شده (bcm باند ۴، ndc باند ۵ و cvn باند ۶) را نشان می‌دهد. با توجه به این نمودار مشاهده می‌گردد در بعضی از شاخص‌ها جدایی‌پذیری طبقات به‌خوبی نشان داده شده است و نتایج تحلیل بافت می‌تواند نتایج مطلوبی را در طبقه‌بندی نشان دهند. در نمودارها هرچه فاصله خطوط از هم بیشتر باشد قابلیت شناسایی آن‌ها بیشتر است. به‌منظور بررسی جدایی‌پذیری نمونه‌های تعلیمی در طبقه‌بندی تصاویر ماهواره‌ای از آزمون JM استفاده شد. در هر دو داده، اطلاعات طیفی و هم ادغام اطلاعات طیفی و اطلاعات مکانی طبقه‌ها به‌خوبی از یکدیگر جدا شده و جدایی‌پذیری تمام طبقه‌ها در هر دو داده ۲ بدست آمد. پس از آگاهی از پدیده‌های مختلف بر اساس دسته‌بندی DN های ثبت‌شده در تصویر، طبقه‌بندی نظارت‌شده بر روی داده‌های طیفی به‌تنهایی و سپس روی داده‌های طیفی به همراه اطلاعات بافت اعمال شد. شکل ۳ نتیجه طبقه‌بندی نظارت‌شده با داده‌های طیفی را نشان می‌دهد.



شکل ۳- طبقه‌بندی حداکثر احتمال با استفاده از اطلاعات طیفی

شکل ۴ نتیجه طبقه‌بندی حداکثر احتمال با ادغام اطلاعات طیفی به همراه بافت را ارائه می‌دهد.



شکل ۴- طبقه‌بندی حداکثر احتمال با استفاده از اطلاعات طیفی و اطلاعات مکانی

جدول شماره ۴ ماتریس ارزیابی نقشه طبقه‌بندی حداکثر احتمال با بافت را نشان می‌دهد.

جدول ۴- ماتریس ارزیابی نقشه طبقه‌بندی حداکثر احتمال با اطلاعات طیفی

طبقات	مرتع متراکم	مرتع نیمه متراکم	مرتع کم تراکم	اراضی جنگلی	اراضی زراعی	مسکونی	باغ شهر	جمع
مرتع متراکم	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰
مرتع نیمه متراکم	۰	۴	۰	۱	۰	۰	۰	۵
مرتع کم تراکم	۰	۴	۹	۰	۷	۰	۰	۲۰
اراضی جنگلی	۳	۱	۰	۴	۲	۰	۰	۱۰
اراضی زراعی	۰	۰	۰	۱	۵	۰	۱	۷
مسکونی	۰	۰	۱	۰	۰	۷	۰	۸
باغ شهر	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۲	۲
جمع	۳	۹	۱۰	۶	۱۴	۷	۳	۵۲

جدول شماره ۵ ماتریس ارزیابی نقشه طبقه‌بندی حداکثر احتمال با اطلاعات طیفی به همراه اطلاعات مکانی را نشان می‌دهد.

جدول ۵- ماتریس ارزیابی نقشه طبقه‌بندی حداکثر احتمال با اطلاعات طیفی به همراه اطلاعات مکانی

طبقات	مرتع متراکم	مرتع نیمه متراکم	مرتع کم تراکم	اراضی جنگلی	اراضی زراعی	مسکونی	باغ شهر	جمع
مرتع متراکم	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰
مرتع نیمه متراکم	۱	۴	۰	۰	۰	۰	۰	۵
مرتع کم تراکم	۰	۴	۷	۶	۱	۲	۰	۲۰
اراضی جنگلی	۰	۱	۰	۸	۱	۰	۰	۱۰
اراضی زراعی	۰	۰	۰	۱	۶	۰	۰	۷
مسکونی	۰	۰	۱	۰	۰	۷	۰	۸
باغ شهر	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۲	۲
جمع	۱	۹	۸	۱۵	۸	۹	۲	۵۲

جدول شماره ۶ ارزیابی دقت طبقه‌بندی نقشه‌های کاربری استخراج‌شده را نشان می‌دهد.

جدول ۶- ارزیابی دقت طبقه‌بندی نقشه‌های کاربری استخراج‌شده

روش	صحت کلی	ضریب کاپا
طبقه‌بندی اطلاعات طیفی به تنهایی	۰/۵۹	۰/۵۱
طبقه‌بندی اطلاعات طیفی به همراه اطلاعات مکانی	۰/۶۵	۰/۵۷

با توجه به جدول شماره ۴ و ۵ همان‌طور که قابل‌ملاحظه است صحت اراضی جنگلی و اراضی کشاورزی در طبقه‌بندی اطلاعات طیفی به همراه اطلاعات مکانی نسبت به اطلاعات طیفی به تنهایی افزایش یافته است که پارامترهای بافت به خوبی توانسته است صحت تفکیک این طبقات را افزایش دهد. ولی در مرتع کم تراکم صحت در این طبقه‌بندی کاهش یافته است. و در طبقات دیگر تغییری در صحت طبقه‌بندی رخ نداده است. با توجه به جدول شماره ۶ مشاهده می‌گردد که با افزودن شاخص‌های بافت به عنوان داده‌های مکانی به داده‌های طیفی صحت کلی از ۰/۵۹ به ۰/۶۵ و ضریب کاپا از ۰/۵۱ به ۰/۵۷ افزایش یافت. در نتیجه ترکیب اطلاعات طیفی و مکانی نتایج بهتری را در طبقه‌بندی ارائه می‌دهد که مطابق با نظر Carr (1996)، Kabir et al (2006)، Zhang & Wang (2014)، طاهری‌زاده (۱۳۸۰) و میرزاپور (۱۳۸۰) می‌باشد. همچنین اقدامات در جهت انتخاب و بهینه‌سازی شاخص‌های بافت در بهبود طبقه‌بندی اهمیت زیادی دارد. استفاده از تحلیل بافت تصویر برای طبقه‌بندی مناسب است زیرا این تحلیل نه تنها از اطلاعات طیفی بلکه از نحوه آرایش فضایی پیکسل‌ها در انجام طبقه‌بندی بهره می‌برد در نتیجه پارامترهای بافت می‌تواند صحت تفکیک طبقات را افزایش دهد.

- محسن حق پرست، علی محمدزاده، حمید عبادی "ارزیابی نتایج طبقه‌بندی تصاویر ماهواره‌ای با به‌کارگیری پارامترهای بافت و مدل رقومی ارتفاع در حوزه آبریز غیرشهری"، مجموعه مقالات همایش ملی ژئوماتیک ۹۰، اردیبهشت ۹۰، تهران: سازمان نقشه‌برداری کشور.
- علی اصغر درویش صفت "جزوه درس سنجش‌ازدور"، دانشگاه تهران، دانشکده منابع طبیعی، ۱۳۷۷.
- محمود زبیری "زیست‌سنجی (بیومتری) جنگل"، چاپ دوم، تهران، انتشارات دانشگاه تهران، ۱۳۸۶، صفحه ۴۱۶.
- محمود زبیری، علیرضا مجد "آشنایی با فن سنجش‌ازدور و کاربرد آن در منابع طبیعی" تهران، انتشارات دانشگاه تهران، ۱۳۷۵، صفحه ۳۳۰.
- علی محمد طاهری‌زاده، "ترکیب ویژگی‌های طیفی- مکانی برای طبقه‌بندی تصاویر ماهواره‌ای"، پایان‌نامه کارشناسی ارشد، دانشکده فنی و مهندسی، دانشگاه تربیت مدرس، ۱۳۸۰.
- سید کاظم علوی پناه، حمیدرضا متین فر، عمار رفیعی امام "کاربرد فناوری اطلاعات در علوم زمین" تهران، انتشارات دانشگاه تهران، ۱۳۸۷، صفحه ۴۵۷.
- کاظم علوی پناه "کاربرد سنجش‌ازدور در علوم زمین (علوم خاک)"، تهران، انتشارات دانشگاه تهران، ۱۳۸۲، صفحه ۴۷۸.
- پری گلشنی، اصغر فلاح، جعفر اولادی قادی‌کلایی، سیاوش کلبی "ارزیابی قابلیت داده‌های سنجنده geoeye-1 و پارامترهای بافت تصویر، به‌منظور طبقه‌بندی مناظر شهری (مطالعه موردی: منطقه ۳ تهران)". پژوهش‌های جغرافیای طبیعی، دوره ۴۶، شماره ۲، ۱۳۹۳، صفحات ۱۵۷-۱۶۸.
- فردین میرزاپور "آشکارسازی پوشش‌های زمینی با استفاده از ویژگی‌های بافت در تصاویر ماهواره‌ای"، پایان‌نامه کارشناسی ارشد دانشکده فنی و مهندسی، دانشگاه تربیت مدرس، ۱۳۸۰.
- محمد نجفی دیسفانی "کتاب پل ام. میذر، پردازش رایانه تصاویر سنجش از دور"، چاپ اول، تهران، سازمان مطالعه و تدوین کتب علوم انسانی دانشگاه‌ها (سمت)، ۱۳۷۷، ۴۳۷ صفحه.

- Berberoglu, Suha, Paul J. Curran, Christopher D. Lloyd, and Peter M. Atkinson. "Texture classification of Mediterranean land cover." *International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation* 9, no. 3 (2007): 322-334.
- Carr, James R. "Spectral and textural classification of single and multiple band digital images." *Computers & Geosciences* 22, no. 8 (1996): 849-865.
- Chander, Gyanesh, and Brian Markham. "Revised Landsat-5 TM radiometric calibration procedures and postcalibration dynamic ranges." *IEEE Transactions on geoscience and remote sensing* 41, no. 11 (2003): 2674-2677.
- Haralick, Robert M., and Karthikeyan Shanmugam. "Textural features for image classification." *IEEE Transactions on systems, man, and cybernetics* 6 (1973): 610-621.
- He, Dong-Chen, and Li Wang. "Texture unit, texture spectrum, and texture analysis." *IEEE transactions on Geoscience and Remote Sensing* 28, no. 4 (1990): 509-512.
- Kabir, Shahid, Dong-Chen He, and Patrice Rivard. "Urban classification of high resolution IKONOS imagery using texture." In *Proceedings of Joint Int. Conf. on Computing and Decision Making in Civil and Building Engineering, Montréal, June*, pp. 326-335. 2006.
- Lee, J-H., and William D. Philpot. "Spectral texture pattern matching: a classifier for digital imagery." *IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing* 29, no. 4 (1991): 545-554.
- Marceau, Danielle J., Philip J. Howarth, Jean-Marie M. Dubois, and Denis J. Gratton. "Evaluation of the grey-level co-occurrence matrix method for land-cover classification using SPOT imagery." *IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing* 28, no. 4 (1990): 513-519.
- Murphy, D. L. "Estimating neighborhood variability with a binary comparison matrix." *Photogrammetric Engineering and Remote Sensing* 51, no. 6 (1985): 667-674.
- Richards, John A., and J. A. Richards. *Remote sensing digital image analysis*. Vol. 3. Berlin et al.: Springer, 1999.
- Srinivasan, G. N., and G. Shobha. "Statistical texture analysis." In *Proceedings of world academy of science, engineering and technology*, vol. 36, pp. 1264-1269. 2008.
- Wechsler, Harry. "Texture analysis—a survey." *Signal Processing* 2, no. 3 (1980): 271-282.
- Wood, Eric M., Anna M. Pidgeon, Volker C. Radeloff, and Nicholas S. Keuler. "Image texture as a remotely sensed measure of vegetation structure." *Remote Sensing of Environment* 121 (2012): 516-526.
- Zhang, Jun, Peijun Li, and Jinfei Wang. "Urban built-up area extraction from Landsat TM/ETM+ images using spectral information and multivariate texture." *Remote Sensing* 6, no. 8 (2014): 7339-7359.
- Zhang, Yun. "Optimisation of building detection in satellite images by combining multispectral classification and texture filtering." *ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing* 54, no. 1 (1999): 50-60.