

بررسی تأثیر باند حرارتی و الگوریتم‌های طبقه‌بندی نظارت‌شده داده‌های ماهواره‌ای در تهیه نقشه‌های کاربری اراضی (مطالعه موردی: کاشان)

مهدی جعفری^{۱*}، غلامرضا زهتابیان^۲ و امیر هوشنگ احسانی^۳

*- نویسنده مسئول، کارشناس ارشد مدیریت مناطق بیابانی دانشکده منابع طبیعی دانشگاه تهران

پست الکترونیک: khomein2008@yahoo.com

۲- استاد، دانشکده منابع طبیعی دانشگاه تهران

۳- استادیار مرکز تحقیقات بین‌المللی بیابان

تاریخ پذیرش: ۹۰/۰۷/۰۹

تاریخ دریافت: ۸۹/۱۰/۰۶

چکیده

امروزه داده‌های سنجنش از دور قادر به ارائه جدیدترین اطلاعات برای مطالعه پوشش زمین و کاربری‌های اراضی می‌باشند. این تصاویر بدلیل ارائه اطلاعات به هنگام، تنوع اشکال، رقومی بودن و امکان پردازش در تهیه نقشه‌های کاربری از اهمیت بالایی برخوردارند. مشخص کردن موقعیت هر کاربری و پوشش اراضی در کنار یکدیگر کمک شایانی به مدیران مناطق جهت تصمیم‌گیری می‌کند. همچنین با استفاده از نقشه‌های کاربری اراضی در سطوح مختلف می‌توان وضعیت موجود پوشش زمین را مورد مطالعه قرار داد. به‌منظور بررسی توانایی داده‌های ماهواره‌ای چندزمانه TM و ETM+ در طبقه‌بندی کاربری اراضی و تأثیر باند حرارتی در افزایش دقت نقشه‌های کاربری، داده‌های رقومی سنجنده TM مربوط به ۲۷ سپتامبر ۱۹۹۰ و داده‌های رقومی سنجنده ETM+ مربوط به ۱۰ ژولای ۲۰۰۲، از منطقه کاشان مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفتند. بررسی‌های اولیه بر روی تصاویر از لحاظ وجود خطای هندسی اجرا شد. به‌منظور آماده‌سازی تصاویر برای پردازش‌های رقومی، عملیات بهبود و بازسازی تصاویر از جمله بهبود کنتراست، شاخص بهترین ترکیب باندی و ساخت تصاویر رنگی کاذب، بر روی تصاویر اعمال شد. آنگاه نقشه واقعیت زمینی نیز در همین مرحله تهیه شد. سپس طبقه‌بندی نظارت‌شده تصاویر ماهواره‌ای با الگوریتم‌ها و رویکردهای مختلف شامل انواع ترکیبات باندی انجام شد و دقت هر کدام از روشها و رویکردها بررسی شد. نتایج نشان داد که بیشترین دقت کاپای حاصل از طبقه‌بندی در هر دو سنجنده‌های TM و ETM+ با حضور تمام باندها به مقدار ۸۶/۳۴ و ۸۳/۲۱ درصد بدست آمد. درحالی‌که در صورت حذف باند حرارتی این دقت به ۸۲/۴۶ و ۷۹/۹۳ درصد کاهش یافت. نتایج این مطالعه نشان داد که بکارگیری باند حرارتی موجب افزایش ۴ درصد دقت کاپا در هر دو سنجنده شده و بیشترین افزایش دقت در مورد کلاسهای دشت رسی، دشت سیلابی، کوهستان و اراضی پف‌کرده شور رخ داد. بنابراین استفاده از باند حرارتی به‌رغم دقت طیفی کمتر در این‌گونه مطالعات توصیه می‌گردد.

واژه‌های کلیدی: باند حرارتی، دقت، داده‌های چندزمانه، کاشان، کاربری اراضی

مقدمه

یکی از روشهای پرکاربرد استخراج اطلاعات از داده‌های سنجش از دور طبقه‌بندی داده‌های رقومی آن می‌باشد که به کاربران امکان تولید انواع اطلاعات مختلف مانند نقشه‌های پوشش اراضی، نقشه‌های پوشش گیاهی، نقشه‌های کاربری اراضی، نقشه تغییرات و نقشه حرارت سطحی را می‌دهد. در واقع طبقه‌بندی یک تصویر فرآیندی اجرایی برای شناسایی کلاسهای طیفی مختلف و ارتباط آن با کلاسهای عوارض زمینی است. در این حالت پدیده‌های گوناگون ترکیبهای مختلفی از مقادیر عددی را در تصویر انعکاس داده و خصوصیات بازتابندگی در تصویر ایجاد می‌کنند (Lillesand & Kiffer, 1994). علوی پناه و همکاران (۱۳۷۹) خاکهای اردکان یزد را از نظر شوری و سایر عوامل سطحی نظیر گچ، پوسته‌های نمکی و غیره به کمک داده‌های رقومی ماهواره لندست مورد بررسی قرار دادند. آنها پی بردند که همپوشانی طیفی بین برخی خاکها مثل خاکهای سنگریزه‌ای، پوسته‌های نمکی و کویری وجود دارد. آنها با استفاده از باند ترمال توانستند مشکل فوق را حل نموده و کلاسهای نظیر پوسته نمکی تیره و خاکهای گچی را که به غلط طبقه‌بندی شده بودند، اصلاح نمایند؛ آنها دقت طبقه‌بندی کلی را ۹۲٪ بدست آوردند. در نهایت آنها نتیجه گرفتند که باند ترمال در تفکیک کلاسهای خاک گچی و شور، سطوح پوسته‌دار خاک و مناطق شهری بسیار مفید و با ارزش است. نصیری (۱۳۷۷) به منظور تعیین دقت نقشه‌های کاربری اراضی منطقه همدان در سه روش طبقه‌بندی با بیشترین شباهت، حداقل فاصله از میانگین و فرکانس پوششی، از ماتریس خطا، کاپای کلی و دقت کلی استفاده کرده که میزان شاخص کاپا برای سه طبقه‌بندی به ترتیب ۶۰/۶۴، ۴۲/۵۵ و ۷۴/۳۱ درصد و دقت کلی به ترتیب

۶۶، ۵۱ و ۷۷/۶۹ درصد بوده است. وی در این تحقیق خطای امیسیون^۱ و کمیسیون^۲ هر یک از کلاسها را در سه روش طبقه‌بندی با هم مقایسه کرده است. دقت قابل قبول طبقه‌بندی کاربری اراضی با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای طبق نظریات آندرسون ۸۵ درصد می‌باشد. ریاحی (۱۳۷۹) برای تعیین مناسبترین روش تهیه نقشه پوشش منابع طبیعی با استفاده از داده‌های TM در مقیاس ۱:۲۵۰۰۰ در منطقه دشت ارژان استان فارس از سه روش تفسیر بصری، رقومی و هیبرید استفاده کرد. وی توانست از روی تصویر ماهواره‌ای TM، دیمزارها، اراضی بدون پوشش، مراتع متراکم و نیمه‌متراکم، جنگلهای تنک، نیمه‌متراکم و متراکم را از یکدیگر تفکیک کند. در روش بصری صحت کلی ۵۹ درصد و ضریب کاپا ۵۱ درصد بود. در روش هیبرید صحت کلی ۵۲ و ضریب کاپا ۴۲ درصد بود و در روش رقومی با طبقه‌بندی کننده حداکثر احتمال صحت کلی و ضریب کاپا به ترتیب معادل ۴۶ و ۳۶ درصد گزارش شده است. ماجانی (۱۳۸۰)، از قابلیت سنجنده PAN ماهواره IRS-IC سال ۱۳۷۷ برای تولید نقشه گستره جنگل در شمال غرب استان گیلان استفاده کرد. تصاویر با کمک نقشه‌های توپوگرافی با روش غیرپارامتری نزدیکترین همسایه به کمک ۲۰ نقطه کنترل زمینی تصحیح هندسی شد. به منظور تصحیح ارتو از مدل رقومی ارتفاع استفاده شد. نقشه واقعیت زمینی در ۱۰٪ از سطح منطقه با کمک ۱۴ نقطه و نزدیکترین نقطه مرز جنگل به این نقاط تعیین و با کمک GPS برداشت شد. نتایج بدست آمده از طبقه‌بندی با روشهای برش تراکم و حداکثر احتمال منطقه را به دو طبقه جنگل و غیرجنگل تقسیم‌بندی کرد. صحت کلی و ضریب کاپا

1-Omission

2-Comission

سطحی زمین منطقه اراضی شهری، بوته‌زارها و مراتع را تقسیم‌بندی کنند. (Luciana et al., 2007) در منطقه‌ای در ترکیه تغییرات جنگلها را با وسعت ۱۷۷۸ کیلومترمربع بررسی کردند. در این مناطق تصاویر TM و ETM+ لندست از سال ۱۹۸۷ تا ۲۰۰۱ بررسی شد. نتایج نشان می‌دهد که بین سالهای ۱۹۹۳-۱۹۷۲ مناطق جنگلی تا حدود ۶۷٪ افزایش یافته‌اند. تصاویر مذکور پس از تصحیحات هندسی با روش نزدیکترین همسایه انجام شد و نقشه‌های پوشش سطحی زمین منطقه تهیه شد. میزان صحت بدست‌آمده از طبقه‌بندی تصاویر ۸۰٪ می‌باشد. در نهایت تصاویر حاصل فیلتر شد و پیکسل‌های کمتر از 3×1 یا 0.27 هکتار حذف گردید (میزان ضریب کاپا 0.945 می‌باشد).

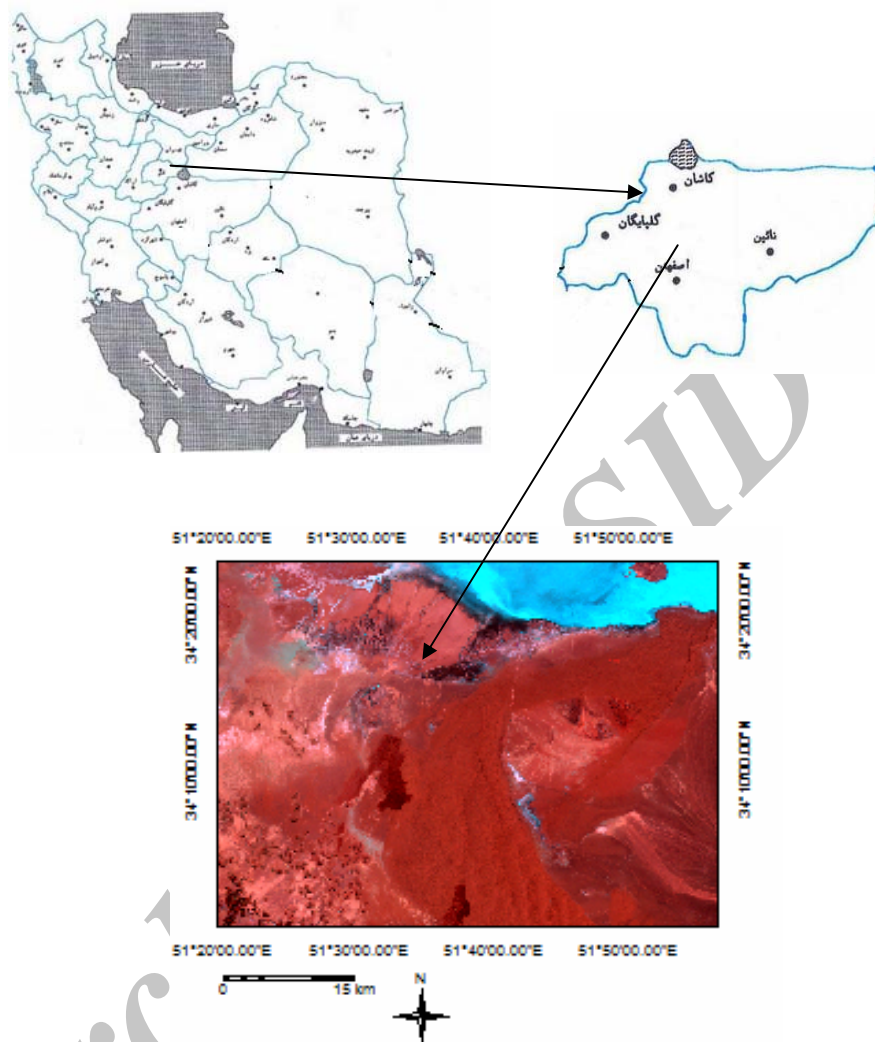
هدف از این تحقیق بررسی تأثیر باند حرارتی داده‌های چند طیفی در ارزیابی دقت نقشه‌های کاربری اراضی می‌باشد.

مواد و روشها

محدوده مورد مطالعه

منطقه مورد مطالعه با وسعت حدود $249434/9$ هکتار در فاصله 240 کیلومتری جنوب تهران و در حاشیه کویر قرار دارد. این منطقه دارای مختصات جغرافیایی $98^{\circ} 19' 51''$ تا $56^{\circ} 41' 51''$ طول شرقی و $86^{\circ} 00' 34''$ تا $12^{\circ} 23' 34''$ عرض شمالی می‌باشد. منطقه مورد مطالعه از شرق و شمال‌شرقی به دریاچه نمک و شوره‌زارهای آن و ریگ‌بلند کاشان، از غرب به ارتفاعات و از جنوب به قسمت جنوبی شهرستان کاشان (فین) محدود می‌گردد. بلندترین نقطه در منطقه مورد مطالعه 1500 متر از سطح دریا در شمال‌غربی منطقه و کمترین آن 810 متر در منطقه آب شیرین می‌باشد.

به‌ترتیب معادل $7/8$ و $0/52$ درصد بدست‌آمد. احمد ثانی (۱۳۸۴)، قابلیت تصاویر ماهواره‌ای Terra سنجنده ASTER را برای تهیه نقشه تراکم جنگلهای زاگرس (منطقه مریوان) بررسی کرد. برای تجزیه و تحلیل تصاویر ماهواره‌ای از روش طبقه‌بندی نظارت شده استفاده کرد و در مجموع صحت کلی $6/5$ درصد و ضریب کاپای $0/51$ را نتیجه‌گیری نمود. جان‌فزا (۱۳۸۶)، در مطالعه شوری و نوع املاح با استفاده از داده‌های IRS با استفاده از بهبود کتراست، ساخت تصاویر رنگی کاذب، تجزیه مؤلفه‌های اصلی و روشهای ادغام اقدام به بارزسازی تصاویر برای طبقه‌بندی و نیز ساخت تصاویر رنگی کاذب از شاخص OIF پرداخته و برای طبقه‌بندی داده‌ها از روشهای شبکه موازی، حداقل فاصله، ماه‌الانویس و روش حداکثر احتمال در هشت رویکرد مختلف استفاده نمود. وی عنوان می‌دارد که در بین روشهای بکاررفته روش حداکثر احتمال بیشترین دقت را داشته که در رویکرد اول صحت کلی و ضریب کاپا به‌ترتیب برابر $82/41$ درصد و $0/81$ برای تهیه نقشه شوری و $83/17$ درصد و $0/81$ برای تهیه نقشه نوع املاح بدست‌آمده است. (Carlson & Sanchez- Azofeifa, 1999). با استفاده از داده‌های رقومی TM سال ۱۹۹۱ در منطقه کاستاریکا اقدام به تهیه نقشه کاربری اراضی نمودند. با استفاده از اطلاعات TM سال ۱۹۹۱ طبقه‌بندی نظارت شده انجام دادند و با کمک عکس هوایی به ۵ طبقه رسیدند: جنگل، زمینهای زراعی، چراگاه، اراضی شهری و ابر. دقت تفکیک جنگل ۹۱ درصد بوده است. (Philip et al., 2005). تحقیقی در شمال‌غربی اردن از تصاویر ETM+ برای تهیه نقشه پوشش سطح زمین استفاده کردند. این تصاویر به‌صورت نظارت شده و نظارت نشده طبقه‌بندی شدند. و با صحت 83% توانستند نقشه‌های پوشش



شکل ۱- محدوده مورد مطالعه در ایران و استان اصفهان

داده‌های سنجنده ETM+ لندست ۷ مربوط به ۱۰

ژولای ۲۰۰۲

- داده‌های سنجنده TM تصحیح شده جهت انجام عمل

تطابق هندسی تصاویر و بررسی کیفیت عمل تطابق هندسی

داده‌های مورد استفاده در این تحقیق عبارتند از:

- داده‌های سنجنده TM لندست ۵ مربوط به ۲۷

سپتامبر ۱۹۹۰

چندزمانه مورد استفاده بسیار ضروریست (ناصری، ۱۳۸۲). بنابراین تصاویر مربوط به صورت تک‌باندی و با ترکیبات مختلف رنگی و با بزرگنمایی روی صفحه مانیتور از نظر وجود خطاهای هندسی و رادیومتری مانند راه‌شدگی و نیز خطاهای دیگر مانند وجود پیکسل‌های تکراری در سطر و ستون و جابجایی دسته‌های ۱۶ تایی خطوط اسکن بررسی شدند.

تصحیح هندسی تصاویر

قبل از تجربه و تحلیل اطلاعات ماهواره‌ای به‌ویژه در مواردی که اندازه‌گیریهای مختلف مورد نظر باشد، لازم است ابتدا تصحیحاتی از جمله تصحیح هندسی^۱ بروی تصویر خام صورت گیرد. در این روش تصحیح هندسی به روش تصویر به تصویر و با استفاده از سیستم موقعیت‌یاب جهانی تصحیح هندسی انجام شد. در نهایت پس از انتخاب نقاط با استفاده از معادله چندجمله‌ای خطی و روش نمونه‌گیری از نوع نزدیکترین همسایه ارزشها و DN پیکسلها از تصویر اولیه به تصویر ایجادشده منتقل و تصحیح هندسی انجام گردید. برای این منظور باید سعی گردد که مقدار RMS (خطای جذر میانگین مربعات) کمتر از یک شود.

بارسازی تصویر

کنتراست یا وضوح داده‌های خام پائین بوده و تشخیص عوارض اغلب به سختی امکان‌پذیر است. به‌منظور افزایش وضوح تصاویر و بهتر نمایان شدن پدیده‌های مختلف با استفاده از پردازشهای لازم بروی تصاویر انجام شد. برای

بررسی محتوای اطلاعاتی سنجنده TM و ETM+

این سنجنده‌ها دارای قدرت تفکیک مکانی ۳۰ متر برای تمام باندها، ۱۲۰ متر برای باند ۶ سنجنده TM و ۶۰ متر برای باند ۶ سنجنده ETM+ می‌باشد. در شکل ۲ محتوای اطلاعاتی این سنجنده نشان داده شده است. همان‌طور که مشاهده می‌شود انحراف معیار باند ۶ با بقیه باندها متفاوت است که نشان‌دهنده تفاوت در اطلاعات موجود در این باند با بقیه باندها است.

تهیه نقشه واقعیت زمینی

بر اساس تحقیقات انجام شده نقشه واقعیت زمینی نمونه‌ای در سطح ۲/۵ درصد متناسب با ویژگیهای منطقه به لحاظ شکل و اندازه، به‌خوبی می‌تواند در کارهای اجرایی به‌منظور صحت نقشه‌های موضوعی بدست‌آمده از طبقه‌بندی داده‌های ماهواره‌ای به‌کار گرفته شود (فلاح شمس، ۱۳۷۶). برای کنترل نقشه‌های تولید شده، این نقشه‌ها با واقعیت زمینی که نقاط آن به صورت تصادفی تعیین و به کمک GPS برداشت گردیده بودند کنترل شد. تعداد نقاط کنترل زمینی برداشت شده ۲۳۴ نقطه بود که حدود ۲٪ از مساحت منطقه را پوشش می‌داد. به‌دلیل اینکه این نقشه به‌عنوان نقشه مبنا در تجزیه و تحلیل داده‌های ماهواره‌ای مورد استفاده قرار می‌گیرد و با توجه به ساختار رستری تصاویر ماهواره‌ای، ساختار نقشه واقعیت زمینی از حالت برداری به رستری تبدیل شد.

بررسی کیفیت داده‌های ماهواره‌ای چندزمانه

آگاهی داشتن از وضعیت هندسی و رادیومتری داده‌ای

1 - Geometric Correction

به‌عنوان نمونه‌های تعلیمی در طبقه‌بندی داده‌ها نامیده می‌شوند. پس از انتخاب و تعیین طبقه‌ها باید برای هر یک از آنها، نمونه‌های تعلیمی تعیین گردد. زیرا اساس و پایه این روش بر مبنای مشخصات طیفی نمونه‌های تعلیمی می‌باشد. برای انجام طبقه‌بندی ابتدا نمونه‌های تعلیمی برای سنجنده‌های مختلف تعیین شدند، سپس طبقه‌بندی نظارت شده از طبقه‌بندی کننده‌های حداکثر احتمال، حداقل فاصله، حداقل فاصله ماکسیمی و متوازی السطوح انجام شد که طبقه‌بندی حداکثر احتمال آورده شده است. به‌منظور بررسی و ارزیابی باند حرارتی در افزایش دقت داده‌های طیفی چندزمانه ماتریس خطای طبقه‌بندیها مورد آنالیز قرار گرفت. پس از طبقه‌بندی تصاویر ماهواره‌ای و تهیه نقشه پوشش و کاربری اراضی، ارزیابی دقت این نقشه‌ها برای بیشتر استفاده کنندگان ضروری به نظر می‌رسد. بنابراین مرحله نهایی در تهیه نقشه پوشش اراضی ارزیابی دقت نقشه‌ها می‌باشد. رایجترین روش به‌منظور ارزیابی دقت نقشه‌های تولید شده بدست‌آمده از تصاویر ماهواره‌ای، تجزیه و تحلیل ماتریس خطا^۴ می‌باشد. در نهایت به کمک جدولهای خطا، معیارهای صحت کلی، ضریب کاپا، صحت تولید کننده و صحت کاربر محاسبه شدند.

وضوح بهتر تصاویر باندهای مختلف از سه روش کشش خطی^۱، تبدیل هیستوگرام^۲ و کشش خطی اشباع شده^۳ استفاده گردید.

طبقه‌بندی تصاویر و برآورد دقت

در این تحقیق روش طبقه‌بندی نظارت شده برای طبقه‌بندی داده‌های ماهواره‌ای مورد آزمون قرار گرفت. در این رابطه با انتخاب بهترین ترکیب باندی، با توجه به اینکه مطالعه جدول همبستگی و منحنی باندها کمک زیادی در شناخت روابط باندها و تصمیم‌گیری در مورد انتخاب آنها برای تهیه تصاویر رنگی مناسب می‌نماید، ولی با این حال نمی‌توان به‌طور کمی به نتیجه‌ای رسید. بدین منظور، محققان عاملی را به‌عنوان OIF یا شاخص حد مطلوب برای ارزیابی و انتخاب باندها معرفی کردند که بر اساس میزان کل انحراف معیار و همبستگی داخلی بین باندها ترکیبات سه باندی را معرفی می‌نماید (احسانی، ۱۳۸۱). در این تحقیق نیز ضمن بررسی جدول همبستگی و منحنی باندها و در نهایت با توجه به هدف از شاخص OIF بهترین ترکیب باندی انتخاب شد. جدولهای ۱ و ۲ بهترین ترکیب باندی مشخص شده با استفاده از شاخص OIF برای سنجنده‌های TM و ETM+ را نشان می‌دهند که بهترین ترکیب باندی برای هر دو سنجنده باندهای ۷، ۲ و ۱ می‌باشد. قدم اول در انجام طبقه‌بندی نظارت شده، تعیین نوع و تعداد طبقه‌ها می‌باشد. طبقه‌بندی نظارت شده بر پایه پیش‌شناخت دقیق طبقه‌بندیهای مورد نظر استوار است. این پیش‌شناختها

- 1-Linear Stretching
- 2-Histogram Equalization
- 3-Linear With Saturation

4-Error Matrix

جدول ۱- اطلاعات مربوط به شاخص ترکیب بهینه باندی TM

ردیف	ترکیب باندی	فاکتور OIF
۱	۱،۲،۷	۴۴۲/۷۱
۲	۱،۵،۷	۳۸۱/۳۱
۳	۱،۳،۷	۳۰۲/۳۱
۴	۱،۴،۷	۲۵۶/۰۸
۵	۲،۵،۷	۱۹۴/۵۰
۶	۱،۲،۵	۱۸۴/۲۹

جدول ۲- اطلاعات مربوط به شاخص ترکیب بهینه باندی ETM+

ردیف	ترکیب باندی	فاکتور OIF
۱	۱،۲،۷	۳۰۰/۹۵
۲	۱،۴،۷	۲۴۶/۹۲
۳	۲،۴،۷	۲۱۴/۸۶
۴	۱،۳،۷	۱۹۶/۲۰
۵	۱،۵،۷	۱۸۹/۳۱
۶	۲،۳،۷	۱۸۱/۱۲

نتایج

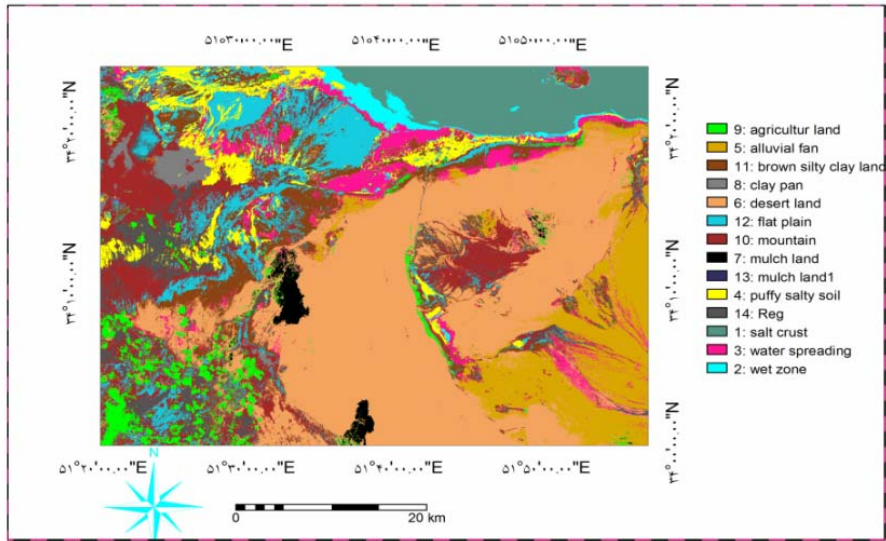
طبقه‌بندی با روش حداکثر احتمال و رویکرد تمام باندها و بدون باند حرارتی را نشان می‌دهد. به‌منظور بررسی و ارزیابی باند حرارتی در افزایش دقت داده‌های طیفی چندزمانه ماتریس خطای طبقه‌بندیها مورد آنالیز قرار گرفت. پس از طبقه‌بندی تصاویر ماهواره‌ای و تهیه نقشه پوشش و کاربری اراضی، ارزیابی دقت این نقشه‌ها برای بیشتر استفاده‌کنندگان ضروری به نظر می‌رسد. بنابراین مرحله نهایی در تهیه نقشه پوشش اراضی ارزیابی دقت نقشه‌ها می‌باشد. رایجترین روش به‌منظور ارزیابی دقت نقشه‌های تولید شده بدست‌آمده از تصاویر ماهواره‌ای،

در این تحقیق تصحیح هندسی به روش تصویر به تصویر و با استفاده از سامانه موقعیت‌یاب جهانی انجام شد. برای این منظور باید سعی گردد که مقدار RMS^1 کمتر از یک شود، به‌طوری‌که RMS (خطای جذر میانگین مربعات) TM به $0/348$ رسید. برای تصحیح هندسی تصاویر ETM+ نیز پس از اصلاح تصاویر TM با استفاده از روش تصویر به تصویر و خطای $0/577$ این تصحیح انجام شد که دقت قابل قبولی می‌باشد. شکل ۲ نتایج

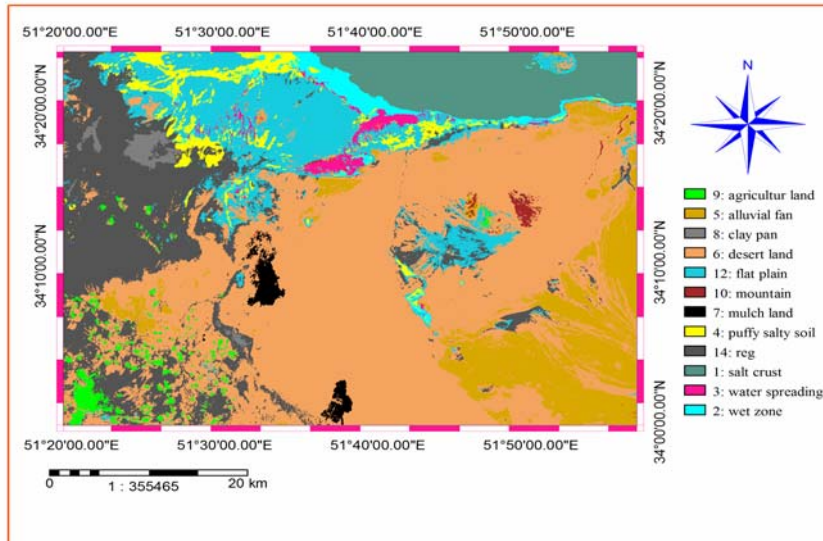
1-Root Mean Squar

طبقه‌بندی شده‌اند برابر با $۸۰/۹۳\%$ می‌باشد، درحالی‌که این مقدار برای روش حداقل فاصله برابر با $۶۶/۸۹\%$ می‌باشد. مقایسه صحت کلی و ضریب کاپا نشان می‌دهد که میزان ضریب کاپای بدست‌آمده اندکی کمتر از درصد خطای کلی می‌باشد و علت آن کاهش نقش شانس در محاسبه این شاخص می‌باشد.

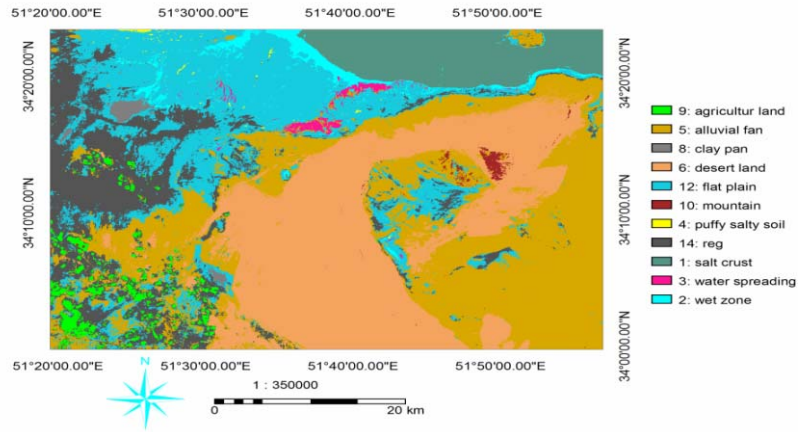
تجزیه و تحلیل ماتریس خطا می‌باشد. جدولهای ۳ تا ۶ دقت تولیدکننده و دقت استفاده‌کننده الگوریتم‌های طبقه‌بندی نظارت شده برای هر دو سنجنده را نشان می‌دهند. شکل‌های ۳ و ۴ مقایسه دقت کلی و ضریب کاپا را برای روش‌های طبقه‌بندی سنجنده‌های TM و ETM+ نشان می‌دهد. بیشترین دقت کلی برای سنجنده TM با رویکرد تمام باندها مربوط به روش طبقه‌بندی حداکثر احتمال و کمترین برای روش حداقل فاصله بدست‌آمده است. بیشترین دقت کلی برای سنجنده TM با رویکرد بدون باند حرارتی مربوط به روش طبقه‌بندی حداکثر احتمال و کمترین برای روش حداقل فاصله ماه‌الانوبیز بدست‌آمده است. بیشترین دقت کلی برای سنجنده ETM+ با رویکرد تمام باندها مربوط به روش طبقه‌بندی حداکثر احتمال و کمترین برای روش حداقل فاصله بدست‌آمده است. بیشترین دقت کلی برای سنجنده ETM+ با رویکرد بدون باند حرارتی مربوط به روش‌های طبقه‌بندی متوازی‌السطوح و روش حداقل فاصله و کمترین برای روش ماه‌الانوبیز بدست‌آمده است. باند حرارتی موجب افزایش دقت کلاس‌های دشت رسی، دشت سیلابی کوهستان و اراضی پف‌کرده شور گردید. ضریب کاپا نشان‌دهنده میزان پیکسل‌هایی می‌باشد که درست طبقه‌بندی شده‌اند؛ یعنی در سنجنده TM با رویکرد تمام باندها روش طبقه‌بندی با روش حداکثر احتمال، احتمال این‌که پیکسل‌ها درست



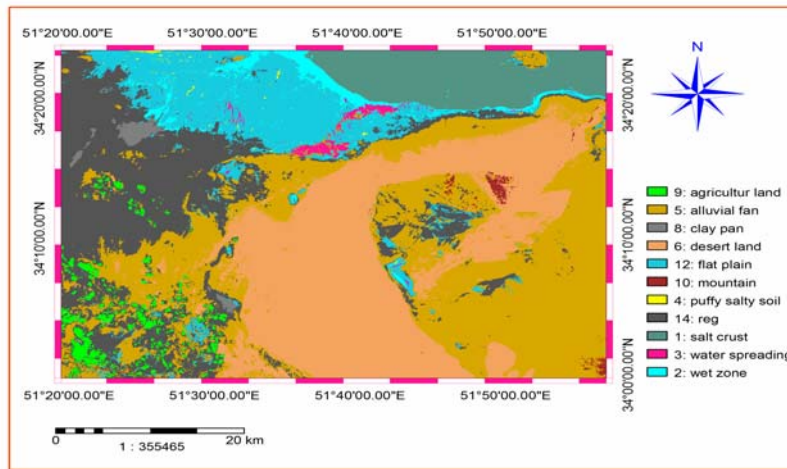
الف) نقشه کاربری اراضی سنجنده TM با رویکرد تمام باندها



ب) نقشه کاربری اراضی سنجنده TM با رویکرد بدون باند حرارتی

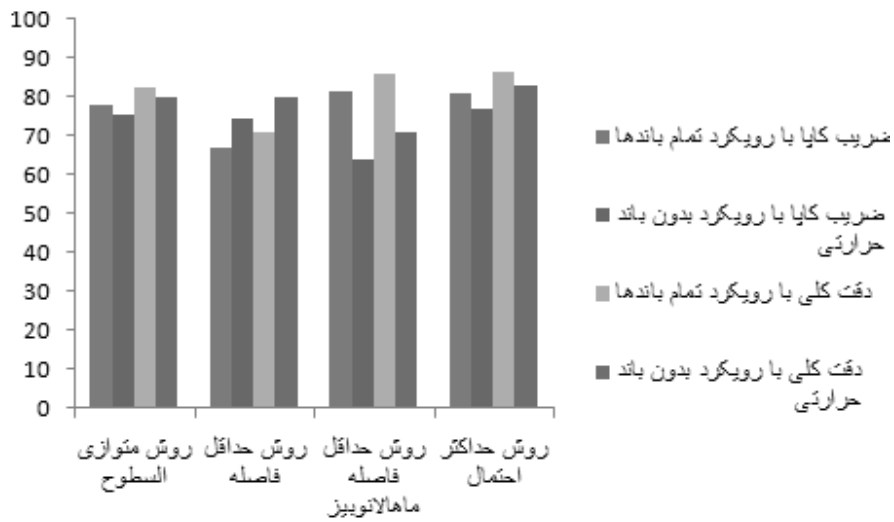


ج) نقشه کاربری اراضی سنجنده ETM+ با رویکرد تمام؟ باندها

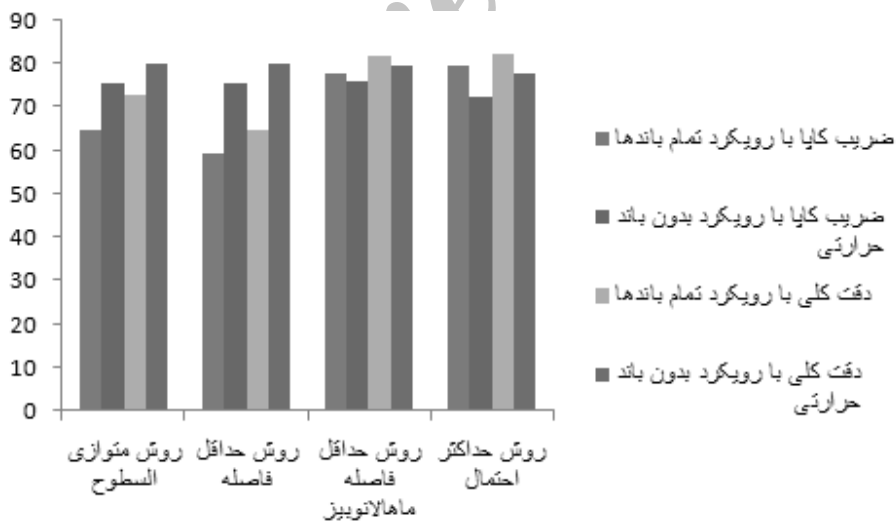


د) نقشه کاربری اراضی سنجنده ETM+ رویکرد بدون باند حرارتی

شکل ۲- نقشه کاربری اراضی سنجنده‌های TM و ETM+ با رویکرد تمام باندها و بدون باند حرارتی



شکل ۳- مقایسه ضرب کایا با صحت کلی سنجنده TM با رویکرد تمام باندها و رویکرد بدون باند حرارتی



شکل ۴- مقایسه ضرب کایا با صحت کلی سنجنده ETM+ با رویکرد تمام باندها و رویکرد بدون باند حرارتی

جدول ۳- مشخصات آماری دقت تولیدکننده برای طبقه‌بندی تصویر TM با استفاده از الگوریتم‌های طبقه‌بندی نظارت شده

کلاسها	دقت تولید کننده (%) روش حداکثر احتمال	دقت تولید کننده (%) روش متوازی السطوح	دقت تولید کننده (%) روش حداقل فاصله	دقت تولید کننده (%) روش حداقل فاصله ماهالانویز
اراضی کشاورزی	۹۳	۷۳	۳۷	۹۳
مخروط افکنه	۹۸	۱۰۰	۹۹	۹۸
دشت رسی	۸۲	۱۰۰	۷۵	۸۲
تپه‌های ماسه‌ای	۸۷	۸۱	۸۴	۸۷
دشت سیلابی	۸۷	۸۵	۸۲	۸۷
کوهستان	۴۰	۱۸	۱۷	۴۰
اراضی پف کرده شور	۷۹	۱۰۰	۶۳	۷۹
دشت ریگی	۹۷	۹۴	۴۷	۹۷
پوسته نمکی	۸۲	۴۹	۸۵	۸۲
پخش سیلاب	۸۵	۹۶	۷۴	۸۵
منطقه مرطوب	۸۹	۸۲	۶۷	۸۹
اراضی مالچ‌پاشی شده	۹۰	۱۰۰	۴۳	۹۰

جدول ۴- مشخصات آماری دقت استفاده کننده برای طبقه‌بندی تصویر TM با استفاده از الگوریتم‌های طبقه‌بندی نظارت شده

کلاسها	دقت استفاده کننده (%) روش حداکثر احتمال	دقت استفاده کننده (%) روش متوازی السطوح	دقت استفاده کننده (%) روش حداقل فاصله	دقت استفاده کننده (%) روش حداقل فاصله ماهالانویز
اراضی کشاورزی	۹۲	۷۰	۸۴	۹۳
مخروط افکنه	۸۰	۷۵	۶۷	۸۰
دشت رسی	۷۸	۱۰۰	۷۲	۷۸
تپه‌های ماسه‌ای	۸۵	۸۴	۷۷	۸۵
دشت سیلابی	۸۸	۹۹	۴۶	۸۸
کوهستان	۹۱	۷۶	۲۶	۷۸
اراضی پف کرده شور	۷۳	۲۰	۶۹	۷۳
دشت ریگی	۹۵	۱۰۰	۹۵	۹۵
پوسته نمکی	۱۰۰	۱۰۰	۱۰۰	۱۰۰
پخش سیلاب	۸۸	۸۸	۸۵	۸۸
منطقه مرطوب	۶۹	۵۹	۶۷	۶۹
اراضی مالچ‌پاشی شده	۹۳	۷۸	۸۹	۹۲

جدول ۵- مشخصات آماری دقت تولیدکننده برای طبقه‌بندی تصویر ETM+ با استفاده از الگوریتم‌های طبقه‌بندی نظارت شده

کلاسها	دقت تولید کننده (%)	دقت تولید کننده (%)	دقت تولید کننده (%)	دقت تولید کننده (%)
	روش حداقل فاصله ماهالانویز	روش متوازی السطوح	روش حداقل فاصله	روش حداکثر احتمال
اراضی کشاورزی	۶۷	۷	۶۷	۶۷
مخروط افکنه	۹۹	۱۰۰	۹۳	۹۹
دشت رسی	۴۹	۱۰۰	۴۹	۴۸
تپه‌های ماسه‌ای	۹۸	۸۵	۹۹	۹۸
دشت سیلابی	۹۲	۹۹	۸۸	۹۲
کوهستان	۲۰	۶	۱۸	۲۰
اراضی پف کرده شور	۱۰۰	۱۰۰	۱۰۰	۱۰۰
دشت ریگی	۹۴	۹۹	۸۲	۹۱
پوسته نمکی	۹۰	۱۰۰	۹۰	۹۰
پخش سیلاب	۷۱	۳۷	۷۱	۷۱
منطقه مرطوب	۹۱	۳۷	۸۸	۹۰

جدول ۶- مشخصات آماری دقت استفاده کننده برای طبقه‌بندی تصویر ETM+ با استفاده از الگوریتم‌های طبقه‌بندی نظارت شده

کلاسها	دقت استفاده کننده (%)	دقت استفاده کننده (%)	دقت استفاده کننده (%)	دقت استفاده کننده (%)
	روش حداقل فاصله ماهالانویز	روش متوازی السطوح	روش حداقل فاصله	روش حداکثر احتمال
اراضی کشاورزی	۹۲	۸۷	۹۲	۹۲
مخروط افکنه	۶۶	۵۳	۶۶	۶۶
دشت رسی	۷۷	۹۱	۷۱	۷۸
تپه‌های ماسه‌ای	۸۸	۸۶	۸۶	۸۸
دشت سیلابی	۸۱	۸۳	۶۵	۸۵
کوهستان	۸۷	۸۶	۸۶	۸۹
اراضی پف کرده شور	۸۵	۹۴	۷۲	۸۵
دشت ریگی	۷۹	۱۰۰	۸۲	۸۰
پوسته نمکی	۱۰۰	۱۰۰	۱۰۰	۱۰۰
پخش سیلاب	۸۹	۵۱	۸۹	۸۹
منطقه مرطوب	۷۳	۱۰۰	۷۳	۷۴

بحث

نتایج نشان داد که روش حداکثر احتمال نسبت به الگوریتم‌های طبقه‌بندی دیگر از لحاظ دقت کل و ضریب کاپا برتر بود که این نتیجه با نتایج سایر محققان از جمله Lillesand & Kiefer (1994) و علوی‌پناه و همکاران (۱۳۸۰) که روش حداکثر احتمال را به‌عنوان بهترین روش طبقه‌بندی معرفی می‌کنند همخوانی دارد. البته همه الگوریتم‌های طبقه‌بندی نظارت شده، تمام پیکسل‌های پوسته نمکی را به‌درستی شناسایی کردند. به‌طوری‌که دقت بالای طبقه‌بندی کلاس پوسته نمکی می‌تواند ناشی از خصوصیات طیفی متمایز یا قابلیت تفکیک‌پذیری طیفی آن در مقایسه با سایر تیپ‌های پوشش باشد. این مطالعه نشان می‌دهد که الگوریتم حداکثر احتمال می‌تواند دقت طبقه‌بندی بالاتری داشته باشد؛ در نتیجه جایگزین خوبی برای الگوریتم‌های دیگر طبقه‌بندی می‌باشد.

منابع مورد استفاده

- احسانی، ا. و علوی‌پناه، س.ک.، ۱۳۸۱. بررسی و ارزیابی کارایی باندهای ماهواره لندست ۷ (ETM+) در تفکیک واحدهای طیفی حاشیه پلایا. مجموعه مقالات همایش ژئوماتیک.
- احمدی ثانی، ن.، ۱۳۸۴. بررسی قابلیت سنجنده ASTER جهت تهیه نقشه تراکم جنگلهای زاگرس (جنگلهای شهرستان مریوان). پایان نامه کارشناسی ارشد. دانشکده منابع طبیعی دانشگاه تهران.
- جان‌فزا، ع.، ۱۳۸۶. مطالعه شوری و نوع املاح با استفاده از داده‌های ماهواره‌ای در منطقه دامغان. پایان نامه کارشناسی ارشد بیابان‌زدایی، دانشکده منابع طبیعی دانشگاه تهران.
- حسینی، س.ز.، ۱۳۸۱. بررسی قابلیت داده‌های ماهواره‌ای لندست ETM+ جهت تهیه نقشه کاربری اراضی (استان مازندران- منطقه چمستان). پایان نامه کارشناسی ارشد مرتع‌داری، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه تهران.

محاسبه ضریب همبستگی بین باندهای سنجنده TM و ETM+ در این مطالعه نشان می‌دهد که در هر دو سنجنده باند حرارتی با سایر باندها دارای همبستگی پایینی بوده که نشان از تفاوت محتوای اطلاعاتی این باند می‌باشد. در این مطالعه حذف باند حرارتی در هر دو سنجنده موجب کاهش دقت طبقه‌بندی گردید. به‌طوری‌که در حضور این باند دقت طبقه‌بندی را ۴٪ افزایش داد و حضور باند حرارتی موجب افزایش دقت کلاسه‌های اراضی پف‌کرده شور، کوهستان، دشت رسی و دشت سیلابی گردید. به‌نحوی‌که سنجنده ETM+ با ۲ نوع قدرت تفکیک مکانی ۲۸/۵ و ۶۰ متر و سنجنده TM با قدرت مکانی ۲۸/۵ و ۱۲۰ متر می‌باشد. توجه به همبستگی باندهای انعکاسی و حرارتی در این سنجنده‌ها نشان‌دهنده اهمیت باند حرارتی آن در ارائه اطلاعات می‌باشد. محققانی مانند Masoud & Kike (2006)، ناصری (۱۳۸۲)، حسینی (۱۳۸۱) و متین‌فر (۱۳۸۵) بر قابلیت این سنجنده‌ها و مخصوصاً تأثیر باند حرارتی آن بر شناسایی و مطالعه عوارض زمینی نسبت به سایر سنجنده‌های ماهواره لندست اذعان نموده‌اند. استفاده از کلیه باندها به موجب بکارگیری کلیه اطلاعات موجود در باندهای مختلف شده که موجب افزایش دقت طبقه‌بندی در تحقیق فعلی شده است. Zink (2000) و متین‌فر (۱۳۸۵) نیز بر این امر اذعان داشتند. در این منطقه بیشترین دقت کلی بدست‌آمده از طبقه‌بندی برای سنجنده‌های TM و ETM+ به‌ترتیب ۸۶/۳۴ و ۸۲/۴۶ بدست‌آمد و این نتیجه با نتایج سایر محققان از جمله Philip et al., (2005)، زاهدی‌فر (۱۳۸۱) و جان‌فزا (۱۳۸۶) مطابقت دارد. در این مطالعه

- ریاحی، ر، ۱۳۷۹. تعیین مناسبترین روش تهیه نقشه پوشش منابع طبیعی در مقیاس ۱:۲۵۰۰۰ با استفاده از داده‌های ماهواره‌ای در دشت ارژن. پایان نامه کارشناسی ارشد جنگلداری دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه تهران.
- زاهدی فرد، ن.، ۱۳۸۱. تهیه نقشه کاربری اراضی با استفاده از داده‌های ماهواره‌ای در حوزه آبخیز بازیافت. پایان نامه کارشناسی ارشد خاکشناسی، دانشکده منابع طبیعی دانشگاه صنعتی اصفهان.
- علوی پناه، س.ک.، ۱۳۷۹. ارزیابی کارایی باندهای طیفی ماهواره لندست TM در مطالعات کویرهای ایران. مجله منابع طبیعی دانشگاه تهران، جلد ۵۳، شماره ۱، ص ۶۸-۶۷.
- علوی پناه، س.ک.، پویافر، ا.م.، خلیل پورسید، ع. و مشهدی، ن.، ۱۳۸۰. مطالعه پوشش گیاهی و شوری خاک براساس داده‌های سنجنش از دور و سامانه‌های اطلاعات جغرافیایی (مطالعه موردی: حوزه رودخانه شور کرج). مجله پژوهش‌های جغرافیایی، ۱(۶): ۸۶-۶۹.
- فلاح شمسی، س.، ۱۳۷۶. برآورد صحت نقشه‌های حاصل از داده‌های ماهواره‌ای به روش نمونه‌گیری. پایان نامه کارشناسی ارشد، دانشکده منابع طبیعی دانشگاه تهران، ص ۸۶.
- ماجانی، ع.، ۱۳۸۰. بررسی قابلیت سنجنده pan ماهواره IRS-1C جهت تولید گستره جنگل. پایان نامه کارشناسی ارشد جنگلداری دانشکده منابع طبیعی.
- متین‌فر، ح.ر.، ۱۳۸۵. بررسی داده‌های سنجنده‌های ASTER و MSS, TM, ETM, LISS-III به منظور شناسایی خاکها براساس مطالعات میدانی به کمک GIS در منطقه کاشان. پایان نامه دکتری، دانشگاه تهران.
- ناصری، ف.، ۱۳۸۲. طبقه‌بندی تپه‌های جنگلی و برآورد مشخصه‌های کمی آنها با استفاده از داده‌های ماهواره‌ای در جنگلهای مناطق خشک و نیمه‌خشک (استان کرمان - پارک ملی خیر). رساله دکترای جنگلداری، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه تهران.
- نصیری، ع.، ۱۳۷۷. روشهای طبقه‌بندی طیفی و فضایی در تهیه نقشه کاربری اراضی. وزارت کشاورزی، معاونت برنامه‌ریزی و بودجه اداره کل آمار و اطلاعات، شماره ۷۷/۲۶.
- Anderson, G.L., Hanson, J.D. and Haas, R.H., 1993. Evaluating Landsat thematic mapper derived vegetation indices for estimating above-ground biomass on semiarid rangelands. *Remote Sens. Environ.* 45:165-175.
- Carlson, T.N. and Sanchez- Azofeifa, G.A., 1999. Satellit Remote sensing of land use changes in ground Senjose, Costarica, *Remote sensing of Enviroment.* VOL. 17, PP.247-256.
- Lillesand, T.M. and Kiefer, R.W., 1994. *remote sensing & image interpretation.* 3th Ed., John wiley & sons Inc., New York, 750 pp.
- Luciana, P.B., Edward, A., Ellis, b. and Henry, L. Gholz. 2007. land use dynamics and landscape history in La Montana, Campeche, Mexico. *Landscape and Urban Planning* 82 (2007) 198 207.
- Masoud, A.A. and Kike, K., 2006. Arid land salinization detected by remotely -sensed land cover changes, A case study in the Siwa region. *Nw Egypt, Journal of Arid Environments*, 66,151-167.
- Philip, E., Robertb, A. and Peterson, H., 2005. Spectral shape based temporal compositing algorithms for MODIS surface reflectance data. *Remote sensing of Environment*, 109(2007)510 522.
- Zink, J.A., 2000. Monitoring soil salinity form remot sensing data 1 st workshop of the EARSel. Gent Belgium.

Effect of thermal bonding and supervised classification algorithms of satellite data in making land use maps (Case study: Kashan)

Jafari, M.^{1*}, Zehtabian, G.H.² and Ehsani, A.H.³

1*- Corresponding Author, M.S.c. of Combat Desertification, Faculty of Natural Resources, University of Tehran, Karaj, Iran, Email: khomein2008@yahoo.com

2- Professor, Faculty of Natural Resources, University of Tehran, Karaj, Iran.

3- Professor, International Desert Research Center, Tehran, Iran.

Received: 27.12.2010

Accepted: 01.10.2011

Abstract

Today, remote sensing data can provide the latest information for the study of land cover and land uses. These images are of utmost importance due to the providing updated information, variety of forms and the possibility of processing for making land use maps. Determining the location of each land use together with land cover helps managers in making decisions. Also, the current status of the land cover can be studied by using land use maps at different levels. In order to evaluate the ability of multitemporal satellite data of TM and ETM + in land use classification and the effect of the thermal band on increasing the accuracy of the land use maps, Landsat TM digital data relating to the September 27, 1990 and Landsat ETM + digital data of 10 July 2002 from Kashan were analyzed. Initial studies were performed on images in terms of the presence of geometric errors. In order to prepare the images for digital processing, improved operation and image enhancement were applied on the images. Ground truth map was prepared in the same stage. Then, the supervised classification of satellite images with algorithms and different approaches including a variety of bands were tested and the accuracy of each of the methods and approaches were investigated. The results showed that the highest Kappa accuracy in both Landsat TM and ETM + with all the bands were 86.34 and 83.21, respectively. While the elimination of the thermal band decreases the accuracy to 82.46 and 79.93 %. The results of this study showed that using thermal bonding caused an increase of 4 percent in Kappa accuracy, and the highest accuracy was occurred in the classes of clay plains, flood plains, mountains and puffy salt lands. Therefore, despite the lower spectral resolution, the use of thermal bonding is recommended in such studies.

Key words: Thermal band, accuracy, multitemporal data, Kashan, land use.