



سنجش از دور

GIS ایران



سنجش از دور و GIS ایران
Iranian Remote Sensing & GIS
سال دوم، شماره دوم، تابستان ۱۳۸۹
Vol.2, No.2, Summer 2010
۱۰۳-۱۱۴

تأثیر اعضای خالص انتخاب شده با تصاویر ETM+ و IKONOS در دقت جداسازی طیفی با الگوریتم خطی

فاطمه شفیعی خورشیدی*^۱، عباس علیمحمدی سراب^۲، سیدکاظم علوی پناه^۳، حمیدرضا متین فر^۴، مهدی فرخی^۵

۱. کارشناس ارشد سنجش از دور و سیستم اطلاعات جغرافیایی، دانشگاه تربیت مدرس
۲. استادیار دانشکده مهندسی نقشه‌برداری، دانشگاه خواجه نصیرالدین طوسی
۳. استاد دانشکده جغرافیا، دانشگاه تهران
۴. استادیار دانشکده مهندسی، گروه علوم خاک، دانشگاه لرستان
۵. کارشناس ارشد ژئومورفولوژی، دانشگاه تهران

تاریخ پذیرش مقاله: ۱۳۹۰/۴/۲۸

تاریخ دریافت مقاله: ۱۳۸۹/۲/۲۱

چکیده

در تصاویر با قدرت تفکیک مکانی کم یا متوسط، مانند ETM+، پیکسل‌ها به اندازه‌ای هستند که پدیده‌های مختلفی درون یک پیکسل قرار می‌گیرند و سبب ایجاد پیکسل‌های مختلط یا ناخالص می‌شوند. به منظور استخراج اطلاعات از پیکسل‌های مختلط، به کارگیری روش‌هایی که توان استخراج اطلاعات درون پیکسل را داشته باشند، امری لازم و ضروری است. روش تجزیه طیفی خطی از جمله همین روش‌هاست. نتایج حاصل از تجزیه طیفی، وابستگی‌های زیادی به اعضای خالص انتخاب شده دارد. تا کنون روش‌های فراوانی برای انتخاب اعضای خالص از تصویر ارائه شده‌اند. در تحقیق حاضر دو روش - (الف) مبتنی بر شناسایی هندسی اجزا (استفاده از تصویر)، و (ب) تصویر با قدرت تفکیک مکانی بالا (تصاویر IKONOS) - برای انتخاب پیکسل‌های خالص مورد استفاده قرار گرفت و اعضای خالص پوشش گیاهی و اراضی بایر و سطوح نفوذناپذیر از تصویر استخراج گردیدند. ارزیابی صورت گرفته بر روی نتایج حاصل از روش‌های مختلف انتخاب اعضای خالص، نشان می‌دهد که روش استفاده از تصویر با قدرت تفکیک مکانی بالا - IKONOS - برای انتخاب اعضای خالص سطوح نفوذناپذیر با اختلاف ۰/۰۱ و اراضی بایر با اختلاف ۰/۰۲ نسبت به تصویر مرجع، نتایج بسیار مناسبی را در مقایسه با روش استفاده از تصویر به همراه داشت. نتایج حاصل از انتخاب اعضای خالص پوشش گیاهی در هر دو روش انتخاب اعضای خالص (با اختلاف ۰/۰۳ در تصویر IKONOS و ۰/۰۲ در تصویر ETM+ نسبت به تصویر مرجع) تقریباً برابر و پذیرفتنی‌اند.

کلیدواژه‌ها: تجزیه طیفی خطی، انتخاب اعضای خالص، پیکسل خالص تصویری، تصویر IKONOS.

* نویسنده مکاتبه‌کننده: تهران، بزرگراه جلال آل احمد، دانشگاه تربیت مدرس تلفن: ۰۲۱-۲۳۳۰۸۰۷۲

۱- مقدمه

با توسعه فناوری ساخت سنجنده‌ها و به‌ویژه ساخت سنجنده‌هایی با قدرت تفکیک مکانی کم یعنی پیکسل‌های بزرگ به‌منظور پوشش وسیع عوارض زمینی همچون AVHRR، تجزیه پیکسل‌های مختلط امری بسیار ضروری است. به‌علاوه، در سنجنده‌های دارای قدرت تفکیک مکانی بالا، یعنی پیکسل‌های کوچک به‌منظور شناخت بهتر ویژگی‌های طیفی عوارض زمینی، قابلیت تجزیه اختلاط طیفی بهتر فراهم می‌شود.

وجود پیکسل‌های مختلط در تصاویر با قدرت تفکیک مکانی کم تأثیر بسیار محسوسی بر روی نتیجه طبقه‌بندی می‌گذارد، زیرا با کاهش قدرت تفکیک مکانی سنجنده تعداد پیکسل‌های مختلط در تصویر افزایش می‌یابد و سبب استخراج اطلاعات نادرست می‌گردد. زیرا حتی با فرض اینکه پیکسل مختلط مرتبط متعلق به کلاسی با بیشترین احتمال باشد، باز هم خطای زیادی وارد این فرایند از طبقه‌بندی می‌گردد. به همین دلیل استفاده از روش‌های تجزیه طیفی برای طبقه‌بندی بسیار ضروری است.

تجزیه طیفی روشی است که در آن تمامی پیکسل‌ها خالص فرض نمی‌شود و فراوانی نسبی هر یک از اعضای خالص (پیکسل خالص) در پیکسل‌های تصویر استخراج می‌گردد. این فرایند که تجزیه طیفی خواننده می‌شود، استخراج اطلاعات در سطح درون پیکسل و افزایش دقت نتیجه طبقه‌بندی را ممکن می‌سازد.

Theseira (2003) روش‌های PCA و داده‌های کمکی را برای استخراج اعضای خالص از تصویر (ATSR-2) به کار گرفت و روش PCA را به عنوان روشی مناسب که با RMS Error کمتر همراه است، معرفی کرد. Plaza et al (2004) به‌منظور استخراج اعضای خالص از تصاویر AVIRIS، ترکیب اطلاعات طیفی و مکانی را به کار گرفت و نتایج نشان از آن

داشت که به‌کارگیری روش ترکیبی نتایج دقیق‌تری را در مقایسه با روش‌های معمول نشان داده است. حیدری مظفر و همکاران (۱۳۸۷) به بررسی و مطالعه و مقایسه روش‌های مختلف PPI، VCA و N_Finder برای استخراج اعضای خالص از تصاویر ابر طیفی AVIRIS پرداختند؛ که نتایج به دست آمده از آن، چنین است: الگوریتم‌هایی که اجزای خالص را مستقیماً از خود تصویر استخراج می‌کنند، به دو دسته تقسیم می‌گردند:

- ۱) الگوریتم‌هایی که فرض می‌کنند پیکسل مواد خالص در صحنه حاضر وجود دارد؛ و
- ۲) الگوریتم‌هایی که اجزای خالص را به صورت تحلیل به دست می‌آورند.

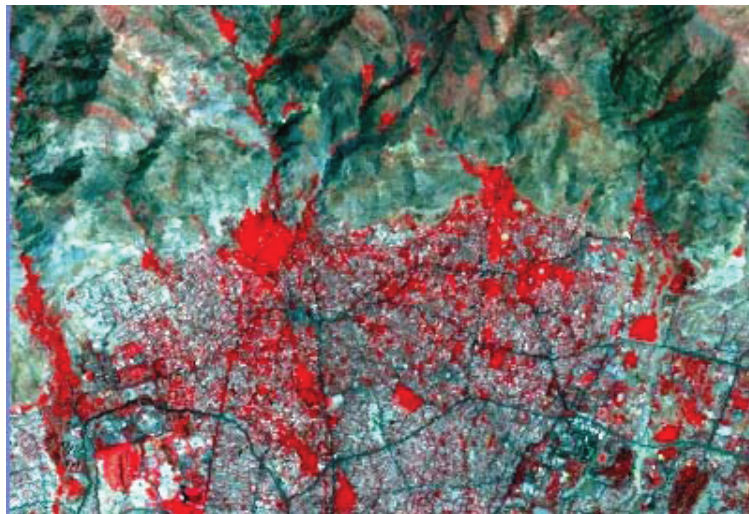
با توجه به تحقیقات صورت گرفته در این زمینه و ضرورت انتخاب اعضای خالص برای بالاتر بردن دقت تجزیه طیفی، در این تحقیق تصویر ETM+ و تصویر IKONOS برای انتخاب اعضای خالص مورد استفاده و ارزیابی قرار گرفتند.

۲- مواد و روش‌ها

در تحقیق حاضر از تصویر ETM+(LV) سال ۱۳۸۰ و تصویر IKONOS (Panchromatic) سال ۱۳۸۴ استفاده گردید. این تصاویر منطقه ۱ شهرداری تهران را که از نظر جغرافیایی در طول ۵۳۴۲۷۲/۵ متر تا ۵۴۶۶۷۰/۵ متر شرقی و عرض ۳۹۶۴۲۳/۵ متر تا ۳۹۵۹۴۶۳/۵ متر شمالی قرار گرفته است، پوشش می‌دهد. در شکل ۱ تصویر رنگی کاذب از منطقه مورد مطالعه نمایش داده شده است.

به‌منظور انجام تحقیق حاضر ابتدا تصاویر مربوط، با استفاده از نقشه ۱:۲۵۰۰۰ شهر تهران زمین مرجع شدند و بازنویسی آنها با استفاده از روش نزدیک‌ترین همسایه در نرم‌افزار ERDAS Imagine ۸/۷ صورت گرفت.

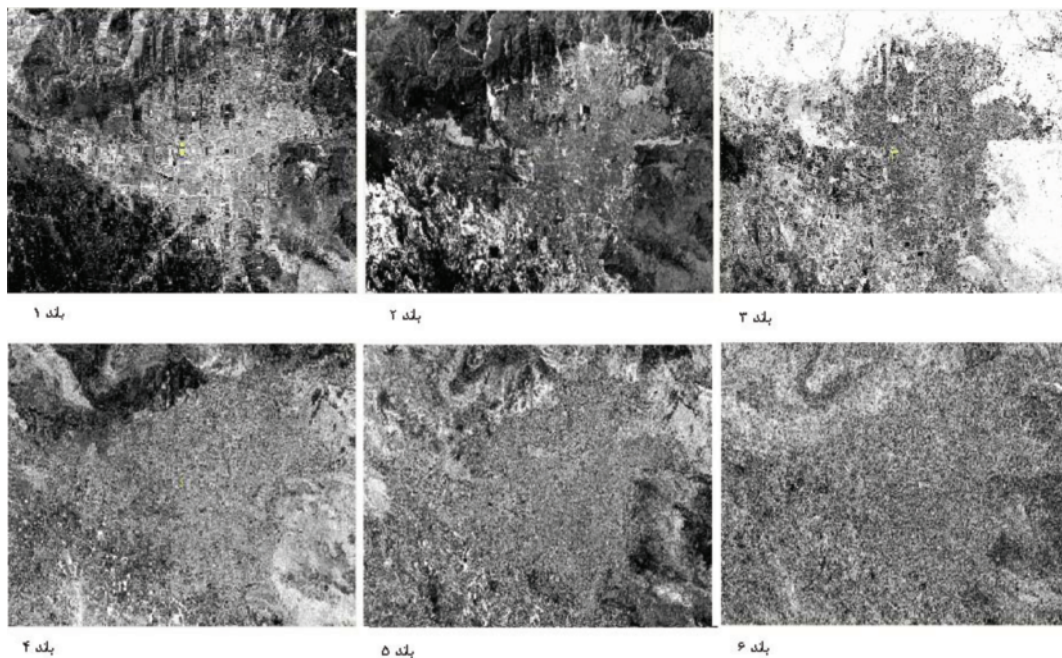
تأثیر اعضای خالص انتخاب شده با تصاویر ETM+ و IKONOS در دقت جداسازی طیفی با الگوریتم خطی



شکل ۱. نمایش ترکیب رنگی کاذب (۷ و ۴ و ۲) تصویر ETM+ منطقه ۱ شهرداری تهران

جدول ۱. ویژگی تصاویر استفاده شده به همراه خطا در تصحیح هندسی

تصویر	قدرت تفکیک مکانی (متر)	تعداد باند	خطا از مرجع (متر)
ETM+ (L7)	۳۰	۷	۰/۴۴
IKONOS (Panchromatic)	۱	۱	۴/۸



شکل ۲. نتایج حاصل از پیاده‌سازی الگوریتم حداقل‌سازی نویز، تصویر ETM+ (باندهای ۷ و ۵ و ۱)

ورودی شش باند (باندهای انعکاسی سنجنده ETM+) است و تعداد باندهای خروجی مورد استفاده چهار باند. همان‌گونه که محاسبات مقادیر ویژه نشان می‌دهد (شکل ۳) و در شکل ۲ نیز می‌توان مشاهده کرد، باندهای شماره ۵ و ۷ باندهایی نویزدار هستند که نمی‌توانند به‌عنوان ورودی برای مراحل بعد به کار روند (Weng, 2004).

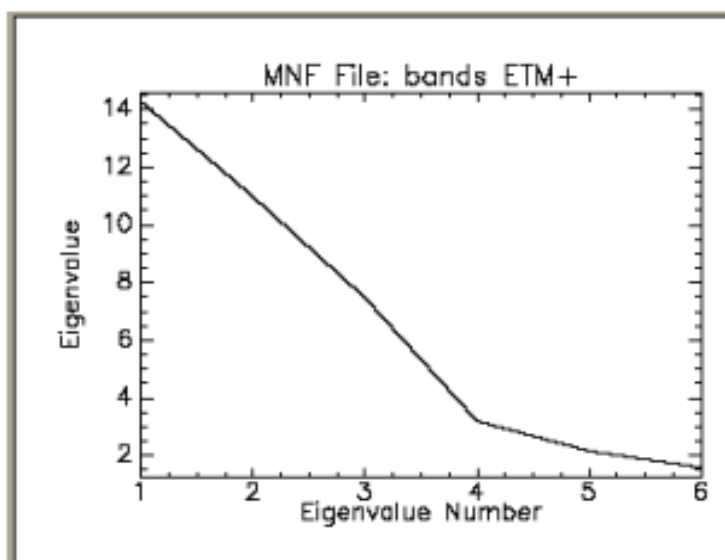
۲-۱- انتخاب پیکسل خالص

همان‌طور که پیش‌تر نیز بیان گردید، در تحقیق حاضر از این دو روش: (۱) مبتنی بر شناسایی هندسی اجزا (استفاده از تصویر)؛ و (۲) تصویر ماهواره‌ای با قدرت تفکیک مکانی بالا (IKONOS)، برای شناسایی اجزای تشکیل‌دهنده تصویر استفاده شده است.

کلیه پردازش‌های لازم - مانند تصحیح هندسی، رادیومتری، حداقل‌سازی نویز و اعمال الگوریتم تجزیه طیفی خطی- با استفاده از نرم‌افزار ENVI ۴/۴ انجام شد. برای انتخاب اعضای خالص، دو روش به کار رفت: الف) تصویر ETM+، و ب) تصویر IKONOS.

این نخستین مرحله کاهش ابعاد طیفی تصویر به‌شمار می‌آید. در تحقیق حاضر از الگوریتم حداقل‌سازی نویز^۱ که روشی آماری و غیرپارامتریک است و نسبت سیگنال به نویز را در داده‌ها بهینه می‌سازد، استفاده شد. مقادیر ورودی این الگوریتم تمام داده‌های موجود در تصویر و مقادیر خروجی آن بردارها و باندهای غیرمتمماد است. نتایج استخراج شده در این مرحله به‌صورت باندهایی هستند که ترتیب قرارگیری آنها از باند دارای کمترین نویز تا باند دارای بالاترین نویز است.

در شکل ۲ نتایج حاصل از پیاده‌سازی الگوریتم حداقل‌سازی نویز نشان داده شده است. تعداد باندهای



شکل ۳. نمودار منحنی مقادیر ویژه تصویر ETM+

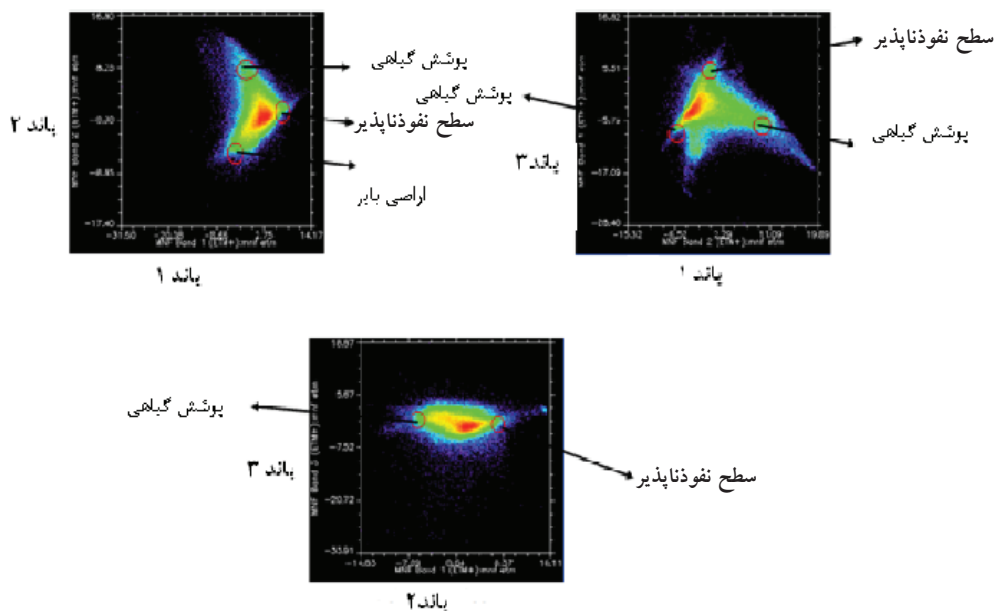
1. Minimum Noise Fraction

۲-۱-۱- روش مبتنی بر شناسایی هندسی اجزا (استفاده از تصویر)

اعضای خالص که برای تجزیه طیفی مورد استفاده قرار می‌گیرند، می‌توانند از خود تصویر به دست آیند که به آنها اعضای خالص خالص تصویر^۱ گفته می‌شود (Lunetta, 1998). در روش مذکور ۴ بانده خروجی حاصل از اجرای الگوریتم حداقل‌سازی نویز برای انتخاب اعضای خالص از تصویر مورد استفاده قرار گرفت. در الگوریتم‌های هندسی، اساساً فرض بر این است که عناصر خالص سازنده ترکیب طیفی لزوماً در رأس‌های احجام به وجود آمده از ابر نقاط قرار دارند. بدین ترتیب می‌توان با برازش سطح هندسی برابر نقاط، اعضای خالص را در رئوس شکل هندسی مورد نظر پیدا کرد. در رئوس اشکال هندسی تشکیل شده (شکل ۴) تعدادی از پیکسل‌ها انتخاب شدند که نتیجه مشخصاً بر روی تصویر مشاهده می‌شود. در شکل ۴ ابر نقاط تعدادی از پدیده‌های موجود در منطقه مورد مطالعه، نمایش داده شده است (Simpson, 2005).

۲-۱-۲- روش تصویر ماهواره‌ای با قدرت تفکیک مکانی بالا (IKONOS)

برای انجام این امر به دلیل عدم تطابق قدرت تفکیک مکانی تصویر ETM+ و IKONOS ابتدا تصویر ETM+ نسبت به تصویر IKONOS از لحاظ قدرت تفکیک مکانی همسان گردید تا انتخاب پیکسل‌های خالص با دقت بالاتری صورت گیرد. برای انتخاب پیکسل خالص از باند پانکروماتیک تصویر IKONOS، ابتدا پیکسل خالص در تصویر IKONOS برگزیده شد (انتخاب پیکسل‌های خالص با توجه به شناخت از منطقه مورد مطالعه، و به کمک نقشه‌های شهری موجود صورت گرفته است) و سپس پیکسل‌های نظیر آن از لحاظ موقعیت مکانی در تصویر ETM+ انتخاب گردید. در هر دو روش پیش‌گفته، اعضای خالص پوشش گیاهی، اراضی بایر و سطوح نفوذناپذیر (جدول ۲) به‌منظور قرارگیری در فرمول تجزیه طیفی استخراج شدند.

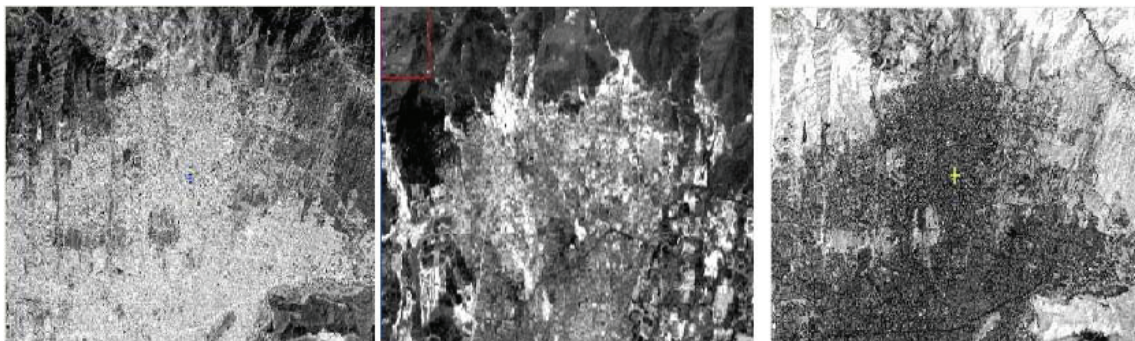


شکل ۴. نمودار شکل هندسی اجزا بر روی تصویر ETM+

1. Image Endmember

جدول ۲. توضیحات کلاس اعضای خالص استخراج شده از تصویر

توضیحات	کلاس
تمامی سطوح ساخت دست بشر	سطوح نفوذناپذیر
زمین‌های کشت‌ناشدنی و لخت عاری از هر گونه پوشش و دستکاری بشر	اراضی بایر
تمام گیاهان موجود در منطقه، اعم از باغ‌ها، پارک‌ها و فضاهای سبز طبیعی شهر	پوشش گیاهی



سطوح نفوذناپذیر

پوشش گیاهی

اراضی بایر

شکل ۵. نتایج حاصل از اجرای تجزیه طیفی خطی بر روی تصویر ETM+ با اعضای خالص انتخاب شده از تصویر ETM+

F_k = سهم عضو خالص k در پیکسل

$R_{i,k}$ = انعکاس از عضو خالص k در باند i

E_{Ri} = خطا در باند i

نتایج حاصل از اجرای تجزیه طیفی خطی در شکل ۵ نشان داده شده است. این اشکال از ۳ قسمت تشکیل شده‌اند که شامل ۳ باند تبدیل یافته از تصویر اصلی‌اند. مقادیر عددی پیکسل‌های هر یک از باندها، نماینده نسبت یکی از اجزای تشکیل‌دهنده ترکیب در تصاویر مورد مطالعه‌اند. بنابراین ۳ جزء تشکیل‌دهنده ترکیب در منطقه مورد مطالعه استخراج شدند که شامل اجزای پوشش گیاهی، اراضی بایر و سطوح نفوذناپذیر است، که در منطقه مورد بحث، به خوبی می‌توان آنها را تفسیر کرد.

روشی که در فرایند جداسازی طیفی ترکیب پیکسل‌های مختلط پیاده‌سازی گردید، روش خطی LSU^1 ، با فرض جمع‌پذیری یک است. مدل تجزیه طیفی خطی پر استفاده‌ترین روش استخراج اطلاعات ترکیبی از تصاویر ماهواره‌ای حاوی پیکسل‌های مختلط به‌شمار می‌آید (Weng et al., 2004).

رابطه (۱)

$$R_i = \sum_{k=1}^n F_k R_{i,k} + E_{Ri}$$

$$\sum_{k=1}^n F_k = 1$$

$$F_k \leq 1$$

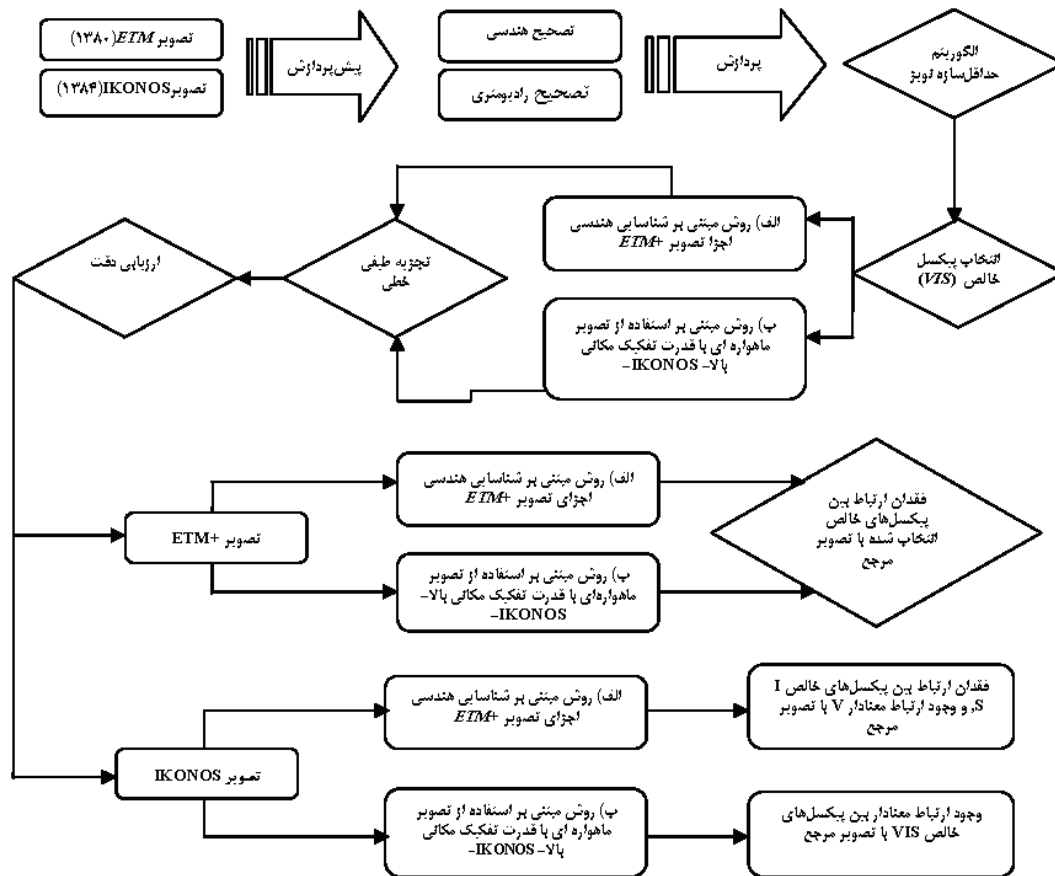
تعداد اعضای خالص $k=1 \dots n$

تعداد باندهای طیفی $i=1 \dots m$

ارزش پیکسل در باند $R_i=i$

1. Linear Spectral Unmixing

تأثیر اعضای خالص انتخاب شده با تصاویر ETM+ و IKONOS در دقت جداسازی طیفی با الگوریتم خطی



شکل ۶. مراحل انتخاب اعضای خالص در تحقیق

همچنین اشکال ۷، ۸، ۹، ۱۰، ۱۱ و ۱۲ نتایج به دست آمده را به صورت نمودار نمایش می دهند.

۳-۱- نتایج حاصل از ارزیابی دقت با استفاده از

تصویر IKONOS

همان طور که در جدول ۳ درج شده است، میانگین فراوانی نسبی اعضای خالص حاصل از تصویر IKONOS از لحاظ مقدار فراوانی و ترتیب قرارگیری فراوانی نسبت به تصویر مرجع ارتباط معناداری را نشان می دهد. این در حالی است که تنها عضو مرجع مربوط به پوشش گیاهی حاصل از تصویر ETM+ رابطه ای مشخص و مناسب و پذیرفتنی را به دست می دهد.

به دلیل عدم دسترسی به تصویر IKONOS سال ۱۳۸۰، ارزیابی دقت با استفاده از تصویر IKONOS سال ۱۳۸۴ و تصویر ETM+ سال ۱۳۸۰ انجام پذیرفت تا بتوان نتایج را با دقت و اطمینان بالاتری ارائه کرد.

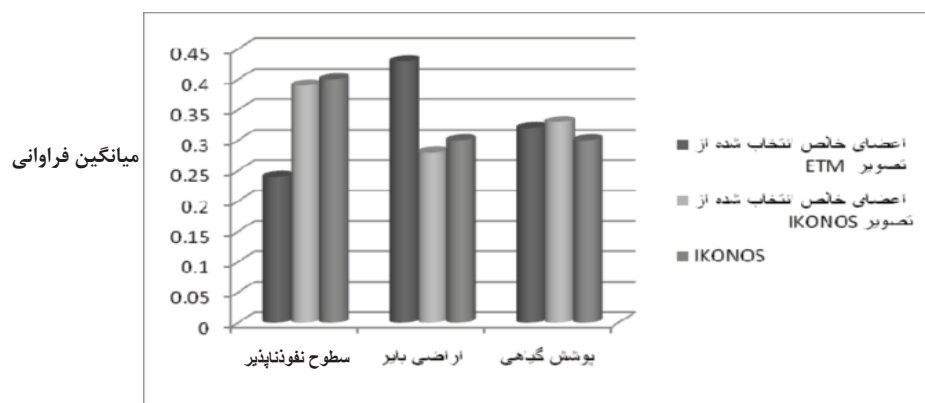
۳- نتایج

به منظور ارزیابی دقت نتایج حاصل از روش های مختلف انتخاب اعضای خالص، میانگین فراوانی نسبی، همبستگی، خطا از مرجع هر یک از اعضا در تصویر محاسبه گردید که نتایج آن در جدول ۳ و ۴ (ارزیابی دقت با استفاده از تصویر IKONOS) و ۵ و ۶ (ارزیابی دقت با استفاده از تصویر ETM+) ارائه شده است.

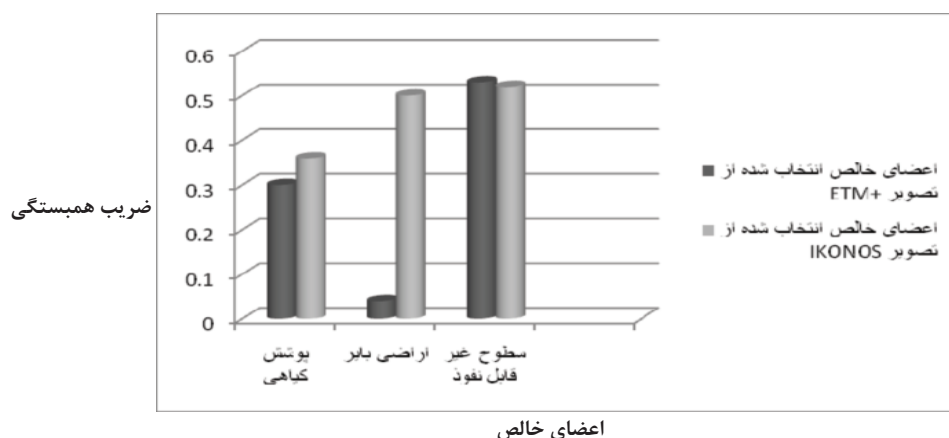
با توجه به جدول ۴ میزان همبستگی و خطا از مرجع حاصل از تصویر IKONOS نسبت به تصویر مرجع، مناسب است. این در حالی است که در تصویر ETM+ همانند میانگین فراوانی نسبی تنها عضو مرجع پوشش گیاهی ارتباط مناسبی را ارائه می‌کند که در اشکال ۸ و ۹ نمایش داده شده است.

جدول ۳. فراوانی نسبی حضور اعضای خالص در تصاویر IKONOS و تصاویر حاصل از تجزیه طیفی با انتخاب اعضای خالص از تصاویر ETM و IKONOS

اعضای خالص	اعضای خالص انتخاب شده از تصویر ETM	اعضای خالص انتخاب شده از تصویر IKONOS	IKONOS
سطوح نفوذناپذیر	۰/۲۴	۰/۳۹	۰/۴۰
اراضی بایر	۰/۴۳	۰/۲۸	۰/۳۰
پوشش گیاهی	۰/۳۲	۰/۳۳	۰/۳۰

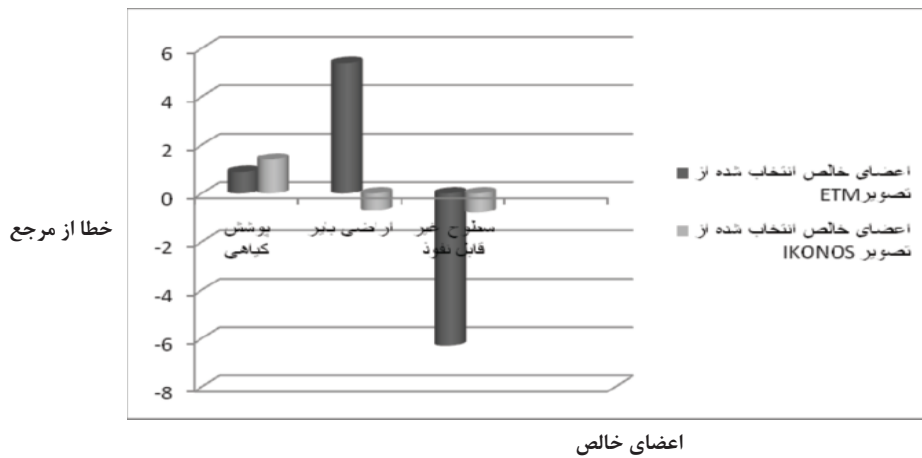


شکل ۷. نمودار میانگین فراوانی نسبی اعضای خالص در تصاویر حاصل از تجزیه طیفی با انتخاب اعضای خالص از تصاویر ETM و IKONOS



شکل ۸. نمودار ضریب همبستگی برای اعضای خالص در تصاویر حاصل از تجزیه طیفی با انتخاب اعضای خالص از تصاویر ETM و IKONOS

تأثیر اعضای خالص انتخاب شده با تصاویر ETM+ و IKONOS در دقت جداسازی طیفی با الگوریتم خطی



شکل ۹. نمودار اختلاف فراوانی نسبت به داده مرجع در تصاویر حاصل از تجزیه طیفی با انتخاب اعضای خالص از تصاویر ETM+ و IKONOS

جدول ۴. ضریب همبستگی و اختلاف فراوانی کلاس‌ها نسبت به تصویر IKONOS در تصاویر حاصل از تجزیه طیفی با انتخاب اعضای خالص از تصاویر ETM+ و IKONOS

اعضای خالص انتخاب شده از تصویر IKONOS			اعضای خالص انتخاب شده از تصویر ETM+			
سطوح نفوذناپذیر	اراضی بایر	پوشش گیاهی	سطوح نفوذناپذیر	اراضی بایر	پوشش گیاهی	
۰/۵۲	۰/۵۰	۰/۳۶	۰/۵۳	۰/۰۴	۰/۳۰	ضریب همبستگی
-۰/۸	۰/۷	۱/۴	۶/۳	۵/۴	۰/۹۰	اختلاف فراوانی

جدول ۵. میانگین فراوانی نسبی اعضای خالص در تصاویر حاصل از تجزیه طیفی

اعضای خالص	اعضای خالص انتخاب شده از تصویر ETM+	اعضای خالص انتخاب شده از تصویر IKONOS	IKONOS
سطوح نفوذناپذیر	۰/۲۵	۰/۳۹	۰/۶۴
اراضی بایر	۰/۴۵	۰/۳	۰/۲۱
پوشش گیاهی	۰/۳	۰/۳۱	۰/۱۶

جدول ۶. ضریب همبستگی و خطا از مرجع برای اعضای خالص در تصاویر حاصل از تجزیه طیفی

اعضای خالص انتخاب شده از تصویر <i>IKONOS</i>			اعضای خالص انتخاب شده از تصویر <i>ETM</i>			
سطوح نفوذناپذیر	اراضی بایر	پوشش گیاهی	سطوح نفوذناپذیر	اراضی بایر	پوشش گیاهی	
۰/۳۴	۰/۳۶	۰/۳۰	۰/۳۳	۰/۳۶	۰/۳۱	همبستگی
-۷/۴۳	۲/۸۲	۴/۶۲	-۱۱/۶۷	۷/۳۸	۴/۲۹	خطا از مرجع

(استفاده از تصویر $ETM+$) نشان از چنین ارتباط معناداری ندارد. همچنین بررسی ضریب همبستگی و خطا از مرجع در دو روش مذکور، مشخص می‌سازد که اعضای خالص اراضی بایر با اختلاف ۰/۰۲ و سطوح نفوذناپذیر با اختلاف ۰/۰۱ در روش استفاده از تصویر با قدرت تفکیک مکانی بالا - IKONOS - نتایج دقیق‌تری را به دست داده است. این در حالی است که اعضای خالص پوشش گیاهی با توجه به میانگین فراوانی نسبی، مقدار ضریب همبستگی و خطا از مرجع در دو روش استفاده از تصویر با قدرت تفکیک مکانی بالا (IKONOS) با اختلاف ۰/۰۳ و روش شناسایی هندسی اجزا (استفاده از تصویر $ETM+$) با اختلاف ۰/۰۲ نتایج تقریباً یکسانی را نسبت به تصویر مرجع نشان می‌دهند.

نتایج به دست آمده از مقایسه بین روش‌های مختلف انتخاب اعضای خالص، حاکی از این است که استفاده از روش تصویر با قدرت تفکیک مکانی بالا - IKONOS - به دلیل استفاده از ترکیب اطلاعات طیفی و مکانی، در مقایسه با روش شناسایی هندسی اجزا (استفاده از تصویر $ETM+$) که در آن تنها از اطلاعات طیفی برای استخراج اعضای خالص استفاده شده، نتایج دقیق‌تری را ارائه کرده است. گفتنی است که Plaza et al (2004) به همین ترتیب با ترکیب اطلاعات طیفی و مکانی، می‌توان نتایج دقیق‌تر و مطلوب‌تری را برای استخراج اعضای خالص از تصاویر AVIRIS به دست آورد. همچنین نتایج تقریباً برابر مربوط به اعضای خالص پوشش گیاهی در هر دو روش

۳-۲- نتایج حاصل از ارزیابی دقت با استفاده از

تصویر $ETM+$

نتایج حاصل از ارزیابی صورت گرفته با استفاده از تصویر $ETM+$ در جداول ۵ و ۶ درج شده است. همان‌طور که از جدول برمی‌آید، با هیچ یک از روش‌های انتخاب اعضای خالص نمی‌توان ارتباط مشخصی را در مقدار فراوانی نسبی، ضریب همبستگی و خطا از مرجع نشان داد.

۴- نتیجه‌گیری

ارزیابی دقت صورت گرفته با استفاده از تصویر $ETM+$ ارتباط خاصی را در مقادیر میانگین فراوانی نسبی (جدول ۵) و مقدار ضریب همبستگی و خطا از مرجع (جدول ۶) در اعضای مرجع انتخاب شده از هر دو روش انتخاب اعضای خالص نشان نمی‌دهد. به همین سبب نتایج حاصل از ارزیابی دقت با استفاده از تصویر IKONOS مورد بحث و بررسی قرار گرفت. نتایج به دست آمده از دو روش انتخاب اعضای خالص (جدول ۳ و ۴) در ارزیابی دقت صورت گرفته با استفاده از تصویر IKONOS بیانگر آن است که میانگین فراوانی نسبی به دست آمده از پیکسل‌های خالص پوشش گیاهی، اراضی بایر و سطوح نفوذناپذیر از لحاظ مقدار فراوانی (به ترتیب برابر با ۰/۳۳، ۰/۲۸ و ۰/۳۹) و ترتیب قرارگیری نسبت به تصویر مرجع ارتباط معناداری را با روش استفاده از تصویر با قدرت تفکیک مکانی بالا (IKONOS) نشان می‌دهد؛ در حالی که اعضای خالص استخراج شده از روش مبتنی بر شناسایی هندسی اجزا

- Remote Sensing and Change Detection: Environmental Monitoring Methods and Applications** (Lunetta, R.S. & Elvidge, C.D., Eds) 1-19, Taylor & Francis, London.
- Organi, M., 2006, **Theses of MA, Development Karaj Urban Areas Using Satellite Images Analysis Method of Spectral Composition and Post Classification**, Tehran University.
- Phinn, S., Stanford, M., Scarth, P., Murray, A.T., Shayy, P.T., 2002, **Monitoring the Composition of Urban Environments Based on the Vegetation, Impervious Surface, Soil (VIS) Model by Sub Pixel Analysis Techniques**, International Journal of Remote Sensing, v. 23, pp. 4131-4135.
- Plaza, A., Perez, P., Plaza, J., 2004, **A Quantitative and Comparative Analysis of End-member Extraction Algorithms from Hyper Spectral Data**, Geo Science and Remote Sensing, V 42, pp. 650-663.
- Research System Incorporated (RSI), ENVI/Environment for Visualizing Images v4.2 and IDL/interactive data language v6.2.
- Ridd, M.K., 1995, **Exploring a VIS (Vegetation- impervious Surface- soil) Model for Urban Ecosystem Analysis Technique**, International Journal of Remote Sensing, V 16, pp. 2165-2185.
- Settle, J.J., Dreake. N.A., 1993, **Linear Mixing and the Estimation of Ground Cover Proportions**, International Journal of Remote Sensing, V14. (6), pp. 1159-1177.
- استخراج پیکسل خالص، به دلیل انبوه بودن آنها که در تصاویر با قدرت تفکیک مکانی بالا نتایج مناسبی را نشان می‌دهند، رخ داده‌اند. با توجه به مطالب مطرح شده، می‌توان نتیجه گرفت که انتخاب اعضای خالص اراضی بایر و سطوح نفوذناپذیر، استفاده از تصویر با قدرت تفکیک مکانی بالا - IKONOS - و انتخاب اعضای خالص پوشش گیاهی در هر دو روش مناسب و قابل استفاده است.
- ۵- منابع**
- Bateson, A., Curtis, B., 1996, **A Method for Manual End-member Selection and Spectral Unmixing**, Remote Sensing of environment, V 55 , pp. 229-243.
- Chotipa, K., 2008, **Sub Pixel Classification of Urban Area Using Fraction Images from Multi End-member Spectral Analysis: Ampuhoe Muang Nakhon Rachasima**.
- Heydari Mozaffar, M., Vladan Zoj, M.J., Rezaii, Y., 2008, **Pure Pixel Extraction Methods Study of Hyper Spectral Images**, Geomatic Conference.
- Ichoku, C., Karnieli, A., 1996, **A Reviwe of Mixture Modeling Techniques for the Sub Pixel Land Cover Estimation**, Remote Sensing Reviews, V. 33, pp. 161-168.
- Kardi, T., 2007, **Remote Sensing of Urban Area: Linear Spectral Unmixing of Landsat Thematic Mapper Image Acquired over Tartu (Estonia)**, V 56 (1), pp. 19-23.
- Lunetta, R.S. 1998, **Applications, Project Formulation, and Analytical Approach. in**

- Shafiee Khorshidy, F., 2009, **Spectral Unmixing for Change Map Production of Land Use/Cover Based on Classification Satellite Images**, Theses of MA, Tarbiat Modares University.
- Simpson, J., McPherson, G., Delany, C., 2005, **State of the Urban Forest: San Francisco Bay Area- Progress Report**, Center for Urban Forest Research, USDA Forest Service, PSW Research Station.
- Small, C., 2001, **Estimation of Urban Vegetation Abundance by Spectral Mixture Analysis**, International Journal of Remote Sensing, V 22, pp. 1305-1334.
- Theseira, M.A., Thomas, G., Taylor, J. C., Gemmell, F., Varjo, J., 2003, **Sensitivity of Mixture Modeling to End-member Selection**, International Journal of Remote Sensing, V 24, pp. 559-1575.
- Weng, Q., Lu, D. & Schubring, J, 2004, **Estimation of Land Surface Temperature – Vegetation Abundance Relationship for Urban Heat Island Studies**, Remote Sensing of environment, 89, 467-483