

## ارزیابی داده‌های سنجنده LISS\_III به منظور شناسایی خاک‌ها بر اساس مطالعات میدانی و به کمک سامانه‌های اطلاعات جغرافیایی (GIS) در منطقه آران و بیدگل

• حمیدرضا متین‌فر

استادیار دانشگاه لرستان (نویسنده مسئول)

• فریدون سرمدیان

استادیار دانشگاه تهران

• سیدکاسم علوی‌پناه

دانشیار دانشگاه تهران

تاریخ دریافت: آذرماه ۱۳۸۵ تاریخ پذیرش: خردادماه ۱۳۸۵

تلفن تماس نویسنده مسئول:

Email: rezamatinfar@yahoo.com

### چکیده

به منظور ارزیابی قابلیت داده‌های ماهواره‌ای در شناسایی خاک‌ها، داده‌های رقومی سنجنده، LISS\_III، اطلاعات صحرایی و نتایج آزمایشگاهی خاک‌های منطقه مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفت. با تلفیق نتایج مطالعات مورفولوژیکی و خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک‌ها طبقه‌بندی گردیدند. برای آماده سازی داده‌های رقومی عمل تصحیح هندسی تصاویر ماهواره‌ای به روش نقشه به تصویر و با خطای کمتر از نیم پیکسل انجام گرفت. خطای اتمسفری تصاویر به روش حداقل هیستوگرام اصلاح شد. با تفکیک واحدهای همگن بر روی تصاویر رنگی و بهره‌گیری از اطلاعات جانبی و مطالعات میدانی نمونه‌های آموزشی انتخاب شدند. تصاویر به روش نظارت شده و با الگوریتم حداکثر احتمال طبقه‌بندی گردیدند، سپس به منظور ارزیابی طبقه‌بندی، نتایج با نقشه واقعیت زمینی تلافی داده شدند. نتایج نشان داد که اطلاعات جانبی مانند DEM در ترکیب باندی پیشنهادی شاخص مطلوب موجب افزایش دقت طبقه‌بندی و ضریب کاپا می‌شود. نتایج نشان می‌دهد سنجنده LISS\_III قابلیت تفکیک Typic Haplosalids را از Typic Aquisalids ندارد. خاک‌های Gypsic Aquisalids تقریباً در تمامی باندهای سنجنده دارای بالاترین بازتاب و خاک‌های Typic Aquisalids دارای کمترین بازتاب می‌باشند به طوری که این خاک با خاک‌های Typic Torriorthents که بر روی اراضی بادبزی شکل سنگریزه دار تشکیل شده‌اند تداخل طیفی دارد. به نظر می‌رسد رطوبت و زبری سطح عامل عمده کاهش بازتاب طیفی خاک Typic Aquisalids می‌باشد. نتایج نشان می‌دهد خاک‌های شور با پوسته‌های صاف، براق و پف کرده، پوسته‌های صاف و تیره با تجمع کم تا متوسط نمک در سطح، پوسته‌های اسفنجی و پلی‌گونه‌های نمکی در یک کلاس طبقه‌بندی شده‌اند. بطور کلی می‌توان گفت داده‌های سنجنده LISS\_III قابلیت تفکیک خاک‌های شور را از غیر شور دارا می‌باشد، اما خاک‌های شور و مرطوب و حاوی پوسته‌های نمکی را نمی‌تواند تفکیک نماید.

کلمات کلیدی: LISS\_III، شناسایی خاکها، منطقه خشک، پردازش رقومی، طبقه‌بندی نظارت شده

Watershed Researches in Pajouhesh &amp; Sazandegi No 82 pp: 46-58

**Assessment of LISS\_III sensor data in order to investigate soils using field data and GIS in Aran\_Bidgol area**

By: Matinfar, H. R., Assistant Professor of Lorestan University (Corresponding Author) Tel:

Sarmadian, F., Assistant Professor of Tehran University

Alavipanah, S. K., Associate Professor of Tehran University

In order to assess the satellite data in soil investigation, digital data of LISS\_III, field study and laboratory results of Kashan soil, were analyzed. Upon merging all the morphological and physico chemical characteristics, the soils were classified. The geometric correction on the satellite images was performed by the method of map to image and the error was less than 0.5 pixels. Atmospheric correction was done by minimum histogram method. The train samples were chosen upon directing homogenous units on the color composite, using field study and other information. The images were classified by using supervised method and maximum likelihood algorithm, than were compared with the ground truth map and information. The results showed that for choosing a suitable band combination while different phenomena have the same spectral behavior like Torriorthents and Aquisalids. The good index is not only efficient and other information such as DEM in the spectral combination, causes increase in accuracy of classification and Kappa coefficient. The results indicated that, LISS\_III can not discriminate Typic Haplosalids from Typic Aquisalids. Gypsic Aquisalids Have the least reflection, so that this soil have spectral interference with Typic Torriorthents. The surface of Gypsic Aquisalids are full of salt and gypsum, while soil surface of typic Aquisalids are with sponge like and polygons seals, which are moist at the deep layers. Na and Mg salts are the most predominant in the two soils, it seems that moisture and roughens of the soil surface is the main reason for reduction in spectral reflection in Typic Aquisalid. We may conclude that LISS\_III data can not differentiate saline soils with different surface moisture condition.

**Keywords:** LISS\_III, Soil Survey, Arid region, Digital processing, Supervised

**مقدمه**

برحسب پارامترهای اقلیمی ۳۶٪ و براساس پوشش گیاهی حدود ۳۵٪ اراضی سطح کره زمین را مناطق خشک و نیمه خشک تشکیل می‌دهند. این اراضی در آمریکای شمالی، استرالیا، نامیبیا، ایران، ترکمنستان و سایر نقاط خشک دنیا پراکنده‌اند، عمده‌ترین دلایل خشک بودن این اراضی اثرات توپوگرافی، دوری از منابع آب، وجود توده‌های هوای خشک و پایدار، کمبود جریان‌های دریایی و رطوبت می‌باشد (۷). مشخصات بارز مناطق خشک بالاتر بودن تبخیر و تعرق پتانسیل نسبت به بارندگی در بیشتر ماههای سال، تنک بودن پوشش نباتی و وجود سطوح برهنه در بین این پوشش تنک می‌باشد. به علت کمبود رطوبت و محدود بودن فرآیندهای بیولوژیکی و فعل و انفعالات فیزیکی و شیمیایی، فرآیندهای خاکساز و تکاملی خاک در مناطق خشک کند بوده بطوری که خاک‌ها اغلب مشخصات مواد مادری خود را حفظ کرده‌اند. خاک‌های این مناطق در مراحل اولیه تکامل بوده و علائم ضعیفی از جابجایی کربناتها، گچ و دیگر املاح در پروفیل خاک مشاهده می‌شود، بنابراین در اغلب موارد شناسایی ویژگی‌های سطحی این خاک‌ها راهنمای مفیدی برای پهنه بندی آن‌ها می‌باشد. در مناطق خشک و نیمه خشک هنگامی که در صد پوشش گیاهی کمتر از ۳۰ در صد باشد خاک‌های با ویژگی‌های فیزیکی شیمیایی متفاوت ممکن است بازتاب طیفی متفاوتی داشته باشند و ممکن است بتوان از داده‌های ماهواره‌ای برای شناسایی و پهنه بندی خاک‌های این مناطق استفاده نمود (۱۹) Karavanova (۱۴)، از تکنیک سنجش از دور برای مطالعه و طبقه‌بندی خاک‌های شور منطقه ازبکستان استفاده نمود، باندهای مورد استفاده سبز، قرمز و مادون قرمز

بود، با استفاده از این باندها خاکهای منطقه را در پنج کلاس شوری طبقه‌بندی نمودند که دارای ۷۰ درصد دقت بود، او همچنین نتیجه گرفت که: صرف نظر از تغییرات رطوبت خاک عمده‌ترین فاکتورهای موثر بر ویژگی‌های طیفی خاک‌های شور، مواد آلی، کربنات‌ها، گچ و املاح محلول در آب می‌باشد. Dwivedi (۹)، با استفاده از داده‌های ماهواره‌ای لندست، تغییرات فصلی و سالانه شوری خاک را مطالعه کردند. مطالعات دیگری در زمینه شوری مانند مطالعه پیشروی شوری (۱۱)، نقش باند حرارتی در مطالعه شوری (۴) با استفاده از داده‌های ماهواره‌ای صورت گرفته است. Metternicht و Zink (۱۷) با ترکیبی از طبقه‌بندی رقومی و مشاهدات میدانی، کلاس‌های شوری را شناسایی کردند. Srivastava و همکاران (۱۸) داده‌های سنجنده LISS\_III و باند پانکروماتیک با قدرت تفکیک طیفی ۵/۸ متر ماهواره IRS را به منظور تولید نقشه بزرگ مقیاس خاک‌های منطقه ماهراشترای هندوستان بکار بردند. با تکنیک تبدیل IHS باند پانکروماتیک با باندهای LISs\_Iii تلفیق نمودند، با این تکنیک تصویر رنگی تولید شده دارای قدرت تفکیک بالا می‌شود، به کمک نقشه توپوگرافی و مشاهدات زمینی تصویر رنگی تفسیر چشمی شد و از آن نقشه‌های شیب، کاربری/پوشش اراضی و شکل اراضی تهیه گردید. با روی هم‌اندازی این سه نقشه، نقشه PLU<sup>۲</sup> تهیه شد و بالاخره با انداختن نقشه کاداستر بر روی PLU سایت‌های مطالعاتی مشخص و خاک‌ها تا سطح سری مطالعه شدند. نتایج این تحقیق نشان داد که با تلفیق تصاویر و کمک گرفتن از نقشه توپوگرافی و داده‌های زمینی نقشه بزرگ مقیاس خاک (۱:۱۲۵۰۰) را با صرف وقت و هزینه کمتری می‌توان تولید نمود. Dwivedi و Sreenivas (۸) داده‌های ماهواره IRS-IC را جهت شناسایی

توپوگرافی ابتدا رقومی شده سپس در محیط نرم افزار ILWIS با روش درون یابی به مدل رقومی ارتفاع تبدیل گردید، به منظور استفاده از مدل رقومی ارتفاع در ترکیب باندی با تصاویر LISS\_III اندازه پیکسل‌ها بایستی یکسان شود، لذا تصاویر و مدل رقومی ارتفاع نسبت به یک اندازه پیکسل (۲۴ متر) بازنویسی شدند.

به منظور ارزیابی داده‌های رقومی جهت شناسایی خاک‌های منطقه مطالعاتی، در این تحقیق ابتدا با بررسی‌های میدانی و نقشه‌های موضوعی موجود، محدوده منطقه مطالعاتی با مساحتی معادل ۵۷۰۰۰ هکتار انتخاب گردید. از تمامی تصاویر رقومی سنجنده پنجره‌ای تفکیک گردید و جهت حفظ وحدت عملیات، تمام تصاویر دارای سیستم مختصات یکسان شدند، ضمن این که کلیه لایه‌های کمکی هم دارای همین ابعاد و سیستم مختصات شدند.

نقشه واقعیت زمینی که برای مقایسه نتایج طبقه بندی تهیه گردید شامل تمامی کلاس‌های اطلاعاتی منطقه است (شکل ۲ و جدول ۳). شاخص روشنایی<sup>۳</sup> به دلیل آن که اراضی متأثر از شوری را با وضوح بالاتری آشکار می‌سازد برای داده‌های سنجنده محاسبه شد و به عنوان یک تصویر ثانویه در رویکرد جداگانه‌ای همراه تصویر ثانویه مؤلفه‌های اصلی، طبقه بندی و مورد ارزیابی قرار گرفت. محاسبه مؤلفه‌های اصلی نشان می‌دهد که بیش از ۹۵ درصد اطلاعات در مؤلفه‌های اول تا سوم متمرکز است. بنابراین مؤلفه‌های فوق حاوی اطلاعات مفیدی از پدیده‌ها است که به صورت چشمی و رقومی قابل استخراج می‌باشد. انعکاس امواج الکترومغناطیس از سطح خاک‌ها تابع عوامل متعددی از جمله فراوانی و اندازه ذرات رس، شن، سیلت و سنگ و سنگریزه‌ها، درصد نمک، رنگ مواد سطحی، مقدار رطوبت، میزان بقایای آلی، فراوانی و نوع گونه‌های گیاهی و مرحله رشد گیاهان است (۱۴، ۱۶).

چنانچه پیکسل‌های باندهای قرمز و مادون قرمز را در مقابل یکدیگر رسم نمائیم، در طول یک خط (خط خاک) توزیع خواهند شد که به مفهوم همبستگی مثبت بازتاب خاک در باند قرمز با باند مادون قرمز می‌باشد. چنانچه این توزیع را برای منطقه‌ای که مخلوطی از پوشش‌های خاک و گیاه را در بر دارد ترسیم نمائیم به خط فوق الذکر خط خاک می‌گوییم (۱۵). این خط قاعده مثلثی را تشکیل می‌دهد که در آن پیکسل‌های مربوط به پوشش سبز می‌باشد، یعنی پیکسل‌هایی که دارای بالاترین درجه روشنایی در باند مادون قرمز نزدیک و کمترین درجه روشنایی در باند قرمز هستند، مربوط به پوشش‌های گیاهی سبز و متراکم می‌باشند.

خاک‌های تحت تاثیر شوری در جلگه‌های آبرفتی گنگ هندوستان استفاده نمودند. آن‌ها جهت بررسی روند تغییرات شوری خاک‌های تحت تاثیر نمک، از داده‌های LISS\_III و LISS\_II استفاده کردند.

آن‌ها با افزایش کنتراست تصویر، خوشه‌بندی پیکسل‌های مشابه و فشرده سازی داده‌ها، پیکسل‌های نواحی تحت تاثیر نمک، اراضی غرقابی، اراضی کشاورزی و سایر پدیده‌ها را بر مبنای تجربه کارشناسی و داده‌های فرعی دیگر شناسایی نمودند و جهت برقراری ارتباط بین ویژگی‌های طیفی و تغییرات پدیده‌ها، از داده‌های صحیح قابل دسترس زمینی مانند نتایج تجزیه شیمیایی نمونه‌های خاک تحت تاثیر نمک، استفاده کردند و بالاخره موفق شدند سطوح مختلف شوری را تفکیک نمایند. هدف از این تحقیق بررسی قابلیت‌های سنجنده LISS\_III نصب شده بر روی سکوی IRS\_1D به منظور شناسایی خاک‌های منطقه خشک آران و بیدگل می‌باشد.

### مواد و روش‌ها

#### موقعیت منطقه مطالعاتی

منطقه مورد بررسی در استان اصفهان و شامل اراضی آران و بیدگل بین ۳۴ درجه تا ۳۴ درجه و ۳۰ دقیقه عرض شمالی و ۵۱ درجه تا ۵۱ درجه و ۳۰ دقیقه طول شرقی می‌باشد (شکل ۱). منطقه دارای تابستان‌های گرم و نسبتاً طولانی و زمستان‌های ملایم است. بر اساس آمار هواشناسی دوره ۳۰ ساله میانگین بارندگی سالیانه ۱۳۸/۸ میلیمتر است، بارش‌ها از آبان ماه شروع شده و در خردادماه قطع می‌شود. بر مبنای داده‌های هواشناسی رژیم حرارتی خاک‌های منطقه ترمیک و رژیم رطوبتی آن اریدیک می‌باشد. طبق مطالعات پیشین و بررسی‌های میدانی خاک‌های منطقه در دو رده Entisols و Aridisols قرار می‌گیرند، از این خاک‌ها تحت رده‌های Psamments, Fluvents, Orthents, Salids و Calcids, Gypsids مورد شناسایی قرار گرفته است لذا افق‌های تجمعی آهک، گچ و املاح در خاک‌های منطقه تشکیل شده است که از مشخصه بارز خاک‌های مناطق خشک می‌باشد.

تصاویر سنجنده LISS\_III، ماه می ۲۰۰۳ را از بین تصاویر موجود به علت مقارن بودن آن با شرایط جوی مساعد و بدون پوشش ابر و بارندگی تا حداقل دو هفته قبل از اخذ تصویر انتخاب شد، آمار هوا شناسی ماه می سال ۲۰۰۳ هیچگونه ریزشی را نشان نمی‌دهد. تصاویر نسبت به نقشه توپوگرافی (مقیاس: ۱:۵۰۰۰۰) با ۱۲ نقطه کنترل که بر روی تصاویر به وضوح قابل شناسایی بودند تطبیق داده شد، از سیستم UTM برای نمایش تصاویر استفاده شد. نقشه

جدول ۱ - مشخصات آماری باندهای سنجنده LISS\_III در منطقه مطالعاتی

سنجنده LISS_III				معیارهای آماری
B5	B4	B3	B2	
۷۰/۵	۲۳/۵	۲۳/۵	۲۳/۵	قدرت تفکیک مکانی (متر)
۱۶۶/۰	۱۶۳/۸	۱۵۶/۳	۱۵۵/۳	میانگین
۱۷/۸	۱۶/۹	۲۲/۰	۱۹/۱	انحراف معیار
۲۰۰/۰	۲۰۰/۰	۲۰۲/۰	۲۱۰/۰	حداکثر
۱۱۴/۰	۱۱۴/۰	۱۰۲/۰	۱۱۳/۰	حداقل

ارزیابی نقش داده‌های کمکی، این داده‌ها به مجموعه باندها افزوده شد و در انتها پنج رویکرد جهت طبقه بندی انتخاب گردید.

- این مجموعه‌ها به شرح زیر می‌باشد.
- رویکرد اول: OIF
- رویکرد دوم: OIF و DEM
- رویکرد سوم: باندهای ۲، ۳، ۴ و ۵
- رویکرد چهارم: باندهای ۲، ۳، ۴، ۵ و DEM
- رویکرد پنجم: شاخص BI و PC۱

پس از محاسبه ضرایب همبستگی باندها ملاحظه شد باندهای این سنجنده دارای همبستگی بالایی با یکدیگر می‌باشند، ضرایب همبستگی باندها بین ۰/۷۳ تا ۱ است (شکل ۴)، یعنی باندها دارای اطلاعات مشترک می‌باشند، اما اطلاعات مشترک به این مفهوم نیست که می‌توان با انتخاب یک باند از این مجموعه، پدیده‌های موجود را با دقت قابل اعتمادی طبقه بندی نمود.

### انتخاب کلاس‌های آموزشی

بر اساس تفسیر چشمی تصاویر رنگی کاذب، عکس‌های هوایی، اطلاعات محلی و مشاهدات میدانی واحد های همگن از تصویر منطقه بر صفحه نمایشگر شناسایی و نمونه‌های آموزشی و آزمایشی انتخاب گردید.

نمونه‌های آموزشی انتخابی برای طبقه بندی تصاویر سنجنده Liss\_III به قرار زیر می‌باشد:

- الف) اراضی زراعی: باغات، زراعت (۲)، زراعت (۳)، زراعت (۵)، زراعت (۶)، ب) اراضی غیر زراعی مرتع و جنگل دست کاشت ج) اراضی متفرقه: تپه‌های ماسه‌ای و بدلند و د) خاکها: خاک (۱)، خاک (۲)، خاک (۳)، خاک (۵)، خاک (۶)، خاک (۸)، خاک (۹) و خاک (۱۰).
- بدین ترتیب این سنجنده کلاس‌های طیفی - اطلاعاتی منطقه را در ۱۷ کلاس شناسایی و تفکیک می‌نماید. ویژگی‌های کلاس‌های آموزشی در جدول (۳) ملاحظه می‌شود.

جدول ۲ - محاسبه شاخص مطلوب برای سنجنده LISS\_III

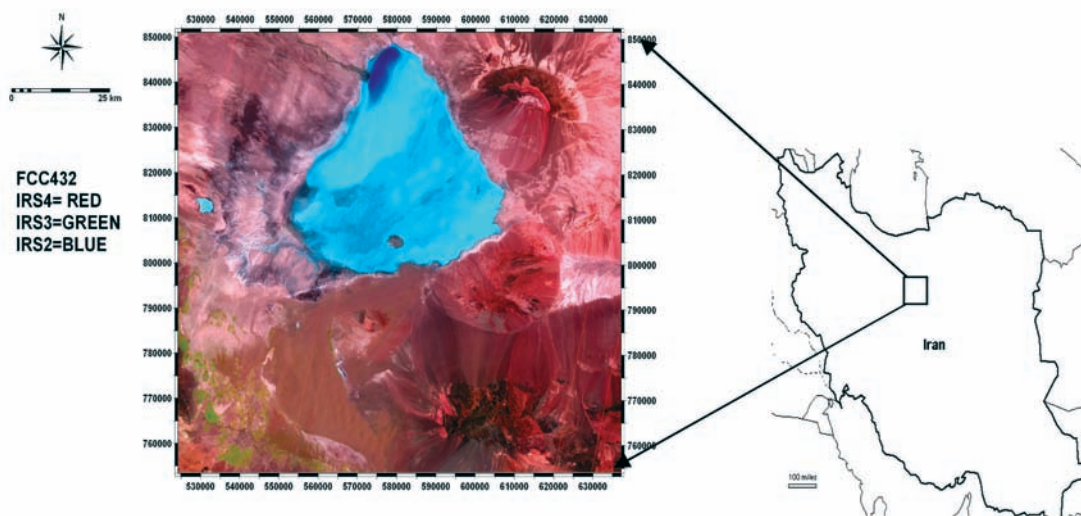
OIF Index			
۱: B3	B4	B5	۲۳/۶
۲: B2	B3	B4	۲۳/۶
۳: B2	B4	B5	۲۳/۶
۴: B2	B3	B5	۲۳/۶

ترسیم توزیع پیکسل‌های باند قرمز در برابر باند مادون قرمز نزدیک برای منطقه کاشان نیز اینچنین مفهومی را برای منطقه مطالعاتی که مخلوطی از پوشش‌های گیاهی، خاک‌های شور و گچی، خاک‌های غیر شور و تپه‌های ماسه‌ای است به اثبات می‌رساند (شکل ۳). این نحوه توزیع پیکسل‌ها به عنوان معیاری جهت شناسایی نحوه توزیع انواع کلاس‌های طیفی مورد توجه قرار گرفته است.

### انتخاب الگوریتم طبقه بندی

الگوریتم انتخابی برای طبقه بندی نظارت شده، حداکثر احتمال با آستانه ۲۰ است که یکی از شناخته شده‌ترین الگوریتم‌ها می‌باشد، Wilson (۲۱) روش حداکثر احتمال را برای تهیه نقشه‌های موضوعی از داده‌های ماهواره‌ای مناسب می‌داند، علوی پناه و همکاران (۱)، روش‌های مختلف طبقه بندی را برای منطقه موک استان فارس مقایسه نمودند، این تحقیق نشان داد که بالاترین دقت در روش حداکثر احتمال به ویژه زمانی که حد آستانه با درصد احتمال ۲۰ انتخاب گردد بدست می‌آید. الگوریتم فوق الذکر برای طبقه بندی داده‌های سنجنده بکار گرفته شد.

انتخاب باندهای مناسب سنجنده LISS\_III جهت تحقیق بر مبنای شاخص مطلوب (جدول ۲) دو مجموعه باندی برگزیده شد و در هر مجموعه برای



شکل ۱: منطقه مطالعاتی و تصویر رنگی کاذب LISS\_III۴۳۲



### نتایج و بحث ارزیابی نواحی آموزشی

بررسی نمودار دو بعدی (FS<sup>۲</sup>) نشان می‌دهد که نمونه خاک‌های لخت و بدون پوشش یا با پوشش کمتر از ۲۵ درصد بر روی خط خاک واقعند به طوری که در منتهی الیه این خط خاک‌های شور و گچی، خاک (۵) و خاک (۶) واقع شده‌اند (شکل ۵). گروه دوم نمونه‌های مربوط به مخلوط خاک و گیاه، زراعت (۲) و زراعت (۵) و گروه سوم نمونه‌های مربوط به باغات و گروه چهارم پوششهای سبزی و شاداب، زراعت (۶) و زراعت (۳) می‌باشد. ترسیم نمودار میانگین ارزش روشنایی کلاسترها (شکل ۵ ج) نیز نشان می‌دهد کلاس‌های طیفی دارای توزیعی مشابه نمونه‌های آموزشی می‌باشند. نمودارهای دو بعدی B۳ در مقابل B۴ نشان می‌دهد کلاس‌های زراعت (۲)، زراعت (۳)، زراعت (۵)، زراعت (۶)، خاک (۳) و خاک (۶) به صورت خوشه‌های منفرد از بقیه کلاس‌ها تفکیک شده‌اند، لکن کلاس‌های دیگر اندکی تداخل را نشان می‌دهند، اما نمودار دو بعدی B۳ در مقابل B۵ نشان دهنده تفکیک پذیری مناسب کلاس‌های خاک (۵)، خاک (۶)، خاک (۱۰)، مرتع، بدلند و خاک (۹) می‌باشد، در حالی که این کلاس‌ها در نمودار دو بعدی قبلی دارای اندکی تداخل بودند، این بررسی نیز نشان می‌دهد به منظور تفکیک و طبقه بندی قابل قبول پدیده‌ها در این منطقه اطلاعات چهار باند طیفی این سنجنده مورد نیاز می‌باشد.

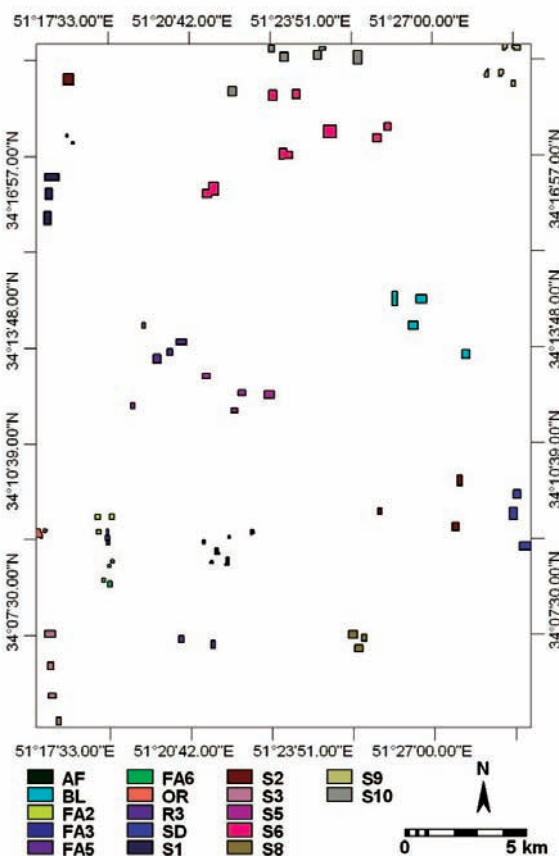
### ارزیابی آماری نواحی آموزشی

بررسی پارامترهای آماری نشان می‌دهد مقادیر انحراف معیار نواحی آموزشی مجموعه‌های درختی ۵، کلاس پوشش‌های سبز حدود ۲، کلاس‌های مخلوط خاک و گیاه بین ۲۵ تا ۶ و کلاس‌های خاک (۱)، خاک (۲)، خاک (۵) و خاک (۶) بین ۱/۴ تا ۱/۶ می‌باشد که دلالت بر همگن بودن نسبی نواحی آموزشی کلاس‌های خاک لخت و خاکهای شور و گچی می‌باشد (جدول ۴)، لکن کلاس مجموعه‌های درختی و اراضی مزروعی که مخلوط خاک و گیاه است دارای بیشترین انحراف معیار می‌باشند که دلالت بر کاهش همگنی کلاسها، احتمالاً اختلاط طیفی آن‌ها و تشکیل پیکسل‌های مخلوط می‌باشد.

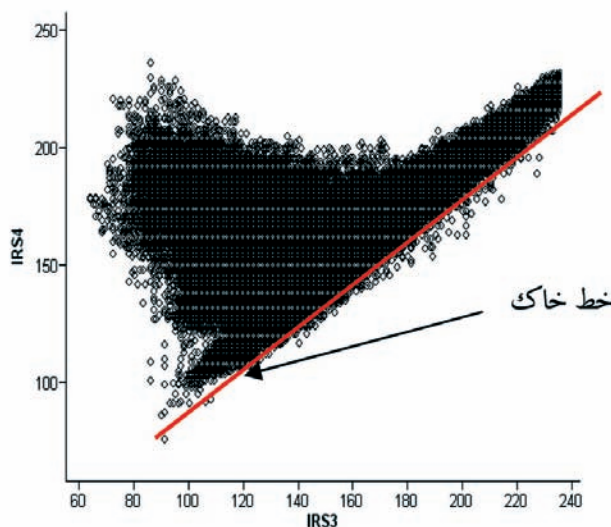
### کلاس پوشش‌های سبز، مجموعه‌های درختی و مخلوط خاک و گیاه

پوشش‌های سبز مجموعه‌های درختی، زراعت (۶)، زراعت (۳) و باغات در محدوده طول موج سبز دارای انعکاس می‌باشند که مربوط به رنگ سبز آن‌ها است و در محدوده باند قرمز دارای جذب بیشتری نسبت به کلاس مخلوط خاک و گیاه (مرتع)، زراعت (۲) و جنگل دست کاشت می‌باشند (شکل ۶ الف و ب)، زیرا کلروفیل انرژی دریافتی را جذب نموده و از میزان بازتاب می‌کاهد و در محدوده مادون قرمز نزدیک پوشش‌های سبز دارای بازتاب بیشتری هستند، سپس در محدوده ۱/۵۵ تا ۱/۷ میکرومتر (SWIR) دارای جذب قابل توجهی می‌باشند که این جذب توسط مولکول‌های آب موجود در گیاه می‌باشد. اما نمودار طیفی کلاس پوشش‌های مخلوط خاک و گیاه در طول موج‌های سبز تا مادون قرمز دارای روند افزایشی و یکنواخت بوده و دارای روندی مشابه با نمودار طیفی خاک لخت غیر شور، خاک (۱) و خاک (۸) و تپه‌های ماسه‌ای می‌باشد اگر چه بازتاب خاک زمینه موجب شده میانگین درجه روشنایی مرتع از خاک‌های مذکور بیشتر باشد (شکل ۶ ج و د).

کلاس اراضی لخت: بررسی نمودار طیفی خاک‌های لخت نشان می‌دهد حضور بلورهای نمک و گچ بدون حضور رطوبت موجب افزایش شدت بازتاب‌ها



شکل ۲: نقشه واقعیت زمینی و ۱۷ کلاس اطلاعاتی در محدوده مورد تحقیق



شکل ۳: توزیع پیکسل‌ها در فضای دوبعدی باند قرمز در مقابل باند مادون قرمز نزدیک

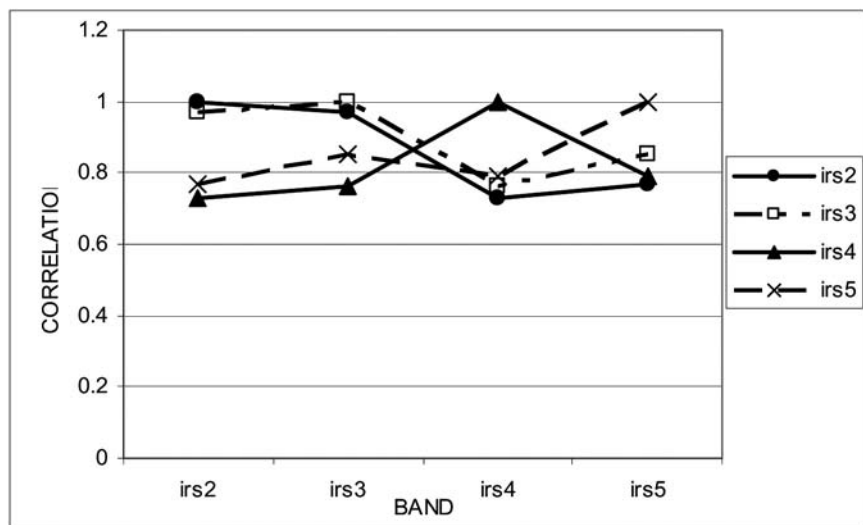
مقدار شاخص مطلوب است اما میزان دقت از مجموعه کل باندها کمتر است، که به نظر می‌رسد دخالت همه اطلاعات طیفی این سنجنده عامل مهمتری در افزایش دقت طبقه بندی است تا رعایت شاخص مطلوب به عنوان معیار انتخاب باندها برای طبقه بندی اراضی در مناطق خشک. نکته مهمی که در جدول (۵) مشاهده می‌شود مقدار ضریب کاپا کمتر از دقت کلی است، علت آن کاهش نقش شانس در محاسبه این ضریب می‌باشد، زیرا در محاسبه این ضریب علاوه بر عناصر قطری ماتریس خطا، عناصر خارج از قطر ماتریس نیز در محاسبه آن دخالت دارند.

#### ارزیابی دقت طبقه بندی رویکرد چهارم

جدول (۶) ماتریس خطای این طبقه بندی را نشان می‌دهد، دقت کلی طبقه بندی ۷۸/۰۶ درصد، میزان ضریب توافق کاپا ۷۵/۸ درصد و دقت تولید کننده و کاربر به ترتیب ۸۴/۷۷ و ۸۶/۷۶ درصد می‌باشد، بطور کلی این دقت قابل قبول می‌باشد زیرا هنگامی که دقت کلی و ضریب توافق کاپا نزدیک بهم باشند نتیجه طبقه بندی قابل قبول می‌باشد. Jensen (۱۳)، هرچه مقدار کاپا بیشتر باشد نشان دهنده طبقه بندی بهتر است و اگر همه کلاس‌ها بدرستی شناسایی شده باشند مقدار کاپا برابر یک خواهد شد، همانطور که مقادیر پیکسل‌های خارج از قطر اصلی کاهش می‌یابد مقدار کاپا هم افزایش می‌یابد.

بررسی جدول خطای طبقه بندی نشان می‌دهد کلاس خاک (۲) دارای کمترین دقت تولید کننده می‌باشد (۲۷٪)، این بررسی نشان می‌دهد کلاس فوق به ترتیب بیشترین تداخل را با کلاس‌های خاک (۱)، تپه‌های ماسه‌ای، بدلدن و مرتع دارد، علت تداخل بین این کلاس‌ها را می‌توان به وجوه مشترک آن‌ها در پوشش‌های سطحی نسبت داد، کلاس خاک (۲) دارای ۳۰ تا ۳۵ درصد سنسگریزه در سطح می‌باشد، کلاس خاک (۱) دارای ۳۰ تا ۳۵ درصد سنسگریزه‌های در سطح بوده و مقدار آهک آن دو برابر کلاس خاک (۲) است، مرتع دارای پوشش علف شور و پوسته‌ها در سطح خاک و بین پوشش گیاهی می‌باشد، این کلاس در محدوده مادون قرمز نزدیک دارای انعکاس بیشتری شده لکن بازتاب آن در محدوده باندهای سبز و قرمز، نزدیک به کلاس خاک (۲) می‌باشد، بدلدن، اراضی با سطوح ناهموار و پوشش گیاهی حد اکثر ۵ درصد می‌باشد، بنابراین کلاس‌های فوق علی‌رغم تفاوت در برخی خصوصیات مانند درصد آهک، درصد گچ و میزان شوری دارای رفتار طیفی نسبتاً مشابهی می‌باشند و امکان اختلاط طیفی و طبقه بندی پیکسل‌های مرزی آن‌ها در کلاس‌های دیگر افزایش می‌یابد. Goldeshger (۱۰) و Ben - Dor (۵) هم رطوبت و ناهمواری سطوح را عامل کاهش بازتاب طیفی و تداخل طیفی بین این گونه سطوح با اراضی سنسگریزه دار می‌دانند. بررسی شکل ۱۰ نشان می‌دهد که نمودار کلاس‌های خاک (۱)، تپه‌های ماسه‌ای، بدلدن و مرتع به ترتیب دارای بیشترین شباهت با نمودار خاک (۲) می‌باشند و تعداد پیکسل‌هایی که از کلاس خاک (۲) حذف و به کلاس‌های فوق اضافه گردیده است نیز دارای همین ترتیب می‌باشد.

بررسی خطای حذف کلاس‌ها نشان می‌دهد (شکل ۱۱)، کلاس‌های خاک (۲)، خاک (۶) و خاک (۱۰) دارای بالاترین خطا می‌باشند، جدول ماتریس خطا



شکل ۴: نمودار همبستگی باندهای سنجنده LISS\_III

می‌شود و حضور سنگ ریزه‌ها و رطوبت موجب کاهش بازتاب‌ها گردیده است، شکل (۷-ج) مقایسه بازتاب کلاس‌های خاک (۳) و خاک (۶) را نشان می‌دهد، همانگونه که ملاحظه می‌شود کلاس خاک (۳) دارای کمترین بازتاب در همه باندها و کلاس خاک (۶) دارای بالاترین بازتاب در همه باندها می‌باشند، کلاس خاک (۳) معرف اراضی لخت با حدود ۶۰-۷۰ درصد سنسگریزه‌های با رنگ قهوه‌ای تا قهوه‌ای تیره است و دارای ۱۷ درصد آهک و شوری ۴/۴ دسی زیمنس بر متر می‌باشد، در حالی که کلاس خاک (۶) معرف اراضی شور بدون سنسگریزه در سطح می‌باشد. بررسی جدول آماره‌های این کلاس‌ها نشان می‌دهد کلاس خاک (۳) دارای میانگین درجه روشنایی ۱۱۲ و کلاس خاک (۶) دارای میانگین درجه روشنایی ۱۹۲ می‌باشد، این پارامترها نشان می‌دهند کلاس‌ها متفاوت و قابل تفکیک می‌باشند. بررسی دیگر نمودارهای نواحی آموزشی خاک‌ها نشان می‌دهد کلاس خاک (۶) بیشترین بازتاب در تمامی طول موج‌ها است، حضور بلورهای سفید رنگ نمک و گچ در سطح این خاک‌ها موجب افزایش بازتاب در این اراضی گردیده است در حالی که کلاس خاک (۹) یعنی اراضی شور و مرطوب دارای کمترین بازتاب در بین کلاس‌های شور می‌باشد زیرا رطوبت با جذب انرژی دریافتی، بازتاب را کاهش می‌دهد (شکل ۷ الف و ب). بنا بر این می‌توان نتیجه گرفت که زبری سطح و رطوبت موجب کاهش درجه روشنایی می‌شود، اما نمک، گچ و سطوح براق پوسته‌های بیابانی موجب افزایش درجات روشنایی خاک‌ها می‌گردد.

علیرغم این که خاک‌های شور (۵) و (۶) دارای میانگین درجات روشنایی نزدیک به هم می‌باشند، لکن بررسی انحراف معیار این دو کلاس موید تفاوت محسوس رفتار طیفی آن‌ها در باندهای ۲ و ۵ می‌باشد (شکل ۸). خاک‌های (۱) و (۲) دارای رفتار متفاوت در باندهای ۲، ۳ و ۴ می‌باشند که موجب تفکیک پذیری نسبی این کلاس‌ها گردیده است و در باندهایی که تفاوت در انحراف معیارها بیشتر است نشان دهنده تداخل طیفی و وجود پیکسل‌های مخلوط از این گونه کلاس‌ها می‌باشد.

بر اساس نتایج حاصل از طبقه بندی مجموعه‌های مختلف، رویکرد چهارم دارای بالاترین و مجموعه شاخص‌ها دارای کمترین میزان دقت کلی، دقت کاربر، دقت تولید کننده و ضریب توافق می‌باشد، رویکرد اول دارای بالاترین

جدول ۳ - خلاصه خصوصیات کلاسهای طیفی\_اطلاعاتی منطقه مطالعاتی

وضعیت سطح اراضی	کد خاک	خاک (تحت گروه: U.S.D.A)	کد کلاس اطلاعاتی	کلاس طیفی اطلاعاتی
جنگل تاغ با تراکم ۲۰ تا ۶۰ درصد، پوسته‌های صاف در سطح خاک	T_HS	Typic Haplosalids	AF	جنگلهای دست کاشت
علائم فرسایش شیاری، پوشش کمتر از ۵٪	-----	-----	BL	بد لند
زراعی وزراعت رها شده، پوسته	T_HC	Typic Haplocalcids	FA2	زراعت ۲
زراعت آبی شاداب با پوشش متراکم	T_HC	Typic Haplocalcids	FA3	زراعت ۳
بقایای زراعی و مرتعی	T_TF	Typic Torrifluents	FA5	زراعت ۵
زراعت پنبه آماده برداشت	T_HC	Typic Haplocalcids	FA6	زراعت ۶
درختان آلو، زردآلو، انار سبز و با تراکم بیش از ۶۰ درصد	T_TF	Typic Torrifluents	OR	باغ
کهورک ۳۰ تا ۳۵ درصد، پوسته	T_HS	Typic Haplosalids	R3	مرتع
پوشش کمتر از ۵٪، تجمع بادی	-----	-----	SD	تپه‌های ماسه‌ای
سنگریزه ۳۰ تا ۳۵ درصد، غیر شور	T_HC	Typic Haplocalcids	S1	خاک ۱
سنگریزه ۳۰٪ تا ۳۵٪، گچ ۲۲٪	T_HG	Typic Haplogypsis	S2	خاک ۲
سنگریزه ۶۰٪ تا ۷۰٪، غیر شور	T_TO	Typic Torriorthents	S3	خاک ۳
پوسته‌های براق و پف کرده، شوری خیلی زیاد، لخت	T_HS	Typic Haplosalids	S5	خاک ۵
نمک و گچ، شوری خیلی زیاد، لخت	G_AS	Gypsic Aquisalids	S6	خاک ۶
سنگریزه ۲۰ تا ۳۰ درصد، بافت شنی، غیر شور	T_TP	Typic Torripsaments	S8	خاک ۸
پلی گونهای نمکی، شوری خیلی زیاد، لخت	T_AS	Typic Aquisalids	S9	خاک ۹
مخلوط خاکهای ۴، ۵ و ۷	& T_AS T_HS	Typic Aquisalids & Haplosalids	S10	خاک ۱۰

جدول ۴ - مقادیر انحراف معیار نمونه‌های آموزشی

باندها	AFF	BL	FA2	FA3	FA5	FA6	OR	R3	SD
B2	۲/۶	۲/۹	۲/۲	۲/۹	۳	۱/۸	۴/۶	۳	۲/۷
B3	۳/۱	۲/۳	۳/۵	۵/۴	۴/۴	۱/۹	۵/۸	۳/۵	۲
B4	۳	۱/۸	۲/۵	۳/۳	۳/۵	۲/۹	۵/۲	۲/۴	۲/۱
B5	۲/۵	۱/۵	۲/۳	۶/۴	۴/۳	۲/۶	۵/۵	۱/۶	۱/۵

ادامه جدول ۴

باندها	S1	S2	S3	S5	S6	S10	S8	S9
B2	۱/۹	۲/۶	۲/۵	۲/۲	۲/۴	۶/۹	۱/۷	۳/۹
B3	۲/۵	۱/۹	۲/۶	۲/۱	۲/۱	۳/۸	۲/۷	۲/۷
B4	۲/۴	۱/۸	۲/۲	۲/۱	۲/۱	۳/۱	۳/۶	۲/۵
B5	۱/۴	۱/۸	۳/۳	۱/۸	۲/۴	۳/۳	۴/۹	۲/۹

جدول ۵ - خلاصه ارزیابی آماری نتایج طبقه بندی

رویکردها	دقت تولید کننده %	دقت کار بر %	دقت کل %	ضریب کاپا
رویکرد اول	۷۹/۶	۷۹/۸	۷۱/۵	۶۹
رویکرد دوم	۷۹/۶	۷۹/۸	۷۱/۵	۶۹
رویکرد سوم	۸۳/۳	۸۳/۰	۷۶/۳	۷۲/۹
رویکرد چهارم	۸۴/۸	۸۶/۸	۷۸/۱	۷۵/۸
رویکرد پنجم	۶۲/۷	۶۲/۰	۵۳/۹	۵۰

موقعیت ارتفاعی متفاوت کلاس خاک (۳) با کلاسهای خاک (۸) و خاک (۹) از آن‌ها تفکیک شده است. Zinck (۲۲)، Dobos (۶)، Weismiller (۲۰) و علوی پناه (۱) هم معتقدند جهت بهبود نتایج طبقه بندی داده‌های طبیفی دخالت اطلاعات جانبی مانند DEM و نقشه شیب ضروری می‌باشد.

### نتیجه گیری

نتایج این تحقیق نشان می‌دهد تشخیص و نقشه برداری خاک‌ها و خصوصیات آن‌ها نه تنها تابع خصوصیات اپتیکی مواد سطحی است بلکه به ویژگی‌های سنجنده مانند تعداد باندها، پهنای باند و قدرت تفکیک مکانی وابسته می‌باشد. قدرت تفکیک مکانی نقش بارزی در تفکیک پذیری پدیده‌ها دارد. سنجنده L1SS\_III با قدرت تفکیک مکانی متوسط منطقه فوق را در ۱۷ کلاس شناسایی نموده است. Gottfried (۱۲) قدرت تفکیک مکانی و طبیفی را عامل عمده شناسایی و تفکیک کاربری‌های مختلف می‌داند، به عقیده او با قدرت

هم نشان می‌دهد که تعداد ۹۴۰ پیکسل از کلاس خاک (۶) حذف شده‌اند و به کلاس خاک (۱۰) اضافه شده است و تعداد ۴۵۱ پیکسل از خاک (۱۰) حذف و به کلاس خاک (۶) اضافه شده است، علت این اختلاط وجود بلورهای نمک و گچ در سطح این کلاس‌ها می‌باشد که موجبات افزایش نسبی بازتاب هر دوی آن‌ها شده است و تفاوت آن‌ها وجود میکروتوپوگرافی در سطح کلاس خاک (۱۰) است که باعث شده شکل نمودار آن‌ها یکسان اما شدت بازتاب آن‌ها اندکی متفاوت شود بنا بر این امکان اختلاط پیکسل‌های واقع در مرز کلاس‌ها افزایش یافته است. کلاسهای خاک (۳) و خاک (۵) بدون خطای حذف و اضافه می‌باشند، کلاس خاک (۳) اراضی دارای ۶۰ تا ۷۰ درصد سنگریزه‌های تیره رنگ در سطح و افق‌های زیرین است، این کلاس دارای کمترین بازتاب در همه طول موج‌ها می‌باشد و همانطور که نمودار دوبعدی نشان میدهد به خوبی از دیگر کلاس‌ها تفکیک شده است، البته قبل از اضافه نمودن لایه DEM به تصاویر سنجنده، این کلاس با کلاسهای خاک (۸) و خاک (۹) دارای اختلاط می‌باشد اما با اضافه شدن لایه DEM به علت



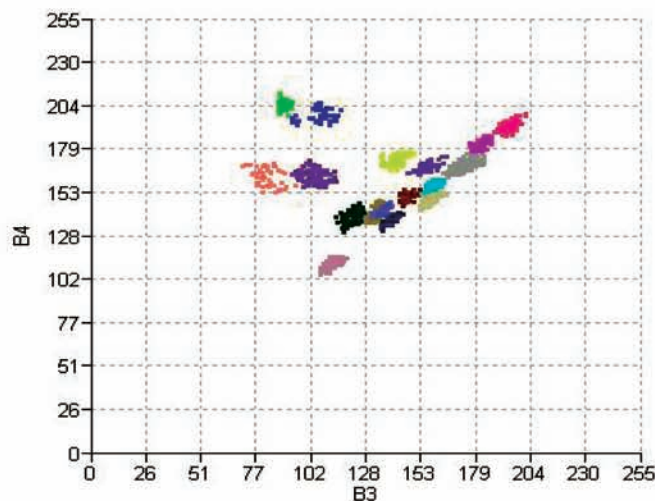
تفکیک طیفی ثابت ولی افزایش قدرت تفکیک مکانی می‌توان جزئیات بیشتری از پدیده‌ها را شناسایی و تفکیک نمودنتایج نشان می‌دهد سنجنده LISS\_III قادر به تفکیک خاک‌های شور با پوسته‌های سطحی متفاوت نمی‌باشد، این سنجنده خاک‌های شور با پوسته‌های صاف، براق و پف کرده، پوسته‌های صاف و تیره با تجمع کم تا متوسط نمک در سطح، پوسته‌های اسفنجی و پلی‌گون‌های نمکی را در یک کلاس طبقه بندی می‌کند. بنا براین کلاس خاک (۱۰) مخلوطی از خاک‌های Typic Haplosalids و Typic Aquisalids می‌باشد که ممکن است به علت قدرت تفکیک طیفی پائین باند ههای سنجنده و عدم حضور باند حرارتی باشد.

### پاورقی‌ها

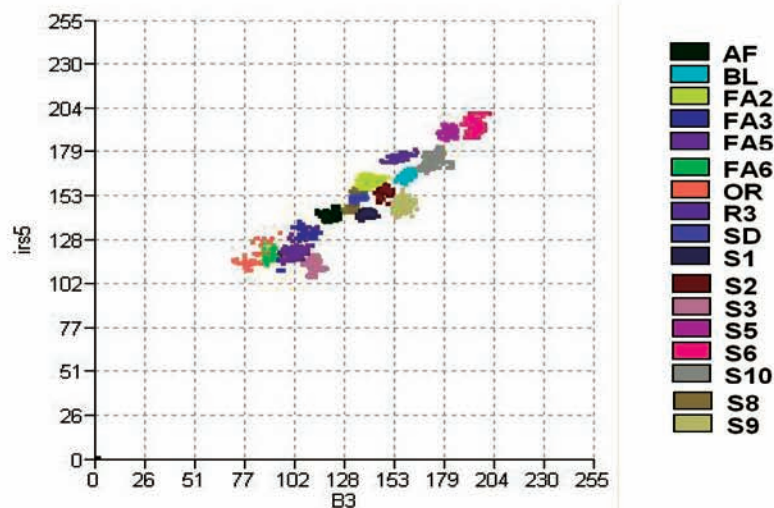
- 1 - Digital Elevation Model
- 2- Physiographic-land use
- 3- Brightness Index
- 4 - Feature space

### منابع مورد استفاده

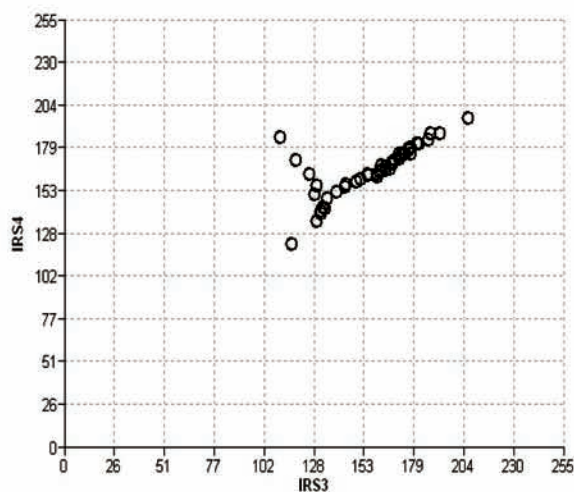
- ۱ - علوی پناه س.ک. و مسعودی، م. (۱۳۸۰) تهیه نقشه کاربری اراضی با استفاده از داده‌های ماهواره لندست TM و سیستم اطلاعات جغرافیایی (منطقه موک استان فارس)، مجله علوم کشاورزی و منابع طبیعی، سال هشتم، شماره اول.
- ۲ - علوی پناه، س.ک.، (۱۳۷۹) ارزیابی و کارایی باندهای طیفی ماهواره لندست TM در مطالعات کویری و بیابانی ایران، مجله منابع طبیعی، جلد ۵۳، شماره ۱.
- ۳ - نقشه‌های خاک و شوری وقلیائیت برگ آران، آب شیرین و حسین آباد میش مست با مقیاس ۱: ۵۰۰۰۰، ۱۳۷۱؛ موسسه تحقیقات خاک وآب.
- 4- Alavi Panah S. K. and R. Goossens, (2001) Relationships between the Landsat TM, Mss Data and soil salinity, *J. Agric. Sci. Techno. Vol.3*: 101-111.
- 5- Ben-Dor, (2001) Quantitative remote sensing of soil properties, *Agronomy, Vol. 75*, P: 174-234.
- 6- Dobos, E. Montanarella, L., Negre, T., Micheli, E., (2001) A regional scale soil mapping approach using integrated



(الف)

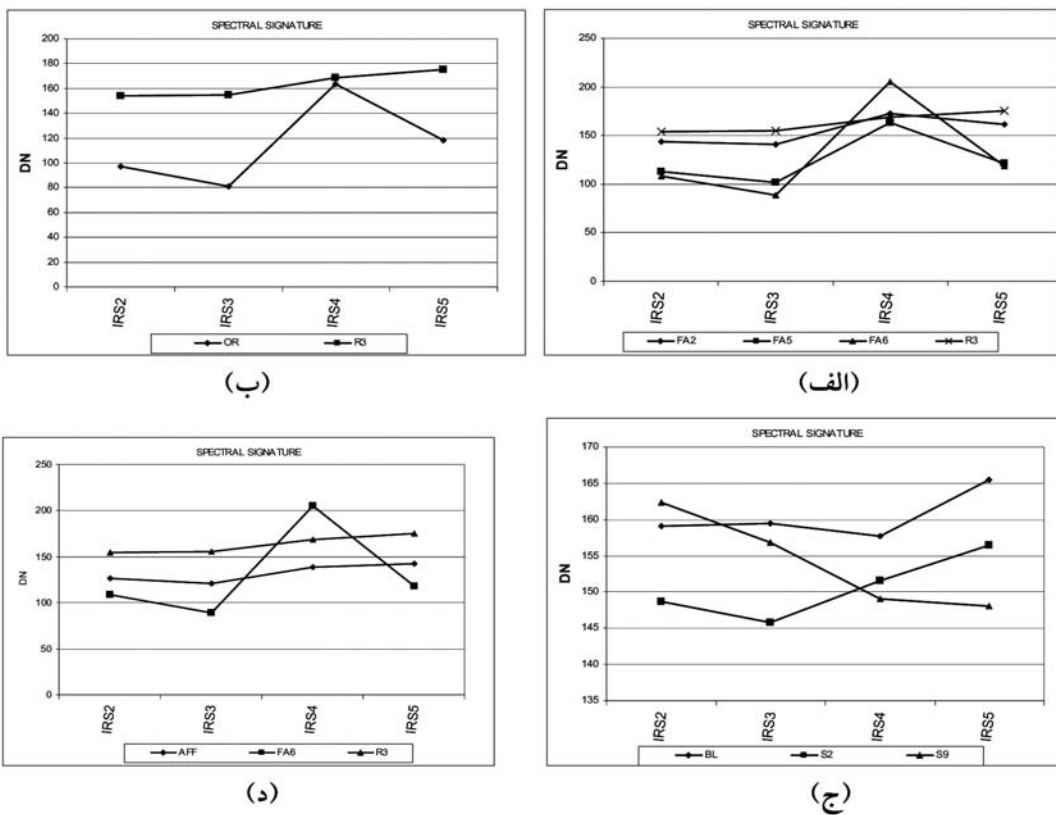


(ب)



(ج)

شکل ۵: الف) نمودار دو بعدی B۳ و B۴ و کلاسهای طیفی (ب) نمودار دو بعدی B۳ و B۵ و کلاسهای طیفی و ج) پراکنش کلاسهای طیفی در فضای باند B۳ و B۴



شکل ۶: نمودار طیفی الف) مجموعه‌های درختی و مرتع ب) مقایسه مخلوط خاک و گیاه و پوشش‌های سبز ج) اراضی شور و مرطوب و بدلندها د) اراضی مرتعی، پوشش‌های سبز و جنگل دست کاشت

AVHRR and DEM data. *International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation* 3, 30-41.

7- Dregne H. E., (1976) *Soil of arid regions*, Elsevier, New York.

8- Dwivedi, R. S., & Sreenivas, K. (1998) Image transforms as a tool for the study of soil salinity and alkalinity dynamics. *International Journal of Remote Sensing*, 19, 605-619.

9- Dwivedi, R. S., & Rao, B. R. M. (1992) The selection of the best possible Landsat TM band combination for delineating salt-affected soils. *International Journal of Remote Sensing*, 13, 2051- 2058.

10- Goldshleger, N., Ben-Dor, E., Benyamini, Y., Agassi, M., & Blumber, D. (2001) Characterization of soil's structural crust by spectral reflectance in the SWIR region (1.2- 2.5 Am). *Terra Nova*, 13, 12- 17.

11- Gossens, R. and Ranst, E.V.(1998) *The use of remote sensing to map gypisferous soils in the Ismailia province* (Egypt), *Gooderma*, 87, 47-56.

12- Gottfried K., (2003) *Geoinformation: Remote sensing, photogrammetry and geographic information system*, Taylor & Francis.

13- Jensen J. R., (1996) *Introductory Digital image processing, a remote sensing perspective*, prentice -hall, Inc.

14- Karavanova E. I. (2000) *Application of remote sensing techniques for the study of soil salinity in semi-arid Uzbekistan*

15- Liang Shunlin, (2004) *Quantitative remote sensing of land surface*, John Wiley & Sons, Inc. Hoboken, New Jersey.

16- Metternicht G. I. and ZinckJ, (2003) *Remote sensing of soil salinity: Potential and constraints*, *Remote sensing of environment*, 85: 1, 1-20.

17- Metternicht, G. And Zinck.J.A. (1996) Spatial discrimination of salt and sodium- affected soil surface, *INT. J. Remote sensing*, 2: 125-134.

18- Srivastava R. and R. K. Saxena, 2003; *Technique of large-scale soil mapping in basaltic terrain using satellite remote sensing data*.

19- Verma K. S. and 1994; *Remote sensing technique for mapping salt affected soil*. *International Journal of Remote Sensing* Vol. 15, No. 9: 1901 - 1914.

20- Weismiler R.A., I.D. Persinger and Montgomery, O.L. (1977) *Soil inventory digital analysis of satellite scanner and topographic data*, *Soil Sci. Soc. Am. J.* 41: 1116-1180.

21- Wilson, P. M. 1986; *Uses landsat data within a geographic information system mapping from modern imagery*. Proceeding of a Symposium held by Commission IV of the International society for Photogrammetry a remote sensing, Edinburgh, Scotland, 8-12, September, 1986, 491-499

22- Zinck J. A., (2000) *Monitoring soil salinity from remote sensing data 1st Workshop of the EARSEL*, Gent Belgium.

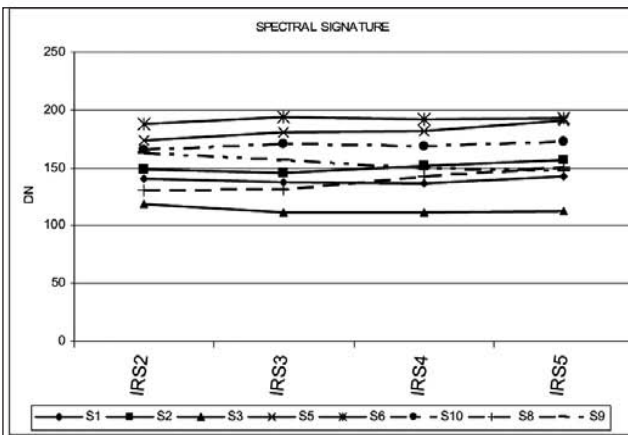
جدول ۶ - ماتریس خطای طبقه بندی رویکرد چهارم به روش حداکثر احتمال

**CLASSIFICATION RESULT**

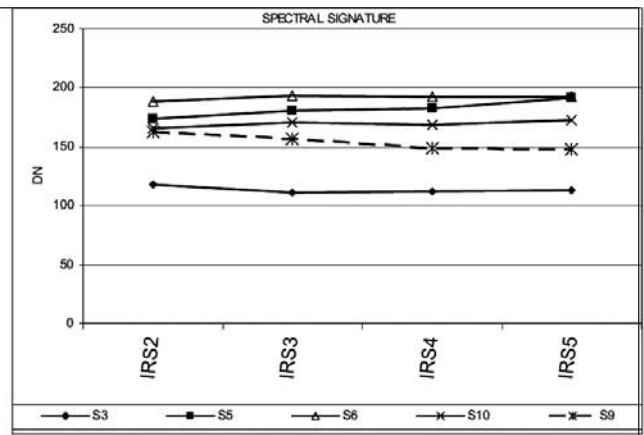
TEST SET	CLASSIFICATION RESULT																/ACC	/OM/E					
	AF	BL	FAY	FAY	FAY	FAY	FA۵	FA۶	OR	R۳	SD	S۱	S۲	S۳	S۵	S۶			S۱۰	S۸	S۹	Total	
AF	۱۵۴	.	.	.	.	.	.	.	.	.	۵۴	.	.	.	.	.	.	.	.	.	۲۰۸	۰/۷۴	۰/۲۶
BL	.	۷۹۸	.	.	.	.	.	.	.	.	.	۸	۱۵	.	.	.	.	.	.	.	۸۲۱	۰/۹۷	۰/۰۳
FAY	.	.	۱۹۱	.	.	.	.	.	.	.	۵	.	۵	.	.	.	.	.	.	.	۲۰۱	۰/۹۵	۰/۰۵
FAY	.	.	.	۱۳۴	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	۱۴۲	۰/۹۴	۰/۰۶
FA۵	.	.	.	.	۱۶۸	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	۱۵	.	.	۱۸۳	۰/۹۲	۰/۰۸
FA۶	.	.	.	.	.	۴	.	۱۳۱	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	۱۳۶	۰/۹۶	۰/۰۴
OR	۱۸	.	.	.	.	۴۳	.	.	۱۱۰	.	.	۱۸	.	.	.	.	.	.	.	.	۱۸۹	۰/۵۸	۰/۶۲
R۳	.	.	.	.	.	.	.	.	.	۴۵۵	.	.	.	.	۳	.	.	.	.	.	۴۵۸	۰/۹۹	۰/۰۱
SD	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	۶۶۲	.	۳۹	.	.	.	.	.	.	.	۷۰۱	۰/۹۴	۰/۰۶
S۱	.	۶	.	.	.	.	.	.	.	.	.	۷۵۰	.	.	.	.	.	.	.	.	۷۵۶	۰/۹۹	۰/۰۱
S۲	۱	۸۷	.	.	.	.	.	.	.	۶۹	۱۵۳	۱۸۴	۱۸۷	.	.	.	.	.	.	.	۶۸۱	۰/۲۷	۰/۷۳
S۳	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	۵۴۹	.	.	.	.	.	.	۵۴۹	۱	.
S۵	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	۶۳۱	.	.	.	.	.	۶۳۱	۱	.
S۶	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	۱۱۲۱	۹۴۰	.	.	.	۲۰۶۱	۰/۵۴	۰/۴۶
S۱۰	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	۴۵۱	۶۵۸	.	.	.	۱۱۰۹	۰/۵۹	۰/۴۱
S۸	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	۴۸۵	.	.	۴۸۵	۱	.
S۹	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	۳۸۳	۳۸۳	۳۸۳	۱	.
/REL	-/۸۹	۰/۹	۱	۰/۹۷	۰/۷۹	۰/۹۴	۱	۰/۸۷	۰/۸۷	۰/۷۶	۰/۷۸	۰/۷۶	۰/۷۶	۱	۱	۰/۷۱	۰/۴۱	۰/۹۷	۱	۹۶۹۴			
/CO/E	-/۱۱	۰/۱	.	۰/۰۳	۰/۲۱	۰/۰۶	.	۰/۱۳	۰/۱۳	۰/۲۴	۰/۱۳	۰/۲۴	۰/۲۴	.	.	۰/۲۹	۰/۵۹	۰/۰۳	.	.			

AF: چنگل دست کاشت BL: بد اند FA: زراعت OR: باغات R۳: مربع SD: تپه‌های مسه‌ای S: خاک  
 دقت کل REL: دقت کار بر CO/E: خطای اضافه ACC: دقت تولید کننده OMI/E: خطای حذف

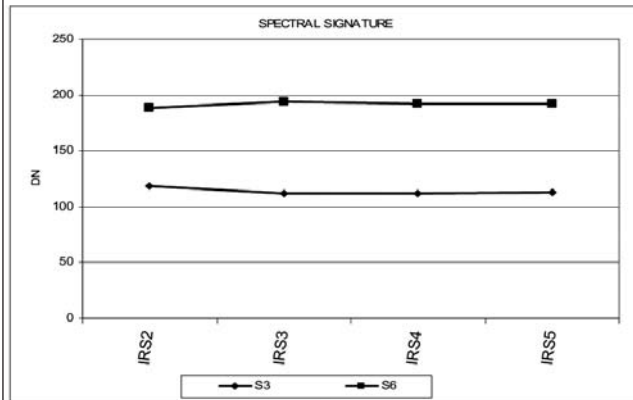
$$Ave/ Acc = ۸۴/۷۷ / Ave/ Rel = ۸۶/۷۶ / KAPPA = ۷۵/۸ / OA = ۷۸/۰۶ /$$



(ب)

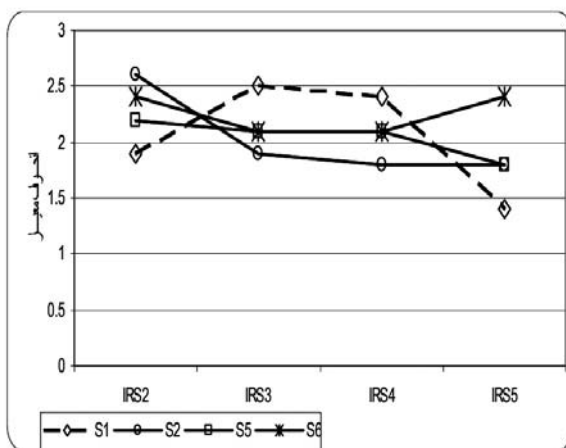


(الف)

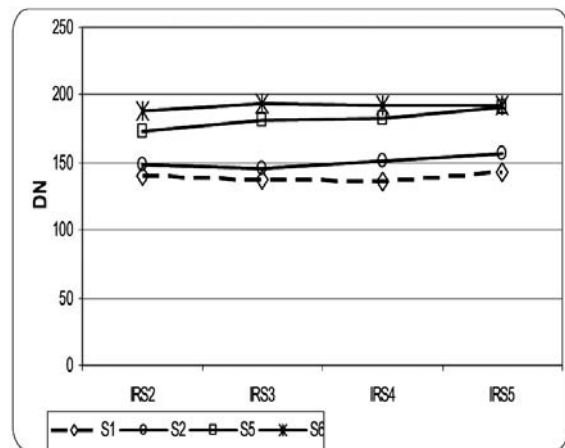


(ج)

شکل ۷: نمودار طیفی الف) کلاسه‌های شور و غیر شور  
 ب) کلاسه‌های خاک لغت  
 ج) کلاس خاک غیر شور با ۶۰ تا ۷۰ درصد سنگریزه  
 و خاک شور با گچ و نمک در سطح و پروفیل خاک

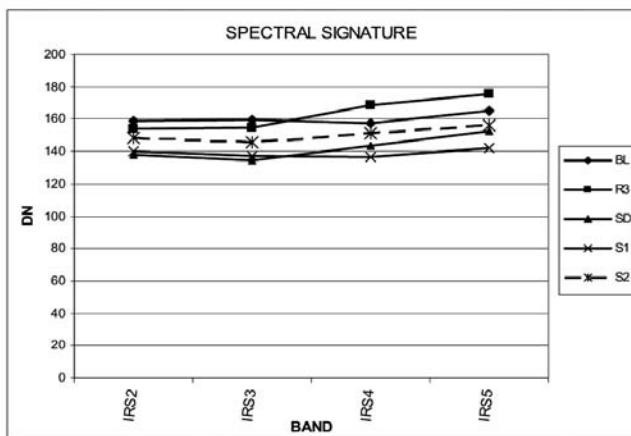


(ب)

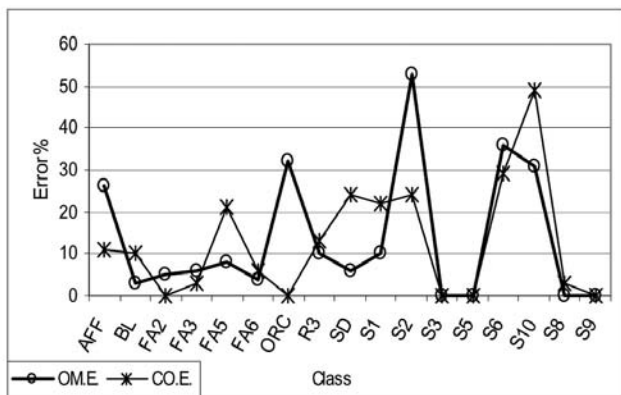


(الف)

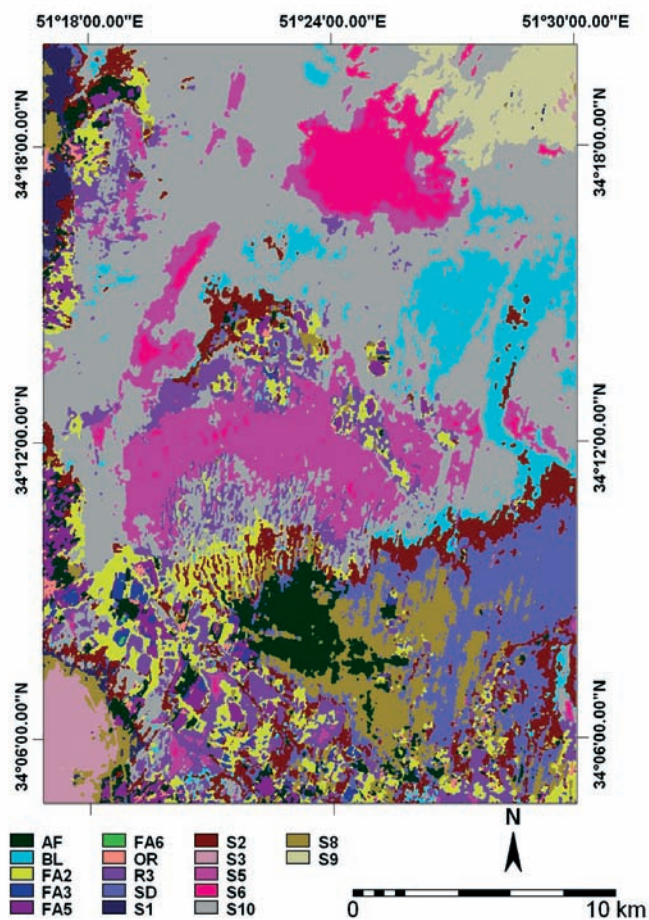
شکل ۸: الف) نمودار بازتاب طیفی و ب) نمودار تغییرات انحراف معیار کلاس خاک‌های غیر شور (۱) و (۲) و خاک‌های شور (۵) و (۶) ارزیابی نتیجه طبقه بندی



شکل ۱۰: نمودار درجات روشنایی کلاسه‌های خاک (۱)، خاک (۲)، تپه‌های ماسه‌ای، بد لند و مرتع



شکل ۱۱: نمودار خطای اضافه و حذف طبقه بندی رویکرد چهارم به روش حد اکثر احتمال



شکل ۹: تصویر طبقه بندی نظارت شده به روش حد اکثر احتمال رویکرد چهارم سنجنده LISS\_III

