

بررسی تأثیر انحراف معیار هندسی ذرات در مطالعات دورسنجی بافت خاک

• مجید دانش

دانشجوی دکتری، فیزیک و حفاظت خاک، دانشکده کشاورزی، دانشگاه تربیت مدرس، تهران

• حسینعلی بهرامی

دانشیار فیزیک و حفاظت خاک دانشکده کشاورزی، تهران (نویسنده مسئول)

• سید کاظم علوی پناه

استاد گروه سنجش از دور، دانشکده جغرافیا، دانشگاه تهران

• علی اکبر نوروزی

دانشجوی دکتری، فیزیک و حفاظت خاک، دانشکده کشاورزی، دانشگاه تربیت مدرس، تهران

تاریخ دریافت: تیرماه ۱۳۸۸ تاریخ پذیرش: آذرماه ۱۳۸۹

تلفن تماس نویسنده مسئول: ۰۹۱۲۱۳۰۷۳۶۴

Email: bahramih@modares.ac.ir

چکیده

یکی از عوامل مهم تأثیرگذار بر بازتاب طیفی خاک، درجه همگونی ذرات خاک می باشد که با انحراف معیار هندسی ذرات خاک (σ)^۱ سنجیده می شود. تحقیق حاضر، با استفاده از داده های چهار طیفی ماهواره سنجش از دوری هند (پی-۶)، اثر انحراف معیار هندسی ذرات در بررسی های طیفی بافت خاک را مورد مطالعه قرار داده است. برای این منظور، پس از دریافت داده های خام ماهواره ای، تصحیحات لازم بر روی آن انجام گرفته و پردازش هایی شامل: شاخص پوشش گیاهی با اختلاف نرمال شده، تجزیه مؤلفه اصلی، فاصله اقلیدسی از خط خاک و طبقه بندی نظارت نشده انجام شد. در نهایت با استفاده از روش نمونه برداری طبقه بندی شده تصادفی و بر اساس تصویر رنگی کاذب منطقه و واحدهای همگن رنگی در تصویر اصلی منطقه و لایه های کمکی اطلاعاتی، ۹۵ نقطه تعیین و از عمق ۵-۰ سانتیمتری سطح خاک، نمونه برداری انجام گرفت. سپس مقادیر اجزای بافت و انحراف معیار هندسی ذرات خاک برای هر نمونه محاسبه گردید. با استفاده از σ محاسبه شده، کل نمونه ها به دو گروه: با $10 < \sigma$ انحراف معیار (خاک همگون) و با $10 \geq \sigma$ انحراف معیار (خاک غیر همگون) تقسیم شدند. روابط هم بستگی داده های خاک و بازتاب های طیفی در این دو گروه مورد بررسی قرار گرفتند و در ادامه نشان داده شد که در گروه اول (خاک های همگون)، مقادیر رس و شن دارای محدوده هم بستگی $0/8 - 0/7$ با اطلاعات ماهواره ای بوده، در حالی که در گروه دوم (خاک های نا همگون)، این مقادیر به $0/4 - 0/3$ تنزل پیدا کرد. بنابراین مشخص گردید که انحراف معیار هندسی ذرات خاک (σ)، دارای اثر بارزی بر اطلاعات دورسنجی شده از سطح خاک می باشد.

کلمات کلیدی: انحراف معیار هندسی ذرات، بافت خاک، دورسنجی، هم بستگی، همگونی

Watershed Management Research (Pajouhesh & Sazandegi) No 90 pp: 29-41

Probe the impact of geometric standard deviation of soil particles (σ_g) on remote sensing study of soil texture

By: M. Danesh, PhD Student of Agriculture Faculty, University of Tarbiat Modarres. Bahrami H, Associate Professor of Agriculture Faculty of Tehran University (Corresponding Author; Tel: +989121307364), Alavipanah S.K. Professor of Geographky Faculty, Tehran University, Nowrouzi A.A. PhD Student of Agriculture Faculty, University of Tarbiat Modarres.

Homogeneity of soil particles is the potent factor which affects soil spectral signatures and known as the Geometric Standard Deviation of soil particles (σ_g). This study presents the influence of σ_g on spectral studying of soil texture using four spectral data sets of LISSIII-P6 and was coincident sampling operations. Subsequent to satellite data preprocessing, some operations were done such as: Normalized Difference Vegetation Index, Principal Component Analysis, Soil Line Euclidean Distance and Unsupervised Classification on acquired data. By stratified randomized sampling method and according to the false color composite and photomorphoc units of the main image of the study area, 95 sample points were eventually selected and gathered from 0-5cm of soil surface. Afterwards, geometric standard deviation (σ_g) and texture fragments were determined for each sample point in the soil lab. Samples were accordingly divided into two parts, on the basis of the computed geometric standard deviation: the first, $\sigma_g < 10$ (homogeneous soil) and the second, $\sigma_g \geq 10$ (heterogeneous soil). Subsequently via correlation operations for both group, it was expressly displayed which in the first group ($\sigma_g < 10$), clay and sand had about 0.7-0.8 correlations with the remotely sensed data, whereas the second group ($\sigma_g \geq 10$) had about 0.3-0.4. Hence, the geometric standard deviation (σ_g) of the study region can powerfully impress soil spectral reflectance.

Keywords: Geometric standard deviation, Homogeneity, Remote sensing, Soil particle, Soil texture

مقدمه

از دور، به شکل ابزار بسیار مفیدی در علوم خاک و زمین در آمده، چرا که اطلاعات مربوط به خاک، بدون ایجاد تماس نزدیک با آن قابل به دست آوردن است (Farifteh و همکاران ۲۰۰۶). هم چنین، استفاده از اطلاعات دورسنجی شده در مطالعه خاک، به علت قدرت تفکیک مکانی متغیر و به هنگام بودن تصاویر، چند طیفی بودن و پوشش وسیع اطلاعات، بسیار مفید و مؤثر می باشد (Lopez و همکاران ۲۰۰۵). مطالعات متعدد نشان داده اند که طیف های بازتابی از سطح خاک توسط بسیاری از خصوصیات خاک تحت تأثیر قرار می گیرند و با کمک این طیف های بازتابی می توان به مطالعه بسیاری از خصوصیات خاک پرداخت (Demattè و همکاران ۲۰۰۴). امروزه، مشخص شده است که چهار عامل اصلی بر بازتاب طیفی از سطح خاک اثر می گذارند که شامل: بافت و اندازه ذرات، مینرالوژی، ماده آلی و رطوبت خاک می باشد (Lee و Bogercki ۲۰۰۴). علائم طیفی بدست آمده از سطح خاک، اطلاعات اولیه ای را در اختیار ما قرار می دهند که می توان با استفاده از آن ها، بسیاری از ویژگی های خاک را مورد بررسی قرار داد (Dwivedi ۲۰۰۱). مطالعات نشان می دهند که بازتاب های طیفی خاک در طیف های مرئی^۶ و مادون قرمز نزدیک^۷، از ۰/۴ تا ۱/۱ میکرون و در مادون قرمز میانی^۸ از ۱/۱ تا ۲/۵ میکرون، و هم چنین در مادون قرمز حرارتی^۹ از ۳ تا ۵ میکرون و ۸ تا ۱۲ میکرون، می توانند اطلاعات زیادی درباره خاک ارائه دهند (Viscarrà Rossel و همکاران ۲۰۰۶). یکی از مهم ترین عوامل تأثیر گذار بر رفتار طیفی خاک، همگونی و یک نواختی اندازه ذرات خاک می باشد. همگونی اندازه ذرات خاک قادر است بر رفتار طیفی خاک اثر بگذارد، به طوری که ذرات ریزتر و همگون تر حجم خاک را بیشتر پر کرده و منجر به ایجاد سطح صاف

اطلاع از وضعیت همگونی و اندازه ذرات خاک برای بسیاری از اهداف امری ضروری است. مثلاً برای مدل سازی فرایندهایی چون: فرایند فرسایش^۱، برآورد مقدار تبخیر و تعرق از سطح زمین^۲ و قابلیت باروری گیاهان^۳، اطلاع از آن بسیار مهم می باشد (Moran و همکاران ۱۹۹۷). عاملی که هم گونی و یک نواختی ذرات خاک را بیان می کند، انحراف معیار هندسی ذرات خاک (σ_g) می باشد (Shirazi و Boersma ۱۹۸۴). هم گنی ذرات خاک دارای روابطی با سایر خصوصیات مخصوصاً بافت خاک بوده و بر ساختمان، رطوبت، دما، تخلخل و تراکم پذیری و بسیاری از خصوصیات دیگر خاک، دارای تأثیر چشم گیری می باشد (Drummond و همکاران ۱۹۹۸). هم چنین نحوه توزیع اندازه ذرات و مقدار یک نواختی آن ها بر مدیریت خاک و نحوه استفاده از اراضی اثر گذاشته و نقش مهمی در امر فرسایش و حفاظت خاک دارد (بهرامی و همکاران، ۱۳۸۴). بافت نیز از خصوصیات مهم خاک می باشد که از نظر مکانی متغیر و از نظر زمانی تا حدی پایدار بوده و قادر است بر بسیاری از خواص خاک اثر گذاشته و از جنبه های مختلف دارای اهمیت بالایی می باشد (Soil Survey Staff ۱۹۹۹) و اهمیت آن در زمینه های پدولوژی، علوم زیست محیطی، علوم مهندسی و اداپولوژی نیز به اثبات رسیده است (Byron ۱۹۹۴). از طرفی استفاده تن ها از روش های سنتی و مرسوم مطالعه خاک برای درک خصوصیات آن، وقت گیر، هزینه بر و در برخی از موارد همراه با آلودگی های محیطی می باشد، این در حالی است که با به کارگیری فناوری سنجش از دور و بررسی مشخصات بازتابی خاک^۴، می تواند یک راه حل و کمک مناسبی برای روش های مرسوم باشد (Dematte و Nanni ۲۰۰۶). امروزه استفاده از فناوری سنجش

دارد و گرم‌ترین منطقه استان بوده و جزو ناحیه گرم و نیمه خشک استان محسوب می‌شود. از جمله ویژگی‌های اصلی آب و هوایی این منطقه بالا بودن میانگین دمای سالانه، تبخیر زیاد و کمبود شدید بارندگی می‌باشد. هم‌چنین واقع شدن منطقه مورد نظر در عرض جغرافیایی ۳۳ درجه، باعث شده است تا میزان انرژی خورشیدی بیشتری را دریافت کند. متوسط دمای سالانه منطقه حدود ۲۲/۳ درجه سانتی‌گراد است و بیش‌ترین بارش منطقه در ماه آذر به میانگین ۹۱/۸ میلی‌متر و کم‌ترین مقدار بارش نیز به میزان کمتر از ۱ میلی‌متر (صفر میلی‌متر)، از اواخر خرداد ماه تا اواسط شهریور ماه می‌باشد. هم‌چنین، میانگین بارش سالانه در منطقه مورد مطالعه بر اساس محاسبات آماری ۳۵ ساله، حدود ۴۱۵ میلی‌متر و رطوبت نسبی سالانه منطقه حدود ۳۶ درصد می‌باشد که جزو مناطق گرم و نیمه خشک به حساب می‌آید. از مهم‌ترین ویژگی‌های این منطقه، تعلق آن به سیستم کوه‌زایی آلپی، جوان بودن و عدم تکامل خاک‌های منطقه است. طبق مطالعات منابع و ارزیابی اراضی، قسمت‌های مرکزی منطقه را واحد‌های نیمه کوهستانی مرتفع تشکیل داده‌اند که در برخی از قسمت‌ها دارای خاک کم‌عمق از رده انتی‌سول‌ها بوده و دارای پوشش گیاهی ضعیفی است که در شرایط مناسب پوششی، از آن به‌عنوان چراگاه‌های فصلی استفاده می‌شود. در بخش‌های غرب، شرق و شمالی منطقه، شامل واحد‌های کوهستانی با پوشش جنگلی ضعیف و مرتع متوسط تا ضعیف بوده و دارای خاک‌های نیمه عمیق تا عمیق و از رده اینسپتی‌سول و مالی‌سول‌ها می‌باشد که از این اراضی به‌عنوان جنگل و چراگاه استفاده می‌شود. (آبخیزداری حوضه کرخه، ۱۳۷۴).

روش تحقیق

مسیر انجام تحقیق و مراحل مختلف انجام کار در شکل ۲ بطور خلاصه ذکر شده و تفصیل آن در ادامه آمده است.

جمع‌آوری اطلاعات مورد نیاز برای مطالعه

در این مطالعه از داده‌های ماهواره P۶ سنجنده LISS-III، از سری ماهواره‌های سنجنش از دور هندوستان^{۱۵}، در ۱۷ شهریور ۱۳۸۶ که هم‌زمان با عملیات نمونه برداری در منطقه بوده است، استفاده گردید. از مشخصات این سنجنده: قدرت تفکیک زمینی ۲۳/۵ متر، قدرت تفکیک رادیومتری ۷ بیت، عرض تصویر برداری ۱۴۰ کیلومتر و مشتمل بر چهار باند سبز، قرمز، مادون قرمز نزدیک و مادون قرمز میانی می‌باشد.



شکل ۱- موقعیت جغرافیایی منطقه مورد مطالعه

می‌گردد این در حالی است که ذرات درشت‌تر و نا همگون‌تر با اشکال نامنظم، باعث ایجاد سطوح نا صاف گشته و سبب تغییر و تمایز در پراکنش طیف بازتابی از سطح خاک می‌شود (Ge و همکاران ۲۰۰۶). با استفاده از "طیف سنخ هوایی مادون قرمز - مرئی"^{۱۱} و تحلیل بازتاب نمونه‌های خاک در صحرای مجاوی^{۱۱} انجام شده، مشخص گردید که همگونی اندازه ذرات خاک دارای اثر معنی‌داری بر بازتاب طیف مادون قرمز میانی بوده است، هم‌چنین ارتباط اندازه ذرات خاک با بازتاب طیفی خاک در دو طول موج: ۱/۷ و ۲/۲ میکرومتر توسط روابط مشخص گردیدند که ضرایب تبیین^{۱۲} آن‌ها به ترتیب، ۰/۸۹ و ۰/۹۳ بوده‌اند (Okin و Painter، ۲۰۰۳). در اغلب موارد بافت خاک قادر است بر بازتاب سطحی اثر بگذارد و با استفاده از مطالعه رفتار طیفی خاک می‌توان اطلاعاتی در مورد کیفیت خاک و ویژگی‌های آن بدست آورد و حتی به برآورد آن‌ها پرداخت (Escadafal و Leone، ۲۰۰۱). طی تحقیقی تأثیر اجزای بافت خاک بر داده‌های دورسنجی شده در شرایط طبیعی مشخص و مقادیر رس در خاک سطحی با ضرایب تبیین ۰/۷۲ و مجذور میانگین خطای ۵/۷، برآورد شدند. (دانش و همکاران، ۱۳۸۷). هم‌چنین با استفاده از تلفیق داده‌های دورسنجی شده و اطلاعات کمکی، بافت خاک در استان گروستوی ایتالیا با ضریب تبیین بیشتر از ۰/۸ برآورد و نقشه بافت خاک منطقه برآورد گردید (Maselli و همکاران ۲۰۰۶). بعلاوه در مطالعه‌ای که در ۳۲۲ نمونه از خاک‌های کشور اروگوئه انجام شد، با استفاده از تکنیک طیف سنجی مادون قرمز نزدیک^{۱۳}، هم‌بستگی بین مقادیر شن، سیلت و رس با بازتاب طیفی خاک^{۱۴} در این محدوده به ترتیب: ۰/۹۰، ۰/۸۴ و ۰/۷۹ بدست آمد که در سطح احتمال ۱ درصد، کاملاً معنی‌دار بوده‌اند (Cozzolino و Moron، ۲۰۰۳). هدف از این پژوهش، بررسی تأثیر انحراف معیار هندسی ذرات خاک (σ) در مطالعه بافت خاک) با استفاده از داده‌های ماهواره (IRS-P۶) در منطقه پلدختر می‌باشد.

مواد و روش‌ها

منطقه مورد مطالعه

منطقه مورد نظر با طول جغرافیایی ۲۹° ۴۷' الی ۴۷° ۴۴' و عرض جغرافیایی ۳۳° ۳' الی ۳۳° ۱۵' در جنوب غربی استان لرستان، حوالی شهر پل دختر واقع شده است و در برگیرنده قسمتی از حوضه آبریز کرخه و زیر حوضه کشکان بوده و دارای وسعتی بالغ بر ۴۵۰ کیلومتر مربع می‌باشد. (شکل ۱) این منطقه اقلیمی متفاوت با دیگر نقاط استان لرستان

پردازش اطلاعات ماهواره ای

در ابتدا برای تصویر منطقه، سیستم مختصات^{۱۶} واحدی تعیین شد و سپس تصحیح هندسی^{۱۷} تصویر، در ۶۰ نقطه زمین کنترل^{۱۸} و با خطای ۰/۵ پیکسل، با استفاده از نقشه رقومی شده راه های منطقه در باند اول تصویر انجام شده (نقشه به تصویر^{۱۹}) و سپس این تصویر مبنای کار برای تصحیح باندهای دیگر قرار گرفت (تصویر به تصویر^{۲۰}). برای ترفیع خطای رادیومتری و اتمسفری^{۲۱}، هیستوگرام باند مادون قرمز نزدیک (باند ۳) ترسیم شد. پس از ایجاد تصویر منطقه مورد نظر، عملیات: شاخص پوشش گیاهی با اختلاف نرمال شده^{۲۲}، تحلیل مؤلفه های اصلی^{۲۳}، طبقه بندی نظارت نشده^{۲۴} و فاصله اقلیدسی از خط خاک^{۲۵}، بر روی این تصویر انجام گرفت.

مشخص کردن نقاط نمونه برداری در منطقه مورد مطالعه

در نهایت چهار تصویر حاوی اطلاعات مختلفی از منطقه بدست آمد، که شامل: تصویر رنگی کاذب^{۲۶}؛ با استفاده از سه باند ترتیبی قرمز، سبز، مادون قرمز نزدیک و با فاکتور شاخص مطلوب^{۲۷} ۹۵/۱ بدست آمد. (شکل ۳-۱)

لایه اول حاصل از تجزیه مؤلفه های اصلی^{۲۸} یکی از روش هایی که برای کاهش هم بستگی بین داده های چند متغیره و افزایش تمایزات در آن ها استفاده می شود، روش تحلیل مؤلفه های اصلی می باشد که هدف آن متراکم ساختن اطلاعات و حذف اطلاعات زائد و تکراری در جهت صرفه جویی در وقت و هزینه می باشد (Jensen, ۲۰۰۰). لایه اول مؤلفه اصلی، دارای بیش ترین اطلاعات بوده و حداکثر تراکم اطلاعات در این لایه می باشد (Jensen, ۱۹۹۶). لذا PC۱ با استفاده از چهار باند طیفی سبز، قرمز، مادون قرمز نزدیک و مادون قرمز میانی ایجاد شد. (شکل ۳-۲)

تصویر حاصل از طبقه بندی نظارت نشده؛ برخی معتقدند که استفاده

از این روش برای پیدا کردن اطلاعات کلی از منطقه، مفید می باشد. بنابراین به علت دقت پایین این روش و عدم تجربه کافی از منطقه، تصویر و اطلاعات حاصل از این روش، صرفاً جهت بدست آوردن اطلاعات طیفی کلی مورد استفاده قرار گرفت (Kiefer و Lillesand, ۱۹۹۴؛ Richards, ۱۹۹۳). (شکل ۳-۳)

تصویر حاصل از محاسبه فاصله اقلیدسی از خط خاک؛ از این شاخص بیش تر برای تحلیل پوشش های گیاهی، ماده آلی خاک و نیز نمونه برداری استفاده می گردد (Baret و همکاران ۱۹۹۳؛ Fox و همکاران ۲۰۰۳). هدف از استفاده این روش، بررسی وجود ارتباط طیف های بازتابی محاسبه شده برای هر پیکسل، بر اساس فاصله طیفی از خط خاک، با خصوصیت مورد نظر در خاک می باشد (شکل ۳-۴). فرمول فاصله اقلیدسی از خط خاک بطریق زیر است (Sabbagh و Fox, ۲۰۰۲):

$$D = (nir - A)^2 + (r - B)^2)^{0.5}$$

که در آن، D فاصله اقلیدسی هر پیکسل از خط خاک است، nir بازتاب طیفی تصویر در مادون قرمز و r بازتاب طیفی تصویر در محدوده قرمز، A حداقل بازتاب در طیف مادون قرمز و B حداقل بازتاب در طیف قرمز، و این دو عدد آخر با استفاده از نمودار خط خاک بدست می آید. از آن جایی که این تصاویر، دارای مقادیر متفاوتی پوشش های گیاهی می باشند، در نتیجه با استفاده از شاخص پوشش گیاهی به دست آمده، پیکسل های دارای پوشش گیاهی بالا، از تصاویر حذف شدند تا نمونه برداری از این مناطق انجام نپذیرد. برای این منظور از شاخص پوشش گیاهی با تمایز نرمال شده طبق فرمول زیر استفاده گردید (Bannari و همکاران ۱۹۹۵):

$$NDVI = (NIR - R) / (NIR + R)$$

که در آن، R بازتاب از سطح زمین در باند قرمز و NIR بازتاب در



شکل ۲- خلاصه ای از مراحل انجام تحقیق

در متدلوژی بسیاری از مقالات روز (Chang و همکاران ۲۰۰۱)، از تحلیل آماری مؤلفه‌های اصلی و نیز تحلیل متعارفی کانونیک^{۲۸}، جهت افزایش هم بستگی اطلاعات رقمی با اطلاعات خاک، از طریق روابط غالبیت^{۲۸} خصوصیات خاک نسبت به عوامل جانبی و نیز مغلوب سازی عوامل خطا سازی هم چون میکرو - ریلیف ها و سنگریزه ها استفاده شده است. که این روش های آماری به هیچ وجه سبب حذف عوامل مزاحم نشده، بلکه با غالب کردن تمایزات و تراکم اطلاعات و افزایش واریانس، سبب کم رنگ کردن آثار مزاحمت های بازتابی^{۴۰} (در صورت بروز) می گردد. (Brown, ۲۰۰۷)

۴- با کمک عملیات دسته بندی^{۴۱} و میانگین گیری طیفی جهت افزایش تمایزات و کاهش خطای سنگریزه و برجستگی های سطحی. (Lillesand و Kiefer, ۱۹۹۴)

در نهایت با اضافه کردن لایه فاصله اقلیدسی از خط خاک و تصویر اول تجزیه مؤلفه های اصلی، و نیز لایه های اطلاعاتی (اطلاعات جانبی) شامل لایه های: استفاده اراضی، سری های خاک، رودخانه، راه های اصلی و فرعی به تصویر مینا، سبب تعیین بهتر نقاط نمونه برداری شده و در نهایت، تعداد ۹۵ نقطه در تصویر منطقه، با استفاده از روش طبقه بندی شده تصادفی^{۴۲} (خواجه الدین، ۱۳۷۹) و با توزیع مناسب، تعیین شد. (شکل ۴- B)

عملیات میدانی^{۴۳}

پس از انتخاب نقاط نمونه برداری بر روی تصویر و مشخص کردن مختصات جغرافیایی نقاط بر روی آن، به منطقه مورد مطالعه رفته و با استفاده از موقعیت یاب جهانی^{۴۴}، نقاط مورد نظر یافته و از عمق ۵-۰ سانتیمتری سطح خاک نمونه برداری انجام گردید.

لازم به ذکر است که مطالعه حاضر به علت برخوردار بودن از تلفیق تحلیل نظارت نشده با نظارت شده و اطلاعات منطقه، نقشه سری های خاک، زمین شناسی و ژئوگرافی منطقه، نقشه راه ها و ...، این امکان را ایجاد کرد که دخالت عوامل خطا ساز را تا جای ممکن با استفاده از نمونه برداری از مناطق با شرایط مطلوب تر، کاهش داده و سپس با بهره گیری از تصحیحات و عملیات مذکور، تا حد امکان در شرایط طبیعی به بررسی برخی از خصوصیات خاک در منطقه پرداخته شود.

محدوده مادون قرمز نزدیک می باشد. از آن جایی که وجود پوشش گیاهی در سطح خاک، باعث محدود شدن و پوشانیدن بازتاب طیفی سطح خاک می شود، لذا برای انتخاب نقاط نمونه برداری در منطقه، باید مناطقی را انتخاب کرد که دارای خاک لخت و یا حداقل پوشش گیاهی و تراکم کم باشد تا بازتاب خاک به طور مستقیم از سطح خاک بوده و بتواند برای بدست آوردن ارتباط با خصوصیات خاک، مورد مطالعه قرار گیرد. (Rondeaux Huette ۱۹۸۸ و همکاران ۱۹۹۶). (شکل ۴- A)

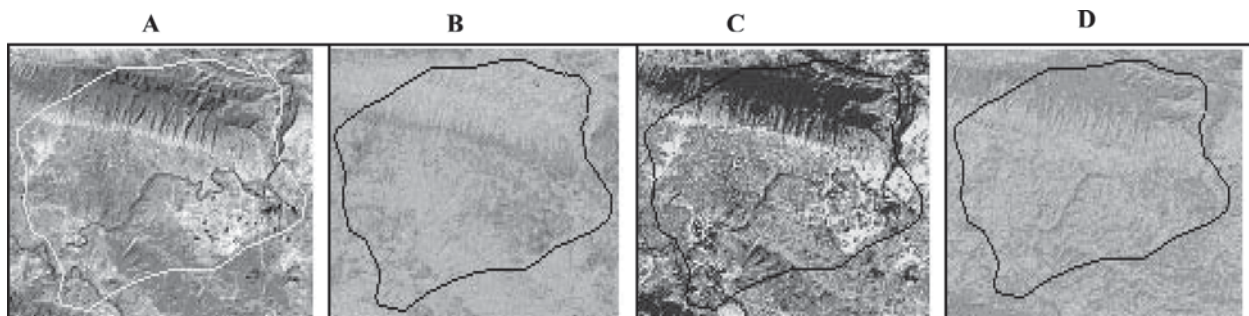
در تعیین نقاط نمونه برداری، تصویر رنگی کاذب (FCC)، به علت بالا بودن فاکتور شاخص مطلوب آن و بهتر نشان دادن پدیده های طیفی سطح زمین، مبنای کار قرار داده شد. هم چنین برای کاهش خطاهای احتمالی موجود (اثر سایه و سنگریزه های پراکنده و نیز عامل پستی و بلندی)، از روش های زیر استفاده گردید:

۱- در مورد میکرو-ریلیف و سنگریزه های احتمالی، خطای این دو عامل هم چون اغلب عوامل خطا ساز در ایجاد پیکسل های سایه و به عبارتی اثرات سایه و تباین^{۲۹}، با به کار بستن یکی از سه روش زیر قابل ترفیع بوده اند: (Morón و Cozzolino, ۲۰۰۳؛ Gupta, ۱۹۹۱؛ Cierniewski, ۱۹۸۷)

- نسبت گیری باندی^{۳۰}
- تابع اثر سایه- تیرگی^{۳۱}
- تابع اثر تباین^{۳۲}

۲- عملیات پر سازی^{۳۳} و تسطیح خطای جزئی ناشی از پستی و بلندی: استفاده از عملیات پر سازی^{۳۴} تصویر در حالت پیکسل به پیکسل برای از بین بردن خطای ماکرو-ریلیف ها (توپوگرافی سطحی، دره ها و گودی های با عمق زیاد) استفاده می گردد و چه آنکه در عملیات تعیین خطوط هیدرولوژیکی و بررسی خط الرأس و خط القعر در گودی های مدل رقمی ارتفاعی^{۳۵} نیز کاربرد دارد (Thompson و همکاران ۲۰۰۱). در تحقیق انجام شده از عملیات پر سازی سطحی در نقشه مقادیر ارزشی^{۳۶} استفاده و با تشکیل شاخص سایه در مدل ارتفاعی رقمی، از این مناطق نمونه برداری صورت نگرفت. چه آنکه این مناطق در نواحی بد لند و صعب العبور واقع شده و امکان نمونه برداری از آن ها نبود.

۳- استفاده از عملیات محاسباتی تجزیه مؤلفه های اصلی^{۳۷} برای افزایش تمایزات (Aitchison, ۱۹۸۶): برای افزایش تمایزات و تراکم اطلاعات،



شکل ۳- A: تصویر رنگی کاذب منطقه، B: لایه اول تجزیه مؤلفه اصلی، C: لایه طبقه بندی نظارت نشده، D: لایه فاصله اقلیدسی از خط خاک منطقه

عملیات آزمایشگاهی

نمونه ها پس از جمع آوری در پاکت های نایلونی، از پل دختر به آزمایشگاه خاک شناسی واقع در دانشکده کشاورزی دانشگاه تربیت مدرس انتقال داده شدند. پارامترهای مورد نظر خاک شامل: شن، سیلت و رس بوده اند. برای تعیین اجزای بافت، از روش هیدرومتری استفاده گردید (Soil Survey Staff, ۱۹۹۶).

عملیات محاسباتی

برای بررسی اثر انحراف معیار هندسی ذرات (σ_g) بر اطلاعات دور سنجی شده در مطالعه بافت خاک منطقه، با استفاده از روابط بافت خاک Boersma و Shirazi (۱۹۸۴) مقادیر شن، سیلت و رس برای هر نمونه وارد نرم افزار اکسل شده و سپس مقادیر انحراف معیار هندسی ذرات (σ_g) با استفاده از روابط ۳ محاسبه گردیدند (Boersma و Shirazi, ۱۹۸۴):

$$\sigma_g = \exp b \rightarrow b^2 = 0.01 \sum_{i=1}^n f_i \ln^2 M_i - a^2 \rightarrow a = 0.01 \sum_{i=1}^n f_i \ln M_i$$

که در این فرمول: σ_g انحراف معیار هندسی ذرات خاک بوده و f_i درصد فراوانی هر یک از اجزای سازنده خاک (شن، سیلت، رس) و M_i میانگین عددی قطر هر جزء می باشد. مقادیر M_i برای شن برابر با ۱/۰۲۵ میلی متر و برای سیلت برابر با ۰/۰۲۶ میلی متر و برای رس برابر با ۰/۰۰۱ میلی متر می باشد.

در ابتدا هم بستگی بین اجزای بافت خاک با اطلاعات سنجش از دوری در کل نمونه ها (۹۵ نمونه) تعیین گردید. در مرحله بعد، بر اساس σ_g محاسبه شده (بر اساس فرمول ارائه شده توسط Boersma و Shirazi در سال ۱۹۸۴)، کل نمونه ها به دو گروه: ۴۳ نمونه با $\sigma_g < ۱۰$ و ۵۲ نمونه با $\sigma_g \geq ۱۰$ تقسیم شدند. سپس در این دو گروه، ارتباط بین بافت خاک با باندهای اصلی، لایه اول تجزیه مؤلفه های اصلی و فاصله اقلیدسی از خط خاک منطقه، مورد بررسی قرار گرفتند. در این مرحله، اطلاعات دورسنجی شده نقاط نمونه برداری در چهار باند اصلی سبز، قرمز، مادون قرمز نزدیک و مادون قرمز میانی، اطلاعات لایه اول تجزیه مؤلفه های

اصلی و فاصله اقلیدسی از خط خاک به همراه اطلاعات بافت نمونه ها وارد محیط SPSS شده و نمودار پراکنندگی^{۴۵} آن ها رسم گردید و نیز رابطه هم بستگی این اطلاعات در جدولی به نام ماتریس هم بستگی^{۴۶} ارائه گردید.

یافته های اولیه

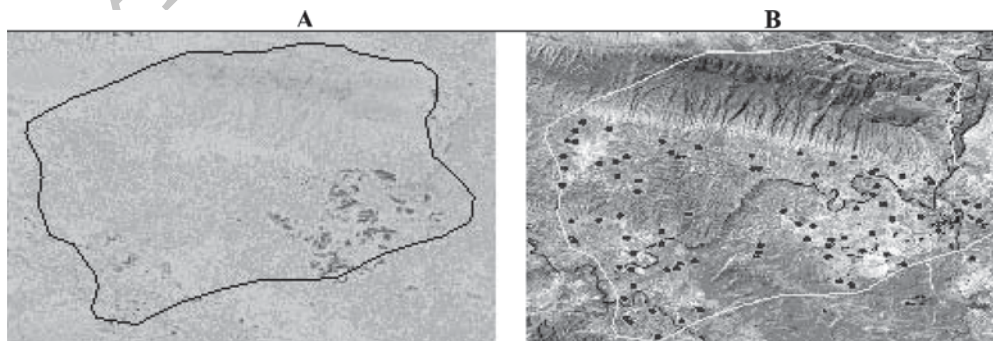
در ابتدا روابط بین اجزای بافت خاک با اطلاعات دور سنجی برای کل نمونه ها و در حالت کلی (بدون در نظر گرفتن اثر σ_g) مشخص گردید که در جدول ۱ آورده شده:

- همان طور که در جدول ۱ ملاحظه می گردد، بیش ترین هم بستگی رس با باند سبز، ۰/۷۱۵- بوده است و پس از آن به ترتیب با باند های قرمز، مادون قرمز نزدیک و در نهایت مادون قرمز میانی دارای هم بستگی می باشد که در سطح آماری یک درصد، کاملاً معنی دار بوده است. هم چنین هم بستگی با لایه اول مؤلفه های اصلی به مقدار ۰/۷۰۱- بوده و ارتباط معنی داری با فاصله اقلیدسی موجود نبوده است.

- مقادیر سیلت منطقه، دارای ارتباط معنی داری با باند های طیفی (حتی در سطح آماری ۵ درصد) نبوده است. هم چنین فاقد ارتباط معنی دار با لایه تجزیه مؤلفه های اصلی و فاصله اقلیدسی از خط خاک بوده است.

- هم بستگی شن با باند سبز به مقدار ۰/۴۶۷- بوده است که در سطح آماری یک درصد معنی دار بوده و پس از آن به ترتیب با باندهای قرمز، مادون قرمز نزدیک و مادون قرمز میانی هم بستگی معنی داری داشته است. هم چنین با لایه اول مؤلفه های اصلی به مقدار ۰/۴۴۴- بوده و فاقد هم بستگی معنی داری با فاصله اقلیدسی بوده است.

بر اساس σ_g ، نمونه ها به دو گروه: همگن ($\sigma_g < ۱۰$) و ناهمگن ($\sigma_g \geq ۱۰$) تقسیم شدند و روابط بین اطلاعات خاک و داده های دورسنجی شده در این دو گروه بررسی گردیدند و با هم مقایسه شدند. بر اساس جداول ۲ و ۳، همان طور که ملاحظه می گردد، در نمونه های گروه اول شامل خاک های همگون، بیش ترین هم بستگی شن با باند سبز به مقدار ۰/۷۹۸- و رس با باند سبز به مقدار ۰/۸۲۹- بوده است. هم چنین هم بستگی شن و رس با لایه اول مؤلفه های اصلی (PC۱) بترتیب: ۰/۷۶۰- و ۰/۸۱۰- بوده است، که حتی از هم بستگی های بدست آمده



شکل ۴- A: لایه شاخص پوشش گیاهی با اختلاف نرمال شده، B: توزیع نقاط نمونه برداری بر روی تصویر اصلی منطقه

آن‌ها دارای اشکال منظم تر و متراکم تری می‌باشند که بیان گر هم بستگی‌های قوی تری با بازتاب‌های طیفی از سطح خاک می‌باشد (شکل ۵، ستون ۱، A1 تا I1). هم‌چنین سیلت اگر چه فاقد هم‌بستگی معنی‌داری با اطلاعات دورسنجی شده می‌باشد، ولیکن باز هم بین نمودارهای هم‌بستگی آن با اطلاعات دورسنجی شده در خاک‌های غیر همگون (شکل ۵، ستون ۲، D2 تا F2) و خاک‌های همگون (شکل ۵، ستون ۱، D1 تا F1)، می‌توان به وضوح اثر σ_g را دید. به نحوی که هم‌چون شن و رس، سیلت نیز دارای نمودارهای پراکندگی منظم تری در خاک‌های همگون نسبت به خاک‌های ناهمگون می‌باشد. هم‌چنین با استفاده از تخمین منحنی^{۴۷} و بر اساس نمودارهای پراکندگی (شکل ۶)، مشخص گردید که روابط موجود بین خصوصیات مورد مطالعه خاک و داده‌های دورسنجی شده ماهواره‌ای در اولویت از روابط غیر خطی^{۴۸} (درجه سوم) تبعیت می‌کنند. همان‌طوری که ملاحظه می‌گردد در خاک‌هایی که دارای انحراف معیار هندسی (σ_g) بالاتری اند (همگون‌ترند)، خط تمایل^{۴۹} نمودار پراکندگی آن‌ها دارای تطابق بالاتر و بهتری با نقاط می‌باشد، به عبارت دیگر، خاک‌های گروه اول (همگون) دارای ضریب تبیین بسیار بیش تری بوده و خط تمایل آن‌ها دارای انطباق بیش تری نسبت به خاک‌های گروه دوم (ناهمگون) می‌باشد که این امر در تمام روابط (خطی و غیرخطی) مشهود می‌باشد. (شکل ۶ و جداول ۵و۴)

در حالت کلی نیز بیش تر بوده است. در نمونه‌های گروه دوم شامل خاک‌های ناهمگون، بیش ترین هم‌بستگی شن با باند سبز به $0/335$ تنزل پیدا کرده که فقط در سطح آماری ۵ درصد معنی‌دار بوده است. هم‌چنین هم‌بستگی رس با باند سبز به مقدار $0/448$ - کاهش یافته و نیز هم‌بستگی شن و رس با لایه اول مؤلفه‌های اصلی (PC1) در نمونه‌های ناهمگون بترتیب به مقادیر: $0/271$ و $0/439$ - تنزل پیدا کرده است. در هر دو گروه، اطلاعات مذکور خاک فاقد هرگونه ارتباط معنی‌داری با فاصله اقلیدسی از خط خاک (SLED) بوده‌اند. همان‌طوری که در شکل ۵ و جداول ۲ و ۳ ملاحظه می‌گردد، σ_g دارای اثر بارزی بر بازتاب طیفی مرتبط با شن و رس خاک می‌باشد که این تأثیر در مورد بازتاب طیفی هر چهار باند ماهواره‌ای کاملاً مشهود می‌باشد. در شکل ۵ و جدول ۳ هم ملاحظه می‌شود، در خاک‌هایی که دارای σ_g بالاتری (غیر یک نواخت) می‌باشند (شکل ۵، ستون ۲، A2 تا I2)، اجزای بافت خاک دارای هم‌بستگی‌های بسیار ضعیف تری با بازتاب طیفی از سطح خاک می‌باشند و در نتیجه نمودار پراکندگی آن‌ها، که بیان گر هم‌بستگی بین این اطلاعات می‌باشد، دارای اشکال پراکنده و نامنظم تری می‌باشند. بر عکس، طبق جدول ۲، در خاک‌هایی که دارای σ_g کم تری (یک نواخت) می‌باشند، این مقادیر دارای روابط هم‌بستگی قوی تر و بارزتری با بازتاب طیفی بوده و نمودارهای پراکندگی

جدول ۱- هم‌بستگی بافت با باندهای اصلی، PC1 و SLED در حالت کلی (برای کل نمونه‌ها)

	Green	Red	NIR	SWIR	PC1	SLED
رس	$-0/715^{**}$	$-0/685^{**}$	$-0/643^{**}$	$-0/625^{**}$	$-0/701^{**}$	$-0/071$
سیلت	$0/138$	$0/159$	$0/122$	$0/170$	$0/152$	$0/184$
شن	$0/467^{**}$	$0/427^{**}$	$0/421^{**}$	$0/371^{**}$	$0/444^{**}$	$-0/157$

** ارتباط معنی‌دار در سطح آماری ۱ درصد

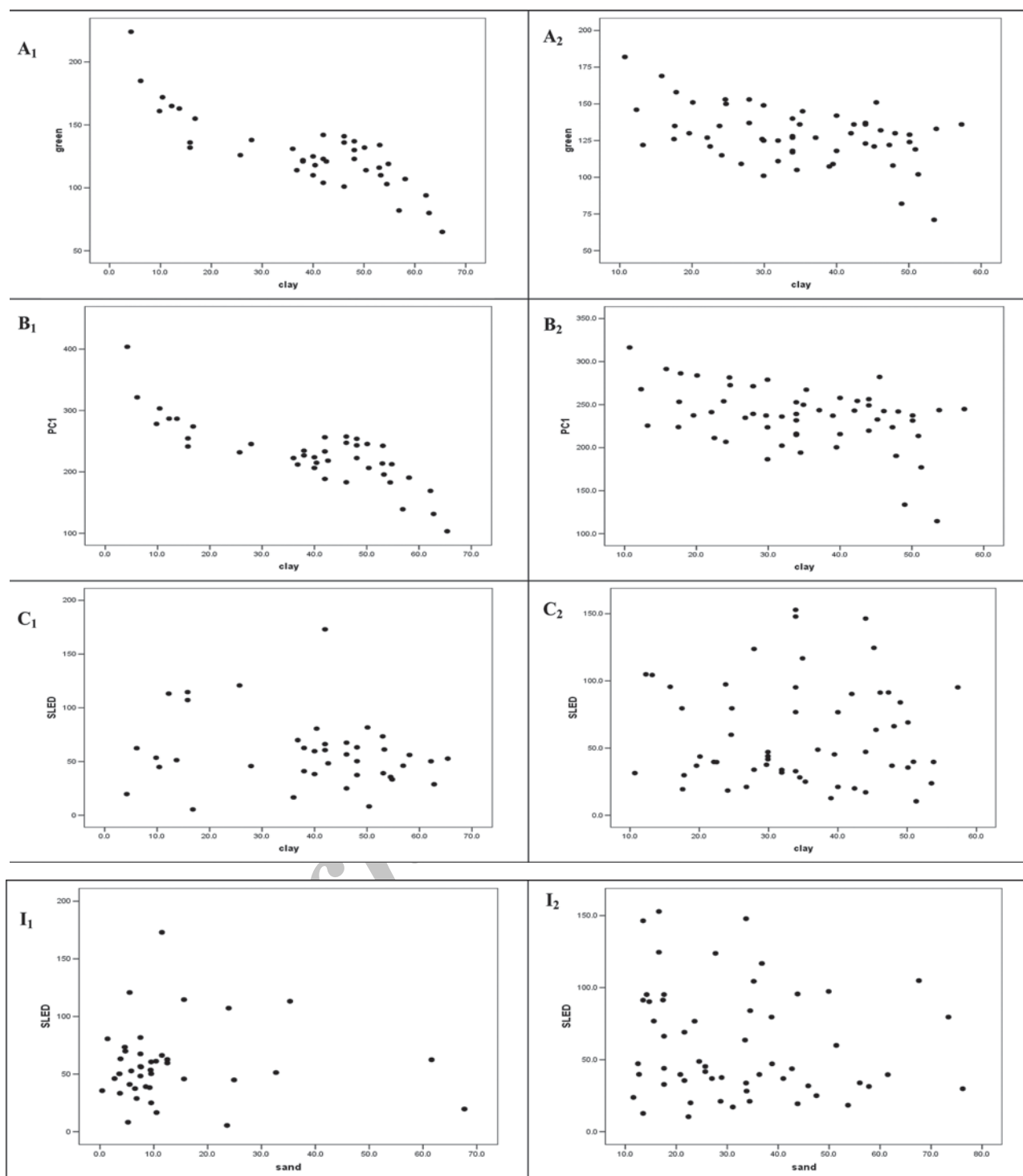
جدول ۲- هم‌بستگی بافت با باندهای اصلی، PC1 و SLED در نمونه‌های گروه اول $\sigma_g < 10$ (خاک همگون)

	Green	Red	NIR	SWIR	PC1	SLED
رس	$-0/829^{**}$	$-0/824^{**}$	$-0/731^{**}$	$-0/728^{**}$	$-0/810^{**}$	$-0/176$
سیلت	$0/244$	$0/272$	$0/264$	$0/247$	$0/263$	$0/276$
شن	$0/798^{**}$	$0/770^{**}$	$0/665^{**}$	$0/676^{**}$	$0/760^{**}$	$-0/009$

جدول ۳- هم‌بستگی بافت با باندهای اصلی، PC1 و SLED در نمونه‌های گروه دوم $\sigma_g \geq 10$ (خاک غیر همگون)

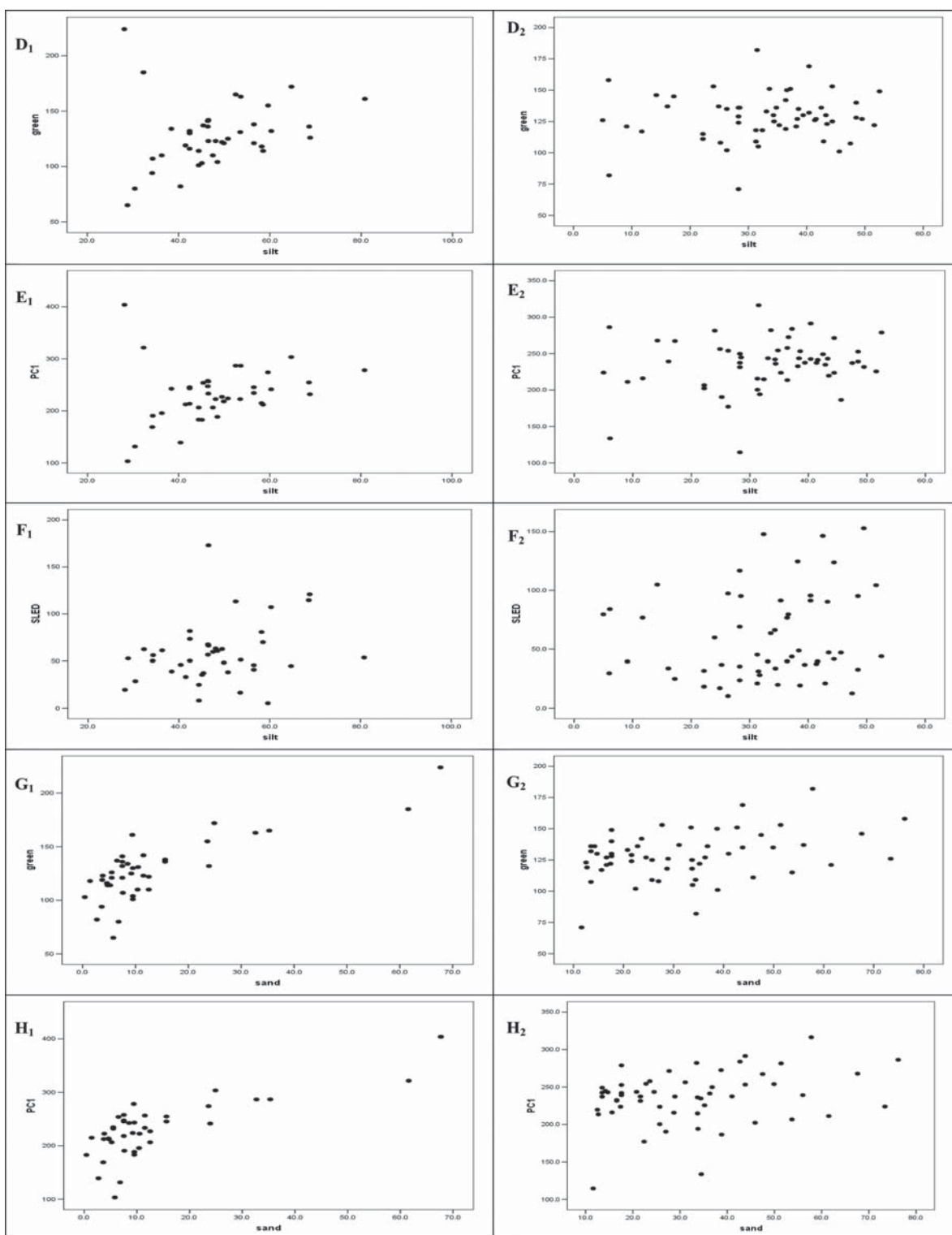
	Green	Red	NIR	SWIR	PC1	SLED
رس	$-0/448^{**}$	$-0/408^{**}$	$-0/397^{**}$	$-0/365^{**}$	$-0/439^{**}$	$0/054$
سیلت	$0/094$	$0/178$	$0/225$	$0/220$	$0/193$	$0/044$
شن	$0/335^{**}$	$0/250$	$0/226$	$0/167$	$0/271^{**}$	$-0/119$

(Green): باند سبز، Red: باند قرمز، NIR: باند مادون قرمز نزدیک، SWIR: باند مادون قرمز میانی، PC1: لایه اول تجزیه مؤلفه‌های اصلی، SLED: فاصله اقلیدسی از خاک، **: معنی‌دار در سطح آماری ۱ درصد، *: معنی‌دار در سطح آماری ۵ درصد)



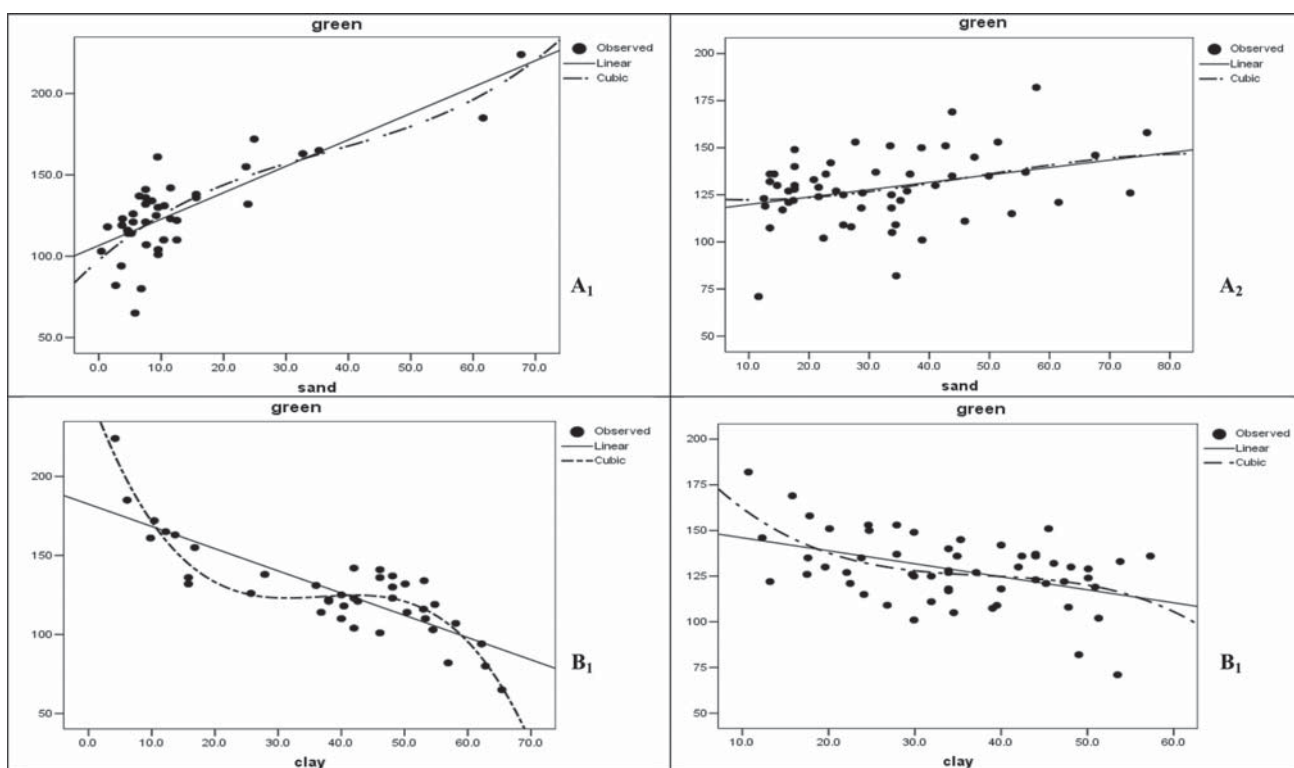
شکل ۵- نمودارهای پراکندگی مقایسه ای بین اطلاعات خاک و داده های دورسنجی شده در دو گروه: ستون ۱ شامل نمونه های $\sigma_g < 10$ (خاک همگون) و ستون ۲ شامل نمونه های $\sigma_g \geq 10$ (خاک غیرهمگون). اشکال: A: رس با باند سبز، B: رس با PC1، C: رس با لایه D، SLED، سیلت با باند سبز، E: سیلت با PC1، F: سیلت با لایه G، SLED، شن با باند سبز، H: شن با PC1، I: شن با SLED.

شن با SLED.

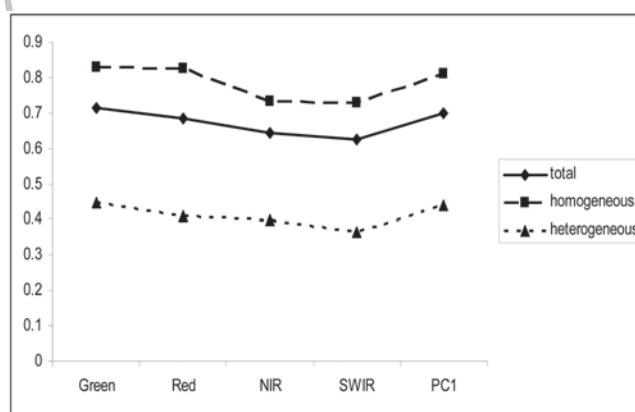
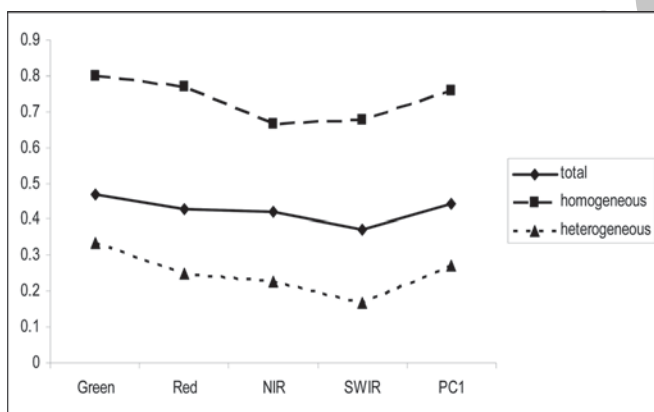


۱۱

ادامه شکل ۵- نمودارهای پراکندگی مقایسه ای بین اطلاعات خاک و داده های دورسنجی شده در دو گروه: ستون ۱ شامل نمونه های $\sigma < 10$ (خاک همگون) و ستون ۲ شامل نمونه های $\sigma \geq 10$ (خاک غیرهمگون). اشکال: A: رس با باند سبز، B: رس با (PC)، C: رس با لایه D، SLED، سیلت با باند سبز، E: سیلت با (PC)، F: سیلت با لایه G، SLED، شن با باند سبز، H: شن با (PC)، I: شن با SLED.



شکل ۶- انطباق خط تمایل (trend line) با نمودار پراکنندگی A₁, B₁: خاک های گروه اول $\sigma_g < 10$ (خاک همگون) A₂, B₂: خاک های گروه دوم $\sigma_g \geq 10$ (خاک ناهمگون). A: شن یا باند سبز، B: رس یا باند سبز. --- رابطه خطی، - - - - - رابطه درجه سوم



شکل ۷- تغییرات نمودار هم-بستگی با اطلاعات دورسنجی شده، محور X: مقدار هم-بستگی، محور Y: باندها و PC1. { - - - - - : نمونه های همگون ($\sigma_g < 10$) کل نمونه ها (..... : نمونه های غیر-همگون ($\sigma_g \geq 10$)) }

همگون)، تا حد زیادی از مقدار هم بستگی ها کاسته شده است. می توان یافته های این تحقیق را در موارد زیر خلاصه کرد که این موارد بیان گر تأثیر غالب انحراف معیار هندسی ذرات خاک (σ_g) می باشد:

۱- مقادیر رس و شن در خاک های همگون منطقه، با چهار باند طیفی دارای هم بستگی بسیار مطلوبی می باشند که این روابط در باند سبز بترتیب: ۰/۸۳ و ۰/۸ بوده که در سطح آماری ۱ درصد کاملاً معنی دارند، در حالی که در خاک های ناهمگون از مقدار این هم

نتیجه گیری

پس از آزمون هم بستگی (آزمون دو طرفه پیرسون^{۵۰}) بر روی پارامترهای خاک و داده های ماهواره ای، مشخص گردید که در رفتار طیفی مربوط به اجزای بافت در لایه سطحی خاک، انحراف معیار هندسی ذرات خاک (σ_g) دارای تأثیر معنی داری بر روابط هم بستگی با داده های دور سنجی شده می باشند، بدین معنی که از نمونه های گروه اول (خاک های همگون) به نمونه های گروه دوم (خاک های ناهمگون) تغییرات نمودار هم-بستگی با اطلاعات دورسنجی شده، محور X: مقدار هم-بستگی، محور Y: باندها و PC1.

جدول ۴- ضرایب تبیین (R^2) روابط شن و رس با باندهای اصلی و PC1 در نمونه های گروه اول $\sigma_g < 10$ (خاک همگون)

رابطه	green		red		NIR		SWIR		PCA1	
	درجه سوم	خطی	درجه سوم	خطی	درجه سوم	خطی	درجه سوم	خطی	درجه سوم	خطی
شن	۰/۶۵۰	۰/۶۳۷	۰/۶۱۸	۰/۵۹۳	۰/۴۶۴	۰/۴۴۳	۰/۴۷۹	۰/۴۵۶	۰/۵۹۷	۰/۵۷۷
رس	۰/۸۵۱	۰/۶۸۷	۰/۸۳۵	۰/۶۷۹	۰/۷۷۱	۰/۵۳۴	۰/۷۷۰	۰/۵۳۰	۰/۸۳۶	۰/۶۵۵

جدول ۵- ضرایب تبیین (R^2) روابط شن و رس با باندهای اصلی و PC1 در نمونه های گروه دوم $\sigma_g \geq 10$ (خاک نا همگون)

رابطه	green		red		NIR		SWIR		PCA1	
	درجه سوم	خطی	درجه سوم	خطی	درجه سوم	خطی	درجه سوم	خطی	درجه سوم	خطی
شن	۰/۱۱۴	۰/۱۱۲	۰/۰۶۵	۰/۰۶۳	۰/۰۷۷	۰/۰۵۱	۰/۰۳۲	۰/۰۲۸	۰/۰۷۳	۰/۰۷۳
رس	۰/۲۳۸	۰/۲۰۱	۰/۱۹۲	۰/۱۶۷	۰/۱۹۰	۰/۱۵۸	۰/۱۴۹	۰/۱۳۳	۰/۲۱۳	۰/۱۹۳

سنجی شده در خاک های همگون و یک نواخت (homogeneous)، بسیار بالاتر و معنی دار تر از خاک های نا همگون و غیر یک نواخت (heterogeneous) می باشد.

بطوری که در شکل ۷ ملاحظه می گردد، در هر دو مورد، نمودار هم بستگی کل (total) بین این دو گروه واقع شده است. هم چنین مقادیر σ_g بالا (در خاک ناهمگون) سبب شده که خط هم بستگی حتی در پایین تر از هم بستگی کل نمونه ها قرار گیرد و آن بدلیل تأثیر غالب σ_g بر بازتاب طیفی از سطح خاک منطقه می باشد. در هر دو مورد نمودار هم بستگی های بالا (شکل ۷: شن و رس)، بترتیب از بالا به پایین نمودار: خط هم بستگی خاک همگون، نمونه های کل (هم بستگی در حالت کلی و برای کل نمونه ها) و خاک نا همگون می باشد. عامل اصلی که سبب ایجاد اختلاف و فاصله بین این دو گروه همگون و نا همگون شده است (خط بالا و پایین در نمودار)، عامل تجانس و درجه یک نواختی ذرات خاک (σ_g) می باشد که نقش مهمی را در مطالعه بافت خاک منطقه با استفاده از داده های دور سنجی شده، ایفا می کند. بنابراین، طی این تحقیق مشخص گردید که انحراف معیار هندسی ذرات خاک (σ_g)، که بیان گر مقدار تجانس و یک نواختی ذرات خاک می باشد، دارای تأثیر قابل ملاحظه ای بر بازتاب طیفی از سطح خاک می باشد. بدین معنی که عامل σ_g ، سبب ایجاد اختلافات بسیار بارز و مشهودی در مقادیر هم بستگی بین گروه همگون و ناهمگون در مقایسه با کل نمونه های خاک شده است: (جدول ۲، ۱ و ۳ و نمودار های پراکندگی اشکال: ۵، ۶ و ۷ و ضرایب تبیین روابط، جداول: ۴ و ۵).

سپاس گزاری

بدین وسیله از جناب آقای دکتر طهماسبی پور، عضو هیأت علمی دانشگاه لرستان، جهاد کشاورزی خرم آباد و نیز گروه مرتع و آبخیزداری شهرستان پل دختر که در انجام این تحقیق هم کاری نمودند، صمیمانه سپاس گزاری می شود. هم چنین از سازمان فضایی و سازمان جغرافیایی نیروهای مسلح که در تهیه تصاویر منطقه ما را یاری نمودند، صمیمانه قدردانی می شود.

بستگی ها تا حد زیادی کاسته شده و بترتیب به مقادیر: ۰/۴۵ و ۰/۳۴ رسیده است.

۳- در روابط شن و رس با لایه اول تحلیل مؤلفه اصلی (PC1)، در خاک های همگون روابط نسبتاً خوبی وجود دارد که هم بستگی های آن ها به ترتیب: ۰/۷۶ و ۰/۸۱ بوده است، در حالی که در گروه دوم تا حد زیادی از این هم بستگی ها کاسته شده و به مقادیر ۰/۲۷ و ۰/۴۴ رسیده است.

۴- در مورد لایه فاصله اقلیدسی از خط خاک منطقه (SLED)، بطور کلی اگرچه ارتباط معنی داری با اطلاعات مورد بررسی در خاک وجود نداشته (در هر دو گروه)، ولی از روی نمودارهای پراکندگی (شکل ۵: C1 و C2، F1 و F2، I1 و I2) تا حدی می توان به این امر پی برد که در گروه اول (همگون)، نمودارها منظم تر و مرتب تر از نمودارهای گروه دوم (ناهمگون) می باشد که این هم بستگی بر تأثیر σ_g بر روابط بازتابی می باشد.

۵- خط تمایل (trend line) در خاک های همگون ($\sigma_g < 10$)، دارای تطابق بهتری با نمودار های پراکندگی می باشد و بالطبع، همان طور که در جدول ۴ ملاحظه می گردد، در این خاک ها ضرایب تبیین (در روابط خطی و غیر خطی) بسیار بالاتر می باشند، که بیان گر ارتباط نسبتاً قوی اطلاعات خاک (رس و شن) با داده های دور سنجی شده (اطلاعات باندهای اصلی و لایه اول تجزیه مؤلفه های اصلی) می باشد، در حالی که در خاک های نا همگون ($\sigma_g \geq 10$)، خط تمایل فاقد تطابق با نمودار بوده و نیز ضرایب تبیین در این خاک ها بسیار کم و در بسیاری از موارد، ناچیز می باشد. بطور مثال، مقدار ضریب تبیین برای شن با باند سبز در حالت درجه سوم (غیرخطی) در خاک همگون، ۰/۶۵ بوده است در حالی که همین ضریب در خاک ناهمگون به ۰/۱۱۴ (که کاملاً بی معنی می باشد) تنزل پیدا کرده است. هم چنین برای رس در حالت درجه سوم از ۰/۸۵۱ (کاملاً معنی دار) به ۰/۲۳۸ (کاملاً بی معنی) تنزل پیدا کرده است. (شکل ۶ و جداول ۴ و ۵)

۶- همان طوری که در بخش های قبل هم گفته شد و در شکل ۷ نیز مشخص می باشد، مقدار هم بستگی شن و رس با اطلاعات دور

- 45- Scatter plot
- 46- Correlation Matrix
- 47- Curve estimation
- 48- Cubic
- 49- Trend line
- 50- Pearson's two tailed (bivariate) correlation

منابع مورد استفاده

- ۱- بهرامی، ح.ع.، پرلیخ، ت. و طهماسبی پور، ن. (۱۳۸۴) مطالعه فرسایش پذیری خاک در کاربری های مختلف اراضی در حوضه آبخیز چم انجیر. سومین همایش ملی فرسایش و رسوب، تهران، ص ۵۱۰-۵۰۵.
- ۲- خواجه الدین، س.ج.، (۱۳۷۹) روش های جمع آوری داده های صحرایی برای تفسیر داده های ماهواره ای، مجموعه مقالات اولین همایش بیابان زایی و روش های مختلف بیابان زدایی، مؤسسه تحقیقات جنگل ها و مراتع، ص ۳۳۷-۳۳۸.
- ۳- دانش، م.، بهرامی، ح.ع.، علوی پناه، س. ک. و نوروزی، ع.ا. (۱۳۸۷) مطالعه بافت و آهک خاک با استفاده از داده های سنجنده LISS III ماهواره IRS-P6. نشریه علمی- فنی سپهر، دوره هفدهم، شماره ۶۷، ص ۳۵-۲۶.
- ۴- مطالعات مرحله شناسایی - تکمیلی طرح آبخیزداری حوضه کرخه (گزارش فرسایش خاک و رسوبدهی)، (۱۳۷۴) وزارت جهاد سازندگی استان لرستان، معاونت آبخیزداری، دفتر طرح ریزی و هماهنگی، شرکت خدمات مهندسی جهاد، خرم آباد.
- 5- Aitchison, J., (1986) *The Statistical Analysis of Compositional Data*. Chapman and Hall, New York.
- 6- Bannari, A., Morin, D., Bonn, F. and Huete, A. R. (1995) A review of vegetation indices. *Remote Sensing Reviews (Journal of RS)*, 13, 95-120.
- 7- Baret, F., Jacquemoud, S. and Hanocoq, J. F. (1993) The soil line concept in remote sensing. *Remote Sens. Environ (Journal of RS of Environment)*. 7, 1-18.
- 8- Bogerkcı, I. and Lee, W. S. (2004) *Soil particle size effect on absorbance spectra of sandy soils in UV-Vis-NIR regions*. ASAE paper no. 043112. St. Joseph, Mich: ASAE.
- 9- Brown, D.J., (2007) Using a global VNIR soil-spectral library for local soil characterization and landscape modeling in a 2nd-order Uganda watershed. *Geoderma* 140, 444-453.
- 10- Byron, J. R., (1994) Spectral encoding of soil texture: a new visualization method. *GIS/LIS Proceeding*, 94, 125-132.
- 11- Chang, C.W., Laird, D.A., Mausbach, M.J., Maurice, J., Hurburgh, J.R., (2001) Near- Infrared reflectance spectroscopy – principal components regression analyses of soil properties. *Soil Science Society of America Journal* 65, 480-490.
- 12- Cierniewski, J., (1987) A model for soil surface-roughness influence on the spectral response of bare soils in the visible and near-infrared range. *Remote Sensing of Environment* 23 (1), 97-

پاورقی ها

- 1- Geometric standard deviation of soil particles
- 2- Erosion processes
- 3- Land evapotranspiration
- 4 - Vegetation primary productivity
- 5- Soil spectral reflectance
- 6- Visible
- 7- Near Infrared
- 8- Short Wave Infrared
- 9- Thermal Infrared
- 10- Airborne Visible Infrared Imaging Spectrometer (AVIRS)
- 11- Mojave Desert
- 12- Coefficient of determination(R2)
- 13- Near Infrared Soil Reflectance Spectroscopy technique
- 14- Soil reflectance response
- 15- Indian Remote Sensing Satellite(IRS)
- 16- Coordinate system
- 17- Geometric correction
- 18- Ground Control Point(GCP)
- 19- Map to image
- 20- Image to image
- 21- Haze correction
- 22- Normalized Difference Vegetation Index (NDVI)
- 23- Principal Component Analysis(PCA)
- 24- Unsupervised Classification
- 25- Soil Line Euclidean Distance (SLED)
- 26- False Color Composite(FCC)
- 27- Optimum Index Factor (OIF)
- 28- PCA1
- 29- Contrast and shade effect
- 30- Band rationing
- 31- Obscureness-shadow function
- 32- Counterbalance function
- 33- Filling
- 34- Fill skins operation
- 35- Digital Elevation Model
- 36- Value map
- 37- PCA
- 38- Canonical Variation Analysis (CVA)
- 39- Dominance & coverage influence
- 40- Reflecting perturbations
- 41- Clustering
- 42- Stratified Randomized Sampling method(SRS)
- 43- Fieldwork
- 44- Global Positioning System(GPS)

- ecosystem). *International Journal of Remote Sensing*, 22 (12), pp. 2311-2328.
- 28- Lillesand Thomas, M. and Kiefer Plaph, W. (1994) Remote sensing and image interpretation John Willey & Sone, Inc.
- 29- Lopez-Granados, F., Jurado-Exposito, M., Pena-Barragan, J.M. and L. Garcia-Torres, (2005) Using geostatistical and remote sensing approaches for mapping soil properties. *European Journal of Agronomy*, 23 (3), pp. 279-289.
- 30- Maselli, F, Gardin, L. and Bottai, L. (2006) Automatic mapping of soil texture through the integration of ground, satellite and ancillary data. *International Journal of Remote Sensing*, TRES-PAP-2006, 427.
- 31- Moran, M. S., Inou, Y. and Barens, E. M. (1997) Opportunities and limitations for image-based remote sensing in precision crop management. *Remote sensing of environment*, 61, 319-364.
- 32- Nanni, M. R. and Dematte, J. L. M. (2006) Spectral reflectance methodology in comparison with traditional soil analysis. *Soil Science Society of America Journal*, 70, 393-407.
- 33- Okin, G. S. and Painter, T. H. (2003) Effect of grain size on remotely sensed spectral reflectance of sandy desert surfaces. *Remote Sensing of Environment*, 89(2004), 272-280.
- 34- Richards, J. A., (1993) *Remote sensing digital image analysis: an introduction*. 2nd edition, Springer-Verlag, Heilderberg, Pp. 340.
- 35- Rondeaux, G., Steven, M. and Baret, F. (1996) Optimization of soil-adjusted vegetation indices, *Remote Sensing of Environment*, 55: 95-107.
- 36- Shirazi, M. A. and Boersma, L. (1984) A unifying quantitative analysis of soil texture. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 48: 142-147.
- 37- SPSS, (2004) *Statistical Package for the Social Sciences version 13.0*, SPSS Inc., (Apache Software Foundation).
- 38- Soil Survey Staff, (1996) *Soil Survey Laboratory Methods Manual. Soil Survey Investigations Report No. 42*, version 3.0, USDANRCS National Soil Survey Center, Washington, D.C.
- 39- Soil Survey Staff, (1999) *Soil Taxonomy: A basic system of soil classification for making and interpreting soil surveys*. USDA Agricultural Handbook 436. Washington DC.
- 40- Thompson, J.A., Bell, J.C., Butler, C.A., (2001) Digital elevation model resolution: effects on terrain attribute calculations and quantitative soil-landscape modeling. *Geoderma* 100, 67-89.
- 41- Viscarra Rossel, R. A., Walwoort, D. J. J., Mc Bratney, A. B., Janik, L. K. and Skjemstad, J. O. (2006b) Visible, near infrared, mid-infrared or combined diffuse reflectance spectroscopy for simultaneous assessment of various soil properties. *Geoderma*, 131, 59-75.
- 115.
- 13- Cozzolino, D. and Moron, A. (2003) The potential of near-infrared reflectance spectroscopy to analyse soil chemical and physical characteristics. *Journal of Agricultural Sciences*, 140, 65-71.
- 14- Demattê, J. A. M., Campos, R. C., Alves, M. C., Fiorio, P. R. and Nanni, M. R. (2004) Visible-NIR reflectance: a new approach on soil evaluation. *Geoderma* 121, 95-112.
- 15- Drummond, S., Joshi, A. and Sudduth, K. A. (1998) *Application of neural networks: Precision Farming*. In: Proc. IEEE Int. Neural Networks, Piscataway, N. J. pp. 211-215.
- 16- Dwived I, R. S., Ramana, K. V., Thammappa, S. S. and Sigh, A. N. (2001) The utility of IRS- 1IRS- 1CLISS III and PAN-merged data for mapping salt affected soil, *Photogrammetric Engineering & Remote Sensing Vol.* 67, No. 10, 1167-1175.
- 17- Farifteh, J., Farshad, A. and George, R. J. (2006) Assessing salt-affected soils using remote sensing, solute modeling, and geophysics. *Geoderma*, 130(3-4), 191-206.
- 18- Folk, R. L., (1966) A review of grain size parameters. *Sedimentology*, 6, 73-93.
- 19- Fox, G. A. and Sabbagh, G. J. (2002) Estimation of soil organic matter from red and near-infrared remotely sensed data using a soil line Euclidean distance technique. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 66:1922-1928.
- 20- Fox, G. A., Sabbagh, G. J. and Searcy, S. W. (2003) Radiometric normalization of multi-temporal images using the soil line transformation technique. *Trans. ASAE* 46:851-859.
- 21- Ge, Y., Thomasson, J. A. and Sui, R. (2006) *Remote Sensing of Soil Properties in Precision Agriculture: A Review*. An ASABE Meeting Presentation. Portland Convention Center, Portland, Oregon 9 - 12 July 2006 Paper Number: 061176.
- 22- Gupta, R. D., (1991) *Remote sensing geology*. Springer verlag pub. 365.
- 23- Huette, A. R., (1988) A soil adjusted vegetation index (SAVI). *Remote Sensing of Environment*, 25, 295- 309.
- 24- ILWIS, (2005) ILWIS version 3.3 Academic, ITC (RSG/GSD), the Netherlands.
- 25- Jensen, J. R., (1996) *2nd ed. Introductory image processing: A remote sensing perspective*. Prentice Hall, Upper Saddle River, NJ.
- 26- Jensen, J. R., (2000) *Remote sensing of the environment; an earth resources perspective* Upper Saddle River, N. Y.: Prentice - Hall, Inc, Pp 544.
- 27- Leone, A. and Escadafal, R. (2001) Statistical analysis of soil color and spectroradiometric data for hyperspectral remote sensing of soil properties (example in a southern Italy Mediterranean

