



دانشگاه گواران و منابع طبیعی

نشریه پژوهش‌های حفاظت آب و خاک

جلد بیست و سوم، شماره اول، ۱۳۹۵

<http://jwsc.gau.ac.ir>

ارزیابی کارایی تصاویر سنجنده ETM+ در دورسنجی بافت خاک و نقش پوشش گیاهی در دقت پیش‌بینی‌ها

* مهدی رحمتی

استادیار گروه علوم خاک، دانشگاه مراغه

تاریخ دریافت: ۹۳/۱۱/۱۷؛ تاریخ پذیرش: ۹۴/۳/۱۶

چکیده

سابقه و هدف: در سال‌های اخیر پژوهش‌های زیادی برای دورسنجی بافت خاک با استفاده از تصاویر راداری صورت گرفته است. در حالی که هیچ گزارشی از کاربرد تصاویر ماهواره‌های غیرفعال مجانی مثل ETM+ و MODIS در این راستا وجود ندارد. همچنین وجود پوشش گیاهی در سطح خاک موجب محدود کردن کاربرد تصاویر ماهواره‌ای در دورسنجی بافت خاک می‌گردد. بنابراین در این پژوهش تلاش شد تا ضمن ارزیابی قابلیت کاربرد تصاویر سنجنده ETM+ برای دورسنجی اجزای بافت خاک، اثرات وجود یا عدم وجود پوشش گیاهی در دورسنجی بافت خاک نیز مورد ارزیابی قرار گیرد.

مواد و روش‌ها: برای نیل به هدف پژوهش، اجزای بافت خاک در ۲۲۵ نقطه مختلف در داخل منطقه مورد مطالعه در دامنه شمالی کوه سهند واقع در طول‌های جغرافیایی ۴۶ درجه و ۲۲ دقیقه و ۲۳ ثانیه تا ۴۶ درجه و ۲۸ دقیقه و ۵ ثانیه و عرض‌های جغرافیایی ۳۷ درجه و ۴۳ دقیقه و ۷ ثانیه تا ۳۷ درجه و ۵۰ دقیقه و ۸ ثانیه اندازه‌گیری و تصاویر ETM+ مورد نیاز نیز جمع‌آوری گردید. روش‌های مختلفی از جمله روش تجربی، آماری و جعبه سیاه (شبکه عصبی مصنوعی) با استفاده از نرم‌افزارهای Excel، SPSS و Matlab برای ایجاد توابع مختلف جهت دورسنجی اجزای بافت خاک به کار گرفته شد. ارزیابی مدل‌های استفاده شده در این پژوهش با استفاده از معیارهای آماری جذر میانگین مربع خطاها (RMSE)، خطای ارزیابی (E) و ضریب تبیین (R^2) مورد ارزیابی قرار گرفت.

یافته‌ها: نتایج ارزیابی نشان داد که در صورت وجود پوشش گیاهی در سطح خاک، دقت پیش‌بینی‌ها کاهش یافته و به صفر میل می‌کند. این در حالی است که در اراضی لخت و بدون پوشش گیاهی، پیش‌بینی‌ها از دقت کافی برخوردار بودند. نتایج نشان داد که اگرچه روش‌های تجربی و آماری از دقت بالایی (با R^2 های کم‌تر از ۰/۳) در دورسنجی اجزای بافت خاک در اراضی بدون پوشش گیاهی برخوردار نبودند ولی مدل جعبه سیاه شبکه‌های عصبی مصنوعی از دقت کافی برای دورسنجی اجزای بافت خاک (با R^2 های بالای ۰/۵) برخوردار بود.

نتیجه‌گیری: نتایج پژوهش حاضر نشان داد که به‌کارگیری روش‌های آماری و رگرسیونی برای دورسنجی اجزای بافت خاک با استفاده از تصاویر سنجنده ETM+ در داخل منطقه مورد مطالعه با چهار کاربری مختلف (مرتع ضعیف،

* مسئول مکاتبه: mehdirmti@gmail.com

اراضی دیم، اراضی فاریاب و خاک لخت) و حتی در اراضی لخت بدون پوشش گیاهی از دقت بسیار ضعیفی برخوردار بود. با این وجود نتایج به‌کارگیری الگوریتم شبکه‌های عصبی مصنوعی جهت دورسنجی اجزای بافت خاک در کاربری خاک لخت موجب افزایش چشمگیر دقت دورسنجی اجزای بافت خاک گردید.

واژه‌های کلیدی: بافت خاک، دورسنجی، ماهواره‌های غیرفعال، شبکه عصبی مصنوعی

مقدمه

اجرای کشاورزی پایدار و مدیریت محیط زیست، نیازمند درک پیشرفته از خاک به‌خصوص در مقیاس‌های مناسب می‌باشد. نمونه‌برداری‌های زمینی و تجزیه‌های آزمایشگاهی متداول با توجه به کند و هزینه‌بر بودن آن‌ها نمی‌توانند به‌طور مؤثری این اطلاعات را برای ما فراهم نمایند (۸). روش‌های مختلفی در دهه‌های اخیر برای پیش‌بینی کلاس بافت خاک با استفاده از سنجنده‌های چندطیفی و ابرطیفی ارائه شده است (۵، ۶، ۷) که منجر به اندازه‌گیری سریع و نسبتاً ارزان ویژگی‌های خاک می‌شوند. دورسنجی با این‌که ایراداتی مثل محدود بودن آن به لایه سطحی خاک دارد ولی می‌تواند اطلاعات خاک را در یک سطح وسیع ارائه نماید (۶). در سال‌های اخیر مطالعاتی صورت گرفته است که نشان‌دهنده قابلیت استخراج بافت خاک از تصاویر ماهواره‌ای به‌خصوص ماهواره SAR می‌باشد. تغییرات داده‌های مشاهداتی سنجنده TerraSAR-X ماهواره SAR در نتیجه تغییرات بافت خاک در پلات‌های کشاورزی توسط پژوهشگران مختلف (۱، ۳) گزارش شده است. کاربرد تصاویر ابرطیفی هوایی برای پیش‌بینی درصد رس خاک نشان داد که همبستگی بالایی (R^2 بین ۰/۵۶ تا ۰/۸۷) بین مقادیر اندازه‌گیری شده درصد رس و شاخص تفکیک زنجیره‌ای (CR) استخراج شده از تصاویر هوایی وجود دارد (۶). شاخص CR به‌عنوان وسیله‌ای برای نرمال‌سازی طیف‌های انعکاسی تعریف شده است که اجازه مقایسه شکل‌های انفرادی جذب از نقاط شاهد معمول را می‌دهد (۵). در پژوهشی که

با استفاده از داده‌های راداری TerraSAR-X اقدام به پیش‌بینی درصد رس خاک شده بود رابطه زیر برای پیش‌بینی درصد رس خاک (Clay) با استفاده از سیگنال‌های برگشتی ($\Delta\sigma_0$) از باندهای X رادار SAR ارائه داد که ضریب تبیین به‌دست آمده برای رابطه زیر ۰/۶۰ گزارش شده است که در سطح احتمال ۹۵ درصد معنی‌دار بود (۸).

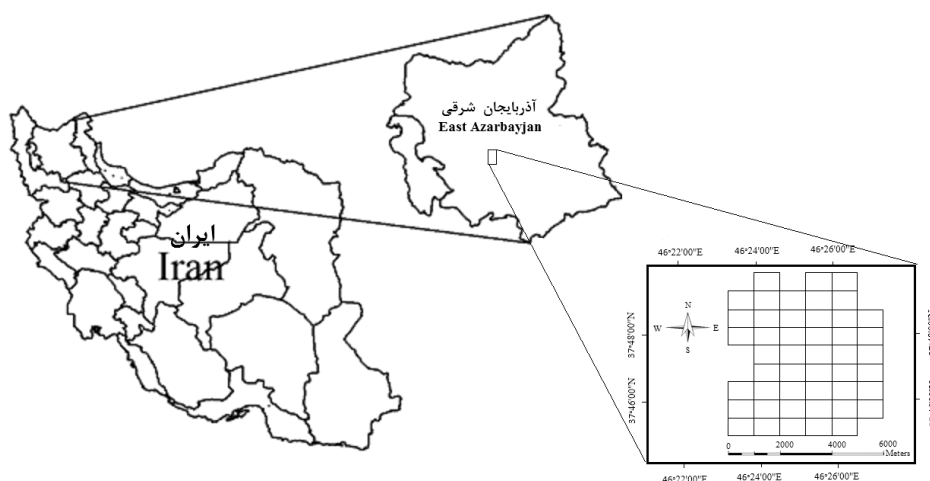
$$Clay = 4.35 \exp\left(\frac{\Delta\sigma_0}{1.81}\right) \quad (1)$$

بررسی پژوهش‌های صورت گرفته برای دورسنجی بافت خاک نشان داد که به‌طور معمول پژوهشگران مختلف از تصاویر راداری برای دورسنجی بافت خاک استفاده کرده‌اند (۵، ۶، ۷). با این وجود مدرکی که نشان دهد از تصاویر ماهواره‌های غیرفعال رایگان مانند تصاویر ETM+ و MODIS برای دورسنجی بافت خاک استفاده شده باشد، یافت نشد. از آنجایی که دسترسی به تصاویر راداری با توجه به مشکلات سیاسی و فنی برای تمامی پژوهشگران به‌ویژه در کشورهای در حال توسعه از جمله ایران مقدور نیست. فقدان پژوهش‌ها در زمینه کاربرد تصاویر ماهواره‌های غیرفعال برای دورسنجی بافت خاک شدیداً به چشم می‌خورد. بنابراین در این پژوهش تلاش شد تا قابلیت تصاویر ماهواره‌های نوری رایگان ETM+ در پیش‌بینی بافت خاک مورد بررسی قرار گیرد و اثرات وجود یا عدم وجود پوشش گیاهی نیز در دقت برآوردها مورد ارزیابی قرار گیرد.

در زون شماره ۳۸ شمالی (مسیر ۱۶۸ و ردیف ۳۴) قرار می‌گیرد. مساحت منطقه مورد مطالعه حدود ۸۰ کیلومتر مربع و محیط آن حدود ۴۰ کیلومتر می‌باشد که بین حداکثر ارتفاع ۳۵۳۴ متر از سطح آزاد دریا در ارتفاعات سهند و حداقل ارتفاع ۲۱۹۰ متر از سطح آزاد دریا گسترده شده است. همچنین متوسط بارندگی منطقه مورد مطالعه حدود ۳۲۰ میلی‌متر می‌باشد.

مواد و روش‌ها

موقعیت جغرافیایی منطقه مورد مطالعه: منطقه مورد مطالعه در دامنه شمالی کوه سهند و بین طول‌های جغرافیایی ۴۶ درجه و ۲۲ دقیقه و ۲۳ ثانیه تا ۴۶ درجه و ۲۸ دقیقه و ۵ ثانیه و عرض‌های جغرافیایی ۳۷ درجه و ۴۳ دقیقه و ۷ ثانیه تا ۳۷ درجه و ۵۰ دقیقه و ۸ ثانیه قرار گرفته است (شکل ۱) و بر اساس سیستم تصویر مختصات جغرافیایی مرکاتور (UTM)



شکل ۱- موقعیت جغرافیایی منطقه مورد مطالعه.

Figure 1. Geographical location of the study area.

خاک در کاربری‌های اراضی فاریاب، مزارع دیم، مرتع ضعیف و کاربری خاک لخت قرار گرفته بودند. تصاویر ماهواره‌ای: در این پژوهش از تصاویر سنجنده ETM+ ماهواره Landsat7 استفاده شد. تصاویر سنجنده ETM+ از قدرت تفکیک مکانی ۱۵ و ۳۰ متر، قدرت تفکیک طیفی ۸ باند و قدرت تفکیک زمانی (دوره برگشت) ۱۶ روز برخوردار می‌باشند. مزیت تصاویر سنجنده‌های ETM+ علی‌رغم برخورداری از دقت کافی در برآورد پارامترهای مختلف خاک، مجانی بودن و سهل‌الوصول بودن آن‌ها می‌باشد. داده‌های ETM+ ماهواره Landsat7 به صورت رایگان از سایت usgs دانلود شدند.^۱

نمونه‌برداری و اندازه‌گیری بافت خاک: در پژوهش حاضر در مجموع ۲۲۵ نمونه خاک دست‌خورده با فواصل تقریبی ۵۰۰ متر از هم به صورت تصادفی کنترل شده تهیه شد. نمونه‌ها از عمق صفر تا ۱۰ سانتی‌متری خاک منطقه مورد مطالعه جمع‌آوری و برای تحلیل‌های بعدی به آزمایشگاه منتقل شدند. بافت خاک نمونه‌های تهیه شده با استفاده از روش هیدرومتر (۴) اندازه‌گیری شد.

نمونه‌های برداشته شده در چهار کلاس کاربری اراضی شامل (۱) مزارع فاریاب، (۲) مزارع دیم، (۳) مرتع ضعیف و (۴) خاک‌های لخت و بدون پوشش گیاهی قرار داشتند. از ۲۲۵ نمونه خاک تهیه شده از منطقه مورد مطالعه به ترتیب ۲۱، ۴۸، ۵۴ و ۱۰۲ نمونه

1- <http://earthexplorer.usgs.gov/>

الگوریتم استفاده شده برای دورسنجی بافت خاک (الف) دورسنجی بافت خاک در کل منطقه مورد مطالعه با چهار کاربری مختلف: در این مرحله از رابطه رگرسیونی کلی زیر برای دورسنجی مقادیر رس، سیلت و شن خاک استفاده شد:

$$C_p = b_{00} + \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n b_{ij} R_j^i \quad (2)$$

که در آن، C_p بیانگر مقدار رس، سیلت و یا شن خاک، R بیانگر مقادیر قابلیت انعکاس از باندهای مختلف، b_{ij} و b_{00} بیانگر ضرایب رگرسیون، m بیانگر درجه چندجمله‌ای و n بیانگر تعداد باندها می‌باشد. در این پژوهش از چندجمله‌ای‌های درجه یک تا سه (۳ تا ۱) برای پیش‌بینی مقادیر رس، سیلت و شن خاک استفاده شد. رابطه‌های زیر به ترتیب شکل بسط‌یافته رابطه کلی فوق برای حالت‌های درجه یک تا سه را نشان می‌دهد. در روابط زیر از مقادیر قابلیت انعکاس هشت باند تصویر ETM+ ماهواره Landsat7 (R_1 تا R_8) به عنوان پارامترهای مستقل مدل استفاده شد.

$$C_p = b_{00} + b_{11}R_1 + b_{12}R_2 + b_{13}R_3 + b_{14}R_4 + b_{15}R_5 + b_{16}R_6 + b_{17}R_7 + b_{18}R_8 \quad (3)$$

$$C_p = b_{00} + b_{11}R_1 + b_{12}R_2 + \dots + b_{21}R_1^2 + b_{22}R_2^2 + \dots + b_{27}R_7^2 + b_{28}R_8^2 \quad (4)$$

$$C_p = b_{00} + b_{11}R_1 + b_{12}R_2 + \dots + b_{21}R_1^2 + b_{22}R_2^2 + \dots + b_{37}R_7^3 + b_{38}R_8^3 \quad (5)$$

رابطه‌های فوق برای حالت درجه یک تا سه به ترتیب دارای ۹، ۱۷ و ۲۵ ضریب رگرسیون بود. در این مرحله از تمامی ۲۲۵ نمونه خاک تهیه شده از چهار کاربری موجود در منطقه مورد مطالعه برای

تصاویر سنجنده ETM+ در طول مدت زمان نمونه‌برداری این پژوهش (اواسط اردیبهشت‌ماه تا شهریورماه سال ۱۳۹۱) فقط برای روزهای ۲۴ خردادماه، ۲۵ تیرماه و ۲۷ شهریورماه سال ۱۳۹۱ برای منطقه مورد مطالعه فراهم بود. از میان سه تصویر فوق، تصویر به‌دست آمده در شهریورماه سال ۱۳۹۱ به‌خاطر کم‌ترین پوشش ابری موجود، برای دورسنجی بافت خاک استفاده شد. به‌عبارت دیگر تصویر مربوط به ۲۷ شهریورماه در روزی کاملاً صاف و با درصد ابر تقریباً صفر تهیه شده بود. در حالی‌که دیگر تصاویر به ترتیب دارای ۱۱ و ۹ درصد آلودگی ابری بودند. همچنین با توجه به این‌که که بخش قابل‌توجهی از نمونه خاک‌های تهیه شده، در محدوده کاربری اراضی دیم قرار داشتند (تقریباً ۲۵٪ کل نمونه‌ها) و با توجه به این‌که مزارع دیم معمولاً در اواخر شهریورماه بدون پوشش گیاهی می‌باشند و اکثر پژوهش‌های صورت گرفته برای دورسنجی بافت خاک نیز در خاک‌های بدون پوشش گیاهی صورت گرفته است، بنابراین انتخاب تصویر فوق می‌توانست در دورسنجی هرچه بهتر بافت خاک منطقه نیز کمک نماید.

برای آماده‌سازی، بررسی و تجزیه و تحلیل تصاویر ماهواره‌ای از نرم‌افزارهای ENVI و ArcGIS استفاده شد. در مرحله پیش‌پردازش که در واقع مرحله تصحیح و بهینه‌سازی اطلاعات می‌باشد سعی شد خطاهای سیستماتیک و غیرسیستماتیک موجود در تصاویر تصحیح گردند. لازم به توضیح هست که خطای خطوط جا افتاده و خطای نواری شدن در روی تصاویر استفاده شده در این پژوهش مشاهده نشد و تصحیحات هندسی و توپوگرافی نیز توسط تیم پشتیبان محصولات ETM+ بر روی تصاویر فوق قبل از ارائه به کاربر اعمال شده بودند. در این پژوهش در نهایت فقط از روش کاهش ارزش عددی پیکسل‌ها بر اساس عوارض تیره نسبت به تصحیح اتمسفری تصاویر استفاده شده اقدام گردید.

بین باندهای مختلف وجود دارد و در نتیجه انجام تجزیه به مؤلفه‌های اصلی برای این داده‌ها مجاز می‌باشد. در این پژوهش سه مؤلفه اصلی اول (PC1)، PC2 و PC3 که در کل قادر به توصیف ۹۸ درصد تغییرات کل مجموعه بودند برای تجزیه‌های آماری بعدی انتخاب شدند. همچنین ۳۰ نسبت بانندی محتمل ($B1/B2$, $B1/B3$, ..., $B6/B8$ و $B7/B8$) بین هشت باند تصویر ETM+ به همراه مقادیر قابلیت انعکاس هشت باند تصویر ETM+ و مقادیر توان دو آن‌ها و پنج شاخص اختلاف پوشش گیاهی نرمال شده (NDVI)، اختلاف آب نرمال شده (NDWI)، پوشش گیاهی تسهیل شده (EVI2)، پوشش گیاهی سازگار با خاک (SAVI) و شاخص پوشش گیاهی سازگار با خاک اصلاح شده (MSAVI2) به‌عنوان متغیرهای مستقل وارد مدل شده و روابط آماری آن‌ها به‌صورت رگرسیون گام به گام با متغیرهای وابسته رس، سیلت و شن خاک اندازه‌گیری شده در اراضی بدون پوشش گیاهی (۱۰۲ نمونه خاک) مورد بررسی قرار گرفت. شاخص‌های فوق از روابط زیر قابل محاسبه هستند.

$$NDVI = \frac{NIR - R}{NIR + R} \quad (6)$$

$$NDWI = \frac{G - NIR}{G + NIR} \quad (7)$$

$$EVI2 = 2.5 * \frac{NIR - R}{NIR + 2.4 * R + 1} \quad (8)$$

$$SAVI = \frac{NIR - R}{NIR + R + L} (1 + L) \quad (9)$$

$$MSAVI2 = \frac{2 * NIR + 1 - \sqrt{(2 * NIR + 1)^2 - 8 * (NIR - R)}}{2} \quad (10)$$

2

آموزش و ارزیابی رگرسیون‌های فوق استفاده شد. آموزش و اعتبارسنجی چندجمله‌ای‌های فوق با استفاده از برنامه کاربردی Data Solver نرم‌افزار Excel صورت گرفت. برای این کار به ترتیب از ۶۰ و ۴۰ درصد داده‌ها برای آموزش و اعتبارسنجی روابط استفاده شد.

ب) دورسنجی بافت خاک در اراضی بدون پوشش گیاهی (خاک لخت): کارایی داده‌ها دورسنجی سنجنده ETM+ برای پیش‌بینی اجزای بافت خاک به سه شکل مختلف (۱) با استفاده از روابط آماری با به‌کارگیری نرم‌افزار SPSS، (۲) با استفاده از روابط تجربی با به‌کارگیری برنامه کاربردی Data Solver نرم‌افزار Excel و (۳) با استفاده از مدل جعبه سیاه در الگوریتم شبکه عصبی نرم‌افزار Matlab مورد ارزیابی قرار گرفت.

ب-۱) دورسنجی بافت خاک در اراضی بدون پوشش گیاهی (خاک لخت) با استفاده از روابط آماری: در این بخش تلاش شد تا علاوه بر مقادیر انعکاس باندهای یک تا هشت تصاویر ETM+، مؤلفه‌های اصلی و نسبت‌های بانندی مختلف بین هشت باند تصویر سنجنده ETM+ استخراج شده و روابط آن‌ها با مقادیر رس، سیلت و شن به‌صورت آماری بررسی شود. در این مرحله علاوه بر مؤلفه‌های اصلی و نسبت‌های بانندی فوق، وجود و عدم وجود رابطه معنی‌دار آماری بین مقادیر اجزای بافت خاک و توان دو قابلیت انعکاس باندها و همچنین شاخص‌های خاک و پوشش گیاهی نیز ارزیابی شد. تمامی تجربه‌ها و ارزیابی‌های فوق با استفاده از نرم‌افزار آماری SPSS صورت گرفت. برای تشکیل مؤلفه‌های اصلی بین مقادیر قابلیت انعکاس هشت باند ETM+، ابتدا وجود همبستگی بین باندهای فوق با استفاده از تست کرویت بارتلت مورد ارزیابی قرار گرفت. نتیجه تست فوق نشان داد که همبستگی معنی‌داری ($P < 0.001$)

$$C_p = b_0 + b_{11}NDVI + b_{12}NDWI + b_{13}EVI2 + b_{14}SAVI + b_{15}MSAVI2 \quad (11)$$

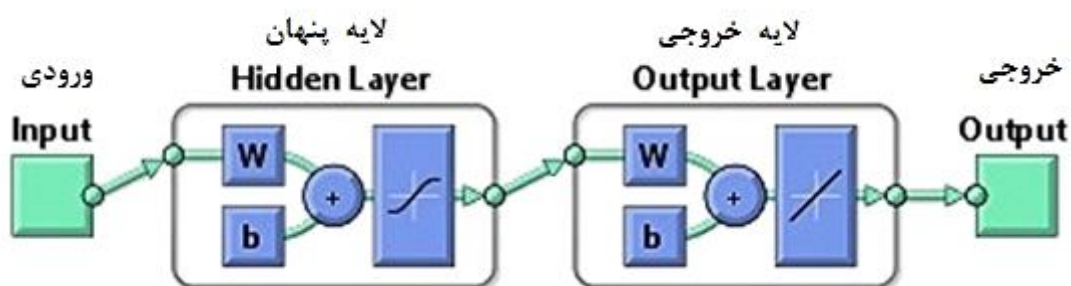
$$C_p = b_{00} + b_{11}NDVI + b_{12}NDWI + \dots + b_{21}NDVI^2 + \dots + b_{24}SAVI^2 + b_{25}MSAVI2^2 \quad (12)$$

$$C_p = b_{00} + b_{11}NDVI + \dots + b_{21}NDVI^2 + \dots + b_{34}SAVI^3 + b_{35}MSAVI2^3 \quad (13)$$

ب-۳) دورسنجی بافت خاک در اراضی بدون پوشش گیاهی (خاک لخت) با استفاده از مدل جعبه سیاه: برای ایجاد شبکه عصبی مصنوعی در نرم‌افزار Matlab نیز مقادیر رس، سیلت و شن اندازه‌گیری شده در کاربری خاک لخت (۱۰۲ نمونه خاک) و تمامی متغیرهایی که رابطه معنی‌دار آن‌ها با اجزای بافت خاک در بخش ب-۱ گزارش شده بود، استفاده گردید. قالب کلی شبکه عصبی استفاده شده، در شکل ۲ نشان داده شده است. شبکه ایجاد شده از نوع شبکه دولایه‌ای تغذیه پیش‌رونده که دارای یک لایه مخفی با تابع تبدیل هلالی و یک لایه خروجی با تابع تبدیل خطی نیوفیت بود که با استفاده از الگوریتم توزیع برگشتی لوونبرگ-مارکواریت آموزش دیده شد.

ب-۲) دورسنجی بافت خاک در اراضی بدون پوشش گیاهی (خاک لخت) با استفاده از روابط تجربی: در این مرحله نیز از روابط چندجمله‌ای درجه یک تا سه ارائه شده در بخش الف (رابطه‌های ۳ تا ۵) برای دورسنجی اجزای بافت خاک استفاده شد. تنها تفاوت آن‌ها استفاده از نمونه خاک‌های تهیه شده از کاربری خاک لخت به جای کل نمونه‌های برداشت شده از منطقه مورد مطالعه برای آموزش و اعتبارسنجی چندجمله‌ای‌ها بود.

علاوه بر چندجمله‌ای‌های فوق، چندجمله‌ای درجه یک تا سه بین شاخص‌های خاک و پوشش گیاهی (NDVI، NDWI، SAVI، EVI2، MSAVI2) استخراج شده از تصاویر سنجنده ETM+ و مقادیر رس، سیلت و شن اندازه‌گیری شده در کاربری خاک لخت (۱۰۲ نمونه خاک) نیز برای دورسنجی اجزای بافت خاک استفاده شد. روابط ۱۱ تا ۱۳ چندجمله‌ای‌های استفاده شده در این بخش را نشان می‌دهند که با استفاده از داده‌های زمینی اندازه‌گیری شده در اراضی بدون پوشش گیاهی (۱۰۲ نمونه) و به‌وسیله برنامه کاربردی Data Solver نرم‌افزار Excel آموزش و اعتبارسنجی شدند. در این بخش نیز به‌ترتیب از ۶۰ و ۴۰ درصد داده‌ها برای آموزش و اعتبارسنجی روابط استفاده شد.

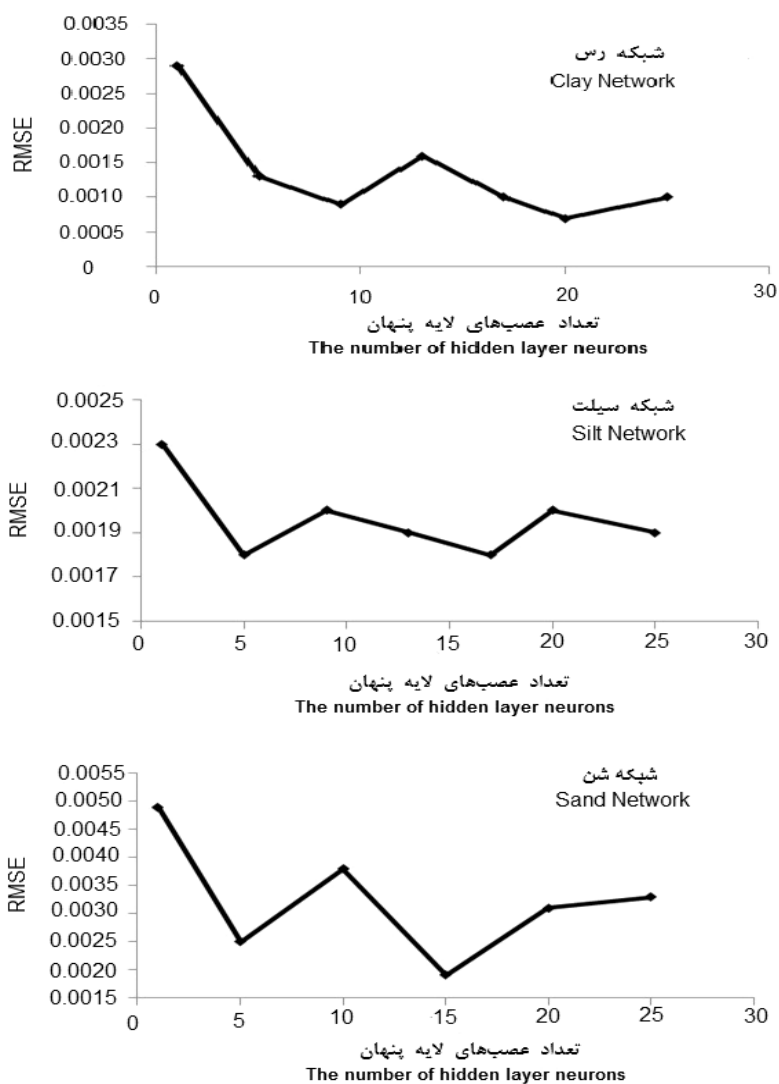


شکل ۲- قالب کلی شبکه عصبی استفاده شده برای پیش‌بینی اجزای بافت خاک.

Figure 2. General form of the neural network applied to predict soil separates.

خروجی با تابع تبدیل خطی بودند. شکل ۳ تغییرات مقدار RMSE در مقابل تعداد عصب‌های لایه مخفی را برای هر سه شبکه ایجاد شده برای پیش‌بینی مقادیر رس، سیلت و شن را نشان می‌دهد. شکل فوق نشان داد که مناسب‌ترین تعداد عصب لایه میانی در شبکه مربوط به پیش‌بینی رس ۲۰، در شبکه مربوط به سیلت ۱۷ و در شبکه مربوط به پیش‌بینی شن ۱۵ عدد می‌باشد. بنابراین در پژوهش حاضر از تعداد عصب‌های فوق برای ایجاد شبکه برای پیش‌بینی رس، سیلت و شن خاک استفاده شد.

در این مرحله سه شبکه جداگانه با یک خروجی به ترتیب با ۹، ۱۳ و ۱۰ ورودی برای پیش‌بینی مقادیر رس، سیلت و شن ایجاد گردید. ورودی‌های مدل‌ها با توجه به نتایج به دست آمده از مرحله قبل (تجزیه آماری با SPSS) انتخاب شدند. طوری که تمامی پارامترهایی که ارتباط معنی‌داری با پارامتر هدف مورد نظر (مقادیر رس، سیلت و شن خاک) داشتند، به عنوان ورودی برای شبکه متناظر در نظر گرفته شد. شبکه‌های عصبی فوق دارای یک لایه پنهان با تابع تبدیل هلالی و با تعداد عصب‌های متغیر و یک لایه



شکل ۳- تغییرات RMSE مقدار رس، سیلت و شن پیش‌بینی شده در مقابل تعداد عصب‌های لایه پنهان.

Figure 3. Trends of RMSE for predicted Clay, Silt and Sand vs. the number of neural of hidden layer.

نتایج و بحث

دورسنجی بافت خاک در کل منطقه مورد مطالعه با چهار کاربری مختلف: در این مرحله از چندجمله‌ای‌های درجه یک تا سه (رابطه‌های ۳ تا ۵) برای دورسنجی اجزای بافت خاک استفاده شد. نتایج ارزیابی چندجمله‌ای‌ها در فاز آموزش و اعتبارسنجی در جدول ۱ ارائه شده است. نتایج جدول ۱ نشان می‌دهد که رابطه بسیار ضعیفی بین اجزای بافت خاک و قابلیت انعکاس باندهای مختلف تصاویر سنجنده ETM+ وجود دارد. بهترین انطباق در بین چندجمله‌ای‌های فوق در مورد چندجمله‌ای درجه سه ایجاد شده برای پیش‌بینی مقدار شن به دست آمد که دارای خطای پیش‌بینی ۱۵/۸۰ درصد بود. با این وجود همبستگی بسیار ضعیفی ($R^2=0/03$) بین مقادیر پیش‌بینی شده و اندازه‌گیری شده شن وجود داشت. همان‌طور که قبلاً نیز بحث شد، تمامی پژوهش‌های انجام گرفته برای دورسنجی مقادیر اجزای بافت خاک (۷) در شرایط لخت و بدون پوشش گیاهی صورت گرفته است. این در حالی بود که در منطقه مورد مطالعه در این پژوهش چهار کاربری مختلف (اراضی فاریاب، اراضی دیم، مرتع ضعیف و خاک لخت) وجود دارد. بنابراین برای این‌که بتوان اثرات منفی پوشش گیاهی در دورسنجی بافت خاک را از بین برد، در مرحله بعد فقط از نمونه خاک‌هایی که از مناطق بدون پوشش گیاهی (خاک لخت) تهیه شده بود برای انطباق چندجمله‌ای‌ها استفاده شد.

ارزیابی‌های آماری تعداد عصب‌های لایه پنهان: ارزیابی مدل‌های استفاده شده در این پژوهش با استفاده از معیارهای آماری جذر میانگین مربع خطاها (RMSE)، خطای ارزیابی (E) و ضریب تبیین (R^2) مورد ارزیابی قرار گرفت.

$$RMSE = \sqrt{\frac{\sum_{t=1}^N [X_{t,Obs} - X_{t,Sim}]^2}{N}} \quad (14)$$

$$E = \frac{RMSE}{X_{Obs}} \times 100 \quad (15)$$

که در آن، X بیانگر مقادیر رس، سیلت یا شن، زیرنویس‌های Obs و Sim به ترتیب بیانگر مقادیر مشاهداتی و پیش‌بینی شده در مکان t، N بیانگر تعداد مشاهدات و علامت بار (̂) بر روی پارامتر X_{Obs} بیانگر مقدار میانگین مقادیر رس، سیلت یا شن می‌باشد. آماره RMSE که دارای واحدی موافق با واحد مقادیر رس، سیلت یا شن خواهد بود، بین مقادیر صفر و مثبت بی‌نهایت قرار می‌گیرد که مقادیر کم‌تر آن بیانگر عملکرد بهتر مدل خواهد بود. خطای ارزیابی (E) که در واقع حالت استاندارد شده آماره RMSE می‌باشد و برعکس آماره فوق یک آماره بدون واحد بوده و امکان مقایسه دقت چندین روش یا چندین پارامتر برآوردی با واحدهای مختلف را به وجود می‌آورد. در واقع این پارامتر میزان خطای محاسبه شده از آماره RMSE را بدون واحد و بر حسب درصد بین مثبت بی‌نهایت (بیش‌ترین خطا) و صفر (کم‌ترین خطا) بیان می‌کند.

جدول ۱- ارزیابی تخمین بافت خاک در کل منطقه مورد مطالعه با استفاده از مدل‌های رگرسیونی.

Table 1. Evaluation of the soil texture prediction in whole study area using regression models.

چندجمله‌ای درجه سه (3 rd order polynomial)			چندجمله‌ای درجه دو (2 nd order polynomial)			چندجمله‌ای درجه یک (1 st order polynomial)			مرحله	پارامتر
R ²	E	RMSE	R ²	E	RMSE	R ²	E	RMSE	(Stage)	(Parameter)
0.074	29.24	0.05	0.112	28.65	0.05	0.032	29.91	0.05	آموزش (Training)	رس (Clay)
0.092	32.55	0.05	0.025	32.65	0.05	0.041	31.30	0.05	اعتبارسنجی (Validation)	
0.015	26.08	0.07	0.064	25.04	0.07	0.057	25.13	0.07	آموزش (Training)	سیلت (Silt)
0.025	29.70	0.08	0.001	29.82	0.08	0.003	30.11	0.08	اعتبارسنجی (Validation)	
0.105	15.80	0.09	0.09	16.01	0.09	0.030	16.43	0.09	آموزش (Training)	شن (Sand)
0.026	16.58	0.10	0.004	16.54	0.10	0.003	16.31	0.09	اعتبارسنجی (Validation)	

(معنی‌دار در $P < 0.05$ یا $P < 0.01$) باقی ماندند. نسبت‌های بانندی مختلف و توان دوم مقادیر قابلیت انعکاس باندهای مختلف به همراه مؤلفه اصلی سوم و شاخص‌های NDWI و MSAVI2 بیش‌ترین تغییرات مقادیر رس، سیلت و شن خاک را توصیف می‌کنند. در حالی‌که مقادیر قابلیت انعکاس باندهای مختلف تصویر ETM+ هیچ‌گونه رابطه معنی‌داری با مقادیر رس، سیلت و شن خاک ندارند (جدول ۲). با این وجود ضرایب همبستگی (R^2) به‌دست آمده برای مدل‌های رگرسیونی فوق از قدرت کافی برای کاربردهای آتی برخوردار نبودند. نتایج پژوهشی که در آن از تصاویر ASTER برای تهیه نقشه بافت و رنگ خاک استفاده شده بود نشان داد که مؤلفه‌های اصلی تولید شده از مقادیر قابلیت انعکاس نه باند تصویر ASTER به همراه نسبت‌های بانندی مختلف به مراتب بهتر از مقادیر قابلیت انعکاس باندها قادر به توصیف نقشه بافت و رنگ خاک می‌باشند (۲).

دورسنجی بافت خاک در اراضی بدون پوشش گیاهی (خاک لخت)

الف) دورسنجی بافت خاک در اراضی بدون پوشش گیاهی (خاک لخت) به استفاده از روابط آماری: در این بخش روابط آماری توان‌های یک و دو مقادیر انعکاس باندهای یک تا هشت تصاویر ETM+، مؤلفه‌های اصلی، نسبت‌های بانندی مختلف بین هشت باند تصویر سنجنده ETM+ و شاخص‌های خاک و پوشش گیاهی استخراج شده از تصاویر سنجنده ETM+ با مقادیر رس، سیلت و شن بررسی شد. نتایج بررسی‌های فوق در جدول ۲ گزارش شده است. نتایج جدول ۲ نشان می‌دهد که با اعمال رگرسیون گام به گام از میان ۵۴ شاخصی که به‌عنوان متغیر مستقل برای دورسنجی مقادیر رس، سیلت و شن خاک وارد مدل رگرسیونی شده بودند، فقط ۹، ۱۳ و ۱۰ شاخص به‌ترتیب در مدل‌های رگرسیونی ایجاد شده برای پیش‌بینی مقادیر رس، سیلت و شن

جدول ۲- نتایج ارزیابی آماری وجود یا عدم وجود رابطه معنی‌دار بین شاخص‌ها استفاده شده به‌عنوان متغیرهای مستقل و مقادیر رس، سیلت و شن در بین نمونه‌های تهیه شده از کاربری خاک لخت.

Table 2. Statistical analysis of presence or absence of a significant relationship between the indexes used as independent variables and amounts of clay, silt, and sand in samples taken from bare.

شن (Sand)		سیلت (Silt)		رس (Clay)	
ضرایب € (Coefficients)	پارامتر ¥ (Parameter)	ضرایب € (Coefficients)	پارامتر ¥ (Parameter)	ضرایب € (Coefficients)	پارامتر ¥ (Parameter)
-5.112**	ضریب ثابت	1.881 ^{ns}	ضریب ثابت	-0.498 ^{ns}	ضریب ثابت
-5.425**	B1/B7	1.130*	B1/B2	1.088**	B2/B4
11.145**	B2/B3	-5.645**	B2/B3	-4.214**	B3/B4
-19.028**	B2/B4	8.781**	B2/B4	3.505**	B3/B5
14.957**	B3/B4	-5.899**	B3/B5	6.045**	B4/B7
52.328**	B1 ²	-426.048*	B3/B6	-5.190**	B5/B7
34.983*	B2 ²	0.194**	B3/B8	-9.331*	B4 ²
-87.701**	B3 ²	-0.146**	B4/B8	7.104*	B5 ²
34.922**	B4 ²	1.953*	B5/B7	0.042*	PC3
-0.159**	PC3	-23.05*	B1 ²	-11.321**	NDWI
-17.990**	MSAVI2	57.722**	B3 ²	R ² =0.187	
		-28.465**	B4 ²		
	R ² =0.284	12.591**	NDWI		
		19.386**	MSAVI2	R ² =0.309	

^{ns} غیرمعنی‌دار، * معنی‌دار در سطح احتمال ۵ درصد و ** معنی‌دار در سطح احتمال ۱ درصد.

¥: پارامترهای وارد شده به مدل و €. ضرایب رگرسیون.

^{ns} Non-significant, * Significant at P<5%, ** Significant at P<1%.

¥: Parameters entered to model, €: Regression coefficients.

برای پیش‌بینی شن خاک به‌دست آمد ولی با این وجود مقدار R² (۰/۲۹۹) نشان می‌دهد که چندجمله‌ای فوق از قدرت کافی برای پیش‌بینی شن خاک برخوردار نمی‌باشد. دیگر چندجمله‌ای‌های ایجاد شده برای پیش‌بینی مقدار رس و سیلت به مراتب از خطای بیش‌تری برخوردار بودند.

ب) دورسنجی بافت خاک در اراضی بدون پوشش گیاهی (خاک لخت) با استفاده از روابط تجربی: نتایج آموزش و اعتبارسنجی رابطه‌های ۳ تا ۵ با استفاده از داده‌های زمینی تهیه شده از اراضی بدون پوشش گیاهی (خاک لخت) در جدول ۳ ارائه شده است. نتایج جدول ۳ نشان می‌دهد که کم‌ترین خطای ارزیابی (E) برای چندجمله‌ای درجه ۳ ایجاد شده

جدول ۳- ارزیابی تخمین بافت خاک در اراضی بدون پوشش گیاهی (خاک لخت) با استفاده از مدل‌های رگرسیونی چندجمله‌ای و مقادیر قابلیت انعکاس باندهای مختلف.

Table 3. Evaluation of the soil texture prediction bare soils using polynomial regression models and reflectances from the different bands.

چندجمله‌ای درجه سه (3 rd order polynomial)			چندجمله‌ای درجه دو (2 nd order polynomial)			چندجمله‌ای درجه یک (1 st order polynomial)			مرحله (Stage)	پارامتر (Parameter)
R ²	E	RMSE	R ²	E	RMSE	R ²	E	RMSE		
0.335	26.29	0.05	0.339	26.21	0.05	0.119	30.40	0.05	آموزش (Training)	رس (Clay)
0.026	50.34	0.08	0.011	44.72	0.07	0.002	33.54	0.05	اعتبارسنجی (Validation)	
0.168	22.38	0.05	0.152	22.60	0.06	0.103	23.24	0.06	آموزش (Training)	سیلت (Silt)
0.014	34.41	0.08	0.041	28.34	0.07	0.017	31.75	0.08	اعتبارسنجی (Validation)	
0.299	12.02	0.07	0.211	12.79	0.08	0.172	13.06	0.08	آموزش (Training)	شن (Sand)
0.003	22.29	0.13	0.035	17.65	0.11	0.005	19.62	0.12	اعتبارسنجی (Validation)	

قرار گیرد. نتایج ارزیابی چندجمله‌ای‌های ایجاد شده در این مرحله در جدول ۴ گزارش شده است. نتایج جدول ۴ نشان می‌دهد که استفاده از شاخص‌های خاک و پوشش سطحی به جای مقادیر قابلیت انعکاس باندهای مختلف تأثیر چندانی در دقت پیش‌بینی‌ها نداشت و مقایسه نتایج این مرحله با نتایج گزارش شده در جدول ۳ نشان می‌دهد که کاربرد شاخص‌های فوق به جای مقادیر قابلیت انعکاس در اکثر موارد منجر به کاهش دقت پیش‌بینی‌ها نیز شده است. بنابراین با فرض این‌که رابطه بین اجزای بافت خاک و قابلیت انعکاس باندهای مختلف تصویر ETM+ و یا شاخص‌های محاسبه شده پیچیده بوده و قابل حل با روابط خطی رگرسیونی نیست، در مرحله بعد تلاش شد وجود یا عدم وجود روابط غیرخطی بین مقادیر رس، سیلت و شن خاک با شاخص‌ها و مقادیر نسبی قابلیت انعکاس باندهای مختلف تصویر ETM+ مورد بررسی قرار گیرد.

مقایسه نتایج جدول‌های ۱ و ۳ نیز نشان می‌دهد که استفاده از نمونه‌های تهیه شده از مناطق بدون پوشش گیاهی باعث افزایش اندک در دقت پیش‌بینی اجزای بافت خاک شده است. ولی با این وجود ضرایب تبیین به دست آمده از رقم بالایی برخوردار نمی‌باشند. بالاترین ضریب تبیین به دست آمده ($R^2=0/34$)، جدول ۳) بین مقادیر پیش‌بینی شده و اندازه‌گیری شده برای مقدار رس خاک گزارش شده است. اگرچه استفاده از نمونه‌های تهیه شده از مناطق بدون پوشش گیاهی منطقه منجر به افزایش حدوداً سه‌برابری ضرایب تبیین بین مقادیر پیش‌بینی شده و اندازه‌گیری شده گردید، ولی به نظر می‌رسد که رگرسیون‌های خطی استفاده شده قادر به پیش‌بینی روابط پیچیده بین انعکاسات طیفی سطح خاک با بافت آن نمی‌باشند. بنابراین در مرحله بعد تلاش شد تا رابطه بین اجزای بافت خاک و یکسری شاخص‌های خاک و پوشش سطحی که از تصاویر ماهواره‌ای استخراج شده‌اند، مورد بررسی

جدول ۴- ارزیابی تخمین بافت خاک در اراضی بدون پوشش گیاهی (خاک لخت) با استفاده از مدل‌های رگرسیونی چندجمله‌ای و شاخص‌های خاک و پوشش سطحی استخراج شده از تصاویر ماهواره‌ای.

Table 4. Evaluation of the soil texture prediction bare soils using polynomial regression models and soil and vegetation indexes extracted from satellite imagery.

چندجمله‌ای درجه سه (3 rd order polynomial)			چندجمله‌ای درجه دو (2 nd order polynomial)			چندجمله‌ای درجه یک (1 st order polynomial)			مرحله (Stage)	پارامتر (Parameter)
R ²	E	RMSE	R ²	E	RMSE	R ²	E	RMSE		
0.232	27.27	0.05	0.196	27.89	0.05	0.152	28.64	0.05	آموزش (Training)	رس (Clay)
0.077	102.08	0.16	0.002	39.73	0.06	0.028	40.83	0.07	اعتبارسنجی (Validation)	
0.137	23.04	0.06	0.146	22.90	0.06	0.121	23.24	0.06	آموزش (Training)	سیلت (Silt)
0.011	69.99	0.17	0.028	43.15	0.10	0.021	35.37	0.09	اعتبارسنجی (Validation)	
0.157	13.25	0.08	0.188	12.99	0.08	0.171	13.13	0.08	آموزش (Training)	شن (Sand)
0.000	19.16	0.12	0.001	21.38	0.13	0.002	27.45	0.17	اعتبارسنجی (Validation)	

استفاده از شاخص‌های استخراج شده از تصویر ETM+ برخوردار بود. در این مرحله نیز مشابه با مراحل قبل، بهترین دقت ($R^2=0.78$) برای مرحله آموزش و ($R^2=0.62$) برای مرحله اعتبارسنجی) شبکه ایجاد شده برای پیش‌بینی مقدار شن خاک حاصل شده است (جدول ۵). به نظر می‌رسد که دقت‌های نسبتاً بالای مدل‌های ایجاد شده برای پیش‌بینی مقدار شن توسط شبکه عصبی مصنوعی در مقایسه با مدل‌های ایجاد شده برای پیش‌بینی رس و سیلت خاک، می‌تواند در نتیجه غالب بودن مقدار شن با میانگین ۰/۵۹ (یا ۵۹ درصد) در مقایسه با مقادیر رس و سیلت به ترتیب با میانگین ۰/۱۷ (یا ۱۷ درصد) و ۰/۲۴ (یا ۲۴ درصد) باشد. زیرا به نظر می‌رسد افزایش بخش شن خاک با روشن‌تر کردن رنگ خاک می‌تواند موجب تمایز بهتر امواج برگشتی از سطح خاک شده و دقت پیش‌بینی‌ها را افزایش دهد.

ب) دورسنجی بافت خاک در اراضی بدون پوشش گیاهی (خاک لخت) به استفاده از مدل جعبه سیاه: نتایج بخش‌های قبلی نشان داد که روابط رگرسیونی و چندجمله‌ای‌های ایجاد شده به خوبی قادر به دورسنجی بافت خاک نمی‌باشند، بنابراین در این مرحله از شبکه عصبی مصنوعی که قادر به توصیف فرایندهای پیچیده در قالب مدل‌های جعبه سیاه می‌باشد، برای توصیف رابطه بین مقادیر رس، سیلت و شن و اطلاعات استخراج شده از تصاویر ETM+ استفاده شد. برای ایجاد شبکه فوق از جعبه ابزار شبکه عصبی نرم‌افزار Matlab استفاده شد. جدول ۵ نتایج ارزیابی شبکه عصبی ایجاد شده برای پیش‌بینی مقادیر رس، سیلت و شن خاک را نشان می‌دهد. نتایج جدول ۵ نشان می‌دهد که بر خلاف مراحل قبل، مدل جعبه سیاه ایجاد شده با استفاده از شبکه عصبی مصنوعی از دقت کافی برای پیش‌بینی مقادیر اجزای بافت خاک با

جدول ۵- مقادير ارزيايي شبكه‌هاي ايجاد شده براي پيش‌بيني مقادير رس، سيلت و شن در کاربري خاک لخت.

Table 5. Evaluation results for applied network to predict clay, silt, and sand in bare soil.

شن (Sand)		سيلت (Silt)		رس (Clay)		مرحله
RMSE	R ²	RMSE	R ²	RMSE	R ²	
0.0017	0.780	0.0018	0.579	0.0007	0.735	آموزش (Training)
0.0047	0.618	0.0024	0.592	0.0020	0.549	اعتبارسنجي (Validation)

نتيجه‌گيري كلي

نتايج پژوهش حاضر نشان داد كه دورسنجي اجزاي بافت خاک با استفاده از تصاوير سنجنده ETM+ در داخل منطقه مورد مطالعه با چهار کاربري مختلف (مرتع ضعيف، اراضي ديم، اراضي فارياب و خاک لخت) از دقت بسيار ضعيفي (R² هاي نزديك صفر) برخوردار بود. محدود كردن داده‌هاي زميني به اراضي بدون پوشش گياهي براي آموزش و ارزيايي مدل‌ها (آماري يا رگرسيون‌هاي تجربی) اگرچه به مقدار ناچيزي موجب افزايش دقت مدل‌ها (افزايش R² ها از صفر تا حدود ۰/۳) گرديد ولي هنوز از دقت كافي براي کاربردهاي آتي برخوردار نبودند. بنابراين نهايتاً از الگوريتم شبكه‌هاي عصبي مصنوعي جهت دورسنجي اجزاي بافت خاک در کاربري خاک لخت استفاده شد. نتايج نشان داد كه بر خلاف روش‌هاي قبلي، كاربرد شبكه عصبي مصنوعي موجب افزايش چشمگير دقت دورسنجي (افزايش R² ها تا حدود ۰/۷۸) اجزاي بافت خاک گرديد.

هيچ گزارش تحقيقاتي دال بر اين كه قبلاً از داده‌هاي ماهواره‌هاي غيرفعال براي دورسنجي بافت خاک استفاده شده باشد يافت نشد. تمامي پژوهش‌هاي قبلي براي دورسنجي بافت خاک با استفاده از داده‌هاي دورسنجي ماهواره‌هاي راداري هوابرد صورت گرفته است (۱، ۳، ۵، ۶، ۸) كه نحوه عمل و تفسير نتايج آن‌ها به‌طوركلي متفاوت با ماهواره‌هاي غيرفعال مي‌باشد. نتايج استفاده از داده‌هاي دورسنجي هوابرد HYMAP براي پيش‌بيني درصد رس خاک در کاربري بدون پوشش گياهي نشان داد كه همبستگي نسبتاً خوبي (با R² هاي بين ۰/۵۶ تا ۰/۸۷) بين مقادير اندازه‌گيري شده درصد رس و شاخص تفكيك زنجيره‌اي (CR) استخراج شده از تصاوير هوايي وجود دارد (۶). استفاده از داده‌هاي دورسنجي ماهواره راداري TerraSAR-X براي پيش‌بيني درصد رس خاک نيز نشان داد كه رابطه ايجاد شده بين درصد رس خاک و داده‌هاي دورسنجي فوق از ضريب تبیین برابر با ۰/۶ برخوردار بود (۸).

منابع

1. Anguela, T., Zribi, P.M., Baghdadi, N., and Loumagne, C. 2010. Analysis of local variation of soil surface parameters with TerraSAR-X radar data over bare agricultural fields. *Geoscience and Remote Sensing*. 48: 2. 874-881.
2. Apan, A., Kelly, R., Jensen, T., Butler, D., Strong, W., and Basnet, B. 2002. Spectral discrimination and separability analysis of agricultural crops and soil attributes using ASTER imagery. *Proceedings of the 11th Australasian Remote Sensing and Photogrammetry Conference*. Brisbane, Australia.

3. Baghdadi, N., Zribi, M., Loumagne, C., Ansart, P., and Anguela, T.P. 2008. Analysis of TerraSAR-X data and their sensitivity to soil surface parameters over bare agricultural fields. *Remote Sensing of Environment*. 112: 12. 4370-4379.
4. Gee, G.W., and Or, D. 2002. Particle-size analysis, P 255-295, In: Dane, J.H., and G.C. Topp (Eds.), *Methods of Soil Analysis: Physical Methods, Part 4*. Soil Science Society of America, Inc. Madison, WI, USA.
5. Gomez, C., Lagacherie, P., and Coulouma, G. 2008. Continuum removal versus PLSR method for clay and calcium carbonate content estimation from laboratory and airborne hyperspectral measurements. *Geoderma*. 148: 2. 141-148.
6. Lagacherie, P., Baret, F., Feret, J.B., Madeira Netto, J., and Robbez-Masson, J.M. 2008. Estimation of soil clay and calcium carbonate using laboratory, field and airborne hyperspectral measurements. *Remote Sensing of Environment*. 112: 3. 825-835.
7. Selige, T., Böhner, J., and Schmidhalter, U. 2006. High resolution topsoil mapping using hyperspectral image and field data in multivariate regression modeling procedures. *Geoderma*. 136: 1. 235-244.
8. Zribi, M., Kotti, F., Lili-Chabaane, Z., Baghdadi, N., Issa, N.B., Amri, R., Duchemin, B., and Chehbouni, A. 2012. Soil texture estimation over a semiarid area using TerraSAR-X radar data. *Geoscience and Remote Sensing Letters, IEEE*. 9: 3. 353-357.



Gorgan University of Agricultural
Sciences and Natural Resources

J. of Water and Soil Conservation, Vol. 23(1), 2016
<http://jwsc.gau.ac.ir>

Evaluation of ETM+ data applicability for remote sensing of the soil texture and vegetation effects on accuracy of the predictions

***M. Rahmati**

Assistant Prof., Dept. of Soil Science, University of Maragheh

Received: 02/06/2015; Accepted: 06/06/2015

Abstract

Background and Objectives: In recent years, several researches have been done for remote sensing of soil texture using radar data. While there is no report on application of passive and free satellites data including ETM+ and MODIS. The remote sensing of soil texture also is limited by the presence of vegetation on soil surface. So the current research was aimed to evaluate applicability of ETM+ data for remote sensing of the soil texture as well as assessment of the vegetation effects on precision of the predictions.

Materials and Methods: To achieve the goal of the project, the soil separates were measured in 225 different points within the study area on the northern slopes of Mount Sahand which is located between longitudes of 46 degrees 22 minutes and 23 seconds to 46 degrees 28 minutes and 5 seconds and latitudes of 37 degrees and 43 minutes and 7 seconds to 37 degrees 50 minutes and 8 seconds. Also, the available ETM+ data over the study area were downloaded. Several methods including empirical, statistical and black box (artificial neuron network, ANN) models using Excel, SPSS and Matlab software's were applied to create different functions for remote sensing of soil separates. Applied models were evaluated using the statistical criteria including Root Mean Squared Error (RMSE), assessment error (E) and coefficient of determination (R^2).

Results: The results showed that in the presence of vegetation on the soil surface, prediction accuracy dropped to zero. However, in the bare soils and soils without vegetation, predictions were sufficiently accurate. Although empirical and statistical approaches showed low accuracy (with R^2 lower than 0.3) for remote sensing of the soil separates, black box model using ANN algorithm was accurate enough (with R^2 higher than 0.5).

Conclusion: The results showed that the use of statistical methods and regressions to remote sense soil separates using ETM + data had very poor accuracy in whole study area with four different land-uses (poor pastures, drylands, irrigated areas and bare soil) and even in bare soils. However, the results of using artificial neural network algorithm for remote sensing soil separates in bare soils significantly increased the accuracy of the predictions.

Keywords: Soil texture, Remote sensing, Passive satellite, Artificial neuron network

* Corresponding Author; Email: mehdirmti@gmail.com