کاربرد مدل شبکه عصبی مصنوعی برای برآورد غلظت عناصر سنگین خاک با استفاده از تصاویر ماهواره لندست ۸

رامین سمیعی فرد[۱]، حمیدرضا متین‌فر[۲]
۱- دانشجوی دکتری مدیریت خاک – محیط و منابع اراضی، دانشگاه تهران، ۲- دانشیار گروه علوم و مهندسی خاک، دانشگاه لرستان

چکیده

طیف سنجی بازتابندگی یک روش سریع و غیر مخرب است که پیش‌بینی‌های ارزانی را از مشخصات فیزیکی، شیمیایی و بیولوژی خاک میسر می‌سازد. با استفاده از اعمال روش‌های رو به توسعه فناوری سنجش از دور می‌توان به تعیین ویژگی های خاک و نقشه‌های خاک اقدام نمود. در این پژوهش، اثرات آلودگی و تجمع عناصر سنگین نیکل (Ni)، سرب (Pb)، کادمیوم (Cd) و آرسنیک (As) در خاک، با استفاده از روش‌های شیمیایی (جذب اتمی AAS) در مقایسه با کاربرد روش شبکه عصبی مصنوعی (ANN) در استفاده از تصاویر ماهواره لندست ۸(سنجنده های OLI، TIR) بررسی شدند. نتایج نشان می دهد که به دلیل پیچیدگی محیط و محتوی خاک، استفاده از مدل‌های غیر خطی نظیر شبکه‌ی عصبی مصنوعی، دقت بسیار بالاتری در برآورد میزان فلزات سنگین در خاک‌های آلوده و همچنین خاک‌های حاوی این قبیل عناصر حاصل می شود.

واژه‌های کلیدی: لندست ۸، شبکه عصبی مصنوعی، سنجش از دور، فلزات سنگین

مقدمه

فلزات سنگین، آلاینده‌های متداول موجود در پساب‌های صنعتی گوناگون هستند. پساب‌های صنعتی و شهری، عمدتا حاوی یون‌های فلزی بوده و امروزه، فلزات سنگینی مانند Pb(II)، Hg(II)، Cd(II)، Co(II)، Ni(II)، Cr(VI) و غیره، به دلیل اثرات سمی و کشنده‌ای که دارند به عنوان آلاینده‌های اصلی شناخته می‌شوند (Orhan and Büyükgüngor, 1993). مطالعات قبلی نشان می‌دهند که فلزات سنگین دارای مشخصه‌های طیفی در محدوده‌ی مرئی و مادون قرمز نزدیک هستند که در تشخیص غلظت این عناصر، مفید می‌باشند (Kemper et al, 2003; Choe et al, 2008; Ji et al, 2010). ارزیابی مقادیر تشکیل دهنده‌ی خاک با استفاده از طیف‌های انعکاسی آنها، نیازمند بحث و بررسی زیاد می‌باشد. زیرا ارزیابی فراوانی زیرپیکسل‌های استخراج شده، کاری بسیار پیچیده است. در عمل بیشتر پیکسل‌های طیفی استخراج شده، برای آلودگی‌های مربوط به فلزات سنگین قابل گزارش نیستند اما می‌توانندبه عنوان کمپلکس ترکیب طیفی از عناصر گوناگون سطح زمین گزارش شوند (Kemper and Sommer, 2003; Garcia-Haro et al, 2005). بنابراین ترکیب طیفی یک راه‌کار مهم در تمام روش‌های طیف سنجی انعکاسی است. در سال‌های اخیر تجزیه و تحلیل ترکیب طیفی، به طور گسترده‌ای برای پردازش تصاویر چند طیفی و ابرطیفی به کار برده شده است (Kemper et al, 2003). طیف‌سنجی بازتابندگی یک روش سریع و غیر مخرب است که پیش‌بینی‌های ارزانی را از مشخصات فیزیکی، شیمیایی و بیولوژی خاک میسر می‌سازد. این روش مبتنی بر اندازه‌گیری بازتابندگی خاک در محدوده طول موج‌هایی خاص است (Gomez et al, 2008). از این روش‌ها برای تعیین مشخصات خاک در آزمایشگاه نیز استفاده می‌شود که ورودی مهمی برای بررسی دیجیتال خاک به منظور تولید نقشه‌های خاک می‌باشد. طیف سنجی بازتابندگی فرصت‌های زیادی برای کشاورزان، مدیران، محققان در مدیریت کیفیت خاک مهیا می‌سازد (Lagacherie et al, 2008). در این پژوهش، اثرات آلودگی و تجمع عناصر سنگین نیکل (Ni)، سرب (Pb)، کادمیوم (Cd) و آرسنیک (As) در خاک، هم با استفاده از روش‌های شیمیایی (جذب اتمی AAS) و هم با استفاده از تکنیک‌های سنجش از دور و کاربرد روش شبکه عصبی مصنوعی (ANN) در استفاده از تصاویر ماهواره لندست ۸، بررسی شدند تا در نهایت دقت استفاده از روش‌های سنجش از دور و کاربرد شبکه عصبی مصنوعی با روش‌های شیمیایی آزمایشگاهی مورد مقایسه قرار گیرد.

اندازه‌گیری‌های آزمایشگاهی

تعیین میزان عناصر سنگین با استفاده از دستگاه جذب اتمی

در این پژوهش، برای تعیین غلظت عناصر سنگین سرب، نیکل، کادمیوم و آرسنیک، پس از آسیاب، نمونه‌های خاک در اسید نیتریک ۴ نرمال تیمار شدند به این صورت که مقدار ۲ گرم از خاک گذرانده شده از الک ۲ میلی‌متر، به مدت ۱۴ ساعت در ۱۵ cc از این اسید و در دمای ۶۰ درجه سلسیوس قرار گرفتند و سپس به حجم رسیدند تا قابل قرائت بوسیله‌ی دستگاه جذب اتمی باشند.

طیف سنجی‌های آزمایشگاهی

پس از انجام تجزیه و تحلیل‌های یاد شده، نمونه‌های باقی مانده جهت آنالیزهای طیف سنجی به دانشگاه خواجه نصیرالدین طوسی منتقل شدند . طیف‌های هر کدام از نمونه‌های خاک پس از هوا خشک شدن با استفاده از دستگاه طیف سنج، درفواصل ۱۰ نانومتر و از طول موجهای ۳۴۹ تا ۲۵۱۰ نانومتری برداشت شدند منبع نوری طیف‌سنج درفاصله‌ی ۵۰ سانتی‌متری از نمونه ، با زاویه‌ی ۴۵ درجه و با چهار بار تکرار طیف‌سنجی برای افزایش دقت انجام شد. در این مر حله از هر نمونه خاک، ۴ طیف بد ست آمد که برای ادامه‌ی انجام پژوهش، می‌بایست از آنها میانگین‌گیری صورت گیرد تا طیف‌های نهایی که در تجزیه و تحلیل‌ها به کار گرفته می‌شوند، بیشترین دقت را داشته باشد. با انجام این بخش از تجزیه و تحلیل‌ها، طیف‌های میانگین گرفته شده را به نرم‌افزار ENVI 4.8 معرفی نمودیم تا طیف continuum removal نمونه‌ها را برای انجام مراحل بعدی آزمایش آماده شود. پس از این مرحله با استفاده از گراف‌های حاصل از continuum removal باندهای جذبی آب را که شامل فواصل ۱۰۰۰-۹۵۰، ۱۴۴۰-۱۳۵۰ و ۲۱۰۰-۱۸۵۰ نانومتر می‌شد، حذف گردیدند تا بتوان طیف‌های نهایی را برای انجام تجزیه و تحلیل‌های محتوی خاک فراهم شود. به موازات معرفی طیف‌ها، به نرم افزار ENVI 4.8، از طیف‌های میانگین‌گیری شده که باندهای جذب آب آنها حذف شده بود، مشتق گرفته شد تا مشخص شود طیف بدست آمده از continuum removal دقت بیشتری در برآورد فلزات مورد مطالعه دارد یا طیف‌های مشتق گرفته شده. در نتیجه برآوردهای مستقیم و غیر مستقیم صورت گرفته، یک بار با استفاده طیف‌های continuum removal و یک بار نیز با استفاده از طیف‌های مشتق گرفته شده انجام شد که نتایج مربوط به هر کدام از این تجزیه و تحلیل‌ها در ادامه آورده شده است.

مدل حداقل مربعات جزئی (PLSR)

مدل رگرسیون حداقل مربعات جزئی، یک روش ساده برای تحلیل حداقل مربعات جزئی در صنعت و علوم شیمی می‌باشد. این روش برای برقراری ارتباط بین ماتریس داده‌های X و Y با استفاده از یک مدل چند متغیره‌ی خطی استفاده می‌شود. همچنین این روش بهتر از مدل‌های رگرسیونی دیگر عمل می‌نماید. مزیت مدل PLSR توانایی آن در تجزیه و تحلیل داده‌های پیچیده و حتی متغیرهای ناقص ماتریس‌های X و Y می‌باشد. یکی دیگر از مزایای قابل توصیف روش PLSR بهبود دقت پارامترهای حاصل از برآوردهای این مدل با افزایش تعداد متغیرهای وابسته می‌باشد.

$$Y = X.b + E \quad (1)$$

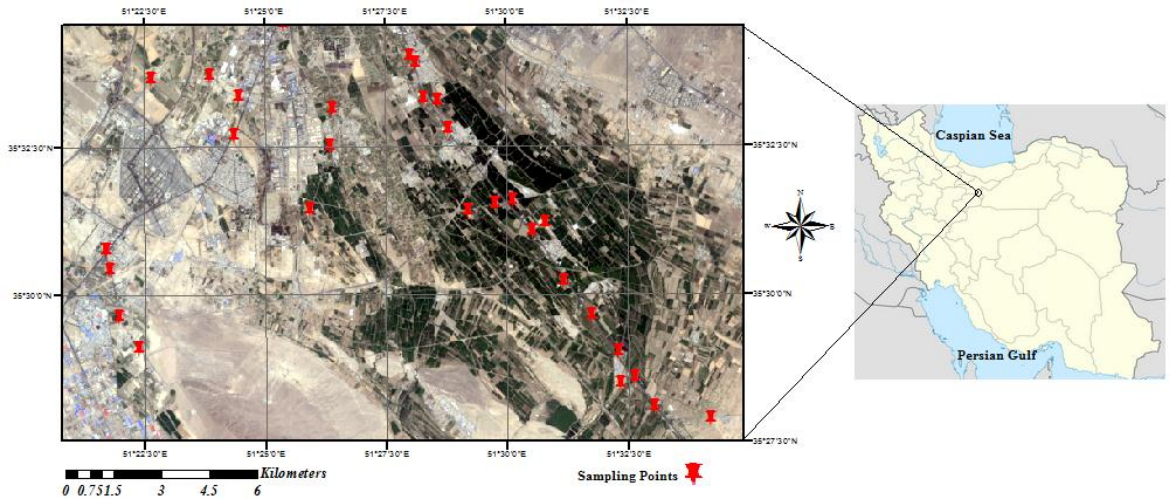
که در آن Y : متغیر برآوردشده (در رگرسیون PLSR) در شکل ماتریس با ابعاد (متغیرY×l)، X : متغیر مستقل پیش‌گویی-کننده با ابعاد طول موج × بازتابندگی می‌باشد. ضمناً b ماتریسی شامل ضرایب رگرسیون و E ماتریسی از خطاهای باقیمانده است.

$$X_{nk} = \sum_{\propto=1}^{f} t_{n\propto} . p_{\propto k} + E_{nk} \quad (2)$$

$$Y_{mk} = \sum_{\propto=1}^{f} u_{m\propto} . q_{\propto k} + F_{mk} \quad (3)$$

که در آن t و u بردارهای امتیاز، p و q بردارهای اختیاری (کمکی) و E و F ماتریکس‌های باقیمانده و f تعداد فاکتورهاست (Farifteh et al, 2007).

منطقه مطالعاتی



شکل۳. منطقه مورد مطالعه

پژوهش حاضر در منطقه‌ای در جنوب کلان‌شهر تهران (شهرری) به مساحت تقریبی ۱۵۱ کیلومتر مربع، با مختصات عرض شمالی (۳۹۳۷۰۰۵ N - ۳۹۲۴۰۱۵ N) و طول شرقی(۵۵۲۷۶۵ E - ۵۳۱۴۰۵ E) و با حداکثر ارتفاع ۱۴۸۰متر از سطح دریا که شامل بافت‌های شهری، صنعتی و کشاورزی و دارای ترافیک جاده‌ای سنگین بود، انجام گرفت. میانگین بارندگی سالانه‌ی این منطقه ۱۰۰ میلیمتر و میانگین دمای سالانه‌ی آن در حدود ^{o}C ۱۹ می‌باشد. رده‌ی خاک‌های مورد بررسی، طبق سیستم رده‌بندی امریکایی (USSD) عموما از نوع انتی‌سول‌ها و گروه بزرگ torriarent می‌باشد که درواقع انتی‌سول‌های مناطق خشک با رژیم رطوبتی اریدیک یا توریک هستند. این خاک‌ها عمدتا واکنش خنثی و یا قلیایی دارند و بساری از آنها آهکی می‌باشند.

نتایج و بحث

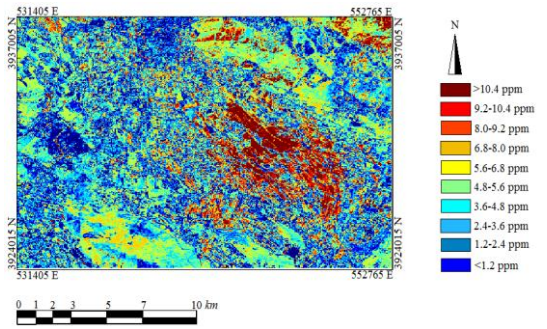
پژوهش حاضر، در دو فاز کاملا جداگانه انجام شد، به گونه‌ای که در بخش نخست آن چهار عنصر سنگین سرب (Pb)، نیکل (Ni)، کادمیوم (Cd) و آرسنیک (As)، با توجه به اهمیت صنعتی و زیست‌محیطی هر کدام از آنها و نیز اثراتی که این مواد بر سلامت انسان و محیط زیست دارند، انتخاب و یک بار با استفاده از آزمایش‌های شیمی سنجی و بار دیگر از طریق تخمین غلظت عناصر نامبرده با استفاده از طیف‌های بدست آمده از تصاویر ماهواره لندست ۸ و کاربرد روش شبکه عصبی مصنوعی، برآورد شدند تا روش بهینه‌ای برای شناسایی این گونه مواد در انواع خاک‌ها به دست آید.

نتایج مدل شبکه عصبی جهت برآورد غلظت عناصر سنگین با استفاده از طیف تصویر

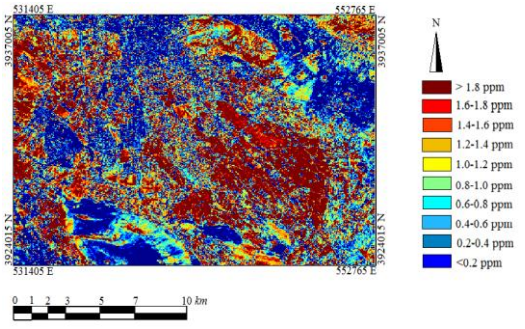
در این بخش از پژوهش از مدل شبکه‌ی عصبی برای تخمین میزان عناصر سنگین موجود در خاک با استفاده از طیف تصویر استفاده شده است. از آنجایی که خاک یک محیط پیچیده بوده و همزمان عوامل مختلف فیزیکی، شیمیایی و بیولوژیکی بر خصوصیات آن اثر می‌گذارند، مدل‌های غیر خطی از جمله شبکه‌ی عصبی نیز می‌توانند در ارائه‌ی نتایج برآورد محتویات خاک نتایج قابل قبولی را نشان دهند. در شکل شماره ۴، نقشه‌ی توزیع عناصر سنگین یاد شده نشان داده شده است. از سوی دیگر باید در نظر داشته باشیم که استفاده از مدل‌های شبکه‌ی عصبی، در برآورد محتویات خاک، دقت به مراتب بالاتری نسبت به استفاده از سایر مدل‌ها در برآوردهای مشابه دارد. نتایج حاصل از برازش با استفاده از مدل شبکه‌ی عصبی در جدول (۲) نشان داده شده که موید دقت بسیار بالای این مدل در برآورد فلزات سنگین در خاک‌های آلوده و همچنین خاک‌های حاوی این قبیل عناصر می‌باشد.

جدول (۲)، نتایج حاصل از تشخیص عناصر سنگین مورد مطالعه به صورت مستقیم و با استفاده از تصویر ماهواره لندست ۸

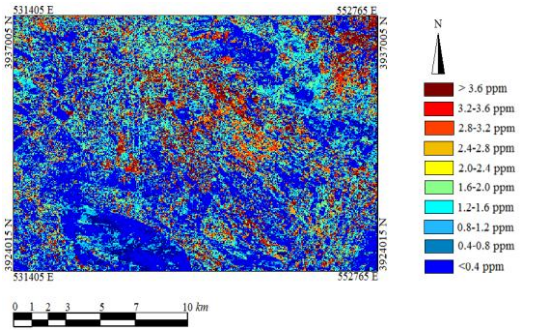
عنصر مورد سنجش	R^2	$RMSE_{(ppm)}$
As	۰/۵۷۳	۱/۷۷۹
Cd	۰/۵۷۸	۰/۴۷۹
Ni	۰/۹۲۱	۰/۲۲۸
Pb	۰/۸۶۴	۲/۵۴۱



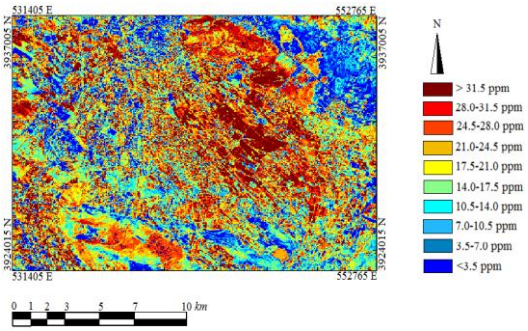
نقشه توزیع آرسنیک منطقه مطالعه



نقشه توزیع کادمیوم منطقه مطالعه



نقشه توزیع نیکل منطقه مطالعه



نقشه توزیع سرب منطقه مطالعه

شکل ۴. نقشه‌ی توزیع عناصر سنگین کادمیوم، آرسنیک، سرب و نیکل با استفاده از مدل شبکه عصبی

منابع

Choe E., Van Der Meer F., Van Ruitenbeek F., Van Der Werff H., De Smeth B., Kim K.W. 2008. Mapping of heavy metal pollution in stream sediments using combined geochemistry, field spectroscopy, and hyperspectral remote sensing: A case study of the Rodalquilar mining area, SE Spain. Remote Sensing of Environment, 112: 3222–3233.

Farifteh J., Van der Meer F., Atzberger C., Carranza E.J.M. 2007. Quantitative analysis of salt-affected soil reflectance spectra: A comparison of two adaptive methods (PLSR and ANN). Remote Sensing of Environment, 110: 59–78.

Garcia-Haro F.J., Sommer S., and Kemper T. 2005. A new tool for variable multiple endmember spectral mixture analysis (VMESMA). International Journal of Remote Sensing, 26(10): 2135-2162.

Gomez C., Raphael A., Viscarra Rossel R.A., McBratney A.B. 2008. Soil organic carbon prediction by hyperspectral remote sensing and field vis – INR spectroscopy –an Australian case study. Geoderma,146: 403-411.

Ji J., Song Y., Yuan X., and Yang Z. 2010. Diffuse reflectance spectroscopy study of heavy metals in agricultural soils of the Changjiang River Delta. 19th World Congress of Soil Science, Soil Solutions for a Changing World, Brisbane, Australia.

Kemper T. and Sommer S. 2003. Mapping and monitoring of residual heavy metal contamination and acidification risk after the Aznalcóllar mining accident (Andalusia, Spain) using field and airborne hyperspectral data. In Proceedings of 3rd EARSeL Workshop on Imaging Spectroscopy, Herrsching, Germany, 13–16 May. Pp. 333-343.

Kemper T., García-Haro J., Preissler H., Mehl W., and Sommer S. 2000. A multiple endmember unmixing approach for mapping heavy metal contamination after the Donana mining accident (Sevilla,Spain).In: 2nd EARSeL Workshop on Imaging Spectroscopy, Ens chede.

Orhan Y., Büyükgüngör H. 1993. The Removal of Heavy Metals by Using Agricultural Wastes. Water Science Technology, 28(2): 247–255.

Lagacherie P., Frederic Baret F., Feret J.B., Netto J.M., Robbez-Masson J.M. 2008. Estimation of soil clay calcium carbonate using laboratory, field, airborne hyperspectral measurements. Remote sensing of Environment, 112: 825-835.

Application of Artificial Neural Network model to estimate the concentration of heavy metals by using of Landsat 8 images

R. Samiei Fard[1], H. Matinfar[2]
[1]Ph.D Student of Soil management and Land Resources, Soil Science Department, University of Tehran
[2]Associated Professor of Soil Science, University of Lorestan

Abstract
Reflectance spectroscopy is a fast and safe method which makes a low cost and precise prediction from physical, chemical and biological properties of soil. Using remote sensing technology can be applied to developing methods to determine the criteria should be taken into soil contents and taking the soil maps. In this study, the effects of pollution and accumulation of heavy metals including nickel (Ni), lead (Pb), cadmium (Cd) and arsenic (As) in the soil, also using chemical methods (atomic absorption AAS) and using remote sensing techniques and the application of Artificial Neural Network (ANN) on the use of satellite images Landsat 8 (OLI.TIR sensor), were examined. It turned out that because of the complexity of the environment and soil content, the use of non-linear models such as Artificial Neural Network model has high accuracy in estimation of heavy metals in contaminated soils and the soils which containing such elements.

Keywords: Landsat 8, Artificial Neural Network, remote sensing, heavy metals