برآورد اجزاء ویژگی‌های مرکب خاک (بافت خاک)

علیرضا امیریان چکان[۱]، روح‌الله تقی‌زاده مهرجردی[۲]، زهرا درویش‌پسند[۳]، رخسار اکبری فضلی[۴]، صاحب خردبین[۵]
۱ و ۵- به ترتیب استادیار و کارشناس ارشد دانشگاه صنعتی خاتم‌الانبیاء بهبهان، ۲- استادیار دانشگاه اردکان، ۳- کارشناس ارشد علوم خاک، ۴- دانشجوی دکتری علوم خاک، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد علوم و تحقیقات خوزستان

چکیده

یکی از مشکلات برآورد اجزاء بافت خاک (شن، سیلت و رس) این است که اگر مقدار هر جزء جداگانه برآورد شود، مجموع سه جزء برآوردی الزاما برابر با ۱۰۰ نمی‌شود. برای رفع چنین مشکلی معمولا دو جزء برآورد می‌شوند و جزء سوم از اختلاف مجموع دو جزء از ۱۰۰ به‌دست می‌آید که در این صورت هم بسته به اینکه کدام دو جزء ابتدا تخمین زده شوند، نتایج متفاوتی به‌دست می‌آید. از راهکارهای مفید برای تضمین ۱۰۰ شدن مجموع سه جزء برآوردی، تبدیل داده‌ها قبل از برآورد است. در این تحقیق داده‌های بافت خاک تبدیل نشده و تبدیل شده با تبدیل‌های مختلف با استفاده از متغیرهای کمکی و مدل رگرسیون گام به گام برآورد شدند. نتایج نشان داد که با تبدیل داده‌ها مجموع درصدهای اجزاء بافت خاک در همه نمونه‌ها برابر با ۱۰۰ گردید در حالی که برای داده‌های تبدیل نشده مجموع این درصدها برای هیچ نمونه‌ای برابر با ۱۰۰ نشد.

واژه‌های کلیدی: بافت خاک، تبدیل داده‌ها، داده‌های مرکب

مقدمه

بافت خاک یکی از ویژگی‌های مهم خاک است که تاثیر زیادی روی خواص فیزیکی و شمیایی خاک دارد. بافت خاک روی ظرفیت نگهداری آب، تهویه خاک، حرکت آب و هوا در خاک، ساختمان خاک، ظرفیت نگهداری عناصر خاک، ظرفیت بافری خاک، نفوذپذیری خاک و ظرفیت نگهداری ماده آلی تاثیر زیادی دارد. بنابراین داشتن داده‌های دقیق و مطمئن از این ویژگی از اهمیت زیادی در مدل سازی‌های زیست‌محیطی و ایجاد توابع انتقالی برخوردار است. به همین دلیل و به دلیل کافی نبودن تعداد نقاط مشاهداتی، اغلب موارد نیاز است با استفاده از مدل‌های مختلف مقادیر اجزاء بافت خاک در نقاط نمونه‌برداری نشده برآورد شوند.

با توجه به اینکه مجموع درصدهای رس، شن و سیلت یک نمونه خاک برابر با ۱۰۰ است، بافت خاک را می‌توان به عنوان رایج‌ترین داده ترکیبی[۱] خاک در نظر گرفت (Odeh et al., 2003). یک ترکیب اغلب برداری است از چند عنصر مثبت که مجموع آنها برابر با یک مقدار ثابت (۱ یا ۱۰۰) است (van den Boogaart and Tolosana-Delgado, 2013). با توجه به اینکه در یک ویژگی مرکب مثل بافت خاک نسبت‌های رس، سیلت و شن مستقل از هم نیستند و حداقل یک همبستگی منفی بین دو جزء (مثلا رس و شن) وجود دارد، برآورد اجزاء بافت خاک به طور جداگانه و بدون در نظر گرفتن این همبستگی منطقی نیست (Odeh et al., 2003). همچنین یکی از مشکلات برآورد این گونه ویژگی‌ها این است که اگر هر جزء به طور جداگانه برآورد شود، تضمینی وجود ندارد که مجموع اجزاء برآوردی برابر با ۱۰۰ شود (Lark and Bishop, 2007). روشهای مختلفی از جمله مدلهای رگرسیونی، شبکه‌های عصبی مصنوعی و درخت رگرسیون (Adhikari et al., 2013) برای برآورد اجزا بافت خاک در نقاط نمونه‌برداری نشده استفاده شده است. در اغلب این روشها مرکب بودن بافت خاک در نظر گرفته نشده است که در نتیجه یا مجموع اجزاء برآوردی برابر با ۱۰۰ نمی‌شود و یا دو جزء برآورد می‌شود و جزء سوم از اختلاف دو جزء برآوردی از ۱۰۰ به دست می‌آید. در حالت دوم با وجود اینکه مجموع جزءهای برآوردی ۱۰۰ می‌شود ولی بسته به اینکه کدام دو جزء ابتدا برآورد شوند، نتایج متفاوتی به دست می‌آید (Lark and Bishop, 2007).

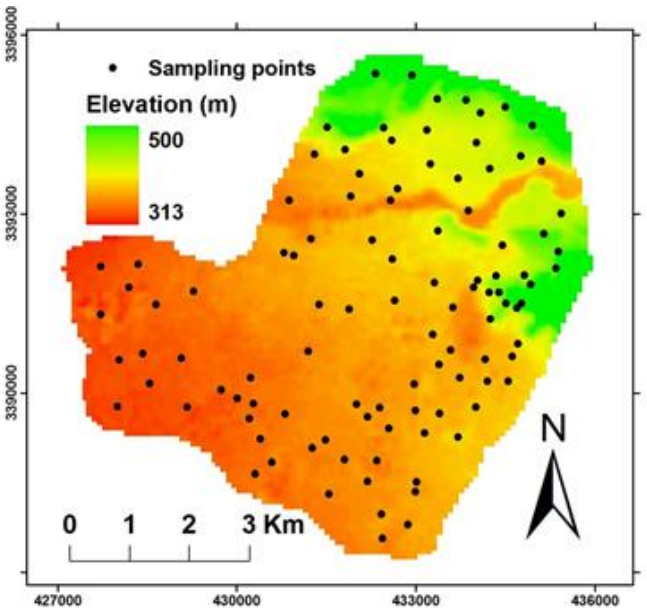
[1] - Compositional data

از راهکارهای حل اینگونه مسائل، تجزیه و تحلیل داده‌های مرکب به روشی متفاوت از داده‌های معمولی و تبدیل داده‌ها قبل از برآورد است (Atkinson, 1982). تبدیل داده‌ها قبل از تخمین، تضمین کننده برابر ۱۰۰ بودن مجموع درصدهای اجزاء یک ویژگی ترکیبی مثل بافت خاک است. همچنین با تبدیل داده‌ها، جزءهای یک ویژگی مرکب مثل بافت خاک که به هم وابسته هستند، به طور مستقل از هم در نظر گرفته نمی‌شوند. روش‌های مختلفی برای تبدل داده‌ها قبل از برآورد وجود دارد که اکثرا تبدیل‌های لگاریتمی هستند (Wang and Shi, 2017).

با توجه به اینکه مرکب بودن بافت خاک در اکثر مطالعات در نظر گرفته نشده است و به نظر می‌رسد این موضوع در مطالعات انجام شده در ایران هم مد نظر قرار نگرفته است، در این تحقیق برآورد داده‌های خام و تبدیل شده بافت خاک (درصدهای رس، سیلت و شن) مورد بررسی گرفته است. همچنین کارآیی روش‌های مختلف تبدیل، مقایسه گردیده است.

مواد و روشها

منطقه مورد مطالعه به وسعت حدود ۴۶۰۰ هکتار در شمال شرق شهر بهبهان در استان خوزستان واقع شده است (شکل ۱). برای برداشت نمونه‌های خاک، ابتدا با استفاده از روش مربع لاتین موقعیت نقاط نمونه‌برداری مشخص گردید. سپس نمونه‌های خاک از ۱۰۹ نقطه انتخاب شده تا عمق ۳۰ سانتی‌متری برداشت شد. بافت نمونه‌ها پس از هوا خشک شدن و عبور از الک ۲ میلی‌متری، به روش هیدرومتر تعیین گردید.



شکل ۱- منطقه مورد مطالعه و موقعیت نقاط نمونه‌برداری

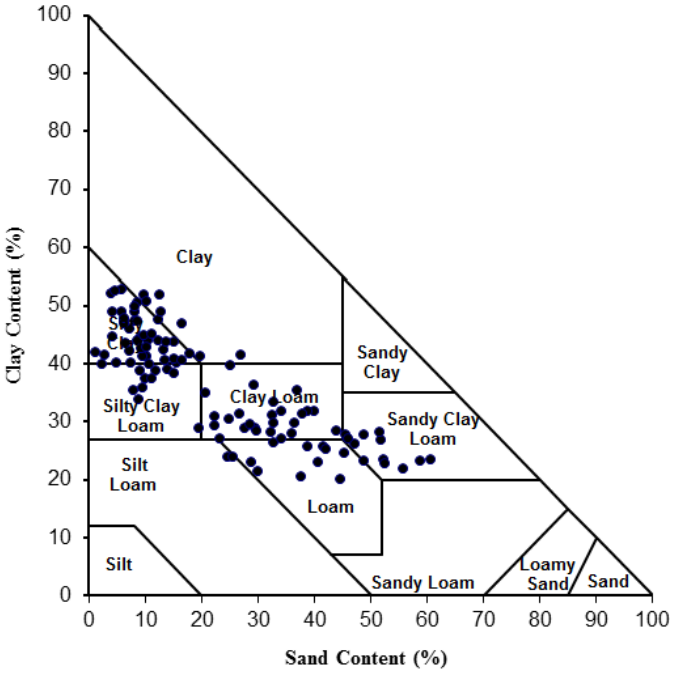
برای برآورد درصدهای رس، سیلت و شن از مدل رگرسیون گام به گام و متغیرهای کمکی استخراج شده از مدل رقومی ارتفاع و تصویر سنجنده OLI[۲] لندست ۸ استفاده گردید. متغیرهای کمکی شامل باندهای تصویر ماهواره‌ای و مولفه‌های اصلی آنها، شاخص اختلاف پوشش گیاهی نرمال شده (NDVI)، شاخص خیسی، انحنای پروفیل، MRVBF[۳]، طول شیب، درجه شیب و انحنای سطح بودند.

[2] - Operational land imager
[3] - Multiresolution index of valley bottom flatness

مدل‌های مختلفی برای تبدیل داده‌های مرکب وجود دارد که در این تحقیق از سه نوع رایج آنها که همگی پایه لگاریتمی دارند شامل alr[۴]، clr[۵] و ilr[۶] (Wang and Shi, 2017; Thio-Henestrosa and Comas, 2016) برای تبدیل درصدهای رس، سیلت و شن استفاده شد. برای ایجاد مدل رگرسیونی، داده ها بطور تصادفی به دو دسته آموزش و آزمون تقسیم شدند. سپس مدل رگرسیون گام به گام برای برآورد درصدهای رس، سیلت و شن و مقادیر تبدیل شده آنها با استفاده از متغیرهای کمکی (به عنوان ورودی) آموزش داده شد و رابطه رگرسیونی نهایی به دست آمد. برای ارزیابی نتایج برآورد بافت خاک با استفاده از داده‌های خام و تبدیل شده، داده‌های آزمون به مدل رگرسیونی ایجاد شده وارد شدند و مقادیر رس، سیلت و شن و مقادیر تبدیل شده آنها برآورد گردید. پس از برآورد، داده‌های تبدیل شده با تبدیل مجدد[۷] به داده‌های اولیه تبدیل شدند.

نتایج و بحث

توزیع کلاسهای بافت خاکها در شکل ۲ ارایه شده است. همانطور که مشاهده می‌شود بافت بیشتر خاکهای منطقه در کلاس رسی سیلتی قرار دارد. بافت سایر خاکهای مورد مطالعه در کلاسهای لومی رسی سیلتی، لومی رسی، لومی و لومی رسی شنی قرار دارد.



شکل ۲- کلاس‌های بافت خاک‌های منطقه مورد مطالعه

معیارهای خطای (R^2 و RMSE) مربوط به تخمین اجزاء بافت خاک توسط رگرسیون گام به گام با استفاده از داده‌های تبدیل شده و داده‌های تبدیل نشده در جدول ۱ ارایه شده است. به طور کلی نتایج نشان می‌دهند کارآیی مدل رگرسیونی در تخمین اجزاء بافت خاک با استفاده از داده‌های تبدیل نشده و تبدیل شده تقریبا مشابه است. بنابرایم می‌توان هر کدام از روشهای تبدیلی را برای تبدیل داده‌های بافت خاک قبل از تخمین به کار برد. وانگ و شی (Wang and Shi, 2017) در بررسی خود نشان دادند کارآیی روش تبدیل clr نسبت به دو روش دیگر در تخمین بافت خاک بیشتر بود.

[4] - Additive logratio transformation
[5] - Centred logratio transformation
[6] - Isometric logratio transformation
[7] - Backtransformation

جدول ۱- کارآیی مدل رگرسیون گام به گام در برآورد بافت خاک با استفاده از داده‌های خام و تبدیل شده

نوع تبدیل	رس		سیلت		شن	
	R^2	RMSE	R^2	RMSE	R^2	RMSE
بدون تبدیل	۰/۴۳	۶/۶۲	۰/۴۰	۸/۱۸	۰/۴۹	۱۲/۱۹
alr	۰/۵۲	۶/۴۵	۰/۳	۸/۳۵	۰/۴۸	۱۲/۴۹
clr	۰/۴۶	۶/۶۷	۰/۳۲	۸/۲۹	۰/۴۷	۱۲/۵۵
ilr	۰/۴۶	۶/۶۲	۰/۳۵	۸/۱۷	۰/۴۶	۱۲/۴۷

یکی از مشکلات عدم تبدیل داده‌های بافت خاک قبل از تخمین آنها، این است که مجموع درصدهای شن، رس و سیلت بعد از تخمین معمولا برابر با ۱۰۰ نمی‌شود. این موضوع در جدول ۲ به خوبی نشان داده شده است. با به کار بردن رگرسیون گام به گام برای تخمین درصدهای رس، سیلت و شن تبدیل نشده به طور جداگانه، نتایج نشان داد در هیچکدام از نمونه‌ها مجموع این درصدها برابر با ۱۰۰ نگردید و در ۵۰ درصد نمونه مجموع بیشتر از ۱۰۰ و در ۵۰ درصد دیگر مجموع کمتر از ۱۰۰ گردید. در حالی که با تبدیل داده‌های درصدهای رس، سیلت و شن قبل از تخمین، مجموع درصدهای این سه جزء در همه نمونه‌ها برابر با ۱۰۰ به دست آمد (جدول ۲). در بررسی انجام شده توسط اوده و همکاران (Odeh et al., 2003) فقط در ۳۵ درصد از موارد تخمینی مجموع سه جزء بافت خاک برابر با ۱۰۰ درصد به دست آمد.

جدول ۲- درصد نمونه‌هایی که مجموع درصدهای رس، سیلت و شن برآوردی آنها با استفاده از داده‌های خام و تبدیل شده برابر، بیشتر و یا کمتر از ۱۰۰ شده است

نوع تبدیل	>100%	=100%	<100%
بدون تبدیل	۵۰	۰	۵۰
alr	۰	۱۰۰	۰
clr	۰	۱۰۰	۰
ilr	۰	۱۰۰	۰

نتایج این بررسی نشان داد که اگر با هر مدلی اجزاء بافت خاک را به طور جداگانه تخمین بزنیم جمع سه جزء تخمینی الزاما برابر با ۱۰۰ نخواهد شد که این منطقی به نظر نمی‌رسد. همچنین این نتایج نشان داد که می‌توان با استفاده از تبدیلهای مختلف برابر با ۱۰۰ شدن سه جزء تخمینی بافت خاک را تضمین کرد. بنابرایم پیشنهاد می‌شود در همه مطالعاتی که نیاز به تخمین بافت خاک است، درصدهای رس، شن و سیلت قبل از تخمین با استفاده از یکی از تبدلهای ارایه شده در این تحقیق تبدیل شوند. این نتایج اهمیت عدم تبدیل داده‌ها بخصوص وقتی که برای مدلسازی‌های مختلف به کار می‌روند را نشان می‌دهند.

منابع

Adhikari K., Kheir R.B., Greve M.B., Bocher P.K., Malone B.P., Minasny B., McBratney A.B. and Greve M.H. 2013. High-resolution 3-D mapping of soil texture in Denmark. Soil Science Society of America Journal, 77: 860-876.

Aitchison J. 1982. The statistical analysis of compositional data. Journal of the Royal Statistical Society, 44: 139-177.

Lark R.M. and Bishop T.F.A. Cokriging particle size fractions of the soil. European Journal of Soil Science, 58: 763–774.

Odeh I.O.A., Todd A.J. and Triantafilis J. 2003. Spatial prediction of soil particle-size fraction as compositional data. Soil Science, 168: 501-515.

Thio-Henestrosa S. and Comas M. 2016. CoDaPack v2 User's Guide. University of Girona, Girona.

van den Boogaart K.G. and Tolosana-Delgado R. 2013. Analyzing Compositional Data with R. Springer-Verlag Berlin Heidelberg.

Wang Z. and Shi W. 2017. Mapping soil particle-size fractions: A comparison of compositional kriging and log-ratio kriging. Journal of Hydrology, 546:526–541.

Estimation of soil compositional properties (soil texture)

A. Amirian Chakan[1], R. Taghizadeh-Mehrjardi[2], Z. Darvishpasand[3], R. Akbari Fazli[4] and S. Khordbin[5]

1 & 5. Assistant Professor and Senior Expert, Behbahan Khatam Alanbia University of Technology 2. Assistant Professor, Ardakan University 3. Senor Expert in Soil Science 4. PhD Student, Islamic Azad University, Science and Research Branch, Khuzestan

Abstract

One of the problems in estimating soil texture fractions (clay, silt and sand), is that the estimated values will not necessarily sum to a constant (100%). To overcome this problem one approach is estimating two fractions and the estimate of the third fraction is then derived by difference. In this case, depending on which two fractions are estimated first, different results will be obtained. Data transformation before estimating is an alternative approach that guarantees summing to 100. We estimated transformed and untransformed soil texture fractions using stepwise regression with auxiliary covariates derived from a digital elevation model and the Landsat 8 imagery. Results showed data transformation and then back-transformation guaranteed summing to 100 for all predicted site, whereas, estimations using raw data resulted in both overestimated (>100%) and underestimated (<100%) and none of the predicted sites sum to 100%.

Keywords: Soil texture, data transformation, compositional data