تعیین اهمیت نسبی و ترکیب ویژگی‌های خاک در مطالعات محیطی با استفاده از تکنیک آنتروپی

عباس امینی فسخودی[1]، محسن باقری بداغ‌آبادی[2]، نورایر تومانیان[3]

1- دکتری برنامه‌ریزی روستایی، گروه جغرافیای دانشگاه اصفهان (amini@ltr.ui.ac.ir)؛
2- دانشجوی دکتری علوم خاک دانشگاه شهرکرد (m.baghery@yahoo.com)؛
3- دکتری خاک‌شناسی، عضو هیات علمی مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی استان اصفهان؛

چکیده

حجم زیاد داده‌ها در مطالعات خاک، مقایسه، تفسیر و تجزیه و تحلیل آن‌ها را مشکل و نیازمند صرف زمان زیاد می‌کند. با توجه به اینکه اهمیت ویژگی‌های خاک برای اهداف مختلف فرق دارد، چنانچه اهمیت نسبی ویژگی‌های خاک برای هدف مشخصی تعیین گردد، امکان مقایسه، تفسیر و تجزیه و تحلیل داده‌ها با سهوات بیشتر و صرف زمان کمتر فراهم می‌گردد. در مطالعه حاضر با استفاده از رویکرد آنتروپی اهمیت نسبی ویژگی‌های اندازه‌گیری شده در لایه‌های مختلف خاک مورد بررسی قرار گرفت و تعیین شد. نتایج نشان داد مهم‌ترین ویژگی در محدوده مطالعاتی گچ و سپس به‌ترتیب سنگریزه، شوری و مواد آلی می‌باشد. این ویژگی‌ها در حدود 87 درصد از اهمیت تمام 10 متغیر مورد بررسی را بخود اختصاص می‌دهند. بنابراین، می‌توان تنها با در نظر گرفتن دو یا سه ویژگی مهم‌تر، اقدام به گروه‌بندی خاک‌ها برای اهداف مختلف نمود.

کلمات کلیدی: **اهمیت ویژگی‌های خاک، عدم اطمینان و رویکرد آنتروپی**.

مقدمه

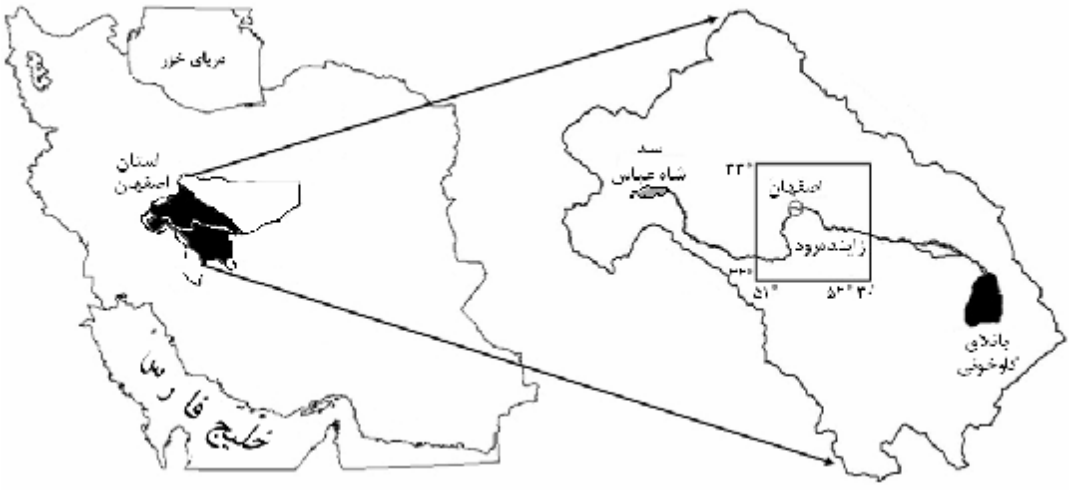
در مطالعات علوم خاک ویژگی‌های زیادی اندازه‌گیری یا محاسبه می‌شوند که منجر به انبوهش داده‌ها می‌گردد. این حجم زیاد داده‌ها در گزارش‌های مربوطه یا بصورت جدول و یا بصورت نقشه‌های خاک (که کاربردی‌ترند) در اختیار کاربران قرار می‌گیرند. حجم زیاد داده‌ها معمولاً سبب کم‌توجهی به آن‌ها می‌شود و اغلب استفاده از نقشه‌های خاک ترجیح داده می‌شود. این در حالی است که در بسیاری از موارد، بررسی و تفسیر خود داده‌ها مورد نیاز می‌باشد، لکن بدلیل حجم زیاد داده‌ها امکان تفسیر و مقایسه آن‌ها مشکل و وقت‌گیر و در صورت زیاد بودن متغیرها تقریباً غیرممکن خواهد بود. چنانچه بتوان با توجه به هدف مطالعه برای متغیرها یا همان ویژگی‌های خاک، اهمیت نسبی یا اولویت تعین نمود، با حذف موارد کم‌اهمیت‌تر فرآیند تفسیر و مقایسه ویژگی‌های مهم‌تر را می‌توان آسان‌تر و با صرف زمان کمتر انجام داد. بنابراین از نظر کاربردی تعیین اهمیت نسبی ویژگی‌های اندازه‌گیری شده می‌تواند کمک شایانی برای پژوهشگران و کاربران باشد. در همین راستا در دهه‌های اخیر محققین برای درک بهتر و عمیق‌تر پیچیدگی‌های سیستم چندوجهی خاک به کاربرد و استفاده از مدل‌های کمی جدید ریاضی و آماری روی آورده‌اند و جنبش روبه-رشدی در پدولوژی در راستای کاربرد تکنیک‌های کمی تجربی برای پیش‌بینی و برآورد خصوصیات فیزیک و شیمیایی خاک بر اساس ویژگی‌های شکلی و ظاهری (landscape) در یک مکان معین بوجود آمده است (Minasny et al., 2008). از جمله این رویکردهای کمی ریاضی، تکنیک آنتروپی شانون است. مفهوم آنتروپی «مفهومی عمده در علوم فیزیکی، علوم اجتماعی و تئوری اطلاعات بوده و در واقع معیاری برای بیان عدم اطمینان موجود و نیز ارزیابی محتوای

اطلاعاتی یک ماتریس داده است» که به‌کمک یک توزیع احتمالی محاسبه می‌شود (اصغرپور، 1377). مطالعات زیادی با استفاده از آنتروپی یا بعبارتی شاخص شانون در خاک‌شناسی برای اندازه‌گیری تنوع و پیچیدگی خاک‌ها انجام شده است (Gu et al, 2003 ؛ Phillips & Marion, 2005 و Saldana & Ibanez, 2004). همچنین از مفهوم آنتروپی بعنوان یک مفهوم کلیدی ترمودینامیکی برای بررسی جریان و کیفیت انرژی در سیستم خاک نیز استفاده شده است (Addiscott, 1995). در این مطالعه بطور موردی اهمیت نسبی ویژگی‌های مرسوم که در مطالعات خاک اندازه‌گیری یا محاسبه می‌شوند بررسی و محاسبه شده است. این روند می‌تواند بطور گسترده‌تر برای تعیین اهمیت ویژگی‌های خاک در سری‌های خاک، اهمیت خاک‌های مختلف در واحدهای نقشه و یا واحدهای خاک و غیره انجام شود.

مواد و روش‌ها

1) معرفی منطقه‌ی مطالعاتی:

منطقه مورد مطالعه واقع در ایران مرکزی و وسعتی برابر 300000 هکتار از اراضی دره زاینده‌رود را شامل می‌شود (شکل 1). در این پژوهش نخست با استفاده از عکس‌های هوایی 1/55000 منطقه و تفسیر آن‌ها و استفاده از نقشه مواد مادری، توپوگرافی و پوشش گیاهی یا کاربری اراضی اقدام به جداسازی واحدهای ژئومورفیک در چهار سطح گردید. شایان ذکر است جهت ترسیم مرز واحدها در تفکیک آن‌ها علاوه بر استفاده از فهم پدولوژیکی، به فرآیندهای تکامل و تکوین واحدهای اراضی که در ذهن متبلور می‌شد نیز توجه گردید. در نهایت با توجه به سطوح تفکیک شده تعداد 191 نقطه مطالعاتی در کل منطقه حفر و تشریح گردید و با توجه به نمونه‌برداری از عمق‌های مختلف در نهایت ماتریس داده‌ها و اطلاعات ویژگی‌هایی نظیر pH گل اشباع خاک، pH عصاره 1:1 آب- خاک، شوری (dS/m)، درصد آهک، سیلت، رس، شن، مواد آلی، سنگریزه و گچ در تعداد 300 نمونه خاک مورد مطالعه، تهیه و مورد آنالیز قرار گرفت (تومانیان، 1385).



شکل 1- منطقه‌ی مورد مطالعه در استان اصفهان و حوزه‌ی آبی زاینده رود

2) رویکرد آنتروپی:

در روش آنتروپی، چنانچه ماتریس حاوی اطلاعات متغیرهای 10گانه فوق را در 300 نمونه خاک در نظر بگیریم، هر درایه یا عنصر آن با نماد r_{ij} نشان‌دهنده میزان ویژگی یا متغیر jام (j =1,2,...,10) در نمونه iام (i =1,2,...,300) می‌باشد. در ادامه محتوای اطلاعاتی ماتریس فوق را به‌کمک رابطه‌ی زیر استاندارد نموده و بصورت نرمالیزه درمی‌آوریم.

$$p_{ij} = r_{ij} / \sum_{i=1}^{m} r_{ij} \quad ; \quad \forall i, j$$

با ضرب هر عنصر نرمال‌شده p_{ij} در لگاریتم طبیعی آن ($\mathrm{Ln}\ p_{ij}$) ماتریس جدیدی از میزان آنتروپی آن‌ها بدست می‌آید که از حاصل‌جمع هر ستون آن یک بردار سطری (E_j) حاوی10 مقدار برای هرکدام از ویژگی‌های 10گانه حاصل می‌شود. با ضرب این مقادیر در یک ثابت k (برابر با $k = \frac{-1}{\ln 300}$)، E_j به‌ازای هرکدام از ویژگی‌ها از رابطه زیر به‌دست خواهد آمد.

$$E_j = k \sum_{i=1}^{m} (p_{ij} . \ln p_{ij}) \quad ; \quad \forall j$$

حال میزان عدم اطمینان یا درجه‌ی انحراف از اطلاعات ایجاد شده به‌ازای متغیر یا ویژگی jام عبارت خواهد بود از:

$$d_j = 1 - E_j$$

و سرانجام اوزان W_j به میزان اهمیت نسبی هرکدام از متغیرها یا ویژگی‌های خاک از رابطه‌ی زیر بدست خواهند آمد.

$$W_j = d_j / \sum_{j=1}^{n} d_j \quad ; \quad \forall j$$

به این‌ترتیب مجموع اوزان متغیرها برابر واحد خواهد شد (اصغرپور، 1377).

بحث و نتایج

در جدول (1) برخی از شاخص‌های آماری متغیرهای اندازه‌گیری شده ارایه شده است. وزن‌های بدست آمده (در ستون W_j) اهمیت نسبی هرکدام از این ویژگی‌ها را نشان می‌دهد.

جدول(1) خلاصه‌ای از شاخص‌های آماری و اوزان عددی (اهمیت نسبی) ویژگی‌های مورد مطالعه خاک

statistics / attributes	mean	max	min	sd	W_j	%CV
pH Sat. Wat.	7/6413	8/6	6/2	0/3432	0/0005	4/4913
pH paist	7/6924	8/72	6/7	0/2761	0/0006	3/5891
% $CaCO_3$	27/175	70	10	6/7573	0/0074	24/8658
% Si	36/4401	79	1	15/6659	0/024	42/9909
% C	26/8123	65	0	12/3542	0/027	46/0765
% Sa	36/7448	96	0/4	24/147	0/0537	65/7152
% OM	0/3522	1/8	0/01	0/2979	0/0694	84/575
EC	24/9095	495	0/47	47/9463	0/2288	192/482
% Gravel	12/8324	90	0	19/5431	0/2487	152/2949
% Gypsum	4/9278	69	0	9/8809	0/34	200/5127

همانطور که ملاحظه می‌شود، در محدوده مورد مطالعه چهار ویژگی درصد مواد آلی، شوری، درصد سنگریزه و درصد گچ به‌ترتیب مهم‌ترین ویژگی‌های خاک بوده و در مجموع حدود 87 درصد اهمیت تمام خصوصیات را بخود اختصاص داده‌اند. این بدان معنی است که جهت بررسی‌های دقیق‌تر، بجای آنکه بخواهیم تمام داده‌ها را مطالعه نماییم، اگر فقط

به این چهار ویژگی بپردازیم به میزان 87 درصد از عدم اطمینان موجود را جوابگو خواهند بود. به عبارت دیگر مقادیر کمتر وزن‌های W (برای مثال 0/0005 برای pH) بیان می‌دارد که متغیر pH برای تمامی موارد (در اینجا نمونه‌های لایه‌های مختلف خاک) اثر تقریباً یکسانی دارد و توجه بدان نمی‌تواند اطلاعات چندانی بدست دهد. این مطلب را همچنین می‌توان با توجه به شاخص ضریب پراکندگی این متغیر نیز بخوبی مشاهده نمود. بعبارت ساده‌تر می‌توان گفت pH در همه لایه‌های خاک اثر یکسانی دارد و عملاً از اندازه‌گیری و تجزیه و تحلیل مقادیر pH در محدوده مورد مطالعه اطلاعاتی حاصل نشده و بنابراین چندان ضروری بنظر نمی‌رسد. برعکس متغیرهای مقدار گچ، سنگریزه و شوری، با توجه به محتوای اطلاعاتی ماتریس داده‌ها و عدم اطمینان مندرج در آن دارای اهمیت زیادی هستند و همان‌گونه که ملاحظه می‌شود ضریب تغییرات آن‌ها نیز بسیار زیاد است. بنابراین تمرکز روی این متغیرها و تجزیه و تحلیل آن‌ها منجر به اطلاعات ارزشمندی می‌گردد. برای مثال می‌توان با گروه‌بندی لایه‌های مختلف خاک بر اساس این متغیرها و در نظر گرفتن ترتیب آن‌ها، خاک‌های مختلف را شناخت و واحدهای خاک یا واحدهای نقشه را اصلاح نمود. همچنین در ارزیابی تناسب سرزمین ویژگی‌هایی که اثر قابل توجه در تعیین کلاس‌های تناسب دارند، متغیرهای دارای وزن بیشتر می‌باشند. لازم به یادآوری است که در اینجا اهمیت ویژگی‌های مختلف نسبت به یکدیگر سنجیده می‌شود (مثلاً pH در مقابل EC) و نباید آن را با اهمیت ذاتی یا معنی‌دار بودن یا نبودن تغییرات یک متغیر بطور کلی و در حالات مختلف (مثلاً لایه اول در مقابل لایه دوم یا یک واحد نقشه در مقابل یک واحد دیگر) اشتباه کرد. به عبارت دیگر ممکن است متغیری مانند pH در لایه‌ی اول خاک‌رخ‌ها نسبت به لایه‌ی دوم (یا یک واحد خاک نسبت به یک واحد دیگر) دارای تغییرات معنی‌داری باشد؛ لیکن pH در مقایسه با EC یک متغیر مهم و با ارزش که اطلاعات قابل توجهی را به دست بدهد نمی‌باشد.

منابع

[1] اصغرپور، م.ج. 1377. تصمیم‌گیریهای چندمعیاره. انتشارات دانشگاه تهران.

[2] تومانیان، ن. 1385. چگونگی تکوین اراضی، تنوع خاک‌ها و نقشه‌برداری کمی بعضی از خصوصیات پدوژنیکی در بخشی از ایران مرکزی، پایان‌نامه‌ی دکترای خاک‌شناسی، دانشکده‌ی کشاورزی، دانشگاه صنعتی اصفهان،

[3] Addiscott, T.M., 1995. Entropy and sustainability. European Journal of Soil Science 46, 161–168.

[4] Guo, Y.P., P. Gong & R. Amundson. 2003. Pedodiversity in the USA. Geoderma, 117: 99-115.

[5] Minasny, B., A.B. McBratney and S. Salvador-Blanes. 2008. Quantitative models for pedogenesis: A review. Geoderma 144: 140–157.

[6] Phillips, J.D. & D. Marion. 2005. Biochemical effect, lithological variation and local pedodiversity in some forest soil of Arkansas. Geoderma, 124: 73-89.

[7] Saldana, A., J.J. Ibanez. 2004. Pedodiversity analysis at large scale: an example of three fluvial terrain of the Henares River (central Spain). Geoderma, 62: 123-138.