تهیه نقشه رقومی خاک با استفاده از مدل استنباطی خاک- زمین (SoLIM)

عطیه مهرگان[1]، مصطفی کریمیان اقبال[2]، نورایر تومانیان[3]

1. دانشجوی دکتری خاکشناسی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه تربیت مدرس، 2. دانشیار گروه خاکشناسی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه تربیت مدرس، 3. استادیار پژوهشی مرکز تحقیقات کشاورزی اصفهان
nmehrgan@gmail.com

چکیده

مدل خاک- زمین‌نما شکل خلاصه شده‌ای از روابط پیچیده میان خاک و شکل اراضی در سیستم خاک- زمین‌نما بوده و روابط میان الگو و فرآیندهای تکامل پدوژئومورفیک را نشان می‌دهد. مدل‌سازی روابط خاک و محیط جزء اصلی در تهیه نقشه خاک می‌باشد. هدف از این تحقیق کمی‌سازی روابط میان متغیرهای محیطی و خصوصیات خاک با در نظر گرفتن فرآیندهای پدوژنیک و ژئومورفیک، لحاظ نمودن دانش کارشناس (تخصص) در طراحی مدل و نهایتاً تهیه و نمایش اطلاعات به صورت نقشه‌های پیوسته پیش‌بینی کلاس خاک تحت منطق فازی و با استفاده از مدل استنباطی خاک- زمین[1] (SoLIM) و نرم‌افزار SoLIM Solutions می‌باشد. برای این منظور، پس از استخراج متغیرهای محیطی با استفاده از مدل رقومی ارتفاع تهیه شده از داده‌های رقومی 1:25000، نقاط نمونه‌برداری براساس روش نمونه‌برداری هدفمند و طبقه‌بندی فازی تعیین گردید و واحدهای نقشه خاک تا سطح زیرگروه با استفاده از روش تاکسونومی تعریف شد. پس از استخراج روابط خاک- زمین‌نما با استفاده از شبکه عصبی و بهینه‌سازی آن، در مرحله بعد با استفاده از مدل تشابه و به کارگیری مجموعه‌ای از تکنیک‌های استنباط خودکار، میزان تشابه و یا درجه عضویت کلاس‌های خاک تخمین و به تک تک واحدهای خاک در منطقه تعمیم داده شد. با استفاده از مجموعه‌ای از روش‌های استنتاج، براساس نتایج اطلاعات خاک حاصل از مدل تشابه و درجات عضویت خاک به کلاس‌های معرفی شده در هر پیکسل، بهترین حالت انتخاب گردید. در نهایت نقشه فازی گونه خاک- ها ارائه و با استفاده از نقاط اعتبارسنجی، ارزیابی و اعتبارسنجی گردید. نتایج نهایی متعاقباً ارائه خواهد شد.

کلمات کلیدی: **توابع عضویت فازی، دانش توصیفی، مدل استنباطی خاک- زمین‌نما، مدل تشابه، نمونه‌برداری هدفمند.**

مقدمه

مدل استنباطی خاک– زمین (SoLIM) به منظور غلبه بر محدودیت‌های روش نقشه‌برداری سنتی خاک ارائه شد. در این مدل، غلبه بر تعمیم مکانی با استفاده از داده‌های رستری جهت نمایش پدیده‌ها و عوارض جغرافیایی پیوسته صورت گرفته است. هر پیکسل در تفکیک مکانی داده‌های ورودی، نشان دهنده نوع خاک یافت شده در موقعیت همان پیکسل بوده و اطلاعات خاک‌های مختلف موجود در یک واحد خاک کوچک نیز در آن حفظ شده است. این امر اختلاف میان تفکیک- پذیری مکانی اطلاعات مکانی خاک و سایر لایه‌های داده‌های محیطی را به حداقل می‌رساند. (Zhu, 1999). روش SoLIM نمایش تشابه را به منظور نشان دادن تعمیم پارامتری استفاده می‌کند. نمایش تشابه خاک‌ها در حوزه پارامتری مبتنی بر منطق فازی است. نمایش فازی امکان عضویت جزئی هر یک از کلاس‌های خاک توصیف شده در هر پیکسل را فراهم می- سازد .(Zhu *et al.*, 2001; Yang *et al.*, 2007) . با تلفیق نمایش تشابه مکانی و تشابه پارامتری کلاس خاک‌ها در سیستم اطلاعات جغرافیایی، خاک‌های یک منطقه به صورت آرایه‌ای از پیکسل‌ها و خاک در هر پیکسل به صورت یک بردار تشابه نشان داده می‌شود. به طور کلی این روش متشکل از سه جزء مهم می‌باشد: 1- تهیه مدل تشابه برای نشان دادن

[1] Soil land Interface Model, (SoLIM)

خاک‌ها به صورت پیوسته، 2- به‌کارگیری مجموعه‌ای از تکنیک‌های استنباط خودکار[2] جهت نقشه‌برداری خاک‌ها با استفاده از مدل تشابه، 3- استفاده از مجموعه‌ای از روش‌ها برای استنتاج نتایج اطلاعات خاک از مدل تشابه.

مواد و روش‌ها

1- منطقه مورد مطالعه:

منطقه مورد مطالعه بخشی از حوزه آبخیز کردان است که در غرب استان تهران و در حوزه آبریز مرکزی، زیرحوزه شور و واحد هیدرولوژیک هشتگرد، میان عرض جغرافیایی "54 '52 °35 تا □56 6 °36 شمالی و طول جغرافیایی□30 □39 °50 و □24 □5 °51 شرقی واقع شده است. بخش اعظم منطقه مورد مطالعه را سازندهای کواترنری تشکیل می‌دهد که شامل پادگانه‌های آبرفتی مرتفع و مخروط‌افکنه‌های جوان است. در قسمت بالادست منطقه سازندهای دوره ائوسن و در قسمت پایین دست منطقه سازندهای مارن قرمز و کنگلومرا دیده می‌شود. رودخانه اصلی حوزه رودخانه کردان است که در محل ورود به دشت، ناحیه رسوبگذاری وسیعی را به وجود می‌آورد که مخروط‌افکنه کردان نام دارد. اقلیم منطقه براساس سیستم دومارتن نیمه خشک سرد تا نیمه مرطوب بوده و متوسط بارندگی سالانه در منطقه 250 میلی‌متر است.

2- تهیه بانک اطلاعات محیطی

نقشه رقومی ارتفاع (DEM) با استفاده از داده‌های رقومی توپوگرافی با مقیاس 1:25000 سازمان نقشه‌برداری کشور و نرم افزار ArcGIS تهیه گردید. پس از تهیه نقشه DEM و قبل از نهایی کردن آن، عملیات پیش پردازش و پیش ارزیابی برای کنترل کیفیت آن صورت گرفت. متغیرهای محیطی، خصوصیات و عوارض اولیه و ثانویه با کمک نرم‌افزار ArcGIS از روی نقشه DEM استخراج گردید. متغیرهای محیطی به کار رفته عبارتند از ارتفاع، درجه شیب، جهت شیب، انحنای طولی یا انحنای پروفیلی، انحنای عرضی یا انحنای تانژانت، شاخص خیسی توپوگرافیک، مواد مادری و پوشش گیاهی. برخی از متغیرهای محیطی با یکدیگر دارای همبستگی بوده، لذا ضرایب همبستگی آنها با استفاده از نرم‌افزار ArcGIS تعیین شد. سپس بانک اطلاعات متغیرهای محیطی و لایه‌های اطلاعات GIS برای هر یک از متغیرها تهیه گردید.

3- نمونه برداری خاک:

هدف از نمونه برداری هدفمند، نمونه‌برداری از مکان‌هایی است که خاک در آن نقاط تیپیک گروه‌های خاک منطقه باشد. با فرض این که منطقه فاقد اطلاعات پایه و مطالعات خاکشناسی است، نمونه‌برداری هدفمند طی دو مرحله زیر اجرا گردید:

3-1- تعیین الگوهای ترکیب محیطی

برای تعیین الگوی ترکیب‌های محیطی جهت مشخص نمودن نقاط نمونه‌برداری در منطقه مورد مطالعه، از روش طبقه‌بندی Fuzzy C- means استفاده شد. لایه‌های اطلاعات محیطی قبل از طبقه‌بندی FCM مورد پردازش اولیه قرار گرفته و داده‌های پرت حذف گردید و محدوده لایه‌های اطلاعات ورودی استاندارد شد. مجموعه‌ای از طبقه‌بندی FCM با استفاده از نماهای مختلف فازی (m= 1.5, 1.75, 2.0, 2.25, 2.5) اجرا گردید.

3-2- مطالعات صحرایی و نمونه‌برداری

پس از خوشه‌بندی فاکتورهای محیطی و تهیه نقشه عضویت آنها، ترکیب حد مطلوب تعداد کلاس‌های خاک در منطقه مورد مطالعه تعیین و موقعیت‌هایی با مقادیر بالای عضویت به عنوان موقعیت‌های تیپیک نمونه خاک جهت حفر پروفیل

[2] Automated inference technique

مشخص شدند. دو نقطه صحرایی برای هر کلاس در نظر گرفته و تیپ خاک در هر نقطه براساس استانداردهای مطالعات خاکشناسی آمریکا تعیین گردید.

4- استخراج و بسط مدل خاک- زمین‌نما

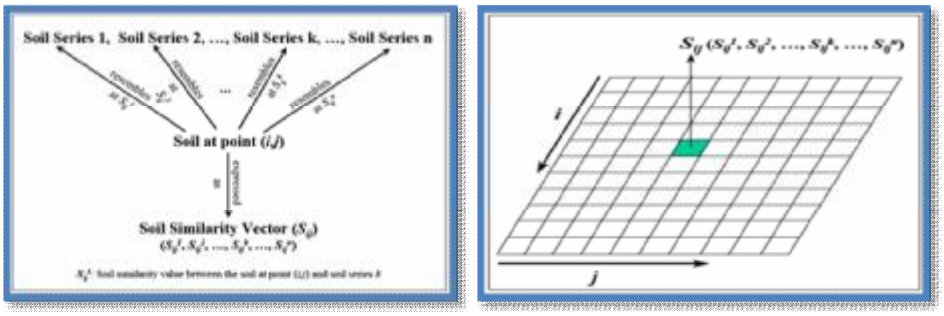
وابستگی میان کلاس‌های محیطی و تیپ خاک‌های مشاهده شده در صحرا، از طریق برقراری ارتباط میان مشاهدات صحرایی با هر کلاس ایجاد شد. با مطالعه وضعیت یا خصوصیات خاک‌ها در فواصل تیپیک از متغیرهای محیطی، رابطه بین خاک ها و شرایط محیطی به دست آورده شد. مدل‌سازی روابط خاک و متغیرهای محیطی با استفاده از روش شبکه عصبی صورت گرفت و پس از بهینه‌سازی مدل خاک- زمین‌نمای بسط یافته برای تهیه نقشه خاک با استفاده از روش SoLIM و نرم افزار SoLIM Solution 5 مورد استفاده قرار گرفت.

4-1- ایجاد توابع عضویت فازی:

به منظور بیان میزان تشابه خاک مورد مطالعه و خاک تیپیک منطقه در اثر تغییر شرایط محیطی، از توابع عضویت فازی استفاده شد(Zhu, 1999; Shi et al., 2004; Qi et al., 2006). در این مطالعه از توابع گوسین به عنوان شکل پایه توابع عضویت فازی استفاده گردید:

$$S_{ij,v}^{k} = e^{-\left(\left|Z_{ij,v}-Z_{0,v}^{K}\right|\times 0.8326/D_{v}^{k}\right)^{2}} \qquad [1]$$

که در آن $S_{ij,v}^{k}$ تشابه خاک نقطه (ij) به تیپ خاک k براساس متغیر محیطی v، $Z_{ij,v}$ مقدار متغیر محیطی v در نقطه، $Z_{0,v}^{k}$ مقدار تیپیک متغیر محیطی v هنگامی که تشابه خاک مورد مطالعه با خاک تیپیک برابر 1 است، و D_{v}^{k} اختلاف میان $Z_{0,v}^{k}$ و مقدار متغیر محیطی است هنگامی که میزان تشابه برابر 0/5 می‌باشد.



شکل 1- ایجاد بردار تشابه، (Zhu *et al.*, 2001)

4-2-کسب دانش توصیفی

روش نمونه برداری هدفمند ارائه شده توسط Yang و همکاران (2007) و Zhu و همکاران (2008) برای کسب دانش توصیفی مورد استفاده قرار گرفت. ابتدا وابستگی میان تیپ های خاک و ترکیب های محیطی از طریق نقاط تفسیری برقرار شده، توالی زنجیره ایی از تیپ های خاک مرتبط با کلاس های محیطی با استفاده از مجاورت مکانی میان کلاس های محیطی ساخته می شود.

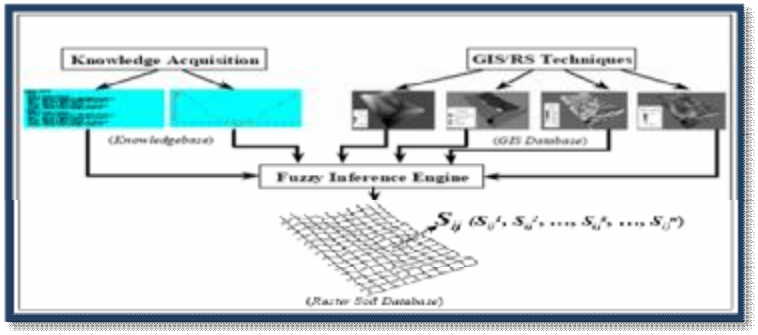
4-3- مرحله استنباط:

مجموعه‌ای از تکنیک‌های استنباطی ایجاد شده تحت منطق فازی جهت استخراج بردار تشابه و پیش‌بینی توزیع مکانی خصوصیات و انواع خاک‌ها در یک زمین‌نما بر اساس مدل خاک- زمین‌نما و بانک اطلاعات جغرافیایی به کار برده می‌شود. در هر پیکسل (i, j)، موتور استنباط، داده‌های شرایط محیط تشکیل دهنده خاک را برای آن پیکسل از پایگاه داده‌های

GIS گرفته و با روابط خاک- زمین‌نما برای طبقه k-ام از پایگاه معلومات به منظور محاسبه میزان تشابه محیط محلی نسبت به محیط تیپیک طبقه خاک s_{ij}^k، k تلفیق کرده و به عنوان یک جایگزین برای s_{ij}^k استفاده می‌شود. یک بار دیگر تمام گروه‌های خاک با استفاده از موتور استنباط، تحلیل شده و بردار تشابه خاک (S_{ij}) برای هر پیکسل به وجود می‌آید.

4-4- مرحله استنتاج و نمایش فازی

در مرحله استنتاج، موتور استنباط مراحل استنتاج بردار تشابه خاک را برای کلیه پیکسل‌ها در پایگاه داده‌های GIS تکرار می‌کند و تمامی پیکسل‌ها در پایگاه داده‌ها مورد تحلیل قرار می‌گیرند. به عبارت دیگر میزان تشابه و یا درجه عضویت کلاس خاک‌های تخمین زده شده برای هر پیکسل به تک تک کلاس‌های خاک تعیین شده برای منطقه محاسبه می‌شود. سپس نتایج تشابه خاک‌ها به صورت پایگاه داده‌های رستری و نقشه پیش‌بینی کلاس خاک برای کل منطقه ارائه می‌شود.



شکل 2- نمایش نحوه استنباط و استنتاج در روش SoLIM، (Zhu *et al.*, 2001)

5- اعتبارسنجی مدل:

به منظور اعتبارسنجی نقشه خاک حاصل، مجموعه دیگری شامل تعدادی مشاهده صحرایی که به آن مجموعه داده‌های اعتبارسنجی گفته می‌شود مورد مطالعه قرار گرفت. نتایج حاصل از نقاط اعتبارسنجی با نتایج حاصل از نقشه خاک تهیه شده با استفاده از روش SoLIM مقایسه و اعتبار روش فوق تعیین شد.

نتیجه‌گیری

بر اساس روش نمونه‌برداری هدفمند 15 ترکیب برای حد مطلوب تعداد کلاس‌های خاک در منطقه مورد مطالعه پس از اصلاح ضریب توزیع و انتروپی طبقه بندی تعریف شده است. مطالعات نشان داده است توابع عضویت فازی به همراه روش نمونه برداری هدفمند قادر به فراهم نمودن اطلاعات مکانی خاک با کیفیت خوب بوده (نقشه تیپ خاک و نقشه خصوصیات خاک) و راهی کارآمد برای کمی نمودن دانش روابط خاک- محیط برای نقشه‌های پیش‌بینی خاک، خصوصاً در مناطق با اطلاعات محدود فراهم می‌سازد. نتایج نهایی حاصل از دقت نقشه کلاس خاک تهیه شده با استفاده از توابع عضویت فازی و روش SoLIM متعاقباً ارائه خواهد شد.

منابع

1. Qi, F., Zhu, A.X., Harrower, M., Burt, J.E., 2006. Fuzzy soil mapping based on prototype category theory. Geoderma 136, 774–787.
2. Shi, X., Zhu, A.X., Burt, J.E., Qi, F., Simonson, D., 2004. A case-based reasoning approach to fuzzy soil mapping. Soil Science Society of America Journal 68, 885–894.

3. Yang, L., Zhu, A.X., Li, B.L., Qin, C.Z., Pei, T., Liu, B.Y., Li, R.K., Cai, Q.G., 2007. Extraction of knowledge about soil-environment relationship for soil mapping using fuzzy c-means (FCM) clustering. Acta Pedologica Sinica 44, 16–23.
4. Zhu, A.X., 1999. A personal construct-based knowledge acquisition process for natural resource mapping. International Journal of Geographical Information Science 13, 119–141.
5. Zhu, A.X., Mackay, D.S., 2001. Effects of spatial detail of soil information on watershed modeling. Journal of Hydrology 248, 54–77
6. Zhu, A.X., Yang, L., Li, B.L., Qin, C.Z., English, E., Burt, J.E., Zhou, C.H., 2008. Purposive sampling for digital soil mapping for areas with limited data. Pp. 233–245. In: Hartemink, A.E., McBratney, A.B., Mendonca Santos, M.L. (Eds.). Digital Soil Mapping with Limited Data. Springer-Verlag.