فصلنامه علوم محیطی، دوره پانزدهم، شماره ۳، پاییز ۱۳۹۶

۱۸۷-۲۰۲

ارزیابی کیفیت خاک‌های یک ناحیه نیمه‌خشک با استفاده از تحلیل سلسله‌مراتبی- منطق فازی نمونه موردی منطقه تلوبین در استان سمنان

آذر فاریابی* و حمیدرضا متین‌فر

گروه علوم خاک، دانشکده کشاورزی، دانشگاه لرستان، لرستان، ایران

تاریخ دریافت: ۹۶/۵/۱۴ تاریخ پذیرش: ۹۶/۸/۲۰

فاریابی، آ و ح. ر. متین فر. ۱۳۹۶. ارزیابی کیفیت خاک‌های یک ناحیه نیمه‌خشک با استفاده از تحلیل سلسله مراتبی- منطق فازی نمونه موردی منطقه تلوبین در استان سمنان. فصلنامه علوم محیطی. ۱۵(۳): ۲۰۲-۱۸۷.

سابقه و هدف: کیفیت خاک یکی از شاخص‌های مهم کشاورزی و محیط‌زیست پایدار محسوب می‌شود. در راستای اهداف کشاورزی پایدار و حفظ سلامت محیط‌زیست کیفیت خاک را به این طور تعریف می‌کنند: «ظرفیت نوع خاصی از خاک برای عملکرد در محدوده اکوسیستم طبیعی یا مدیریت، برای حفظ بهره‌وری گیاه و حیوانات، حفظ یا افزایش کیفیت آب‌وهوا، و حمایت از سلامت انسان و زندگی.» هدف از این تحقیق استفاده از تحلیل سلسله‌مراتبی و سامانه منطق فازی برای ارزیابی کیفیت خاک بر اساس خصوصیات فیزیکی، شیمیایی خاک و ویژگی‌های توپوگرافی (شیب، ارتفاع و جهت شیب) منطقه تلوبین استان سمنان است.

مواد و روش‌ها: منطقه مورد بررسی به وسعت ۴۲۳۶ هکتار در ۸۵ کیلومتری شمال شرقی شهر شاهرود واقع شده است. رژیم‌های رطوبتی و حرارتی خاک این منطقه به ترتیب زریک[1] و مزیک[2] هستند. سی‌وشش خاک رخ در منطقه‌ی تلوبین حفر شد. در این پژوهش با توجه به حفظ بهره‌وری گیاه و نظرات کارشناسان علوم خاک و علوم زراعی شاخص‌های کیفیت فیزیکی، شیمیایی خاک و توپوگرافی منطقه انتخاب شدند. توزیع مکانی شاخص‌ها با استفاده از روش درون‌یابی وزن‌دهی عکس فاصله (IDW) برای میان‌یابی نقاط قرارگرفته بین نقاط نمونه‌برداری‌شده و ایجاد یک سطح پیوسته، برای هر یک از پارامترهای فوق تهیه شد. سپس نقشه اولیه برای تهیه نقشه‌های فازی برای سه شاخص مذکور به‌کار گرفته شد و شاخص‌های ذکرشده با استفاده از روش فرآیند تحلیل سلسله‌مراتبی وزن‌دهی شد.

نتایج و بحث: نتایج این تحقیق نشان می‌دهد از لحاظ کیفیت خاک ۳/۰۱ درصد در دسته خیلی ضعیف، ۴۹/۵۷ درصد (۲۰۹۹/۸۷ هکتار) در دسته ضعیف، ۴۴/۳۳ درصد (۱۸۷۷/۳۳ هکتار) در دسته متوسط و ۳/۱۰ درصد (۱۳۱/۵۰ هکتار) در دسته خوب قرار گرفته‌اند. کیفیت خاک با استفاده از تمام شاخص‌ها تعیین شد، اما همیشه چند شاخص مهم و دارای وزن بالاتر به‌عنوان شاخص‌های کلیدی مشخص می‌شوند که در این تحقیق از شاخص‌های فیزیکی شاخص عمق خاک، از شاخص‌های شیمیایی شاخص کربن آلی و از شاخص‌های توپوگرافی شاخص شیب، دارای وزن بالاتری هستند. بنابراین مشخص می‌شود که استفاده از تحلیل سلسله‌مراتبی-منطق فازی برای تعیین کیفیت خاک در منطقه مورد بررسی از صحت خوبی برخوردار است. بازدیدهای میدانی منطقه نشان می‌دهد در محدوده‌هایی که کیفیت خاک متوسط است کاربری آن جنگل و مرتع است. در منطقه‌ای که کیفیت خاک در دسته خوب قرارگرفته مقدار کربن آلی و پتاسیم دارای مقادیر بالایی است

* Corresponding Author. *E-mail Address*: azarfariabi@gmail.com

Archive of SID

www.SID.ir

و pH در دامنه ۷-۶ قرار دارد که در این محدوده قابلیت جذب عناصر غذایی بالا است. اما در مناطقی که کیفیت خاک در دسته ضعیف یا خیلی ضعیف است، مقدار کربن آلی کم یا ناچیز است و شیب‌های منطقه بیشتر از ۳۰ درصد است.

نتیجه‌گیری: نتایج این تحقیق نشان داد که کربن آلی خاک بیش‌ترین تأثیر و سهم را در کیفیت خاک منطقه مورد بررسی دارد و از لحاظ کیفیت خاک بیشتر وسعت منطقه در دسته ضعیف کیفیت خاک قرار دارد. بنابراین می‌توان بیان کرد که استفاده از روش تلفیقی فازی و AHP در محیط سامانه اطلاعات جغرافیایی، می‌تواند وضعیت کیفیت خاک را در منطقه به‌صورت کمی در قالب گروه‌های مختلف طبقه‌بندی کند. با استفاده از تکنیک فازی می‌توان اظهارات کارشناسان را به‌عنوان پایگاه داده در اختیار داشت. به‌طورکلی، رویکرد منطق فازی به‌عنوان ابزار بسیار مناسبی برای مدل‌سازی کیفیت فیزیکی، شیمیایی و توپوگرافی منطقه که به پارامترهای ورودی در نظر گرفته‌شده وابستگی دارد، قلمداد می‌شود.

واژه‌های کلیدی: تحلیل فازی، شاخص توپوگرافی، شاخص فیزیکی و شیمیایی، کیفیت خاک.

مقدمه

یکی از اهداف اصلی در مدیریت پایدار اراضی، شناسایی مدیریت‌هایی است که از یک سو باعث ارتقاء کمی و کیفی تولید در طولانی‌مدت شوند و از سوی دیگر، باعث حفظ کیفیت خاک شده و منجر به تخریب اراضی نشوند (Alesheikh *et al*., 2008). بر اساس تعریف، کیفیت خاک، ظرفیت یک خاک برای ایفای نقش به‌عنوان یک جزء زنده در محیط زیست است (Doran *et al*., 1996). کیفیت خاک را نمی‌توان به‌طور مستقیم اندازه‌گیری کرد، بلکه با اندازه‌گیری چندین شاخص برآورد می‌شود. نوع شاخص‌های مورد استفاده، به مقیاس و اهداف پژوهش بستگی دارد. انتخاب خصوصیاتی که بتواند بیانگر کیفیت خاک باشد از اهمیت بالایی برخوردار است.

مدل فازی یکی از بهترین مدل‌هایی است که برای تهیه انواع نقشه‌ها مورد استفاده قرار گرفته است. این مدل نیاز به پارامترهای کمتری داشته و همچنین با توجه به کاهش در وقت و هزینه، از دقت بالایی برای تهیه نقشه برخوردار است (Kremenová, 2004). اگرچه شاخص‌های کیفیت خاک بسیار گسترده می باشند، به دلیل پیچیدگی ذاتی خاک ارزیابی دقیق کیفیت خاک برای یک عملکرد خاص مانند کشاورزی دشوار است. استفاده از نظریه منطق فازی بروش جدیدی برای ارزیابی دقیق‌تر و واقع‌گرایانه ترکیفیت خاک است (Pechea *et al*., 2016).

Ying *et al*. (2007) در منطقه هانن چین از ترکیب فرآیند تحلیل سلسله‌مراتبی و سیستم اطلاعات جغرافیایی برای ارزیابی ترکیبی کیفیت اکولوژی-محیط استفاده کردند. در این تحقیق، هر یک از وزن‌های عناصر ارزیابی به‌وسیله فرآیند تحلیل سلسله‌مراتبی پس از برقراری واحدها و شاخص‌های ارزیابی انتخابی، تعیین شد. Li *et al*. (2005) در منطقه هوبی چین، تکنیک فرآیند تحلیل سلسله‌مراتبی و مدل فازی درتعیین شاخص‌های وزنی سیستم‌های کشاورزی به کار گرفته شد. طبق این تحلیل‌ها، مشکلات هر منطقه بررسی و راه‌حل‌هایی برای رسیدن به حداکثر سود اقتصادی، اجتماعی، اکولوژیک و مدیریت اکوسیستم‌ها پیدا شد. Thapa and Murayama (2008) به ارزیابی اراضی برای کشاورزی نیمه‌شهری با استفاده از تحلیل تکنیک‌های فرایند سلسله‌مراتبی و سیستم اطلاعات جغرافیایی در منطقه هانوی پرداختند. Mosadeghi *et al*. (2015) به مقایسه مدل فازی - AHP و AHP در تصمیم‌گیری چندمعیاره مکانی برای مدل‌سازی برنامه‌ریزی شهری کاربرد اراضی پرداختند و بیان کردند که در محدوده مکانی وسیع مدل فازی –AHP برای تصمیم‌گیری بهتر جواب می‌دهد. Abrlshamchi *et al*. (2015) در زیرحوزه قره‌سو رودخانه کرخه به تحلیل تناسب کاربری اراضی برای گسترش آبیاری با استفاده از روش

Archive of SID
www.SID.ir

ارزیابی چندمعیاره فازی بر پایه GIS پرداختند و تکنیک‌های تصمیم‌گیری چندمعیاره مانند رتبه‌بندی و درجه‌دهی و غیره برای تحلیل تناسب را به‌کار بردند. Peche and Rodríguez (2012) در تحقیقی در مورد توسعه شاخص‌های کیفیت محیطی بر اساس منطق فازی بیان کردند که این یک روش متنوع است که امکان طراحی شاخص‌های خاص را برای ارزیابی کیفیت در هر محفظه محیط- آب، هوا، خاک - از دیدگاه‌های مختلف بسته به ویژگی‌های موجود در شاخص، فراهم می‌کند.

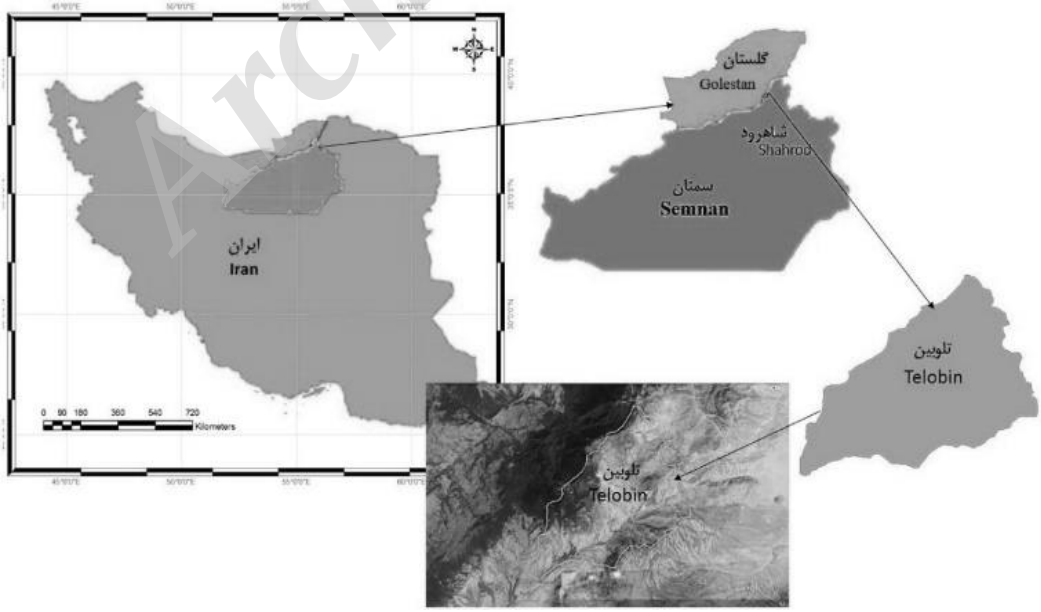
با وجود تحقیقات فراوان در زمینه تغییرپذیری مکانی برخی شاخص‌های کیفیت فیزیکی و شیمیایی خاک و کیفیت حاصل‌خیزی خاک در سطح جهان و ایران، تاکنون پژوهشی برای تعیین کیفیت خاک از لحاظ شاخص‌های فیزیکی و شیمیایی خاک که در افزایش حفظ عملکرد بهره‌وری گیاه مؤثرند، همراه با خصوصیات توپوگرافی محل تشکیل خاک برای تعیین کیفیت خاک به‌وسیله مدل تلفیقی فازی – AHP صورت نگرفته است. هدف از تحقیق حاضر استفاده از تحلیل سلسله‌مراتبی و سامانه منطق فازی برای ارزیابی کیفیت خاک بر اساس خصوصیات فیزیکی، شیمیایی خاک و ویژگی‌های توپوگرافی منطقه است.

مواد و روش‌ها

منطقه مورد بررسی: این منطقه به مساحت ۴۲۳۶ هکتار در ۸۵ کیلومتری شمال شرقی شهر شاهرود واقع‌شده است. (شکل ۱) مختصات جغرافیایی محدوده از $55^{o}34'7''$ تا $55^{o}4'12''$ طول شرقی و $37^{o}0'36''$ تا $37^{o}5'27''$ عرض شمالی است. رژیم‌های رطوبتی و حرارتی خاک منطقه، به ترتیب زریک و مزیک هستند (Banaei, 1998).

نمونه‌برداری خاک و بررسی‌های آزمایشگاهی

سی‌وشش خاک‌رخ در منطقه‌ی تلوبین (شکل ۲) حفر شد. تمامی خاک‌رخ‌های حفرشده، بر اساس راهنمای تشریح و نمونه‌برداری خاک‌ها در صحرا تشریح و مطابق با کلید رده‌بندی آمریکایی خاک طبقه‌بندی شدند (Soil Survey Staff, 2010). آزمایش‌های فیزیکی و شیمیایی مورد نیاز شامل تعیین درصد شن، سیلت و رس، واکنش خاک، درصد اشباع، هدایت الکتریکی عصاره اشباع، میزان کل کربنات‌ها، ظرفیت تبادل کاتیونی خاک و درصد ماده‌ی آلی می باشند.



شکل ۱- موقعیت منطقه موردمطالعه

Fig. 1. Location of the study area

Archive of SID
www.SID.ir

روش‌های درون‌یابی مکانی

روش‌های درون‌یابی بر مبنای این فرضیه توسعه یافته‌اند که نقاط نزدیک به یکدیگر نسبت به نقاط دورتر، همبستگی و تشابه بیشتری دارند. در این تحقیق از روش زمین‌آماری IDW[۳] برای بررسی تغییرات مکانی پارامترها استفاده شد. ازآنجاکه در روش میان‌یابی IDW (معکوس فاصله) فرض بر این است که نقاط نمونه‌ای، اثر وزنی دارند و از مکان تأثیر می‌گیرند، به‌بیان‌دیگر پیکسل‌های مکانی نزدیک‌تر به نقاط نمونه‌ای اثر بیشتری نسبت به پیکسل‌های مکانی دورتر از این نقاط می‌گیرند، بنابراین از روش میان‌یابی معکوس فاصله برای انجام درون‌یابی استفاده شد.

انتخاب شاخص‌ها و وزن‌دهی شاخص‌های مورد بررسی با استفاده از روش AHP

شاخص‌های فیزیکی و شیمیایی در این بررسی با توجه به عملکرد حفظ بهره‌وری گیاه و با توجه به نظرات کارشناسان علوم خاک و علوم زراعی انتخاب شدند. جدول (۱) توزیع شاخص‌های توپوگرافی در منطقه را نشان می‌دهد. شاخص‌های توپوگرافی منطقه در این تحقیق عبارت‌اند از شیب، جهت شیب و ارتفاع. ۷۶/۸۹ درصد از منطقه دارای شیب بیشتر از ۳۰ درصد است. همچنین ۶۵/۲۲ درصد از منطقه جهت شیب رو به جنوب دارد که در نتیجه دارای هیچ مشکلی از نظر دریافت نور خورشید نیست. برای نشان دادن مدل رقومی ارتفاع ناچار به نمایش بر اساس دسته ارتفاعی هستیم. اولاً مدل رقومی زمین از نوع Tin (مدل رقومی ارتفاعی سه‌بعدی) انتخاب‌شده و ثانیاً طبقات ارتفاعی در نظر گرفته‌شده بر اساس روش Natural Break دسته‌بندی می‌شوند تا وضعیت ارتفاعی منطقه را بهتر نمایش دهند. به‌منظور ایجاد لایه‌های رقومی شیب، جهت شیب و ارتفاع، لایه رستری مدل رقومی ارتفاع (DEM) زمین مرجع تولیدشده از داده‌های سنجنده استر با قدرت تفکیک مکانی ۳۰ متر استفاده شد. DEM به‌کار رفته در این بررسی، دارای اندازه پیکسل ۳۰ متر است. برای محاسبه شیب با استفاده از فیلترهای مناسب و دستورات موجود در نرم‌افزار Arc GIS شیب بر حسب درصد محاسبه شده است. بنابراین لازم است با در نظر گرفتن دامنه دسته‌های شیب مورد نیاز برای سایر بخش‌های مطالعاتی برای انجام برنامه‌ریزی‌های مربوط، نقشه شیب را طبقه‌بندی کرد.

علاوه بر میزان شیب منطقه، جهت شیب‌های غالب منطقه نیز اثر غیرمستقیمی در آب‌دوی و فرسایش دارد. شیب‌های هم‌درجه ولی با جهت‌های متفاوت یک منطقه معمولا به‌طور یکسان با خطر فرسایش روبه‌رو نیستند. وضع قرار گرفتن شیب نسبت به تابش خورشید در حرارتی که شیب دریافت می‌کند تأثیر دارد، به‌طوری‌که در شیب‌های آفتاب‌گیر به دلیل کمبود میزان رطوبت و کمبود درصد پوشش گیاهی میزان فرسایش آبی بیشتر از شیب‌های سایه‌گیر است و در شیب‌های سایه‌گیر برف‌گیری و رطوبت بیشتر بوده و در نتیجه پوشش گیاهی بهتر خواهد بود. ولی خطر حرکات توده‌ای بیشتر انتظار می‌رود.

با استفاده از فیلترها و توابع موجود در نرم‌افزار ArcGIS که بر لایه مدل رقومی ارتفاعی زمین (DEM) اعمال می‌شود، برای هر سلول شبکه وجه شیب بر حسب درجه به دست می‌آید. که میزان صفر درجه معرف جهت شمال، ۹۰ درجه جهت شرق، ۱۸۰ درجه جهت جنوب، ۲۷۰ درجه جهت غرب و مجدداً ۳۶۰ درجه جهت شمال است. با تعیین دامنه مناسب می‌توان نقشه جهت شیب را به ۴ دسته اصلی یا ۸ دسته (شمال، شمال‌غربی، ... شمال شرقی) تقسیم کرد.

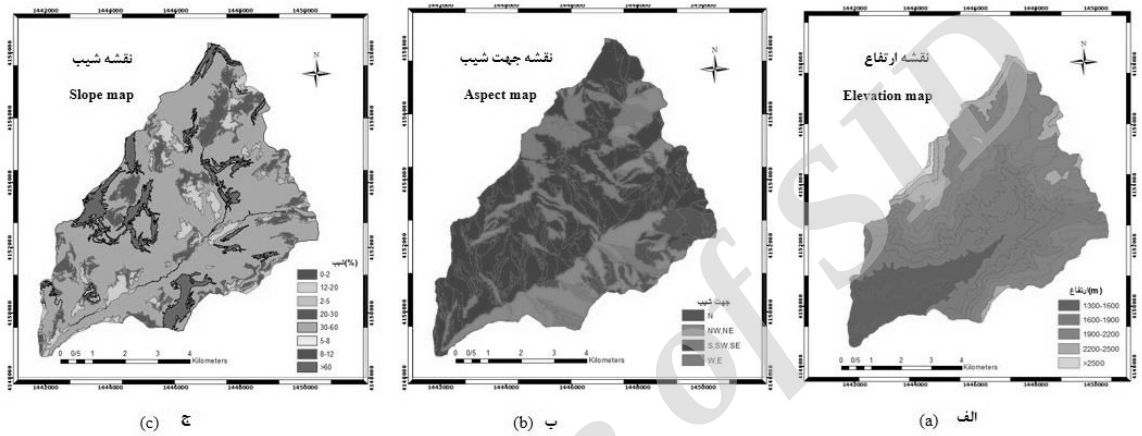
نقشه شیب، جهت شیب و ارتفاع منطقه مورد بررسی در شکل (۲) ارائه شده است.

Archive of SID
www.SID.ir

جدول ۱ - توزیع شاخص‌های توپوگرافی در منطقه مورد بررسی

Table 1. distribution of the topographic index of the study area

شاخص Index	شیب slope			ارتفاع Elevation			جهت شیب Aspect		
	طبقات Classes	مساحت (هکتار) Area (ha)	درصد Percent	طبقات Classes	مساحت (هکتار) Area (ha)	درصد Percent	طبقات Classes	مساحت (هکتار) Area (ha)	درصد Percent
	0-2	0.04	0.001	1300-1600	650.29	15.34	N	323.2	7.63
	2-5	48.84	1.5	1600-1900	1467.54	34.62	NW,NE	781.4	18.43
	5-8	8.40	0.20	1900-2200	1712.36	40.40	S,SW,SE	2427	57.25
	8-12	41.98	0.99	2200-2500	374.88	8.84	W,E	707.4	16.69
	12-20	382.22	9.02	2500>	33.89	0.80			
	20-30	498.46	11.76						
	30-60	2862.39	67.53						
	60>	396.62	9.36						



شکل ۲- نقشه‌های توپوگرافی استفاده‌شده در بررسی الف) نقشه ارتفاع ب) نقشه جهت شیب ج) نقشه شیب

Fig. 2. Topographic maps used in the study: a) Elevation map b) Aspect map c) Slope map

روش فرایند تحلیل سلسله‌مراتبی

برای برآورد اوزان هر یک از نقشه‌های موضوعی و نشان دادن میزان تأثیر هر یک از شاخص‌ها بر کیفیت خاک از نظریات کارشناسان خبره خاک‌شناسی و آبخیزداری استفاده شد و با توجه به جدول وزن‌دهی و ارجحیت ارائه‌شده (جدول ۲) توسط (El-saatty, 1980) اهمیت هر عامل و ارجحیت آن نسبت به عوامل دیگر تعیین و ماتریس مقایسات زوجی تشکیل شد.

مراحل محاسبه اوزان نسبی شاخص‌ها عبارت‌اند از ۱) مقادیر هر یک از ستون‌های ماتریس مقایسات زوجی با هم جمع می‌شود. ۲) هر عنصر در ماتریس مقایسه زوجی به جمع ستون‌های خود تقسیم شد تا ماتریس نرمال شود. جمع هر ستون در ماتریس نرمال برابر یک است. ۳) مقدار متوسط (میانگین) عناصر در هر سطر از ماتریس نرمال محاسبه شد. این مقادیر متوسط، تخمینی از وزن‌های مورد نظر است. برای تعیین درجه دقت و صحت وزن‌دهی از شاخص سازگاری[۴] استفاده شد. ماتریس مقایسات زوجی در بردار ستونی (وزن نسبی) ضرب شده، بردار جدیدی که از این طریق به دست می‌آید، بردار مجموع وزنی[۵] نامیده می‌شود. عناصر بردار مجموع وزنی بر بردار اولویت نسبی تقسیم شده و بردار حاصل، بردار سازگاری[۶] نامیده می‌شود. شاخص سازگاری به‌صورت زیر محاسبه شد (Malczewski, 1999):

$$CI = \frac{(\lambda - n)}{(n-1)}. \qquad (۱)$$

که در آن n تعداد عوامل شاخص‌های مؤثر بر کیفیت خاک و λ متوسط بردار سازگاری است. نسبت سازگاری[۷] از تقسیم شاخص سازگاری به شاخص تصادفی[۸] حاصل شد.

Archive of SID
www.SID.ir

$$CR = \frac{CI}{RI} \quad (۲)$$

که در آن CI شاخص سازگاری، RI شاخص تصادفی است که از جدول استاندارد (۳) استخراج می‌شود. چنانچه نسبت سازگاری معادل، یا کمتر از ۰/۱ باشد، وزن‌دهی صحیح بوده در غیر این‌صورت، وزن‌های نسبی داده‌شده به شاخص‌های مؤثر بر کیفیت خاک باید تغییر یابند و وزن‌دهی مجدداً انجام شود.

جدول ۲ – طبقه‌بندی بر اساس دانش کارشناسی برای مقایسه زوجی (El-saatty, 1980)

Table 2. Classification based on expert knowledge for pair-wise comparison

امتیاز (Score)	طبقه‌بندی (Classification)
9	کاملاً ارجح (Absolutely Preferred)
7	ارجحیت خیلی قوی (Very strongly Preferred)
5	ارجحیت قوی (Strongly Preferred)
3	ارجحیت کم (Weakly Preferred)
1	ارجحیت یکسان (Equal Preferred)
2,4,6,8	ارجحیت بین فواصل فوق (Between These intervals Preferred)

جدول ۳- شاخص تصادفی ساعتی (El-saatty, 1980)

Table 3. Saaty random index

فراوانی معیارها (Frequency Criteria)	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
ضریب RI (Random index)	0	0	0.52	0.98	1.11	1.25	1.35	1.40	1.45	1.49

همپوشانی لایه‌ها با در نظر گرفتن ضریب اهمیت لایه‌ها: پس از اجرای مراحل قبلی و در صورت درست بودن مقدار نسبت سازگاری (CR<0/1)، می‌توان لایه‌های رستری را با اعمال ضریب اهمیت‌شان همپوشانی کرد. پس از این همپوشانی، نقشه‌ای در قالب رستر به دست می‌آید که مناطق دارای امتیاز بالاتر، مطلوبیت بیشتری برای هدف مورد نظر دارند. تهیه نقشه کیفیت خاک و دسته‌بندی آن: با تهیه نقشه‌های فازی به‌وسیله GIS برای هر یک از پارامترها و امتیازدهی به هریک از آن‌ها بر اساس گروه‌بندی انجام‌شده، وزن‌های تهیه‌شده با استفاده از فناوریAHP در لایه‌ی پارامترها ضرب و از حاصل جمع آنها نقشه‌ی کیفیت خاک تهیه شد.

در شکل (۳) مراحل تهیه نقشه کیفیت خاک نمایش داده‌شده است.

برای سنجش اعتبار گروه‌های تفکیکی کیفیت خاک از ۱۰ نمونه خاک که در ایجاد نقشه کیفیت خاک به‌کار نرفته بودند، استفاده شد.

نتایج و بحث

آماده‌سازی مجموعه داده‌ها

بررسی تغییرات داده‌ها در منطقه مورد بررسی و توصیف آماری آنها: آمار توصیفی شاخص‌های کیفیت خاک منطقه مورد بررسی در جدول ۴ مشاهده می‌شود. شرط اول استفاده از روش‌های زمین‌آمار نرمال بودن توزیع شاخص‌ها برای تهیه نقشه است. نتایج ضریب چولگی، pH، میزان رس و درصد اشباع نشان می‌دهد که داده‌ها از توزیع نرمال برخوردار نبودند یعنی از بازه (۲- تا ۲) کمی فراتر هستند که با استفاده از روش تبدیل لگاریتمی، داده‌ها نرمال شدند. بقیه متغیرها بین ۲ -و ۲ +قرار دارد که در تایید نرمال بودن توزیع آنها هست (جدول ۴). وضعیت توزیع شاخص‌های مورد بررسی با استفاده از آزمون کولموگروف اسمیرنوف بررسی شد که نشان داد همه داده‌ها دارای توزیع نرمال هستند (P>۰/۰۵). همان‌طور که در جدول ۴ مشاهده می‌شود، برخی خصوصیات مورد بررسی، دامنه نسبت گسترده‌ای از تغییرات را نشان می‌دهند. دامنه تغییرات pH خاک از ۶/۷۰ تا ۷/۸۹ در ناحیه مورد بررسی متغیر است. میانگین کربن آلی خاک در این منطقه، ۱/۷۹ درصد و تقریباً مطلوب است.

Archive of SID
www.SID.ir

پیش‌پردازش داده‌ها و میان‌یابی: برای انجام پیش‌پردازش داده‌ها، از نرم‌افزار ArcGIS10 استفاده شد. ازآنجاکه نرمال بودن توزیع آماری مقادیر فاکتورهای مورد بررسی، شرط اساسی برای استفاده از بسیاری از تخمین‌گرهای زمین‌آماری است، بنابراین نخست همه داده‌ها تحت آزمون ناپارامتری نرمالیته (کولموگروف-اسمیرنوف) و جست‌وجوی داده‌های پرت قرار گرفتند و پس از حذف داده‌های پرت، نرمال بودن داده‌ها تائید شد و تعداد داده‌ها به ۳۶ داده کاهش یافت. با استفاده از مدل IDW (عکس وزنی فاصله) مقادیر هر پارامتر در نقاط اندازه‌گیری‌نشده با استفاده از مقادیر نقاط اندازه‌گیری‌شده و ایجاد یک سطح پیوسته، برای هر یک از شاخص‌های فوق‌الذکر در محیط نرم‌افزار ArcGIS 10 درون‌یابی شد. پس از تکمیل ماتریس با اجرای دستور محاسبه برنامه به محاسبه ضریب اهمیت هر یک از معیارها پرداخته و در نهایت ضریب سازگاری (CR) را نمایش می‌دهد. درصورتی‌که مقدار ضریب سازگاری کمتر از ۰/۱ باشد، قضاوت در سنجش دوبه‌دویی درست بوده و در غیر این صورت بایستی در ماتریس ارزیابی تجدید نظر کرد. در جداول ۳ و ۴ و ۵ ماتریس شاخص‌های فیزیکی و شیمیایی نشان داده شده است و برای محاسبه نسبت ناسازگاری تمام پارامترها محاسبه‌شده و نتایج نشان می‌دهد که مقدار CR کمتر از ۰/۱ است و کاملا قابل‌قبول است.

هر یک از فاکتورهای مؤثر در کیفیت خاک با استفاده از فناوری AHP وزن‌دهی شد و همان‌طور که در جدول ۳ مشاهده می‌شود، به دست آمدن این نسبت ناسازگاری‌ها برای شاخص‌های مورد بررسی نشان می‌دهد که قضاوت در مورد ماتریس مقایسات زوجی شاخص‌های فیزیکی خاک، شاخص‌های توپوگرافی خاک و شاخص‌های شیمیایی خاک درست بوده، زیرا نسبت سازگاری کمتر از ۰/۱ است. (جداول ۵، ۶ و ۷)

جدول ۴- آمار توصیفی خصوصیات اندازه‌گیری شده خاک در منطقه مورد بررسی (پس از نرمال‌سازی)

Table 4. Descriptive statistics characteristics of soil in the study area (after normalization)

خصوصیت (Character)	حداکثر (Maximum)	حداقل (Minimum)	میانگین (Average)	انحراف معیار (standard deviation)	چولگی (Skewness)	کشیدگی (kurtosis)	K-S (sig)*
عمق (Depth)	160	10	76.61	70.959	0.238	-2.044	0
EC (dS m-1)	1.75	0.58	7.36	0.351	0.719	-0.214	0.054
pH	7.89	6.7	7.44	0.219	-2.393	۶/۶۶۸	0
کربن آلی Organic carbon (%)	6.2	0.01	1.79	1.88	1.321	0.925	0.22
شن (Sand)	54	23	39.92	9.135	-0.066	-1.186	0.166
سیلت (Silt)	52	31	40.97	6.291	0.075	-1.267	0.534
رس (Clay)	33	12	16.83	5.521	2.186	3.810	0.31
مواد خنثی‌شونده Neutralizing Value (%)	38.6	3.5	23.21	11.46	-0.340	-1.212	0.13
ازت کل Total N (٪)	0.56	0.04	0.1949	0.155	1.009	0.144	0.14
پتاسیم قابل‌جذب Available Potassium (ppm)	34.4	1.4	12.83	11.25	0.873	-0.622	0.316
فسفر قابل‌جذب Available Phosphorus (ppm)	680	138	394.25	139.84	0.197	0.358	0.172
درصد اشباع (Saturation Percent)	70.4	3.3	44.34	14.22	-0.273	1.08	0.29

*میزان معنی‌داری آزمون کولموگروف اسمیرنوف

*The amount of significant Kolmogorov–Smirnov test

Archive of SID

www.SID.ir

جدول ۵- ماتریس مقایسات زوجی شاخص‌های فیزیکی خاک

Table 5- Pair-wise comparison matrix for physical indicators of soil

عناصر (Ingredients)	سیلت (Silt)	شن (Sand)	عمق خاک (Soil depth)	رس (Clay)	وزن (Weight)
سیلت (Silt)	1	5	2	4	0.4942
شن (Sand)	0.2	1	0.25	0.25	0.0666
عمق خاک ((Soil depth	0.5	4	1	2	0.2713
رس (Clay)	0.25	4	0.5	1	0.1679

مقدار حداکثر ویژه Max. eigenvalue (λmax) = 4/1311

تعداد n =4

شاخص ناسازگاری Consistency index (CI) = (λmax-n)/(n - 1) =0/0437

شاخص تصادفی Random index (RI) =0/8991

نسبت ناسازگاری Consistency ratio (CR) = CI/RI =0.0486

جدول ۶ – ماتریس مقایسات زوجی شاخص‌های توپوگرافی منطقه

Table 6- Pair-wise comparison matrix for topography indicators of the area

عناصر (Ingredients)	ارتفاع (Elevation)	شیب (Slope)	جهت شیب (Aspect)	وزن (Weight)
ارتفاع (Elevation)	1	0.2	0.5	0.1283
شیب (Slope)	5	1	2	0.5954
جهت شیب (Aspect)	2	0.5	1	0.2764

مقدار حداکثر ویژه Max. eigenvalue (λmax) = 3/0055, تعداد n =3

شاخص ناسازگاری Consistency index (CI) = (λmax-n)/(n - 1) =0/00275

شاخص تصادفی Random index (RI) =0/518

نسبت ناسازگاری Consistency ratio (CR) = CI/RI =0/0053

جدول ۷ –ماتریس مقایسات زوجی شاخص‌های شیمیایی خاک

Table 7- Pair-wise comparison matrix for chemical indicators of soil

عناصر (Ingredients)	EC ($dS\ m^{-1}$)	پتاسیم قابل‌جذب Available K (ppm)	مواد خنثی شونده Neutralizing Value (%)	کربن آلی O.C (%)	فسفر قابل‌جذب Available P (ppm)	PH	ازت کل Total N (٪)	وزن (Weight)
EC(ds/m)	1	0.5	4	0.2	0.5	0.5	0.5	0.0759
پتاسیم قابل‌جذب Available Potassium (ppm)	2	1	2	0.5	0.5	0.5	0.5	0.0957
مواد خنثی‌شونده Neutralizing Value (%)	0.25	0.5	1	0.2	0.25	0.25	0.25	0.038
کربن آلی Organic carbon (%)	5	2	5	1	2	5	2	0.3361
فسفر قابل‌جذب Available Phosphorus (ppm)	2	2	4	0.5	1	0.5	0.5	0.1271
pH	2	2	4	0.2	2	1	2	0.1729
ازت کل Total N(٪)	2	2	4	0.5	2	0.5	1	0.1542

مقدار حداکثر ویژه Max. eigenvalue (λmax) = 7/5097, تعداد n =7

شاخص ناسازگاری Consistency index (CI) = (λmax-n)/(n - 1) =0/08495

شاخص تصادفی Random index (RI) =1/31

نسبت ناسازگاری Consistency ratio (CR) = CI/RI =0/0644

Archive of SID

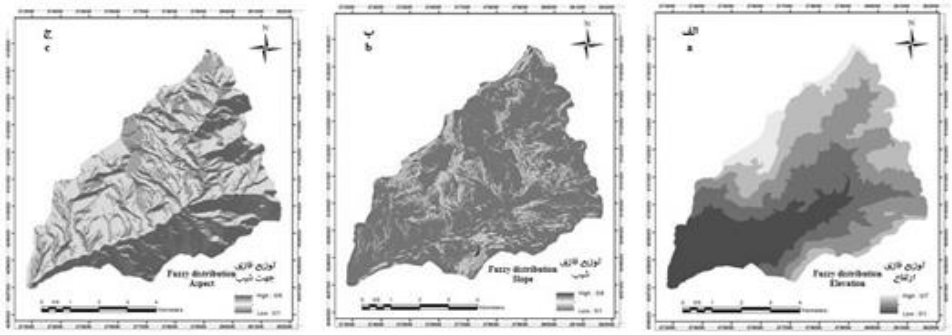
www.SID.ir

شکل‌های ۴، ۵، ۶ و ۷ به ترتیب نقشه‌های فازی شاخص‌های مورد بررسی و نقشه تفکیکی کیفیت خاک در منطقه را نشان می‌دهند. این نقشه‌ها بیانگر تغییرات پیوسته این فاکتورها در منطقه هستند.

برای استفاده از منطق فازی برای تعیین کیفیت، نخست فازی‌سازی یا استانداردسازی معیارها انجام می‌شود. می‌دانیم که شیب نقش مهمی در کیفیت خاک دارد، زیرا افزایش شیب باعث کاهش کیفیت خاک می‌شود. انتظار می‌رود شیب‌های کمتر، عضویت فازی بزرگ‌تر را دریافت کنند. طبقه‌بندی شیب نشان می‌دهد که طبقه شیب کمتر به دلیل افزایش کیفیت خاک بایستی از ۰ تا ۱ (عضویت فازی) ارزش یک را بگیرد با استفاده از تابع لارج این مهم امکان‌پذیر است. تکامل طبیعی خاک به توپوگرافی منطقه، یا به عبارت دیگر، به خواص ژئومورفولوژی وابسته است. ضخامت لایه خاک با افزایش شیب کاهش و با کاهش شیب، افزایش می‌یابد (Atalay, 2006). ارتفاع عامل مهمی در تنوع پوشش گیاهی با ایجاد تغییرات درجه حرارت، به‌ویژه در ارتفاعات بالا است. در شکل ۴ نقشه‌های فازی تهیه‌شده شاخص‌های توپوگرافی نشان می‌دهد که با توجه به نقش واقعی این شاخص‌ها در کیفیت خاک عضویت فازی مناسب به آنها تعلق‌گرفته است.

بعد از تهیه نقشه فازی برای هر یک از پارامترهای شاخص‌های فیزیکی، شیمیایی و توپوگرافی، وزن‌های تهیه‌شده برای هر یک از پارامترها با استفاده از تکنیک AHP در این لایه‌ها ضرب و نقشه شاخص شیمیایی کیفیت خاک، شاخص فیزیکی کیفیت خاک و شاخص توپوگرافی کیفیت خاک تهیه شد (شکل‌های ۴، ۵ و ۶) و از حاصل جمع آنها با استفاده از عملگر فازی گاما نقشه نهایی کیفیت خاک تهیه شد (شکل ۸). نتایج این تحقیق نشان می‌دهد از لحاظ کیفیت خاک ۳/۰۱ درصد (۱۲۷/۶۶ هکتار) در دسته خیلی ضعیف، ۴۹/۵۷ درصد (۲۰۹۹/۸۷ هکتار) در دسته ضعیف، ۴۴/۳۳ درصد (۱۸۷۷/۳۳ هکتار) در دسته متوسط و ۳/۱۰ درصد (۱۳۱/۵۰ هکتار) در دسته خوب قرار گرفته‌اند. (شکل ۷) در منطقه مورد بررسی هم در برخی از کاربری‌های زراعت دیم و زراعت آبی مشاهده می‌شود که کیفیت خاک پایین است. یکی از دلایل آن می‌تواند مصرف بی‌رویه کودهای شیمیایی، بخصوص کودهای ازته باشد. اسیدی شدن خاک نیز ممکن است در چرخه مواد غذایی تغییراتی را ایجاد کند (Kemmitt *et al.*, 2005).

Li and Yan (2012) سلامت زمین‌های کشاورزی را با تحلیل آنالیز و منطق فازی در یک منطقه تولید عمده دانه ارزیابی کردند. داده‌های ورودی و خروجی به‌وسیله تجزیه‌وتحلیل‌های جدید و خصوصیات طبیعی زمین کشاورزی، شرایط محیط‌زیست خاک و سیاست‌های حفاظت از زمین‌های کشاورزی و غیره که توسط منطق فازی ارائه‌شده است، مورد توجه قرار گرفت. تصمیم‌گیری فازی و تجزیه و تحلیل می‌توانند یکدیگر را تکمیل کنند، ویژگی‌های شاخص‌های مختلف به‌طور کامل نشان‌دهنده عملکرد سیستم زمین کشاورزی بود.

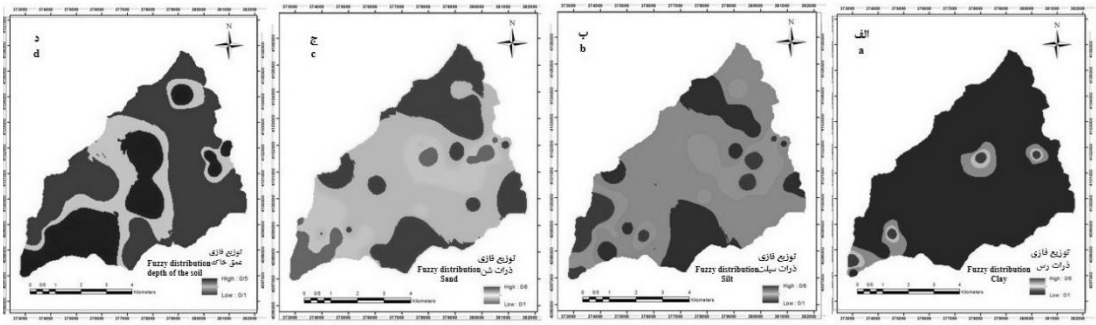


شکل ۳- نقشه‌های فازی شاخص‌های توپوگرافی: الف) ارتفاع، ب) شیب، ج) جهت شیب

Fig. 3. Fuzzy map of the topography of the indicators: a) Elevation, b) slope, c) Aspect

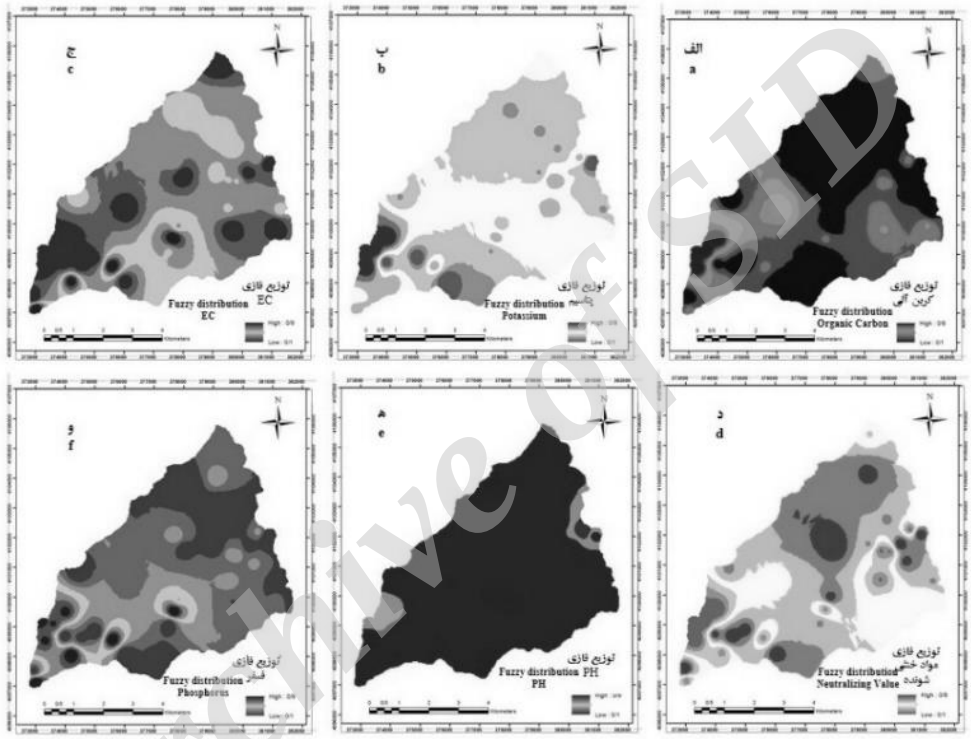
Archive of SID

www.SID.ir



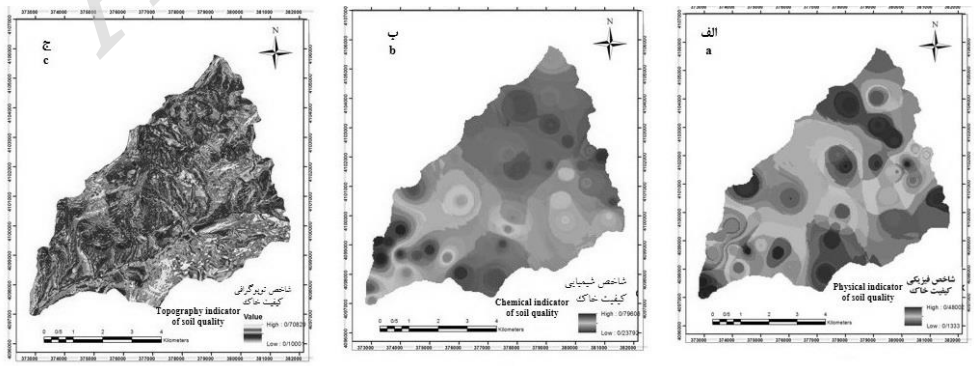
شکل ۴- نقشه‌های فازی: الف) رس، ب) سیلت، ج) شن، د) عمق

Fig. 4. Fuzzy maps: a) clay, b) silt, c) sand, d) deep



شکل ۵- نقشه‌های فازی شاخص‌های شیمیایی کیفیت خاک، الف) کربن آلی، ب) پتاسیم، ج) EC، د) مواد خنثی‌شونده، ه) PH و) فسفر

Fig. 5. Fuzzy map chemical indicators soil quality a) Organic Carbon, b)Potassium, c) EC, d) Neutralizing Value, e) PH and Phosphorus

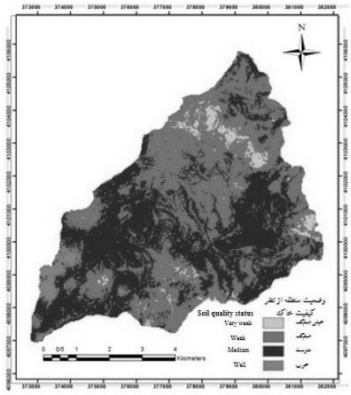


شکل ۶- نقشه تلفیقی فازی و AHP شاخص‌های الف) فیزیکی ب) شیمیایی ج) توپوگرافی کیفیت خاک

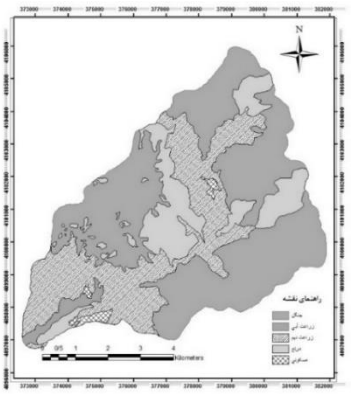
Fig. 6. Map integrated fuzzy and AHP of indicators a) physical b) chemical, c) the topography of soil quality

Archive of SID

www.SID.ir



شکل ۷- نقشه نهایی کیفیت خاک در منطقه مورد بررسی
Fig. 7. The final map of the soil quality in the study area

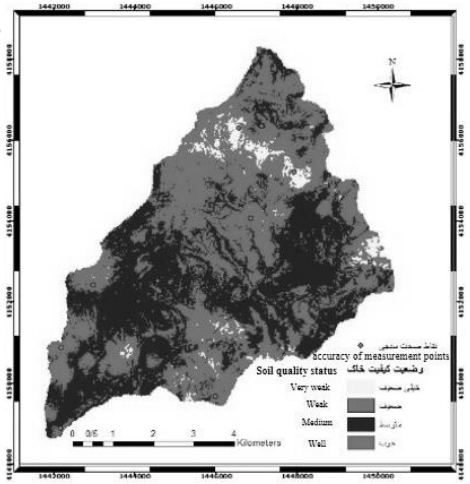


شکل ۸- نقشه کاربری اراضی در منطقه مورد بررسی
Fig. 8. Land use map in the study area

کیفیت خاک با استفاده از تمام شاخص‌ها تعیین شد، اما همیشه چند شاخص مهم و دارای وزن بالاتر به‌عنوان شاخص‌های کلیدی مشخص می‌شوند که در این تحقیق در شاخص‌های فیزیکی شاخص عمق خاک و در شاخص‌های شیمیایی شاخص کربن آلی و در شاخص‌های توپوگرافی شاخص شیب، دارای وزن بالاتری هستند.

سنجش اعتبار گروه‌های تفکیکی کیفیت خاک نشان داد که با توجه به مقادیر فاکتورهای مورد بررسی در جدول ۶ و مقایسه این مقادیر با گروه‌های تفکیک‌شده در شکل ۹ می‌توان گفت که این نقاط با توجه به مقادیرشان دقیقا در گروه‌های تفکیکی با در نظر گرفتن حدود تعیین‌شده آنها در نقشه نهایی کیفیت خاک قرار گرفته‌اند. بنابراین مشخص می‌شود که استفاده از تحلیل سلسله‌مراتبی-منطق فازی برای تعیین کیفیت خاک در منطقه مورد بررسی از صحت خوبی برخوردار است. بازدیدهای میدانی منطقه نشان می‌دهد در محدوده‌هایی که کیفیت خاک متوسط است کاربری آن جنگل و مرتع است. این امر در شکل ۹ و نقشه کاربری اراضی منطقه هم مشاهده می‌شود.

در منطقه‌ای که کیفیت خاک در دسته خوب قرارگرفته مقدار کربن آلی و پتاسیم دارای مقادیر بالایی است و pH در دامنه ۷-۶ قرار دارد که در این محدوده قابلیت جذب عناصر غذایی بالا است اما در مناطقی که کیفیت خاک در دسته ضعیف یا خیلی ضعیف است مقدار کربن آلی کم یا ناچیز است و شیب‌های منطقه بیشتر از ۳۰ درصد است.



شکل ۹- موقعیت نقاط صحت‌سنجی روی نقشه کیفیت خاک در منطقه مورد بررسی
Fig 9. Location accuracy of measurement points on the map of soil quality in the study area

Archive of SID
www.SID.ir

جدول ۸- نتایج حاصل از ۱۰ نقطه واردنشده در ایجاد نقشه کیفیت خاک و استفاده‌شده برای سنجش اعتبار گروه‌های تفکیکی کیفیت خاک

Table 8- Results from 10 points not included in the map of soil quality used to measure the validity of soil quality separation groups

شماره خاک (number of soil)	گروه‌های کیفیت خاک (Soil quality groups)	شاخص‌های فیزیکی Physical indicators						شاخص‌های شیمیایی Chemical indicators					خصوصیات توپوگرافی Topographic characteristics		
		Silt سیلت	Sand شن	عمق خاک Depth	Clay رس	بافت خاک Soil texture	EC (dS m^{-1})	پتاسیم قابل جذب Available K (ppm)	مواد خنثی شونده Neutralizing Value (٪)	کربن آلی O.C(٪)	فسفر قابل جذب Available P (ppm)	ازت کل Total N (٪)	PH	ارتفاع (Elevation)	شیب (Slope)	جهت شیب (Aspect)
121	4	51	33	18	16	لوم سیلتی (Silty loam))	0.63	643	3.4	6.1	27.9	0.48	6.5	1015	30	S
171	3	41	44	15	15	لومی (Loam))	0.66	423	5.17	3.86	6.79	35	7.4	1009	62	SE
201	3	42	42	160	16	لومی (Loam)	1.06	365	33	0.8	17	0.089	7.51	998	20	S
81	2	34	51	15	15	لومی (Loam)	1.2	305	27.5	0.45	3.3	0.06	7.5	1011	63	NW
231	2	35	50	15	15	لومی (Loam)	1.2	312	27.6	0.5	33.1	0.06	7.5	1011	62	S
241	1	32	54	10	14	لوم شنی (Sandy loam)	1.25	312	27.9	0.51	3.2	0.061	7.58	999	30	SE
251	1	35	50	15	15	لومی(Loam)	1.5	314	27.8	0.51	3.4	0.06	7.5	999	12	S
271	1	29	55	15	16	لوم شنی (Sandy loam)	1.2	312	27	0.54	3.5	0.065	7.52	999	20	S
21	2	41	27	150	32	لوم رسی (Clay loam)	0.58	378	38.9	0.02	5.7	0.15	7.48	1002	3	E
341	4	50	34	150	16	لوم سیلتی/ لومی (Loam/ Silty loam)	1.78	479	13.2	2.29	34	0.27	7.5	1019	14	NW

نتیجه‌گیری

نتایج این تحقیق نشان داد که کربن آلی خاک دارای بیشترین تأثیر و سهم در کیفیت خاک در منطقه مورد بررسی بوده و از لحاظ کیفیت خاک بیشتر وسعت منطقه در دسته ضعیف کیفیت خاک قرار دارد. لذا می‌توان بیان کرد که استفاده از روش تلفیقی فازی و AHP در محیط سامانه اطلاعات جغرافیایی، می‌تواند وضعیت کیفیت خاک را در منطقه به‌صورت کمی در قالب گروه‌های مختلف طبقه‌بندی کند. درمجموع تهیه نقشه طبقه‌بندی کیفیت خاک می‌تواند به‌عنوان گام مؤثری در بررسی کیفیت خاک، مدیریت اراضی و کشاورزی پایدار در نقاط مختلف کشور مطرح شود. با استفاده از تکنیک فازی می‌توان اظهارات کارشناسان را به‌عنوان یک پایگاه داده در اختیار داشت. به‌طورکلی، رویکرد منطق فازی به‌عنوان یک ابزار بسیار مناسب برای مدل‌سازی کیفیت فیزیکی، شیمیایی و توپوگرافی منطقه که به پارامترهای ورودی در نظر گرفته‌شده وابستگی دارد، قلمداد می‌شود.

پی‌نوشت‌ها

[1] Xeric
[2] Mesic
[3] Inverse Distance Weighting (IDW)
[4] Consistency index
[5] Weighted sum vector
[6] Consistency vector
[7] Consistency ratio
[8] Random index

منابع

Alesheikh, A.A., Soltani, M.J., Nouri, N. and Khalilzadeh, M., 2008. Land assessment for flood

Abrishamchi, A., Tajrishy, M. and Marino, M., 2008. In Proceedings Awra Spring Specialty Conference.

Archive of SID
www.SID.ir

spreading site selection using geospatial information system. International Journal of Environmental Science and Technology. 5, 455-462.

Aparicio, V. and Costa, J.L., 2007. Soil quality indicators under continuous cropping systems in the Argentinean Pampas. Soil and Tillage Research. 96, 155-165.

Arshad, M.A. and Martin, S., 2002. Identifying critical limits for soil quality indicators in agro-ecosystems. Agriculture, Ecosystems and Environment. 88, 153-160.

Atalay, I., 2006. Toprak Oluşumu, Sınıflandırılması ve Coğrafyası. Çevre ve Orman Bakanlığı.

Banaei, M.H., 1998. Map heat and moisture regimes in Iran.Research. Institute for Soil and Water Country. (In Persian with English abstract).

Doran, J.W., Parkin, T.B. and Jones, A., 1996. Quantitative indicators of soil quality: A minimum data set. Methods for assessing soil quality. 25-37.

El-saatty, T.L., 1980. The analytic hierarchy process: New York: McGraw-Hill New York.

Islam K.R., Kamaluddin, M., Bhuiyan, M.K. and Badruddin, A., 1999. Comparative performance of exotic and indigenous forest species for tropical semi-evergreen degraded forest land reforestation in Bangladesh. Land Degrad. Dev. 10, 241-249.

Karlen D. L. Ditzler C. A. and Andrews S. S., 2003. Soil quality: why and how? Geoderma. 114, 145-156.

Kemmitt S.J., Wright, D. and Jones, D.L., 2005. Soil acidification used as a management strategy to reduce nitrate losses from agricultural land. Soil Biology and Biochemistry. 37, 867-875.

Klute A., 1986. Methods of soil analysis. Part 1. Physical and mineralogical methods. American Society of Agronomy, Inc.

Kremenová, O., 2004. Fuzzy modeling of soil maps. Pages 81. Helsinki University of technology department of surveying: Citeseer.

Li, Q. and Yan, J., 2012. "Assessing the health of agricultural land with emergy analysis and fuzzy logic in the major grain-producing region." Catena 99: 9-17.

Li, X. M. Min, M. and Tan, C.F., 2005. The functional assessment of agricultural ecosystems in Hubei Province, China. Ecological Modelling. 187, 352-360.

Malczewski, J., 1999. GIS and multicriteria decision analysis. John Wiley & Sons. Inc. Pub., USA.

Mosadeghi, R., Warnken, J., Tomlinson, R. and Mirfenderesk, H., 2015. Comparison of Fuzzy-AHP and AHP in a spatial multi-criteria decision making model for urban land-use planning. Computers, Environment and Urban Systems. 49, 54-65.

Peche, R. and Rodríguez, E., 2012. "Development of environmental quality indexes based on fuzzy logic. A case study." Ecological Indicators. 23, 555-565.

Qi, Y., Huang, B., Gu, Z., Sun, W. and Zhao, Y., 2008. Spatial and temporal variation of C/N ratio of agricultural soils in typical area of Yangtze Delta region and its environmental significance. B. Miner. Petro. Geochem. 27, 50-56.

Schoeneberger, P.J., Wysocki, D.A., Benham, E.C. and Broderson, W.D., 2002. Field book for describing and sampling soils. Natural Resources Conservation Service, National Soil Survey Center,. Lincoln, NE.

Soil Survey Staff. 2010. Keys to soil taxonomy NRCS, USDA, USA.

Thapa, R.B. and Murayama, Y., 2008. Land

Archive of SID
www.SID.ir

evaluation for peri-urban agriculture using analytical hierarchical process and geographic information system techniques: A case study of Hanoi. Land Use Policy. 25, 225-239.

Trangmar, B.B., Yost, R.S. and Uehara, G., 1985. Application of geostatistics to spatial studies of soil properties. Advances in agronomy. 38, 45-94.

Wang, Z., Chang, A.C., Wu, L. and Crowley, D., 2003. Assessing the soil quality of long-term reclaimed wastewater-irrigated cropland. Geoderma. 114, 261-278.

Ying, X., Zeng, G.M., Chen, G.Q., Tang, L., Wang, K.L. and Huang, D.Y., 2007. Combining AHP with GIS in synthetic evaluation of eco-environment quality—A case study of Hunan Province, China. Ecological Modelling. 209, 97-109

.

Archive of SID

www.SID.ir

Environmental Sciences Vol.15 / No.3 / Autumn 2017

187-202

Soil quality assessment of a semi-arid region using Fuzzy Logic and Analytic Hierarchy process technique (Case study: Telobin, Semnan province)

Azar Fariabi * **and Hamid Reza Matinfar**

Soil Science Department, Faculty of Agricultural Science, University of Lorestan, Lorestan, Iran

Received: 2017.08.05 **Accepted:** 2017.11.11

Fariabi, A. and Matinfar, H.R., 2017. Soil quality assessment of a semi-arid region using Fuzzy Logic and Analytic Hierarchy process technique (Case study: Telobin, Semnan province). Environmental Sciences. 15(3): 187-202.

Introduction: Soil quality is considered to be one of the important indicators of agricultural and the environmental sustainability. Based on sustainable agricultural goals and environmental protection, soil quality is defined as "the capacity of a specific kind of soil for sustaining plant and animal productivity, maintaining or enhancing water and air quality and supporting human health and habitation"(Doran *et al*., 1996). The main objective of this study is to integrate the AHP and fuzzy logic systems to assess soil quality based on physical, chemical soil properties and their topographical characteristics.

Materials and methods: The study was carried out in the Telobin area located in northeastern Shahrood County, Iran. The thermal regime of the study area is Mesic and its moisture regime is Xeric. Soil was sampled at 36 locations across the study area, describing all soil variability. Soil samples were analyzed for their physical and chemical soil properties and incorporated into topographical characteristics for further analysis. A map of each soil parameter and topographic index was created using the Inverse Distance Weighting Model. Thereafter, a map of soil quality regarding physical, chemical and topographical indicators was created using integrated fuzzy and AHP approaches. The AHP Technique was used for weighting all the aforementioned indicators.

Results and discussion: In terms of soil quality, the results show that, 3.01% was classified as high quality, 49.57% (2099.87 ha) as poor quality, 44.33% (1877.33 ha) as average quality and 3.5% (50/131 hectares) as good quality. Soil quality was determined by using all indicators, but there are always a few important indicators with a higher weight as key indicators. In this study soil depth index (from physical indicators),

* Corresponding Author. *E-mail Address*: azarfariabi@gmail.com

Archive of SID

www.SID.ir

organic carbon index (from the chemical index) and slope index (from topographic indicators) have a higher weight. Therefore, it was found that using a hierarchical analysis-fuzzy logic method for the soil in studied area to determine the quality is well-established. Field observations of the region show that in areas with moderate soil quality, its use is forest and pastureland. In areas with good soil quality, the amount of organic carbon and potassium is high and PH is in the range of 7-6, and the absorption of nutrients is high in these areas but, in areas where the soil quality is poor or very poor, the amount of organic carbon is low or negligible and the slopes of the area are more than 30%.

Conclusion: The results of this study show that the organic carbon has the highest impact on the quality of soil in the studied area and, about the term of soil quality, most of the area has poor quality. Therefore, it can be argue that the use of the combination of fuzzy and AHP methods in GIS can categorize the status of soil quality to the quantitative levels in different groups. Using the fuzzy technique and the opinion of experts can allow us to create a database. In general, the fuzzy logic approach is considered as a very suitable tool for modelling the physical, chemical, and topographic quality of the area that are considered as input parameters.

Keywords: Fuzzy logic, Analytic hierarchy process, Soil quality, Physical index, Chemical index, Topography Index

Archive of SID

www.SID.ir