نشریه آب و خاک
جلد ۲۴، شماره ۵، آذر - دی ۱۳۸۹، ص. ۹۸۴-۹۷۳

Journal of Water and Soil
Vol. 24, No. 5, Nov-Des 2010, p. 973-984

ارزیابی حاصلخیزی خاک بر اساس فاکتورهای فسفر، پتاسیم و مواد آلی برای گندم با استفاده از تکنیک فازی- AHP و GIS

علی اعمی ازغدی[1*]- رضا خراسانی[2]- مرضیه مکرم[3]- عبدالامیر معزی[4]

تاریخ دریافت:۸۹/۱/۲۰
تاریخ پذیرش: ۸۹/۶/۲۸

چکیده

امروزه تکنیک فازی برای تهیه نقشه‌ها در علوم مختلف بطور گسترده مورد استفاده قرار می‌گیرد. با توجه نقش موثر حاصلخیزی خاک در کشاورزی پیشرفته، تهیه نقشه حاصلخیزی خاک جهت برنامه‌ریزی بهتر برای استفاده از کودهای شیمیایی ضروری به نظر می‌رسد. در این مطالعه سعی بر آن است تا با تهیه نقشه حاصلخیزی خاک از نظر مواد آلی، فسفر و پتاسیم جهت کشت گندم در دشت شاوور استان خوزستان وضعیت منطقه را از نظر حاصلخیزی ارزیابی کرد. نقشه حاصلخیزی خاک با استفاده از منطق فازی[5] و فرآیند تحلیل سلسله مراتبی AHP[6] در محیط سیستم اطلاعات جغرافیایی[7] تهیه گردید. داده‌هایی ورودی شامل مقادیر فسفر و پتاسیم قابل استفاده و مواد آلی از ۲۸۲ نقاط مطالعاتی خاک بود. در ابتدا درون‌یابی این نقاط با استفاده از مدل IDW[8] (وزن‌دهی عکس فاصله) در محیطGIS انجام شد. سپس برای هر یک از فاکتورهای مورد مطالعه یک تابع عضویت تعریف گردید. در نهایت برای دستیابی به نقشه نهایی حاصلخیزی خاک در منطقه مورد مطالعه، از تکنیک AHP در نرم افزار Expert Choice با نرخ سازگاری ۰/۰۵ استفاده شد. نتایج نشان داد که ۵۱، ۲۶، ۱۲ و ۱۱ درصد از منطقه مورد مطالعه به ترتیب در گروه‌های خیلی ضعیف، ضعیف، متوسط و خوب از لحاظ حاصلخیزی جهت کشت گندم قرار گرفتند. در مجموع می‌توان گفت که تهیه نقشه حاصلخیزی بصورت تفکیکی می‌تواند گامی اولیه و موثر در مطالعات حاصلخیزی خاک و استفاده بهینه از کودها مطرح باشد.

واژه های کلیدی: سیستم اطلاعات جغرافیایی، منطق فازی، فرآیند تحلیل سلسله مراتبی، حاصلخیزی خاک

مقدمه

با توجه به افزایش سریع جمعیت کشور، نیاز به تولید بیشتر مواد غذایی احساس می‌گردد. بهترین راه برای نیل به این مهم افزایش تولید در واحد سطح است. در بین فاکتورهای موثر در کشاورزی، اضافه کردن متعادل کود شیمیایی بیشتر از سایر فاکتورها در افزایش تولید محصولات کشاورزی موثر است (۸). در همین رابطه، تعیین درجه حاصلخیزی خاک برای مشخص کردن میزان کوددهی بسیار مهم است. برخی از این عناصر مانند فسفر و پتاسیم به دلیل نیاز مبرم گیاه و همچنین کمبود این عناصر در اکثر خاک‌ها بیشتر از بقیه عناصر جهت ارزیابی حاصلخیزی خاک مورد توجه قرار می‌گیرند. از طرفی مقدار مواد آلی خاک به عنوان یکی از فاکتورهای موثر در حاصلخیزی خاک و حاصل‌دهی[9] خاک محسوب می‌شود. با توجه به این که سطح وسیعی از ایران زیر کشت گندم می‌باشد، گیاه گندم به عنوان یک محصول استراتژیک در کشور محسوب شده و شاید بیشتر از محصولات دیگر احیتاج به ارزیابی توان تولید برای دست یافتن به عملکردهای بالا را دارد. تأثیر مثبت پتاسیم و فسفر بر روی عملکرد محصول گندم توسط محققین مختلف مورد بررسی قرار گرفته است (۲ و ۹). علاوه بر اثر آشکار مواد آلی بر خصوصیات فیزیکی خاک که باعث افزایش عملکرد محصول گندم می‌شود (۱۱)، اثرات مستقیم آن بر روی تامین عناصر غذایی مثل نیتروژن و فسفر نیز گزارش شده است (۴ و ۱۶).

با توجه به عدم یکنواختی در خاک‌های یک منطقه به دلیل منشاء

۱ و ۳- کارشناس ارشد رشته سنجش از دور و GIS (دانشگاه شهید چمران اهواز)
(*- نویسنده مسئول Email: Ali.Azghadi@yahoo.com)
۲- استادیار گروه علوم خاک، دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد
۴- استادیار گروه خاکشناسی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه شهید چمران اهواز

5- fuzzy Logic
6- Analytic Hierarchy Process (AHP)
7- Geography Information System (GIS)
8- Inverse Distance Weighting (IDW)
9- Soil productivity

تشکیل آنها و استفاده غیر اصولی از کودهای شیمیایی، توان تولید آنها برای یک محصول مثل گندم متفاوت خواهد بود. لذا برای مطالعه دقیق‌تر احتیاج به تفکیک این مناطق به طرق مختلف به عنوان مثال بصورت یک نقشه می‌باشد. برای بسیاری از متخصّصان این نکته محرز شده است که اداره و برنامه‌ریزی کشت با استفاده از روش‌ها و ابزارهای سنّتی، اگر غیرممکن نباشد دست کم با اتلاف وقت و انرژی بسیار همراه است. در این مطالعه سعی بر آن است تا با استفاده از تکنیک فازی و فرآیند تحلیل سلسله مراتبی نقشه حاصلخیزی خاک، بر اساس سه فاکتور فسفر و پتاسیم قابل استفاده و مواد آلی در دشت شاور تهیه شود. مدل فازی یکی از بهترین مدل‌های است که جهت 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 (۱۲). لذا می‌توان از این مدل جهت تهیه نقشه حاصلخیزی خاک استفاده کرد. با توجه به این که عوامل موثر در حاصلخیزی خاک دارای یک اثر پیوسته بر روی عملکرد گیاه می‌باشد بنابراین بررسی آن‌ها با استفاده از منطق صفر و یک منجر به نتایج مبهم و غیر منطبق با واقعیت می‌شود در نتیجه استفاده از مدل فازی به عنوان یک تکنیک مفید برای تهیه نقشه حاصلخیزی خاک پیشنهاد می‌شود (۱۲). به دلیل اینکه عناصر موجود در خاک دارای تأثیر متفاوتی بر روی رشد گیاه می‌باشند، نیاز است هر عنصر بر اساس درجه اهمیتش، وزن‌دهی شود که برای این منظور از فرآیند تحلیل سلسله مراتبی AHP استفاده می‌شود. این سیستم یکی از جامع‌ترین سیستم‌های طراحی شده برای تصمیم‌گیری با معیاردهی چندگانه است (۳). این روش، دربرگیرندهٔ مجموعه‌ای از قضاوت‌ها و ارزش‌گذاری به یک شیوهٔ منطقی می‌باشد، بطوری که می‌توان گفت این تکنیک از یک طرف وابسته به تصوّرات شخصی و طرح‌ریزی سلسله مراتبی یک مسئله بوده و از طرف دیگر با منطق، درک و تجزیه، جهت تصمیم‌گیری و قضاوت نهایی مرتبط می‌شود (۳). روش AHP در سال ۱۹۸۰ توسط ساعتی[1] مطرح گردیده و توسط ساعتی و واگر[2] در سال ۲۰۰۱ توسعه پیدا کرده است. تمامی عملیات‌های بالا در محیط سیستم اطلاعات جغرافیایی پیاده‌سازی و آنالیز می‌شود. GIS بعنوان یک فناوری رایانه محور و همچنین استفاده از منطق فازی، در دهه‌های اخیر توجه بسیاری از متخصّصان رشته‌های مختلف را به خود معطوف ساخته است. تا آنجا که در سال‌های اخیر پژوهش‌های مختلفی را در زمینهٔ-های متنوع مربوط به خاک از طریق فناوری GIS و منطق فازی در نقاط مختلف جهان شاهد بوده‌ایم که از آن جمله می‌توان در زمینه خاکشناسی به طبقه‌بندی خاک با استفاده از تکنیک FMF (۱۴) اشاره نمود. همچنین در زمینه حاصلخیزی خاک به ارزیابی کمی برای حاصلخیزی خاک در گایو چین با استفاده از تکنیک فازی و AHP در محیط GIS (۱۸)، مطالعه حاصلخیزی خاک را برای کشت برنج در فیلیپین (۱۰) تعیین تابع عضویت برای پیش‌بینی نقشه حاصلدهی خاک بر اساس منطق فازی (۱۹) اشاره کرد. هدف اصلی از این مطالعه تهیه نقشه حاصلخیزی خاک بر اساس سه فاکتور مواد آلی، فسفر و پتاسیم جهت کشت گندم با استفاده از تکنیک فازی و فرآیند تحلیل سلسله مراتبی است.

مواد و روش ها

منطقه مورد مطالعه در ۴۰ کیلومتری شمال اهواز و در مسیر جاده اهواز- هفت تپه قرار گرفته، به طوری که حد جنوبی آن کانال توانا در جنوب روستای الهائی و حد شمالی آن روستای شاوور است و از شرق به راه آهن تهران- اهواز و از غرب به رودخانه کرخه منتهی می‌شود. از نظر موقعیت جغرافیایی در ۴۸ درجه و ۱۵ دقیقه تا ۴۸ درجه و ۴۰ دقیقه و۴۰ ثانیه طول شرقی و ۳۱ درجه و۳۰ ثانیه تا ۳۲ درجه و ۳۰ دقیقه عرض شمالی واقع گردیده و مساحتی بالغ بر ۷۷۴۰۳/۸۰۷ هکتار دارد (شکل ۱). مراحل پژوهش در شکل شماره (۲) و اطلاعات مورد استفاده در جدول شماره (۱) آورده شده است. با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای منطقه و نقشه‌های توپوگرافی و زمین‌شناسی محدوده مطالعاتی و واحدهای فیزیوگرافی منطقه استخراج شد. در این مطالعه جمعاً ۲۸۲ نقطه مطالعاتی شامل پروفیل و متّه در واحدهای فیزیوگرافی مشخص، مورد بررسی قرار گرفت. طول و عرض کلیه نقاط مطالعاتی، توسط دستگاه GPS تعیین شد. سپس از هر نقطه یک نمونه خاک تهیه شد و پس از خشک کردن و عبور از الک ۲ میلی‌متری برای انجام آزمایشات مختلف آماده گردید. جهت تعیین فسفر از روش عصاره‌گیری با بی‌کربنات سدیم استفاده شد (۱۵) و روش واکلی و بلک (۱۵) جهت اندازه‌گیری کربن آلی مورد استفاده قرار گرفت و همچنین برای تعیین پتاسیم قابل استفاده از روش استات آمونیوم نرمال و خنثی استفاده گردید.

تابع عضویت مقدار فازی بودن یک مجموعه فازی را مشخص می‌کند و در واقع تابعی که میزان درجه عضویت اعضای مختلف را به یک مجموعه نشان می‌دهد، تابع عضویت می‌گویند (۵). تابع عضویت در مدل فازی برای اکثر فاکتورهای خاک خطی بوده و به صورت معادله شماره (۱) تعریف می‌شود (۱۴).

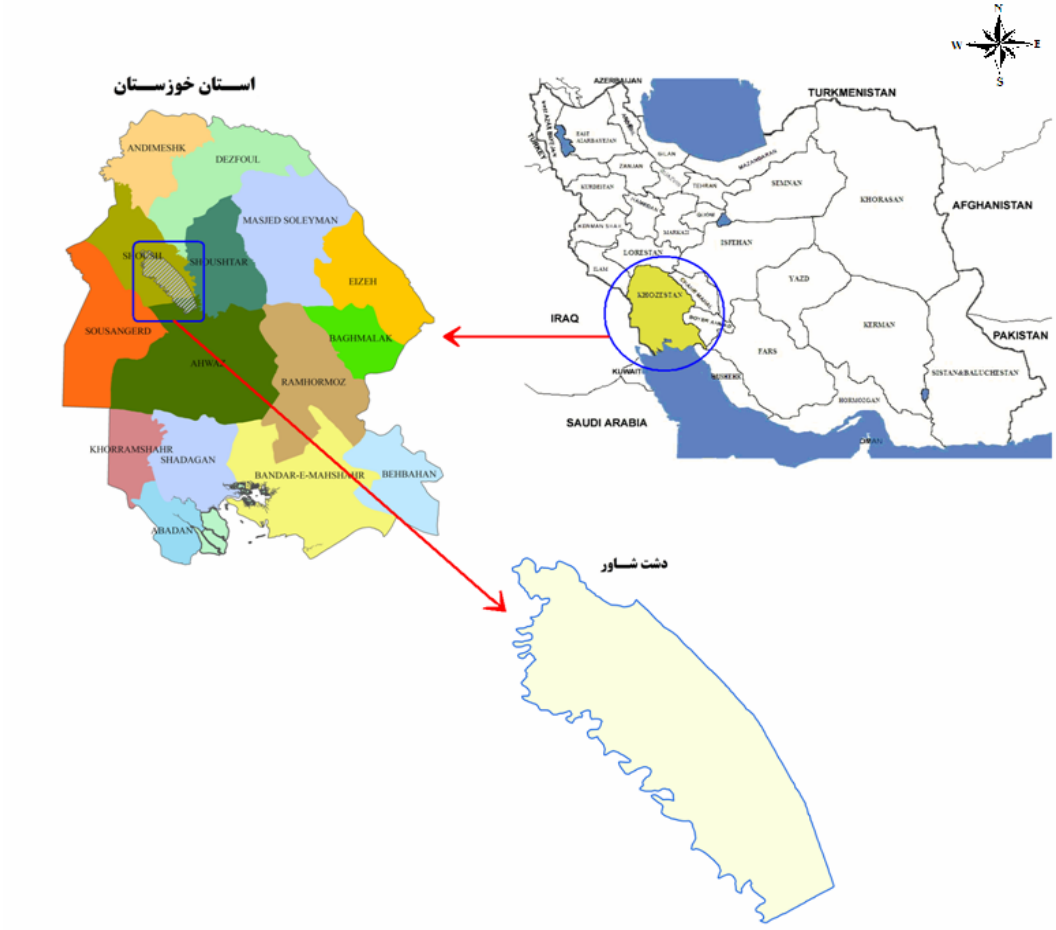
$$\mu_A(X)=f(x)=\begin{cases}0 & x\le a\\ x-a/b-a & a\prec x\prec b\\ 1 & x\ge b\end{cases} \quad (۱)$$

تابع بکار رفته تابع خطی نامتقارن است که در آن a و b حدود ارزش‌های بکار رفته برای هر یک از فاکتورهای مورد مطالعه است

1- Saati
2- Vargas

(شکل ۳). برای تعیین این حدود می‌توان حد بحرانی این فاکتورها را بعنوان معیار انتخاب کرد. حد بحرانی عنصر غذائی در خاک عبارتست از مقدار قابل جذب از آن عنصر به ترتیبی که در کمتر از آن حد احتمال پاسخ گیاه به مصرف کود زیاد می‌باشد (۶). مقدار a برای عناصر فسفر و پتاسیم بر اساس حدود بحرانی آنها (۷) و برای مواد آلی بر اساس شاخص ۰/۵ درصد (با توجه به دامنه تغییرات مواد آلی در این منطقه) جهت کشت گندم تعیین شد و مقدار b برای شرایط مناسب کشت گندم، مطابق خصوصیات منطقه در نظر گرفته شد (جدول ۲).

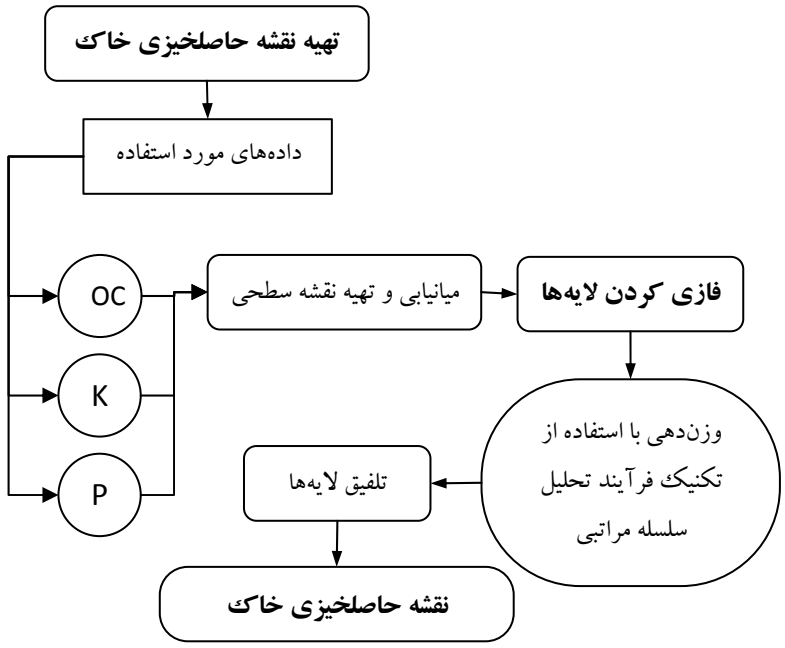
نقشه اولیه با مدل IDW با قدرت تفکیک ۳۰ × ۳۰، جهت میان‌یابی نقاط قرار گرفته بین نقاط نمونه‌برداری شده و ایجاد یک سطح پیوسته، برای هر یک از پارامترهای فوق‌الذکر تهیه شد. سپس نقشه اولیه و معادله شماره (۱) جهت تهیه نقشه‌های فازی برای سه فاکتور مذکور مورد استفاده قرار گرفت.



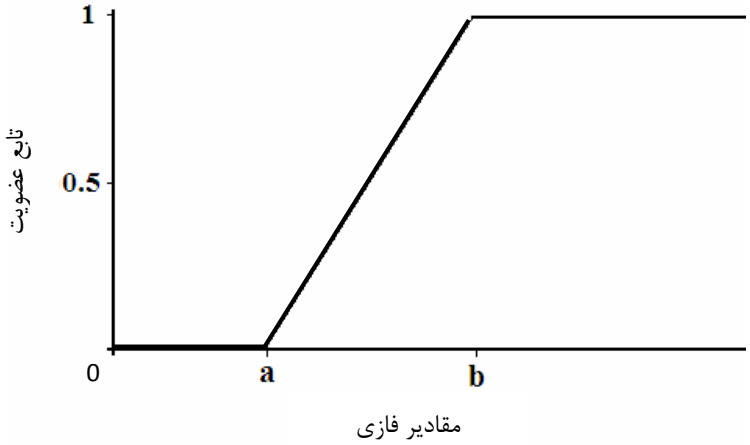
شکل ۱- محدوده منطقه مورد مطالعه

جدول ۱- اطلاعات مورد استفاده و منابع آنها

نوع داده	وضوح / مقیاس / تعداد	منبع تهیه داده
تصاویر ماهواره ای	۳۰×۳۰ ETM	گروه سنجش از دور و GIS دانشگاه شهید چمران اهواز
نقشه توپوگرافی	۱:۲۵۰۰۰	سازمان نقشه‌برداری استان خوزستان
نقشه زمین شناسی	۱:۲۵۰۰۰	سازمان زمین‌شناسی استان خوزستان
نقشه واحدهای فیزیوگرافی	۱:۲۵۰۰۰	سازمان زمین‌شناسی استان خوزستان
داده‌های GPS	۲۸۲ نقطه	مهندسین مشاور تاک سبز، وزارت نیروی خوزستان
نقاط پروفیل و مته	۲۸۲ نقطه	مهندسین مشاور تاک سبز، وزارت نیروی خوزستان



شکل ۲- مراحل پژوهش



شکل ۳- تابع عضویت مورد استفاده

جدول ۲- مقادیر a و b تعیین شده برای فاکتورهای مورد مطالعه

عناصر مورد مطالعه	a	b
مواد آلی (درصد)	۰/۵	۱
فسفر (ppm)	۸	۱۰
پتاسیم (ppm)	۲۰۰	۲۵۰

وزن‌دهی فاکتورهای مورد مطالعه

برای آنکه وزن‌دهی معیارها و قضاوت‌ها با ذهن و طبیعت بشری مطابق و همراه باشد، از روش تحلیل سلسله مراتبی AHP در این خصوص استفاده شد. این روش وزن‌دهی بر دانش کارشناسی استوار است. برای این که ارجحیت فاکتورها نسبت به هم سنجیده شوند از روش مقایسه زوجی استفاده شد. در روش مقایسه زوجی، معیارها دو به دو با یکدیگر مقایسه شده و اهمیت آن‌ها نسبت به یکدیگر تعیین می‌گردد. سپس یک ماتریس ایجاد می‌شود که ورودی آن همان وزن‌های تعیین شده و خروجی آن وزن‌های نسبی مربوط به معیارها است (۱۳). هر یک از فاکتورها بر اساس اهمیت و رجحانی که نسبت

به یکدیگر دارند در محدوده‌ای بین ۱ تا ۹ قرار می‌گیرند (۱). در این مطالعه به دلیل اینکه هر یک از ویژگی‌های خاک دارای تاثیر متفاوتی روی حاصلخیزی خاک هستند و پارامترهای موثر در حاصلخیزی خاک بیش از یک فاکتور است از روش مقایسه زوجی استفاده شد. برای مقایسه زوجی پارامترها (بصورت طبقه‌بندی کمی بین ۱ تا ۹) از جدول شماره (۳) که توسط ساعتی بیان شده است استفاده گردید (۳).

جدول ۳- طبقه‌بندی بر اساس دانش کارشناسی برای مقایسه زوجی

طبقه‌بندی	مقدار عددی
کاملاً ارجح	۹
ارجحیت خیلی قوی	۷
ارجحیت قوی	۵
ارجحیت کم	۳
ارجحیت یکسان	۱
ارجحیت‌های بین فواصل فوق	۲، ۴، ۶ و ۸

قطعاً هر یک از فاکتورها تأثیرات مختلفی بر روی عملکرد گندم دارند. این تفاوت در تأثیرگذاری بر اساس ارجحیت فاکتورها به هم نشان داده می‌شوند. تعیین این مقادیر با توجه به اهمیت آنها در تولید محصول گندم انجام شده است. با تاکید بر این نکته که تعیین این محدوده یک امر قطعی بر اساس استانداردهای تعیین شده نیست بلکه یک نظر کارشناسی است. جدول شماره (۴) بر اساس ارجحیت ۳ فاکتور فسفر، پتاسیم قابل استفاده و مواد آلی خاک در تولید محصول گندم با توجه به رده‌های طبقه‌بندی جدول شماره (۳) تنظیم شد. به عنوان مثال با توجه به نقش و اهمیت مواد آلی در تولید محصولات کشاورزی از جمله گندم در خاک‌های آهکی مناطق خشک، مواد آلی خاک نسبت به فسفر امتیاز ۳ و نسبت به پتاسیم امتیاز ۴ دارد. همچنین در مقام مقایسه فسفر و پتاسیم می‌توان گفت که فسفر نسبت به پتاسیم از ارجحیت ۲ برخوردار است (جدول ۴). وزن‌دهی به هر یک از فاکتورهای موثر در حاصلخیزی خاک در نرم افزار Expert Choice با نرخ سازگاری ۰/۰۵ تهیه گردید (۳).

جدول ٤- وزن‌دهی فاکتورهای فسفر، پتاسیم و مواد آلی

عناصر	OC	P	K	Weight
OC	۱	۳	۴	۰/۶۴۴
P	۱/۳	۱	۲	۰/۲۷۱
K	۱/۴	۱/۲	۱	۰/۰۸۵

بعد از تهیه نقشه فازی برای هر یک از پارامترها، وزن‌های تهیه شده با استفاده از تکنیک AHP در این سه لایه ضرب و از حاصل جمع آن‌ها نقشه نهایی حاصلخیزی تهیه شد (معادله ۲) (۱۲).

$$\mu_A = w_1 \cdot \mu_{A1} + \ldots\ldots\ldots + w_k \cdot \mu_{A1}$$
$$\mu_A = \sum_{j=1}^{k} w_j \cdot \mu_{Aj(x)} \qquad x \in X$$
$$\sum_{j=1}^{k} w_j = 1 \qquad w_j > 0 \qquad (۲)$$

μ تابع عضویت مربوط به هر یک از پارامترها و W وزن اختصاص داده شده به هر یک از پارامترها می‌باشد.

نتایج و بحث

مقادیر فاکتورهای مورد مطالعه برای فسفر در محدوده ۲/۸ تا ۲۲/۸ میلی‌گرم بر کیلوگرم، پتاسیم ۱۱۵ تا ۴۳۵ میلی‌گرم بر کیلوگرم و مواد آلی ۰/۱۵ تا ۱/۶۱ درصد قرار می‌گیرند. از طریق میان‌یابی نقاط مورد مطالعه با استفاده از روش IDW نقشه ابتدایی هر کدام از فاکتورها تهیه شد (این نقشه‌ها با توجه به محدودیت حجم مقاله آورده نشده است). سپس بعد از اعمال معادله شماره (۱) بر روی فاکتورهای مورد مطالعه و با توجه به این نکته که مقادیر فازی بین صفر و یک به صورت پیوسته تغییر می‌کند، نقشه فازی آنها به طور مجزا برای پتاسیم، فسفر و مواد آلی به ترتیب به صورت شکل‌های ۴، ۵ و ۶ تهیه گردید. این شکل‌ها نشانگر تغییرات پیوسته این فاکتورها در منطقه مورد مطالعه می‌باشد. رنگ سفید حد بالای میزان فاکتورها را نشان می‌دهد و در واقع نشانگر مناطقی هستند که مقدار فاکتورهای مورد مطالعه از حد ایده‌آل (b) بیشتر است و رنگ سیاه نشان‌دهنده مناطقی هستند که مقدار این فاکتورها از حد بحرانی (a) کمتر می‌باشند و مناطق بین این دو حالت با رنگ خاکستری با شدت-های مختلف نشان داده شده است. هدف اصلی از اشکال ۴، ۵ و ۶ نشان دادن روند تغییرات فاکتورها می‌باشد. لذا در این مرحله تفکیک دقیق مناطق لزومی ندارد.

در مرحله بعدی نقشه‌های ایجاد شده بر اساس میزان اهمیتشان در حاصلخیزی با استفاده از دانش کارشناسی، وزن‌دهی شدند. در نهایت لایه‌ها با یکدیگر تلفیق شده و نقشه نهایی تهیه شد (شکل ۷). تغییرات رنگ از سفید به سیاه نشان دهنده شرایط خوب به خیلی ضعیف از نظر حاصلخیزی خاک جهت کشت گندم بر مبنای فاکتور فسفر، پتاسیم و مواد آلی می‌باشد. نتایج حاصله نشان می‌دهد که ۵۱ درصد منطقه از نظر حاصلخیزی در رتبه خیلی ضعیف، ۲۶ درصد در گروه ضعیف، ۱۲ درصد در گروه متوسط و ۱۱ درصد در گروه خوب قرار می‌گیرد. بدین ترتیب یک نقشه تفکیکی جهت ارزیابی حاصلخیزی خاک در این منطقه تهیه شد.

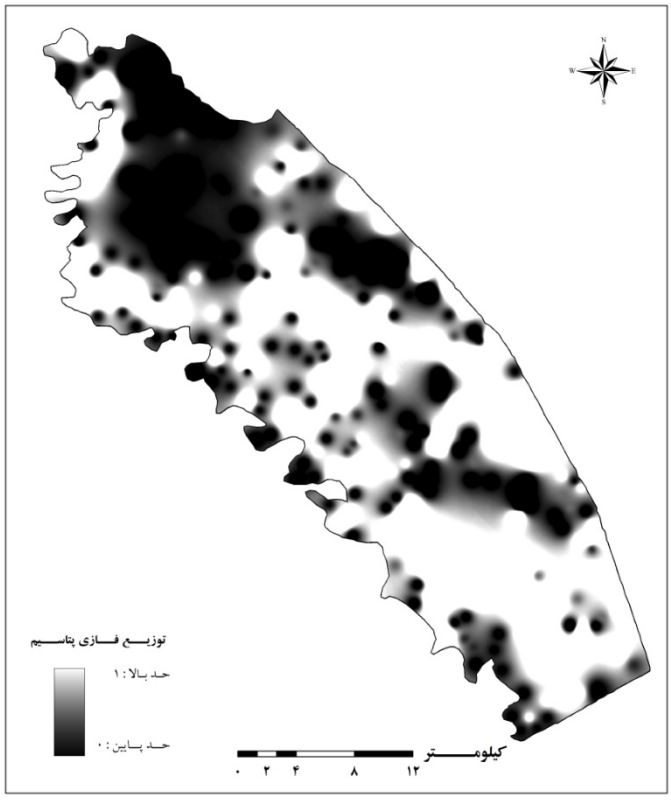
برای تعیین صحت گروه‌های تفکیکی توسط روش مذکور، ۸

نقطه (دو نقطه از هر گروه به طور تصادفی) انتخاب گردید (شکل ۸). با استفاده از GPS نقاط مذکور در منطقه شناسایی و با حفر پروفیل، نمونه‌برداری مجدد از خاک انجام شد و سپس در آزمایشگاه میزان پتاسیم، مواد آلی و فسفر آنها مجدداً تعیین گردید. نتایج حاصل از نمونه‌برداری در جدول (۵) آمده است. با توجه به مقادیر فاکتورهای مورد مطالعه در جدول (۵) و مقایسه این مقادیر با گروه‌های تفکیک شده در شکل (۷) می‌توان بیان کرد که این نقاط تصادفی با توجه به مقادیرشان دقیقاً در گروه‌های تفکیکی با در نظر گرفتن حدود تعیین شده آنها در نقشه نهایی حاصلخیزی قرار گرفتند. لذا مشخص می‌شود که مدل فازی- AHP جهت تعیین حاصلخیزی خاک در منطقه مورد نظر می‌تواند از صحت خوبی برخوردار است.

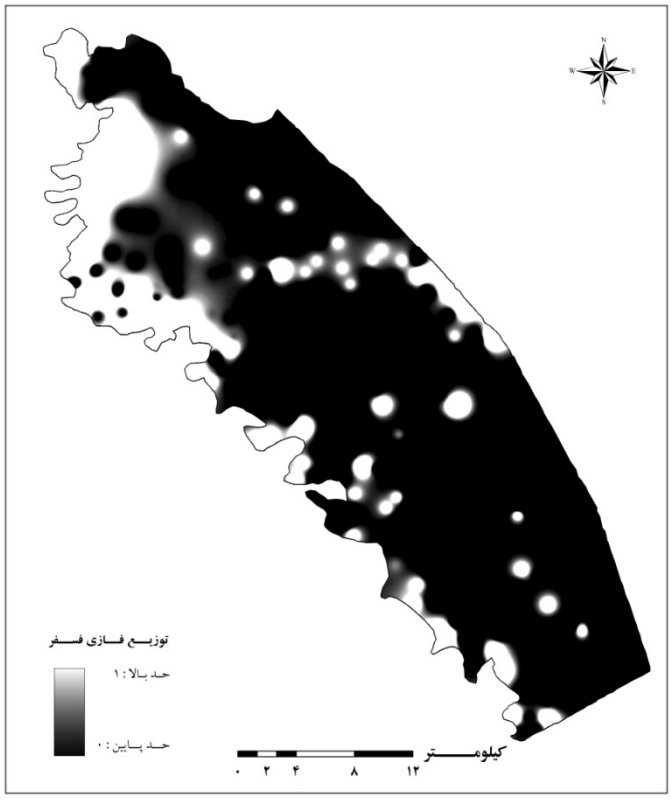
در این مطالعه همان‌طور که قبلاً ذکر شد مقادیر b در تابع عضویت (شکل ۳) به صورت کارشناسی تعیین گردید. حال با داشتن میانگین فاکتورهای مورد مطالعه در هر یک از گروه‌های تعیین شده در نقشه حاصلخیزی و مقایسه آنها با مقادیر b در نظر گرفته شده برای هر فاکتور، می‌توان به صحت این مقادیر کارشناسی شده پی برد. شکل‌های ۹، ۱۰ و ۱۱ نشان دهنده میانگین مقادیر فاکتورهای مورد مطالعه در `مقایسه با مقدار b آنهاست. همانطور که مشاهده می‌شود گروه‌های ضعیف و خیلی ضعیف برای هر فاکتور همواره زیر مقدار b (برای شرایط مناسب کشت گندم) می‌باشند، که این تاییدی بر نحوه گروه‌بندی لحاظ شده نقشه حاصلخیزی خاک است.

نتیجه‌گیری

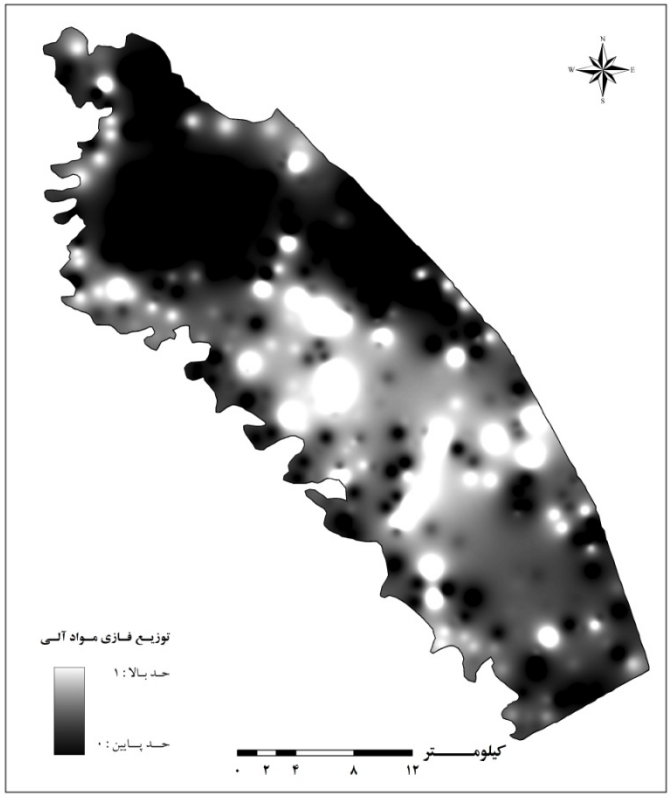
در این مطالعه مشخص شد که نتایج حاصل از روش تلفیقی فازی و AHP جهت تعیین حاصلخیزی خاک (با توجه به عوامل مورد مطالعه) نزدیک به واقعیت است. همان‌طور که نتایج نشان می‌دهد سطح وسیعی از خاک منطقه از نظر حاصلخیزی دارای پتانسیل پایینی برای کشت گندم می‌باشد، که در نقشه حاصلخیزی نهایی این مناطق از مناطق مناسب و خوب برای کشت گندم به خوبی تفکیک شدند. لذا می‌توان بیان کرد که استفاده از روش تلفیقی فازی و AHP در محیط سیستم اطلاعات جغرافیایی می‌تواند وضعیت حاصلخیزی این منطقه را برای کشت گندم به صورت کمی در قالب گروه‌های مختلف طبقه‌بندی کند.



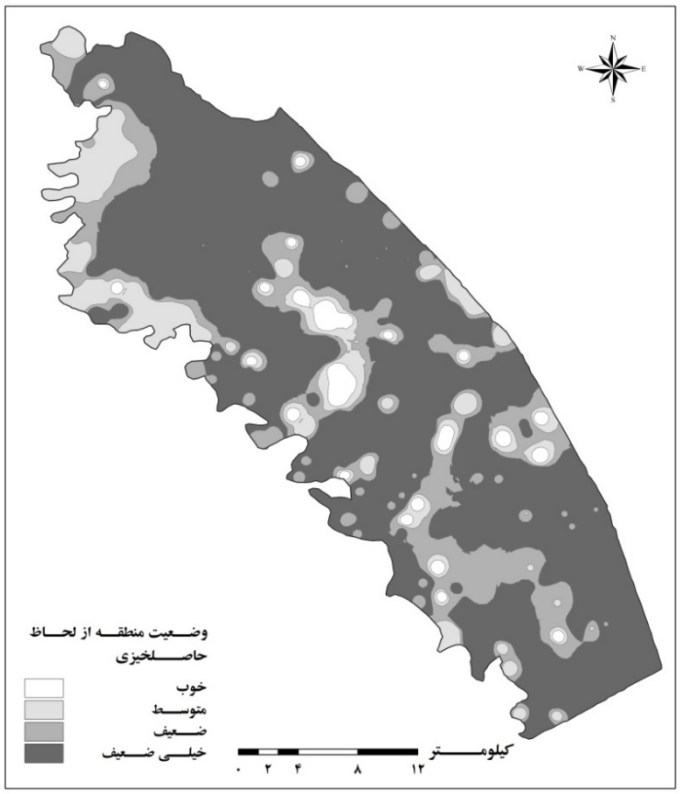
شکل ٤- نقشه فازی پتاسیم قابل استفاده



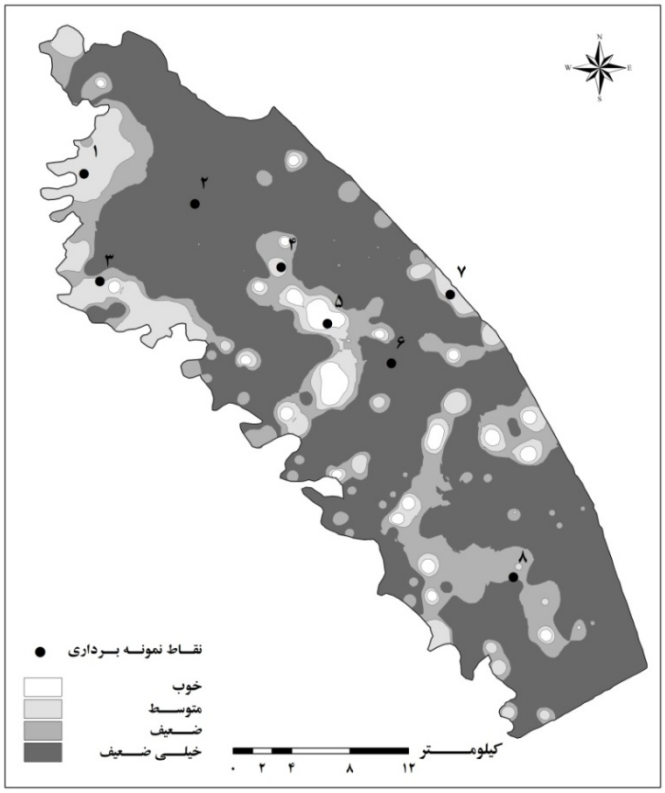
شکل ۵- نقشه فازی فسفر قابل استفاده



شکل ٦- نقشه فازی مواد آلی



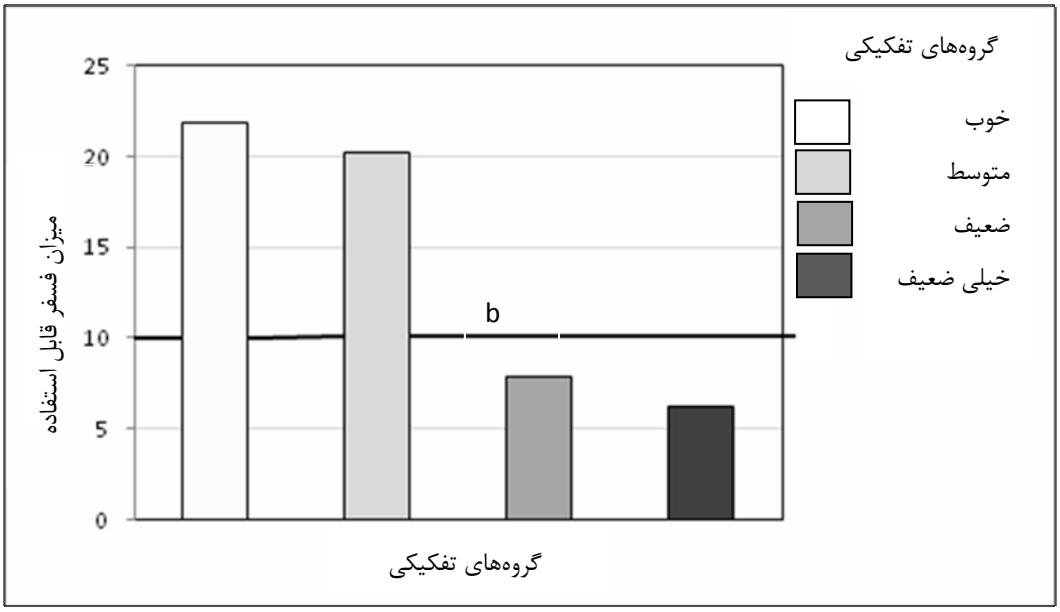
شکل ۷- نقشه تفکیکی حاصلخیزی خاک



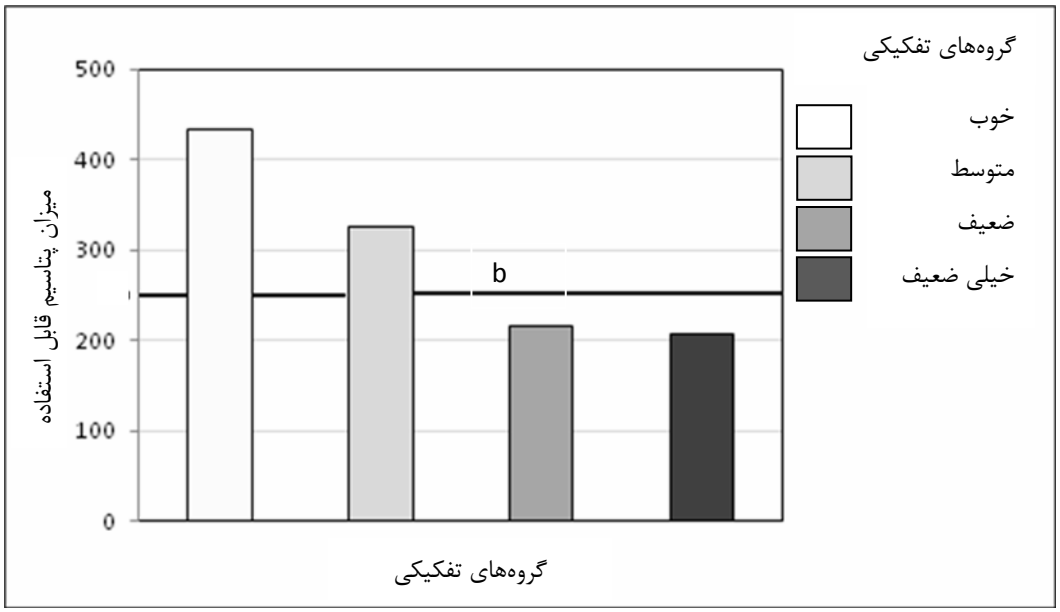
شکل ۸- موقعیت نقاط نمونه‌برداری مجدد در منطقه مورد مطالعه

جدول ۵- نتایج حاصل از نمونه‌برداری مجدد در منطقه مورد مطالعه

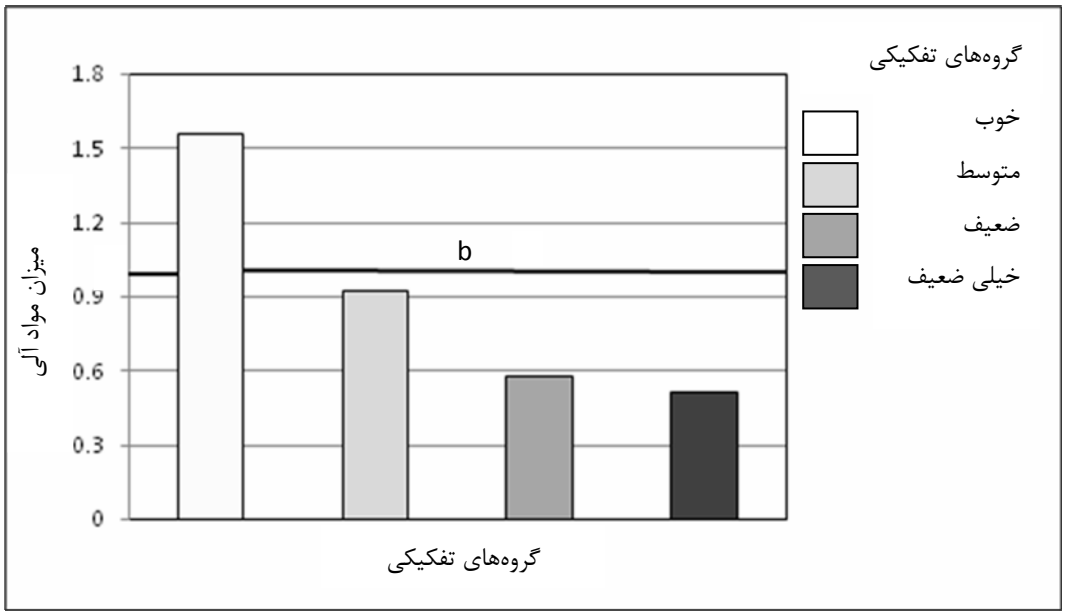
محل	گروه‌های حاصلخیزی	OC (%)	P (ppm)	K (ppm)
۱	متوسط	۱	۱۵/۲	۳۲۱
۲	خیلی ضعیف	۰/۱	۴/۱	۱۱۸
۳	متوسط	۰/۹	۱۶	۳۱۱/۲
٤	خوب	۱/۶	۲۲/۷۹	۴۳۴/۹
۵	خوب	۱/۵	۲۰/۲	۴۰۵/۳
٦	خیلی ضعیف	۰/۱۳	۴	۱۱۵
۷	ضعیف	۰/۷	۱۰	۱۲۵
۸	ضعیف	۰/۶	۹/۵	۱۶۲



شکل ۹- میانگین مقدار فسفر قابل استفاده در گروه‌های تفکیکی حاصلخیزی



شکل ۱۰- میانگین مقدار پتاسیم قابل استفاده در گروه‌های تفکیکی حاصلخیزی



شکل ۱۱- میانگین مقدار مواد آلی در گروه‌های تفکیکی حاصلخیزی

با یک دید کلی‌تر می‌توان گفت کـه ایـن روش را بـرای ارزیـابی حاصلخیزی خاک با در نظر گرفتن عوامل موثر دیگر (که تغییرات آنها در خاک بطور پیوسته است) نیز قابل استفاده است و حتی می‌توان این روش را در مناطق مختلف دیگـر و بـرای سـایر گیاهـان زراعـی نیـز استفاده کرد.

منابع

۱- پرهیزکار، ا.، و غفاری گیلانده، ع. ۱۳۸۵. سامانه اطلاعات جغرافیایی و تحلیل تصمیم چند معیاری. مالچفسکی، یاچک. چاپ اول، سازمان چاپ و انتشارات، وزارت فرهنگ و ارشاد (سمت)، تهران.

۲- فیضی اصل، و.، و ولی‌زاده، غ. ۱۳۸۳. مطالعه اثر کاربرد توام فسفر و روی در جذب عناصر غذایی و فسفر و روی باقیمانده در خاک زیر کشت گندم دیم رقم سرداری، مجله علوم زراعی ایران، جلد ششم، شماره ۳، پاییز ۱۳۸۳.

۳- قدسی‌پور، س.ح. ۱۳۸۵. فرآیند تحلیل سلسه مراتبی (AHP). چاپ پنجم، دانشگاه صنعتی امیرکبیر.

۴- کاظمینی، س.ع.، غدیری، ح.، کریمیان، د.، کامگار حقیقی، ع.، و خردنام، م. ۱۳۸۶. اثر برهم‌کنش نیتروژن و مواد آلی بر رشد و عملکرد گندم دیم (Triticum aestivum). مجله علوم و فنون کشاورزی و منابع طبیعی، سال دوازدهم، شماره ۴۵(ب)، پاییز ۱۳۸۷.

۵- کوره‌پزان دزفولی، ا. ۱۳۸۵. اصول تئوری مجموعه‌های فازی و کاربرد آن در مدل‌سازی مسایل مهندسی آب، واحد صنعتی امیرکبیر.

۶- ملکوتی، م.ج.، الفتی، م.، و بلالی، م.ر. ۱۳۷۸. تعیین حد بحرانی فسفر برای محصول گندم در ایران. مجله آب و خاک، سال ۱۲، شماره ۶، چکیده.

۷- ملکوتی، م.ج.، و طهرانی، م.م. ۱۳۷۸. نقش ریزمغذیها در افزایش عملکرد و بهبود کیفیت محصولات کشاورزی، عناصر خرد با تاثیر کلان. انتشارات دانشگاه تربیت مدرس، شماره ۴۳، تهران، ایران.

۸- ملکوتی، م.ج.، وغیبی، م.ن. ۱۳۷۹. تعیین حد بحرانی عناصر غذایی. نشریه شماره ۴۵۶.

9- Bohra, J.S., and Doerffling, K. 1993. Potassium nutrition of rice (Oryza Sativa L.) varieties under Nacl salinity. Plant soil. 152: 299-303.

10- Dobermann A., and Oberthur T. 1998. Fuzzy mapping of soil fertility - a case study on irrigated Riceland in the Philippines. Geoderma. 77: 317-339.

11- Erhart E., Hartl, and W., Putz B. 2005. Biowaste compost affects yield, nitrogen supply during the vegetation period and crop quality of agricultural crops. Eur. J. Agron. 23: 305-314.

12- Kˇremenov´ O. 2004. Fuzzy Modeling of Soil Maps. Helsinki University of technology department of surveying. Pp 81.

13- Malczewski J. 1999. GIS and multicriteria decision analysis. John Wiley & Sons. Pp 392.

14- Oberthür T., Dobermann A., and Aylward M. 2000. Using auxiliary information to adjust fuzzy membership functions for improved mapping of soil quality. IJGIS. 14: 431- 454.

15- Olsen S.R., and Watanabe F.S. 1965. Test of an ascorbic acid method for determining phosphorous I water and NaHCO3 extracts from soil. In method of soil analysis: chemical and microbiological properties, part 1 2nd ed. Agron. Monogr. No9. A. Klute (Ed). ASA and SSSA, Madison WI. Pp 403-430.

16- Sing M., and Sherma, S.N. 2000. Effect of wheat residue management practices and nitrogen rate on productivity and nutrient uptake of rice (Oryza sativa) - wheat (Triticum aestivum) cropping system. Indian J. Agric Sci. 70: 835-839.

17- Walkley A., and Black I.A. 1934. An examination of the degtjareff method for determining soil organic matter and a proposed modification of the chromic acid titration method. Soil Sci. 34: 29-38.

18- Zhang B., Zhang, Y., Chen, D., Whit, R.E., and Li, Y. 2004. A quantitative evaluation system of soil productivity for intensive agriculture in China. Geoderma. 123: 319-331.

19- Zhu A.X., Yang L., Li B., Qin C., Pei, T., and Liu B. 2010. Construction of membership functions for predictive soil mapping under fuzzy logic. Geoderma. 155: 164-174.

Journal of Water and Soil
Vol. 24, No. 5, Nov-Des 2010, p. 973-984

نشریه آب و خاک
جلد ۲۴، شماره ۵، آذر - دی ۱۳۸۹، ص. ۹۸۴-۹۷۳

Soil Fertility Evaluation Based on Soil K, P and Organic Matter Factors for Wheat by Using Fuzzy Logic-AHP and GIS Techniques

A. Aama Azghadi [1*]- R. Khorassani [2]- M. Mokarram [3]- A. Moezi [4]

Received: 10-4-2010
Accepted: 15-7-2010

Abstract

Nowadays, fuzzy technique is used to prepare the map in different sciences, extensively. With due attention to important role of soil fertility in modern agriculture, the preparation of soil fertility map seems to be necessary to plan for appropriate using of fertilizers for crops. This study was conducted to prepare a distinct map for evaluating soil fertility according to soil available K and P, and soil organic matter factors in Shavor region in Khuzestan province. The fuzzy technique and the Analytic Hierarchy Process (AHP) were used for mapping soil fertility into Geographic Information System (GIS). For this, the amount of soil organic matter, and available soil phosphorus and potassium obtained form 282 profiles of soil, as the input data, were used. In the first stage the interpolation of data was done by Inverse Distance Weighting (IDW) model into GIS. Then a membership functions was defined for each factor. Finally, the map of soil fertility was prepared by using AHP technique into program of Expert Choice with adjustment rate of 0.05. Results showed that 51, 26, 12 and 11 percentage of lands were classified base on soil fertility into groups of very weak, weak, moderate and suitable, respectively. As a final result, this types of distinct soil fertility map can able us to manage the appropriate using of fertilizer.

Keywords: Geography Information System (GIS), Fuzzy logic, Analytic Hierarchy Process (AHP), Soil fertilize

1,3- MSc., Dept GIS & RS, College of Geology, Shahid Chamran, Ahvaz University
(*- Corresponding author Email: Ali.Azghadi@yahoo.com)
2- Assistant Prof., Dept. of Soil Science, College of Agriculture, Ferdowsi University of Mashhad
4- Assistant Prof., Dept. of Soil Science, College of Agriculture, Shahid Chamran, Ahvaz University