مقایسه روش‌های پارامتریک و تحلیل سلسله مراتبی فازی به منظور ارزیابی تناسب اراضی منطقه دشتستان استان بوشهر برای کاشت نخل خرمای کبکاب

حجت دیالمی[۱]، جواد گیوی[۲*] و مهدی نادری خوراستگانی[۲]

۱- دانشجوی دکتری گروه علوم و مهندسی خاک دانشکده کشاورزی دانشگاه شهرکرد، شهرکرد، ایران
۲- دانشیار گروه علوم و مهندسی خاک دانشکده کشاورزی دانشگاه شهرکرد، شهرکرد، ایران

تاریخچه مقاله

دریافت: ۱۳۹۶/۰۵/۰۵
پذیرش نهایی: ۱۳۹۶/۱۰/۱۷

کلمات کلیدی:
پارامتریک،
تحلیل سلسله مراتبی فازی،
خرمای کبکاب

[*] عهده دار مکاتبات
Email: javgivi@gmail.com

چکیده

در ارزیابی تناسب اراضی، ظرفیت تولید زمین شناسایی و متناسب با این ظرفیت، نوع کاربری مشخص می‌شود. این تحقیق با هدف ارزیابی کیفی تناسب اراضی منطقه دشتستان در استان بوشهر برای کاشت نخل خرمای کبکاب با استفاده از دو روش پارامتریک و تحلیل سلسله مراتبی فازی و مقایسه این دو روش، اجرا گردید. بدین منظور، ۵۰ نخلستان دارای نخل خرمای کبکاب، به عنوان نقاط مطالعاتی انتخاب شدند. سپس اقدام به تهیه داده‌های صحرایی و آزمایشگاهی مربوط به این واحدهای اراضی و محاسبه شاخص‌های اراضی با استفاده از دو روش پارامتریک (فرمول ریشه دوم) و تحلیل سلسله مراتبی فازی گردید. در نهایت، کلاس‌های تناسب اراضی تعیین شد و دقت دو روش در تعیین این کلاس‌ها مورد مقایسه قرار گرفت. نتایج ارزیابی کیفی تناسب اراضی بر اساس روش تحلیل سلسله مراتبی فازی، نشان داد که ۹۶/۶ و ۳/٤ درصد اراضی مورد مطالعه، به ترتیب در کلاس‌های تناسب S_2 و S_3 قرار می‌گیرند. این در حالی است که بر اساس روش پارامتریک (فرمول ریشه دوم)، ۸۲ و ۱۸ درصد اراضی مورد مطالعه، به‌ترتیب در کلاس‌های تناسب S_3 و N واقع می‌شوند. مقایسه ضرایب همبستگی بین شاخص اراضی محاسبه شده و مقادیرعملکرد اندازه‌گیری شده، نشان داد که به دلیل وجود ضریب تبیین بالاتر، روش تحلیل سلسله مراتبی فازی (R^2 =۰/٦۹) نسبت به روش پارامتریک فائو (فرمول ریشه دوم) (R^2 =۰/۵۳)، از صحت و دقت بیش‌تری در تعیین کلاس‌های تناسب اراضی برای کاشت نخل خرمای کبکاب در منطقه مورد مطالعه، برخورداراست.

مقدمه

خرمای رقم کبکاب از مهم‌ترین ارقام تجاری بومی استان بوشهر است که با شرایط اقلیمی شهرستان‌های دشتستان و تنگستان سازگار بوده و کاشت آن در این مناطق انجام می‌شود. این رقم، حدود ۸۰ درصد کل تولید خرمای استان بوشهر را شامل می‌شود (۲۲).

وزارت جهاد کشاورزی به منظور تامین امنیت غذایی کشور و بهبود معیشت مردم مناطق خرماخیز، سیاست توسعه سطح زیر کشت نخیلات را در برنامه‌های خود

قرار داده است. یکی از عوامل اصلی موثر در این توسعه، به‌کار گرفتن اراضی به تناسب پتانسیل آن‌ها برای کاشت نخل خرماست. ارزیابی اراضی توسط فائو، معمول‌ترین رویکرد برای ارزیابی اراضی است که مبتنی بر فاکتورهای بیوفیزیکی و پارامترهای اقتصادی- اجتماعی منطقه می‌باشد (۱۵). فائو[1] برای ارزیابی تناسب اراضی از منطق دو ارزشی بولین[2] استفاده می‌کند که این منطق توسط تعدادی از محققان ارزیابی اراضی مورد نقد قرار گرفته است. در این روش، اهمیت خصوصیت‌های اراضی برای تعیین شاخص اراضی یکسان در نظر گرفته می‌شود. بنابراین درجه تناسب پایین یک خصوصیت کم‌اهمیت می‌تواند، اثر زیادی روی مقدار شاخص اراضی گذاشته، آن را کاهش دهد (۴، ۲۴ و ۳۷). این روش توسط محققان زیادی در نقاط مختلف جهان و ایران در مطالعات ارزیابی تناسب اراضی به‌کارگرفته شده است. قنواتی و همکاران (۱۶) در مطالعه ارزیابی کیفی تناسب اراضی منطقه شادگان برای کاشت نخل خرمای رقم استعمران گزارش کردند که اراضی مورد مطالعه بر اساس روش پارامتریک (فرمول ریشه دوم)، در کلاس تناسب N قرار می‌گیرند. هم‌چنین نتایج نشان داد، شوری، قلیائیت و میزان آهک از مهم‌ترین عوامل محدودکننده برای رشد و نمو نخل خرما می‌باشند. مت ولی و العربی[3] (۲۳) در ارزیابی تناسب اراضی جنوب صحرای سینا در کشور مصر برای کشت گیاهان زراعی یک‌ساله و درختان میوه شامل نخل خرما، زیتون، نخل روغنی و انبه با استفاده از روش فائو، گزارش کردند که اغلب اراضی مورد مطالعه در کلاس‌های تناسب بحرانی (S_3) و کلاس نامناسب (N) قرارمی‌گیرند. در این تحقیق، عوامل محدودکننده تناسب اراضی عبارت بودند از: بافت، شوری و قلیائیت، میزان کربنات کلسیم و قابلیت جذب عناصر غذایی در خاک. هم‌چنین خلیفه و سمیر[4] (۲۰) تناسب اراضی در منطقه الاوینت مصر برای کشت محصولات عمده زراعی و باغی را با استفاده از روش فائو، مورد ارزیابی قرار دادند. نتایج نشان داد که در بین محصولات زراعی و باغی، جو و نخل خرما، به ترتیب به عنوان بهترین گیاه یک‌ساله و چند ساله، برای کشت در منطقه مورد مطالعه می‌باشند. براساس نتایج این ارزیابی، ۲۳/۵ درصد اراضی دارای تناسب متوسط، ۲۱/۵ درصد دارای تناسب بحرانی و ۵۰ درصد، نامناسب برای کاشت نخل خرما تشخیص داده شدند. صلاح و همکاران[5] (۳۱) در ارزیابی کیفی تناسب اراضی برای کاشت نخل خرما در ناحیه دلتای نیل در کشور مصر گزارش کردند که ۳۹ درصد از اراضی منطقه مورد مطالعه در کلاس تناسب S_1، ۲۳ درصد در کلاس S_2 و ۱۱ درصد در کلاس S_3 قرار می‌گیرند. در مجموع ۷۰ درصد اراضی برای کاشت خرما مناسب تشخیص داده شدند. ۱۴ درصد اراضی دارای محدودیت شدید ناشی از زهکشی نامناسب، شوری و قلیائیت زیاد بوده و ۱۳ درصد بر اساس اطلاعات موجود خاک، مناسب نبودند. ایشان پیشنهاد نمودند، بر اساس نتایج این تحقیق، انتخاب نوع مدیریت زراعی برای اراضی مورد مطالعه، بر اساس کلاس تناسب اراضی باشد. مطالعات سلیمان و همکاران[6] (۳۴) در کشور سودان برای کشت گیاهان زراعی و درختان میوه، شامل نخل‌خرما، انگور و مرکبات نشان داد که اقلیم منطقه برای کاشت این گیاهان مناسب می‌باشد. توپوگرافی، زهکشی و خصوصیات خاک از عوامل محدودکننده برای کشت گیاهان زراعی و درختان میوه محسوب می‌شوند. کلاس تناسب اراضی این منطقه برای کاشت نخل خرما، متوسط و برای کاشت انگور و مرکبات، بحرانی به‌دست آمد. بلال و الاشری[7] (۷) در کشور مصر، ارزیابی تناسب اراضی برای کاشت درختان میوه چند ساله شامل نخل خرما، زیتون، انجیر و مرکبات

1- FAO
2- Boolean
3- Metwaly and Alarabi
4- Khalifa and Samir
5- Salah *et al.*
6- Sulieman *et al.*
7- Belal and Al-Ashri

را با استفاده از روش فائو انجام دادند. نتایج نشان داد که اغلب اراضی مورد مطالعه برای کاشت نخل خرما، زیتون و انجیر در کلاس‌های تناسب خیلی مناسب (S_1) تا نسبتاً مناسب (S_2) و برای کشت مرکبات در کلاس نامناسب (N) طبقه‌بندی می‌شوند. دراین تحقیق، عوامل محدودکننده عبارت بودند از: بافت، شوری و میزان کربنات کلسیم خاک.

برای رفع کمبود روش فائو در تعیین کلاس تناسب واحدهای اراضی می‌توان از روش‌های نوین تصمیم‌گیری چند معیاره استفاده کرد. در سال‌های اخیر مدل‌های زیادی بر اساس چارچوب فائو برای اهداف ارزیابی تناسب اراضی طراحی شده‌اند که وجه مشترک تمامی آن‌ها ایجاد محیطی برای الگوسازی یا مدل‌سازی روش‌های ارزیابی است. روش‌های تصمیم‌گیری چند معیاره، یکی از این مدل‌هاست. در این روش، برای تعیین کلاس‌های تناسب اراضی از ترکیب انواع معیارهای دارای طبیعت و درجه اهمیت متفاوت، در تعیین تناسب اراضی بهره گرفته می‌شود. مطالعه تناسب اراضی با استفاده از روش ارزیابی چند معیاره بر مبنای چارچوب فائو انجام گرفته و به‌کارگیری این روش سبب افزایش دقت و پیشرفت سریع‌تر تحقیق می‌گردد (۱۱). تحلیل سلسله مراتبی فازی، یکی از روش‌های تصمیم‌گیری چند معیاره است که در سال‌های اخیر استفاده از آن بیش از پیش گسترش یافته است. این روش در واقع تلفیقی از منطق فازی و فرآیند تحلیل سلسله مراتبی می‌باشد. بنابراین به‌منظور مدل‌سازی عدم اطمینان‌ها در ترجیحات افراد بشر، تئوری مجموعه‌های فازی با مقایسه‌های زوجی در فرآیند تحلیل سلسله مراتبی ترکیب می‌شود. بدین ترتیب درک دقیق‌تری از فرآیند تصمیم‌گیری ارائه شده، به‌دست می‌آید (۳). مفاهیم اساسی تئوری مجموعه‌های فازی، برای اولین بار توسط لطفی‌زاده معرفی گردید (۴۰). پیشرفت تئوری و عملی این نظریه از آن زمان تاکنون بسیار زیاد بوده است. به‌منظور استفاده از مزایای هر دو تکنیک فازی و فرآیند تحلیل سلسله مراتبی، هم‌چنین غلبه بر نقاط ضعف هر کدام از آن‌ها ونلارهون و پیدریز[1] (۳۶) اولین بار اصول منطق فازی را در تلفیق با تحلیل سلسله مراتبی به‌کاربردند. نتایج به‌کارگیری روش ترکیبی تحلیل سلسله مراتبی و منطق فازی در ارزیابی کیفی تناسب اراضی برای کاشت انبه درکلمبیا، نشان داد که ۲۵ درصد اراضی برای کاشت انبه در کلاس مناسب (S_1)، ۶۵ درصد در کلاس نسبتاً مناسب (S_2)، ۹ درصد در کلاس بحرانی (S_3) و ۱ درصد در کلاس نامناسب (N) قرار می‌گیرند (۳۸). نتایج به‌کارگیری نظریه مجموعه‌های فازی در ارزیابی تناسب اراضی برای کاشت آناناس در کشور غنا، نشان داد که ۱۵ درصد اراضی برای کاشت آناناس در کلاس مناسب (S_1)، ۷۲ درصد در کلاس نسبتاً مناسب (S_2) و ۱۳ درصد در کلاس تناسب بحرانی (S_3) واقع می‌شوند (۲). در تحقیق دیگری ایعالم[2] (۱۴) در ارزیابی تناسب اراضی برای کاشت زیتون در کشور لیبی با استفاده از روش ارزیابی چند معیاره مبتنی بر تحلیل سلسله مراتبی فازی گزارش کرد که خصوصیات خاک، مهم‌ترین عوامل تأثیرگذار در تولید زیتون در منطقه مورد مطالعه می‌باشند و بیش‌ترین اهمیت را در انتخاب مکان مستعد کاشت زیتون دارند. مطالعات حمزه و همکاران[3] (۱۸) در استان فارس نیز نشان دادند که روش سلسله مراتبی فازی دارای کارایی بالایی در ارزیابی تناسب اراضی منطقه برای کشت جو می‌باشد و به‌کارگیری این روش موجب افزایش دقت بیش‌تر نسبت به روش فائو، در نتایج ارزیابی می‌گردد. در تحقیقی دیگر، امیریان (۱) نتیجه گرفت که استفاده از روش فرآیند تحلیل سلسله مراتبی فازی در مقایسه با روش پارامتریک باعث شده است درصد بیش‌تری از اراضی در کلاس تناسب S_1 قرار گیرند.

1- Van Laarhoven and Pedrcyz
2- Eialem
3- Hamzeh *et al.*

با توجه به نقش خرما در اقتصاد کشور، به منظور نشان دادن ارجحیت روش استفاده از تحلیل سلسله مراتبی فازی بر روش فائو و ارزیابی تناسب اراضی برای یک واریته خاص خرما برای اولین بار در دنیا، این تحقیق با هدف ارزیابی کیفی تناسب اراضی منطقه دشتستان در استان بوشهر برای کاشت نخل خرمای کبکاب با استفاده از دو روش پارامتریک و تحلیل سلسله مراتبی فازی و مقایسه این دو روش اجرا گردید.

مواد و روش‌ها

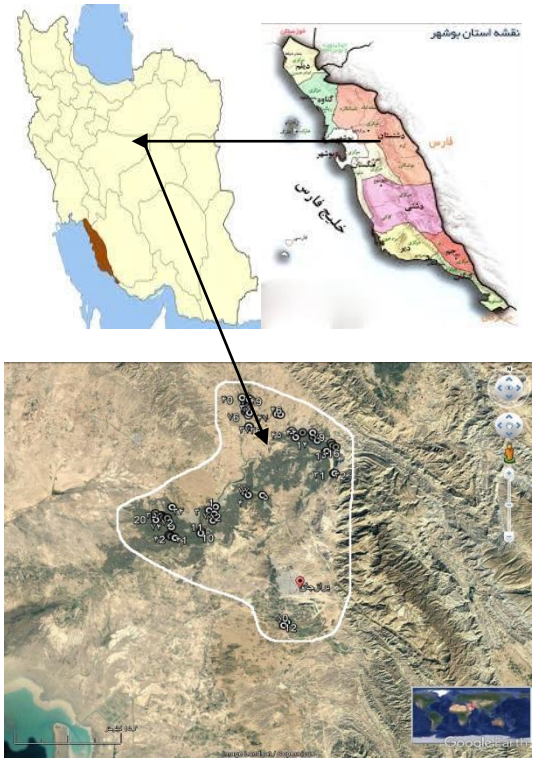
به منظور انجام این پژوهش، شهرستان دشتستان (بخش مرکزی- سعدآباد- شبانکاره) در استان بوشهر انتخاب گردید. این استان یکی از استان‌های مهم تولید خرما در کشور با بیش‌ترین سطح زیر کشت خرمای رقم کبکاب (در حدود ۲۳۰۰۰ هکتار) است. منطقه مذکور از نظر موقعیت جغرافیایی مابین ´ ۱۲ °۲۹ و ´ ۳۱ °۲۹ عرض شمالی و ´ ۰۹ °۵۱ و ´ ۵۹ °۵۱ طول شرقی واقع شده است (شکل ۱). این شهرستان ۷۲ متر از سطح دریا ارتفاع دارد. مطابق با آمار طولانی مدت هواشناسی، متوسط درجه حرارت سالیانه هوا ۲۷ درجه سانتی‌گراد و میانگین بارندگی سالیانه آن حدود ۲۵۰ میلی‌متر است. براساس طبقه‌بندی اقلیمی دامارتن، این شهرستان در گروه اقلیمی گرم و خشک قراردارد و بر اساس نقشه رژیم رطوبتی و حرارتی خاک ایران، خاک اراضی منطقه مورد مطالعه دارای رژیم رطوبتی اریدیک[1] و رژیم حرارتی هایپرترمیک[2] می‌باشد (۶).

با توجه به هدف تحقیق، پس از بازدیدهای میدانی، ۵۰ نخلستان (باغ خرما)، هریک با مساحت حداقل ۰/۵ هکتار و دارای نخل خرمای رقم کبکاب با سن ۲۰ تا ۲۵ سال، با سطح مدیریتی تقریباً یکسان و دارای خاک متفاوت، به عنوان نقاط مطالعاتی انتخاب شد. سپس در هر نخلستان اقدام به حفر یک خاکرخ به‌طور تصادفی، به ابعاد ۱/۵ (طول)، ۱ (عرض) و ۱/۵ (عمق) متر و تشریح آن‌ها با استفاده از راهنمای تشریح خاکرخ (۳۲)، گردید. محل حفر خاکرخ طوری انتخاب گردید که در هر یک از چهارگوشه هر خاکرخ، یک درخت خرما وجود داشته باشد. عملکرد چهار درخت واقع در چهار گوشه هر خاکرخ اندازه‌گیری و میانگین عملکرد آن‌ها به عنوان عملکرد نهایی برای خاکرخ مربوط در نظر گرفته شد.

به منظور انجام تجزیه‌های فیزیکی و شیمیایی، از هر افق خاکرخ، نمونه خاک تهیه و به آزمایشگاه انتقال داده شد. این نمونه‌ها پس از خشک شدن در هوا، از الک ۲ میلی‌متری عبور و در ظرف‌های پلاستیکی مخصوص نگهداری گردیدند. سپس تجزیه‌های فیزیکی و شیمیایی مورد نظر، مطابق دستورالعمل‌های استاندارد آزمایشگاهی بر روی نمونه‌ها انجام شد. بافت خاک به روش هیدرومتر (۸)، واکنش خاک (pH) در گل اشباع با pH متر (۲۸)، قابلیت هدایت الکتریکی در عصاره گل اشباع توسط EC متر (۲۹)، کربن آلی به روش اکسایش تر (۳۹)، کربنات کلسیم معادل (CCE) به روش خنثی‌سازی با اسیدکلریدریک و تیتر با سود (۲۷)، گچ به روش استون (۲۷)، کلسیم و منیزیم محلول در عصاره اشباع خاک به روش کمپلکسومتری با حضور EDTA (۱۲)، سدیم و پتاسیم محلول در عصاره اشباع خاک با دستگاه فلیم فتومتر و پتاسیم قابل جذب به روش استات آمونیم ۱ مولار با pH = ۷ اندازه‌گیری شدند (۲۱).

آمار و اطلاعات هواشناسی از نزدیک‌ترین ایستگاه سینوپتیک منطقه (ایستگاه برازجان) برای یک دوره ده ساله از طریق سازمان هواشناسی تهیه گردید.

1- Aridic
2- Hyperthermic



شکل(۱) موقعیت منطقه و محل خاکرخ های مورد مطالعه

Figure (1) Situation of the area and location of the studied soil profiles

۱- ارزیابی تناسب اراضی با استفاده از روش پارامتریک (رابطه ریشه دوم)

در این روش، علاوه بر درجه تناسب اقلیم، متوسط وزنی برخی از مشخصات خاک هر خاکرخ با استفاده از ضرایب وزنی عمق محاسبه و با نیازهای رویشی نخل خرمای کبکاب (۱۳)، مقایسه شد و درجه تناسب هر ویژگی تعیین و در نهایت، با استفاده از رابطه ۱ (فرمول ریشه دوم[1])، (۳۵)، شاخص زمین برای هر خاکرخ محاسبه گردید.

$$CI, LI = R_{min} \times \sqrt{\frac{A}{100} \times \frac{B}{100}} \times .... \qquad (۱)$$

در این رابطه، CI = شاخص اقلیم، LI = شاخص زمین، A, B, C = درجات تناسب اختصاص داده شده به اقلیم و هر یک از مشخصه‌های زمین و R_{min} = کم‌ترین درجه تناسب در بین تمام درجه تناسب‌ها، می‌باشد. در این روش، یک درجه‌بندی کمی به هر کدام از مشخصه‌های اراضی اختصاص داده می‌شود. اگر مشخصه‌ای برای محصول مورد نظر کاملاً مطلوب باشد، درجه حداکثر ۱۰۰ و اگر مشخصه‌ای دارای محدودیت باشد، درجه کم‌تری به آن تعلق می‌گیرد.

در تحقیق حاضر، ابتدا ارزیابی اقلیم صورت گرفت و بدین منظور، شاخص اقلیم محاسبه گردید؛ سپس به کمک یکی از روابط ۲یا ۳، شاخص اقلیمی به درجه تناسب اقلیمی[2] تبدیل و در تعیین شاخص زمین به‌کارگرفته شد.

در شرایطی که شاخص اقلیمی کم‌تر از ۲۵ بود، درجه تناسب اقلیمی از رابطه ۲ محاسبه شد:

$$CR = 1.6\ CI \qquad (۲)$$

در مواردی که شاخص اقلیمی بین ۲۵ و ۹۲/۵ بود از رابطه ۳ استفاده گردید:

$$CR = 16.67 + 0.9\ CI \qquad (۳)$$

کلاس تناسب اقلیم و زمین با استفاده از جدول ۱ تعیین گردید.

1- Square root formula

2- Climatic rating

جدول (۱) مقادیر عددی شاخص برای کلاس‌های مختلف تناسب (۱۷)

Table (1) Numerical values of index for different land suitability classes (17)

Suitability classes کلاس‌های تناسب		Index (%) شاخص (درصد)
(Suitable) S_1	مناسب	75-100
(Moderately suitable) S_2	نسبتاً مناسب	50-75
(Marginally suitable) S_3	کمی مناسب	25-50
(Not suitable) N	نامناسب	0-25

۲- ارزیابی تناسب اراضی با استفاده از روش تحلیل سلسله مراتبی فازی

در این مطالعه، مقدار و درجه عضویت با بهره‌گیری از تابع عضویت زنگوله‌ای مدل فازی، با استفاده از روابط ۴، ۵ و ۶ تعیین گردید:

$$F(x_i) = \frac{1}{1+\left(\frac{x-c_1-d_1}{d_1}\right)^2} \quad \text{for } x < c_1 + d_1 \qquad (۴)$$

$$MF(x_i) = 1 \quad \text{for } c_1 + d_1 \le x \le c_2 - d_2 \qquad (۵)$$

$$MF(x_i) = \frac{1}{1+\left(\frac{x-c_2+d_2}{d_2}\right)^2} \quad \text{for } x > c_2 - d_2 \qquad (۶)$$

در روابط فوق، MF(xi)، تابع عضویت اُامین معیار ارزیابی، c_2 و c_1 به ترتیب، حدود آستانه پایینی[1] و حدود آستانه بالایی[2] (در این نقاط، MF(xi) =۰/۵) و d_1 و d_2، عرض منطقه انتقالی تابع عضویت را مشخص می‌سازند. لازم به ذکر است که توابع عضویت خصوصیات کیفی خاک مانند بافت خاک با استفاده از نظریه مجموعه‌های کلاسیک[3] تعیین گردید (۵ و ۳۳). پس از تعیین مقدار درجه عضویت برای هر یک از خصوصیات خاک و اقلیم، نتایج ارزیابی تمامی این خصوصیات در مجموعه‌ای تحت عنوان ماتریس خصوصیات (R)[4] قرار داده شد. از آن‌جایی که هرکدام از خصوصیات مورد نظر آثار متفاوتی بر میزان عملکرد محصول مورد مطالعه دارند، بنابراین تاثیر نسبی هر کدام از آن‌ها را می‌توان به صورت وزن نسبی معیار تعیین کرد. در این تحقیق وزن نسبی هر کدام از معیارهای مورد مطالعه با استفاده از روش تحلیل سلسله مراتبی با تشکیل ماتریس مقایسه‌های زوجی تعیین و در مجموعه‌ای تحت عنوان ماتریس وزن معیار (W)[5] قرار داده شد که بیانگر اثر هر کدام از مشخصه‌های اراضی بر تولید محصول است. در مرحله بعد به‌منظور طبقه‌بندی نهایی تناسب اراضی با استفاده از نظریه مجموعه‌های فازی، ماتریس خصوصیات (R) و ماتریس وزن معیار (W) با استفاده از نظریه مجموعه‌های فازی طبق رابطه ۷ با یکدیگر ترکیب شدند و ماتریس نهایی تناسب اراضی (E) به‌دست آمد (۳۷).

$$E = W^{\circ}R \qquad (۷)$$

برای برآورد شاخص اراضی، مجموع عناصر ماتریس نهایی تناسب اراضی، برابر ۱ قرار داده شد (نرمال کردن) و عناصر جدید، به ترتیب در متوسط شاخص کلاس‌های مختلف تناسب اراضی، بر اساس رابطه ۸ ضرب گردید:

$$LI = \sum E0_j * A_j \qquad (۸)$$

در این رابطه، LI: شاخص زمین، $E0_j$: مقدار نرمال شده ماتریس E و A_j: میانگین حداقل و حداکثر شاخص‌های هریک از کلاس‌های تناسب اراضی بوده که این عدد برای کلاس‌های S_1، S_2، S_3 و N، به ترتیب ۸۷/۵، ۶۲/۵، ۳۷/۵ و ۱۲/۵ درصد می‌باشد.

۳- بررسی صحت و دقت روش‌های ارزیابی تناسب اراضی به‌کار رفته

1-Lower cross over point (LCP)
2-Higher cross over point (HCP)
3- Classic set theory
4- Characteristics matrix
5- Weight matrix

به‌منظور ارزیابی صحت و دقت روش‌های بکارگرفته شده، همبستگی بین عملکرد اندازه‌گیری شده (تولید واقعی) و شاخص زمین در هریک از دو روش بکار رفته با استفاده از نرم افزار MINITAB 14 تعیین گردید. معمولاً اگر همبستگی بالایی بین این دو متغیر وجود داشته باشد، می‌توان ادعا کرد که روش‌ارزیابی مورد استفاده، قابل قبول است (۲۴).

نتایج و بحث

نتایج مربوط به توصیف آماری برخی خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک ۵۰ نقطه مشاهده‌ای مورد مطالعه در جدول ۲ ارائه شده است. همان‌طور که مشاهده می‌شود، مشکلات شوری، قلیائیت و حاصل‌خیزی از مشکلات عمده خاک نخلستان‌های منطقه محسوب می‌گردد.

نتایج تعیین وزن نسبی معیارهای مؤثر در کاشت نخل خرمای کبکاب

نتایج حاصل از محاسبه وزن نسبی معیارهای اقلیمی و خاکی موثر بر عملکرد نخل خرمای کبکاب به ترتیب در جداول ۳ و ۴ آورده شده است. براساس این نتایج، معیار میانگین دمای مرحله گل‌دهی با وزن نسبی ۰/۱۶۱ بالاترین درجه اهمیت را به خود اختصاص می‌دهد. نتایج بررسی و مطالعه منابع علمی نیز موید این موضوع می‌باشد که دمای مرحله گل‌دهی یکی از مهم‌ترین فاکتورهای محیطی است که تأثیر زیادی در میزان تلقیح گل به عهده داشته و از این نظر، نقش حیاتی را در میزان تشکیل میوه در نخل خرما ایفا می‌نماید. هم‌چنین در بین معیارهای خاکی، بیش‌ترین وزن نسبی به میزان ۰/۳۱۰ مربوط به معیار شوری است. در منابع علمی نیز شوری خاک به عنوان یکی از مهم‌ترین عوامل تأثیرگذار بر تولید خرما محسوب می‌گردد.

جدول (۲) توصیف آماری برخی خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک‌های مورد مطالعه

Table (2) Statistical description of some physical and chemical characteristics of the studied soils

مشخصات خاک Soil characteristics		واحد Unit	تعداد نقاط مشاهداتی Number of observation points	حداقل Minimum	حداکثر Maximum	میانگین Mean	انحراف معیار Standard deviation	ضریب تغییرات (درصد) Coefficient of variations (%)
شن	Sand	(%)	50	12.7	66.4	28.9	11.2	38.8
رس	Clay	(%)	50	11.7	41.6	22.3	7.1	31.9
شوری	EC	($dS.m^{-1}$)	50	4.1	39	7.7	5.6	72.9
نسبت جذب سدیم	SAR	-	50	4.4	36.7	9.5	6.3	66.4
کربن آلی	Organic carbon	(%)	50	0.25	0.65	0.44	0.08	18.1
اسیدیته	pH	-	50	7.4	7.4	8.6	0.13	1.7
کربنات کلسیم معادل	$CaCO_3$ equivalent	(%)	50	45.8	58.7	51.6	3	5.9
گچ	Gypsum	(%)	50	0.56	1.9	0.99	0.37	37.3
پتاسیم قابل جذب	Available potassium	($mg.kg^{-1}$)	50	126	194.2	160.2	18.9	11.6

نتایج کلاس بندی تناسب راضی

خلاصه نتایج ارزیابی کیفی تناسب اراضی برای کاشت نخل خرمای کبکاب در استان بوشهر به روش پارامتریک (فرمول ریشه دوم) و تحلیل سلسله مراتبی فازی در جدول ۵ ارائه گردیده است.

بر اساس نتایج به‌دست آمده در روش تحلیل سلسله مراتبی فازی، ۹۶/۶ درصد اراضی مورد مطالعه، در کلاس S_2 و ۳/۴ درصد آن‌ها در کلاس تناسب S_3 قرار گرفتند. این در حالی است که در روش پارامتریک (فرمول ریشه دوم)، ، ۸۲ درصد اراضی مورد مطالعه، در کلاس S_3 و ۱۸درصد آن‌ها در کلاس تناسب N دسته‌بندی شدند.

در تحقیق حاضر، مقایسه کلاس‌های تناسب به‌دست آمده از طریق روش‌های پارامتریک و تحلیل سلسله مراتبی فازی (جدول ۵)، نشان داد که در ارزیابی تناسب اراضی به روش تحلیل سلسله مراتبی فازی، کلاس تناسب بالاتری (مقادیر بیش‌تر درجات عضویت) نسبت به روش اول به‌دست می‌آید. هم‌چنین مقایسه همبستگی بین شاخص اراضی محاسبه شده و مقادیر تولید اندازه-گیری شده برای دو روش مذکور (شکل‌های ۲ و ۳)، حاکی از دقت بالاتر روش تحلیل سلسله مراتبی فازی نسبت به روش پارامتریک (فرمول ریشه دوم) در تعیین کلاس‌های تناسب اراضی است.

جدول (۳) وزن نسبی معیارهای اقلیمی موثر بر عملکرد نخل خرما

Table (3) Relative weight of climatic criteria, affecting date palm yield

A	B	C	D	E	F	G	H	I	J
0.087	0.018	0.014	0.161	0.093	0.149	0.080	0.158	0.107	0.104

A= Length of dry season طول فصل خشک (روز)

B= Number of days with precipitation > 5 mm, during fruit ripening stage

تعداد روزهای با بارندگی بیش از ۵ میلی متر در مرحله رسیدن میوه (روز)

C=Average daily temperature (°C) of the growing cycle میانگین دمای سیکل رشد (درجه سانتی گراد)

D=Average daily temperature (°C) of the flowering stage میانگین دمای مرحله گلدهی(درجه سانتی گراد)

E=Average daily temperature (°C) of the fruit ripening stage میانگین دمای مرحله رسیدن میوه (درجه سانتی گراد)

F= Sum of heat requirements during the stages of flowering, fruit formation and ripening

مجموع نیاز گرمایی از مرحله گلدهی تا رسیدن میوه (درجه- روز)

G=Mean relative humidity (%) of the growing cycle میانگین رطوبت نسبی سیکل رشد (درصد)

H=Mean relative humidity (%) of the fruit formation stage میانگین رطوبت نسبی مرحله تشکیل میوه (درصد)

I= Mean sunshine hours (n) میانگین ساعات آفتابی (ساعت)

J=Number of months with mean wind speed > 5 m/s تعداد ماه‌های سال با میانگین سرعت باد بیش از ۵ متر بر ثانیه

جدول(٤) وزن نسبی هریک از معیارهای خاکی موثر بر عملکرد نخل خرمای کبکاب

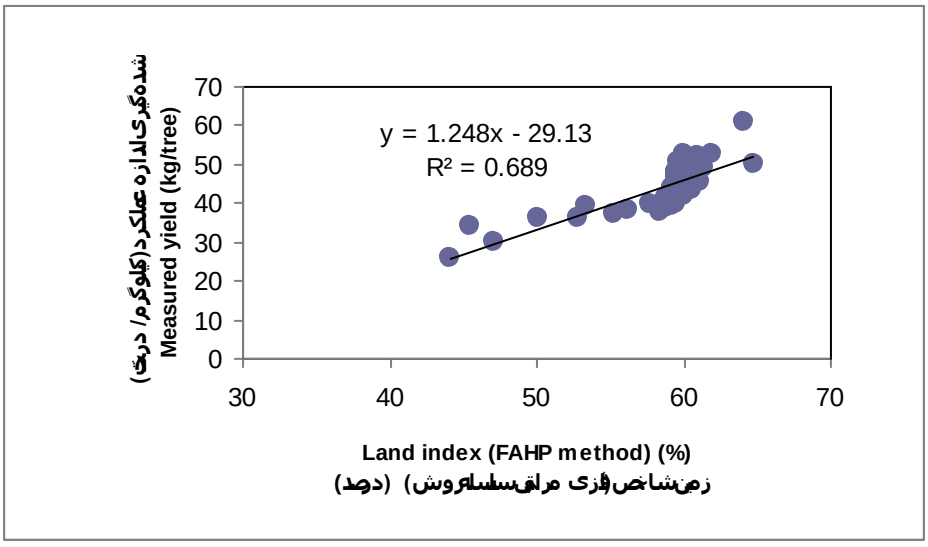
Table (4) Relative weight of soil characteristics, affecting Kabkab date palm yield

K	L	M	N	O	P	Q	R
0.130	0.092	0.044	0.079	0.082	0.063	0.310	0.193
K= Soil texture بافت خاک		L= Calcium carbonate content (%) مقدار کربنات کلسیم (درصد)			M= Gypsum content (%) مقدار گچ (درصد)		N= pH اسیدیته
O=Organic carbon (%) کربن آلی (درصد)		P= Available potassium (mg kg^{-1}) پتاسیم قابل جذب (میلی‌گرم بر کیلوگرم)			Q= EC (dS m^{-1}) شوری (دسی زیمنس بر متر)		R= SAR نسبت جذب سدیم

جدول(٥) خلاصه نتایج ارزیابی کیفی تناسب اراضی برای کاشت نخل خرمای کبکاب در استان بوشهر به روش پارامتریک (فرمول ریشه دوم) و تحلیل سلسله مراتبی فازی

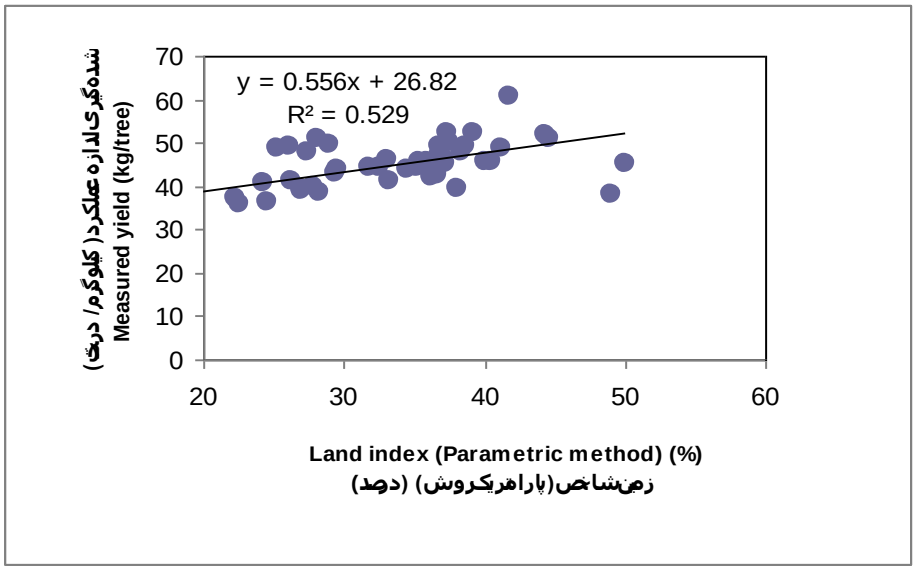
Table (5) Summary of land suitability evaluation results for Kabkab date palm plantation in Bushehr province, using parametric (second root formula) and Fuzzy Analytical Hierarchy Process (FAHP) methods

درصد کلاس تناسب Land suitability class (%)			روش‌ها Methods
N	S_3	S_2	
18	82	0	پارامتریک (فرمول ریشه دوم) Parametric (second root formula)
0	3.4	96.6	تحلیل سلسله مراتبی فازی Fuzzy AHP



شکل(۲) همبستگی بین شاخص اراضی و مقادیر تولید اندازه‌گیری شده در روش تحلیل سلسله مراتبی فازی

Figure (2) Correlation between land index and measured yield in Fuzzy AHP method



شکل(۳) همبستگی بین شاخص اراضی و مقادیر تولید اندازه‌گیری شده در روش پارامتریک (فرمول ریشه دوم)
Figure (3) Correlation between land index and measured yield in Parametric (second root formula) method

نتایج مقایسه همبستگی شاخص اراضی محاسبه شده به‌وسیله روش‌های پارامتریک و Fuzzy AHP با تولید واقعی در منطقه مورد مطالعه نشان داد که نتایج روش Fuzzy AHP با شرایط طبیعی حاکم بر منطقه، هم‌خوانی بیش‌تری دارد، زیرا روش‌های مبتنی بر منطق فازی با در نظر گرفتن تغییرات پیوسته مشخصات اراضی، توانایی بیش‌تری در ارائه تغییرات مکانی ویژگی‌های خاک در مقایسه با روش‌های مبتنی بر منطق بولین را دارند. این روش‌ها باعث هدر رفتن حجم قابل ملاحظه‌ای از اطلاعات، در خلال فرآیند ارزیابی اراضی می‌شوند (۱۰). نتایج مطالعات محمدی و گیوی (۲۴) نیز ،نشان داد که همبستگی بین عملکرد محصول مشاهده شده و شاخص تناسب اراضی در روش فازی بیش‌تر از روش پارامتریک است. رومیجن[1] و همکاران (۳۰) در استرالیا با بررسی روند تغییرات تناسب اراضی ناشی از تغییرات اقلیمی برای کاشت هلو، اظهار داشتند که روش سلسله مراتبی فازی در مقایسه با روش سلسله مراتبی استاندارد، دارای عملکرد بهتری در پیش‌بینی روند تغییرات کلاس‌های تناسب دارد و نتایج جامع و کامل‌تری ارائه می‌نماید. با به‌کارگیری نظریه مجموعه‌های فازی برای ارزیابی تناسب اراضی، انتخاب اوزان و توابع عضویت از اهمیت خاصی برخوردارند ، به‌طوری‌که در مطالعات باجا و همکاران[2] (۵)، برایمو و ولک[3] (۹)، مونرو[4] (۲۵)،کشاورزی و همکاران[5] (۱۹) و مختار[6] (۲۶) بر لزوم اطلاع از تأثیر نسبی معیارهای اقلیم و خاک بر تولید محصول (انتخاب اوزان) و انتخاب توابع عضویت، برای دستیابی به نتایج واقع بینانه در ارزیابی تناسب اراضی تأکید شده است. علی رغم مزایای روش Fuzzy AHP در ارزیابی تناسب اراضی، می‌توان به مشکلات مربوط به انتخاب توابع عضویت و تعریف دقیق پارامترهای آن‌ها برای خصوصیات اراضی مؤثر بر تولید محصول اشاره کرد. چنین محدودیتی توسط سایر محققان (بورو[7] (۱۱)، کشاورزی و همکاران (۱۹) و مختار (۲۶)) در استفاده از این روش برای ارزیابی تناسب اراضی نیز گزارش شده است.

1- Romeijn *et al.*

2- Baja *et al.*
3- Braimoh and Velk
4- Moreno
5- Keshavarzi *et al.*
6- Mukhtar
7- Burrough

نتیجه‌گیری

نتایج نشان داد در ارزیابی تناسب اراضی به روش تحلیل سلسله مراتبی فازی، کلاس تناسب بالاتری نسبت به روش پارامتریک به‌دست می‌آید. مقایسه ضرایب همبستگی بین شاخص اراضی محاسبه شده و مقادیر عملکرد اندازه‌گیری شده نیز حاکی از آن است که به دلیل وجود ضریب همبستگی بالاتر، روش تحلیل سلسله مراتبی فازی نسبت به روش پارامتریک (فرمول ریشه دوم)، از دقت بیش‌تری در تعیین کلاس‌های تناسب اراضی برای کاشت نخل خرمای کبکاب در منطقه مورد مطالعه برخوردار است. به‌نظر می‌رسد تفاوت در منطق حاکم بر این دو روش، باعث گردیده تا روش تحلیل سلسله مراتبی فازی، با در نظر گرفتن درجه اهمیت معیارهای موثر در تعیین تناسب اراضی و توابع عضویت، عملکرد بهتری در تعیین کلاس‌های تناسب داشته باشد و نتایج جامع و کامل‌تری ارائه نماید، بنابراین، در ارزیابی کیفی تناسب اراضی برای کاشت نخل خرمای کبکاب، به‌کارگیری روش تحلیل سلسله مراتبی فازی به عنوان بهترین روش توصیه می‌گردد.

پیشنهاد

پیشنهاد می‌شود برای انجام مطالعات ارزیابی تناسب اراضی برای کاشت نخل خرما، ابتدا با توجه به شرایط هر منطقه و نیاز اقلیمی هر رقم خاص نخل خرما، جدول‌های نیازهای اقلیمی و خاکی برای هر کدام از ارقام مختلف و به‌خصوص ارقام تجاری در کشور تدوین گردد. هم‌چنین ترجیحاً از روش‌های ارزیابی چند معیاره در این نوع مطالعات بهره‌گیری شود.

منابع

1. Amirian, A. 2011. Land suitability spatial modeling using geostatistical techniques and Fuzzy set theory. PhD thesis, Faculty of Agriculture and Natural Resources, University of Tehran, Iran (in Persian).

2. Attua, E. M., and Fisher, J. B. 2010. Land suitability assessment for pineapple production in the Akwapim south district, Ghana: A GIS-Multi-criteria Approach. Ghana Journal of Geography, 2: 47-83.

3. Ayag, Z., and ozdemir, R. G. 2006. A Fuzzy AHP approach to evaluate machine tool alternatives. Journal of Intelligent Manufacturing, 17: 179-190.

4. Ayoubi, Sh., Givi, J., Jalalian, A., and Amini, A. M. 2002. Quantitative evaluation of land suitability for important crops in Baraan area, Isfahan. Journal of Sciences and Technology of Agriculture and Natural Resources, 3: 105-119 (in Persian).

5. Baja, S., Chapman, D. M., and Dragovich, D. 2001. A conceptual model for assessing agricultural land suitability at a catchment level using a continuous approach in GIS. Proceedings of the geospatial information and agriculture conference, Sydney NSW Agriculture, Sydney, 16-19 July, pp. 828-841.

6. Banaei, M. H. 1998. Soil moisture and temperature regime map of Iran. Soil and Water Research Institute, Tehran (in Persian).

7. Belal, A. A. and Al-Ashri K. M. A. 2011. GIS Based land evaluation in Baharyia oasis, western desert, Egypt. Mansoura University. Journal of Soil Science and Agricultural Engineering, 2 (1): 11 - 24

8. Bouyoucos, G. J. 1962. Hydrometer method improved for making particle size analysis of soil. Agronomy Journal, 54: 464-465.

9. Braimoh, A. K., and Velk, P. L. G. 2004. GIS- land evaluation for maize based on fuzzy set and interpolation. Environmental Management, 33: 226- 238.

10. Burrough, P. A. 1989. Fuzzy mathematical methods for soil survey and land evaluation. Journal of Soil Science, 40: 477–492.

11. Burrough, P. A., MacMillan, R. A., and Van Deursen, W. 1992. Fuzzy classification methods for determining land suitability from soil profile observations and topography. Journal of Soil Science, 43: 193- 210.

12. Burt, R. 2014. Soil survey laboratory methods manual. United States Department of Agriculture, Natural Resources Conservation Service, USA, Lincoln, Nebraska. 1035p.

13. Dialami, H. 2017. Qualitative, Quantitative and Economical Land Suitability Evaluation for Kabkab Date Palm Cultivation in Khuzestan, Fars and Bushehr Provinces, Using Multi- Criteria Evaluation and FAO Methods. PhD thesis, Faculty of Agriculture, University of Shahrekord, Shahrekord, Iran (in Persian).

14. Elaalem, M. 2013. A Comparison of Parametric and fuzzy multi-criteria Methods for evaluating land suitability for Olive in Jeffara Plain of Libya. APCBEE Procedia, 5: 405-409.

15. FAO, 1978. Report on the agro-ecological zones project. 1: Methodology and results for Africa. World Soil Resources Repot No. 48., FAO, Rome. 158 p.

16. Ghanavati, G., Landi, A., and Baneinaama, J. 2009. Land suitability evaluation for wheat and date palm cultivation in Shadegan area. M.Sc. thesis, Faculty of Agriculture, Shahid Chamran University of Ahvaz, Iran (in Persian).

17. Givi, J. 1998. Qualitative land suitability evaluation for field and horticultural crops. Technical Publication No. 1015. Soil and Water Research Institute, Ministry of Agriculture, 100 p (in Persian).

18. Hamzeh, S., Mokarram, M., and Alavipanah, S. K. 2014. Combination of Fuzzy and AHP methods to assess land suitability for barley: Case study of semiarid lands in the southwest of Iran. Desert, 19(2): 173-181.

19. Keshavarzi, A., Sarmadian, F., Heidari, A., and Omid, M. 2010. Land suitability evaluation using fuzzy continuous classification (A case study: Ziaran region). Modern Applied Science, 4: 72-81.

20. Khalifa, M. E. A., and Samir, M. H. A. R. 2008. Land potentiality assessment, east El-Owienat area, Egypt. Alex University Journal of Agriculture and Environment Sciences, 7(1): 149-171.

21. Knudsen, D., Peterson, G. A., and Pratt, P. F. 1982. Lithium, sodium, and potassium. In: Page A. L., Miller R. H. and Keeney D. R. (eds.). Methods of Soil Analysis. Part

2: Chemical and Microbiological Properties. American Society of Agronomy, Soil Science Society of America, Madison, WI, USA. pp 225-246.

22. Marashi, S. S., Rahkhodaei, E., Ghasemi, R. A., Behseresht, R., and Garshasbi, M. R. 2013. Study on the adaptability and determination of quantitative and qualitative fruit characteristics of date cultivars in Tabas region. Final report, Agricultural Research, Education and Extension Organization. Ministry of Jahad-e-Keshavarzi, Iran.

23. Metwaly, M. M. A., and El-Araby, A. M. 2011. Land suitability for some specific crops, using remote sensing and GIS in El-Qaa plain, South Sinai, Egypt. Mansoura University. Journal of Soil Science and Agricultural Engineering, 2 (2): 227 – 238.

24. Mohammadi, J., and Givi, J. 2001. Land suitability evaluation for irrigated Wheat in Falavarjan region, Isfahan; using Fuzzy set theory. Journal of Sciences and Technology of Agriculture and Natural Resources, 5(1): 103 - 116 (in Persian).

25. Moreno, J. F. S. 2007. Applicability of knowledge-based and fuzzy theory-oriented approaches to land suitability for upland rice and rubber, as compared to the farmer's perception. M.Sc. thesis, International Institute for Geo-Information Science and Earth Observation (ITC). Enschede. Netherlands.

26. Mukhtar, E., Comber, A., and Fisher, P. 2010. Land evaluation techniques, comparing Fuzzy AHP with TOPSIS methods. 13th AGILE International Conference on Geographic Information Science. 10-14 May, Guimarães, Portugal.

27. Nelson, R. E. 1982. Carbonate and gypsum. In: Page A. L., Miller R. H. and Keeney D. R. (eds.). Methods of soil analysis. part2: Chemical and Microbiological Properties. American Society of Agronomy, Soil Science Society of America, Madison, WI, USA. pp. 181-197.

28. Peech, M. 1965. Hydrogen ion activity. In: Black, C.A. (ed.), Methods of soil analysis. Part 2: Chemical and Microbiological Properties. American Society of Agronomy, Soil Science Society of America, Madison, WI, USA. pp. 914-926.

29. Roades, J. D. 1996. Salinity: electrical conductivity and total dissolved solids. In: Sparks D. L. (ed.). Methods of Soil Analysis. Part 3: Chemical and Microbiological Properties. American Society of Agronomy, Soil Science Society of America, Madison, WI, USA. pp. 417-437.

30. Romeijn, H., Faggian, R., Diogo, V., and Sposito, V. 2016. Evaluation of deterministic and complex Analytical Hierarchy Process methods for agricultural land suitability analysis in a changing climate. International Journal of Geo-Information, 5(99): 1-16.

31. Salah, A., Van Ranst, E., and Hisham, El. 2001. Land suitability assessment for date palm cultivation in the eastern Nile delta, Egypt; using an automated land evaluation system (ALES) and GIS. Second International Conference on Date Palm, 25-27 March. Al-Ain, UAE.

32. Schoeneberger, P. J., Wysocki, D. A., Benham, E. C., and Broderson, W. D. 2012. Field book for describing and sampling soils. Version 3, Natural Resources Conservation Service, National Soil Survey Center, Lincoln, NE. 300 p.

33. Sharififar, A., Ghorbani, H., Sarmadian, F. 2016. Soil suitability evaluation for crop selection, using fuzzy sets methodology. Acta Agriculturae Slovenica, 107(1):159-174.

34. Sulieman, M. M., Ibrahim, I.S., and Elfaki, J. 2015. Land suitability characterization for crop and fruit production in some river Nile terraces. Khartoum, North Sudan. International Journal of Scientific and Research Publications, 5(10): 1-5.

35. Sys, C., Van Ranst, E., and Debaveye, J. 1991a. Land evaluation, Part I: Principles in land evaluation and crop production calculations. Agricultural Publication No. 7. GADC, Brussels, Belgium. 274p.

36. Van Laarhoven, P. J. M., and Pedrcyz, W. 1983. A fuzzy extension of Saaty's priority theory. Fuzzy Sets and Systems, 11: 229-241.

37. Van Ranst, E., Tang, H., Groenemans, R., and Sinthurahat, S. 1996. Application of fuzzy logic to land suitability for rubber production in peninsular Thailand. Geoderma, 70: 1– 19.

38. Vivas, O. J. M., and Martinez, L. J. 2014. Relief parameters and fuzzy logic for land evaluation of Mango crops (*Mangifera indica L.*) in Colombia. Agronomía Colombiana, 32(2): 246-254.

39. Wakley, A., and Black, I. A. 1934. An examination of degtjareff method for determining soil organic matter and a proposed modification of chromic acid method in soil analysis. 1. Experimental. Soil Science, 79: 459-465.

40. Zadeh, L. A. 1965. Fuzzy sets. Information and Control, 8: 338-353.