

## مقایسه سه تابع عضویت مختلف در ارزیابی تناسب اراضی منطقه آمل به روش فازی

حمیدرضا ممتاز<sup>۱</sup>، مسلم ثروتی<sup>۲\*</sup>

(تاریخ دریافت: ۱۳۹۵/۰۵/۳۱ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۵/۱۰/۲۸)

### چکیده

مجموعه‌های فازی، بدون مرزهای تیز و مجزا هستند. به طوری که، عبور از یک منطقه عضو به غیرعضو در کلاس، تدریجی است. یک مجموعه فازی توسط توابع عضویت فازی تعریف می‌شود که از صفر تا یک متغیر است و نمایانگر افزایش تداومی و پیوسته از غیرعضویت کامل به عضویت کامل می‌باشد، از طرفی، تابع عضویت یکی از پارامترهای تأثیرگذار در ارزیابی تناسب اراضی به روش نظریه مجموعه‌های فازی است. هدف از این تحقیق، مقایسه سه تابع عضویت کندل، کوچی و دوزنقه‌ای در ارزیابی تناسب اراضی شرق منطقه آمل برای گیاه برنج، بر اساس نظریه مجموعه‌های فازی می‌باشد. برای نیل به این هدف، ویژگی‌های اراضی (۸ ویژگی) بر اساس نظر فائو انتخاب، و ارزیابی تناسب اراضی به روش فازی در ۱۷ واحد اراضی صورت پذیرفت. نتایج نشان داد که بر اساس وزن‌های به‌دست‌آمده، در هر سه نوع تابع عضویت مورد استفاده، اقلیم دارای بیشترین وزن و ظرفیت تبادل کاتیونی ظاهری دارای کمترین وزن (درجه اهمیت) در رشد محصول برنج در منطقه مطالعاتی می‌باشند. همبستگی بین شاخص اراضی و عملکرد مشاهده شده در سطح منطقه، برای نظریه مجموعه‌های فازی با تابع عضویت کندل (۰/۹۸) بیشتر از توابع کوچی (۰/۷۵) و دوزنقه‌ای (۰/۷۹) بود و اختلاف نسبتاً زیاد ضریب همبستگی محاسبه شده، نشان از دقت بالای تابع عضویت کندل دارد. همچنین در این روش، نرم‌افزار متلب با توجه به حدود انتقالی انتخاب شده مناسب، توانسته وزن‌ها را به‌طور دقیق برآورد نماید. نهایتاً می‌توان چنین بیان کرد که اگر از توابع عضویت و حدود انتقالی مناسب در روش فازی استفاده گردد، می‌توان از آن به‌عنوان یک روش کارا در ارزیابی تناسب اراضی استفاده کرد.

**واژه‌های کلیدی:** برنج، تابع دوزنقه‌ای، کندل، کوچی، فازی

۱- استادیار گروه علوم خاک، دانشکده کشاورزی، دانشگاه ارومیه

۲- استادیار مرکز آموزش عالی شهید باکری میاندوآب، دانشگاه ارومیه (مکاتبه کننده)

\*پست الکترونیک: [m.sarvati@urmia.ac.ir](mailto:m.sarvati@urmia.ac.ir)

## مقدمه

مجموعه‌های فازی<sup>۱</sup> بدون مرزهای تیز و مجزا می‌باشند. به طوری که، عبور از یک منطقه عضو به غیر عضو در کلاس، تدریجی می‌باشد (McBratney *et al.*, 1997). استفاده از منطق فازی برای ارزیابی تناسب اراضی گیاهان زراعی اولین بار توسط بوروق (Burrough, 1989) مطرح گردید. در روش فازی، اطلاعات خاکی به‌عنوان داده‌های ورودی در ارزیابی تناسب اراضی هستند و مجموعه‌های مبهم (فازی)، ابزاری برای رفع بی‌دقتی موجود در روش‌های ارزیابی تناسب اراضی می‌باشند. هارتانی و سیتانگانگ (Hartati & Sitanggang, 2010) گزارش کردند، سیستم فازی می‌تواند برای تعیین دامنه محدودیت‌ها به کار رود. از دامنه محدودیت‌ها نیز می‌توان برای تعیین سطوح محدودیت اراضی و تناسب تیپ‌های بهره‌وری کشت شده استفاده کرد. در نهایت، ایشان سیستم فازی را روشی جهت کامل کردن دانش‌های کشاورزی که حالت مبهم دارند، عنوان کردند.

یک مجموعه فازی توسط توابع عضویت فازی<sup>۲</sup> تعریف می‌شود که از صفر تا یک متغیر است و نمایانگر افزایش تداومی و پیوسته از غیر عضویت کامل به عضویت کامل می‌باشد (Baja *et al.*, 2001). یکی از اصلی‌ترین مراحل در نظریه مجموعه‌های فازی، انتخاب تابع عضویت می‌باشد (Tange *et al.*, 1991). مهم‌ترین توابع عضویت شامل توابع زنگوله‌ای شکل<sup>۳</sup>، دوزنقه‌ای شکل<sup>۴</sup> و مثلثی شکل<sup>۵</sup> بوده و خود تابع عضویت زنگوله‌ای شامل سه دسته S شکل، کوشی<sup>۶</sup> و کندل<sup>۷</sup> می‌باشد. شایان ذکر است که مدل مثلثی فرم ساده شده‌ای از مدل زنگوله‌ای بوده و تغییر درجه عضویت از صفر تا یک، به صورت خطی و تدریجی می‌باشد. چنین تابع عضویتی برای ارزیابی اراضی به صورت خودکار و رایانه‌ای کاربرد فراوانی دارند (Ayoubi & Jalalian, 2010). در ارزیابی اراضی به روش فازی، عمدتاً از توابع S شکل، تابع کوچی و تابع کندل برای تعیین درجه عضویت ویژگی‌های مختلف اراضی به کلاس‌های تناسب استفاده می‌شود (Van Ranst *et al.*, 1996). از طرفی، انتخاب تابع عضویت مناسب برای ارزیابی اراضی، بستگی به درجه

تغییرات ویژگی‌های مورد بررسی در ناحیه انتقالی و مرز کلاس‌ها دارد. بعد از تعیین تابع عضویت، تعیین عرض منطقه انتقالی نیز یکی از مهم‌ترین و بحرانی‌ترین مراحل تصمیم‌گیری در نظریه مجموعه‌های فازی است و دقت نتایج به این تصمیم‌گیری بستگی دارد (Sanchez, 2007). زو و همکاران (Zhu *et al.*, 2010) از توابع عضویت نامتقارن خطی برای پیش‌بینی نقشه حاصلخیزی خاک استفاده و گزارش کردند که نتایج حاصل از این روش با واقعیت تطابق بیشتری نشان می‌دهد. ایعالم و همکاران (Eaalem *et al.*, 2011) از سه مدل مختلف توابع نامتقارن برای تعیین درجه عضویت ویژگی‌های مختلف اراضی برای گندم آبی استفاده کردند. بر این اساس، مدل چپی نامتقارن<sup>۸</sup> زمانی کاربرد دارد که افزایش در کارایی کیفی معیار (مانند ظرفیت نگهداری آب)، موجب بهبود تناسب اراضی می‌شود. مدل راستی نامتقارن<sup>۹</sup> نیز زمانی به کار می‌رود که افزایش در کارایی کیفی معیار، موجب کاهش تناسب اراضی گردد. مدل متقارن<sup>۱۰</sup> زمانی استفاده می‌شود که دامنه بهینه در بین دامنه تغییرات معیار مورد بررسی باشد. بابایی و همکاران (Babaei *et al.*, 2014) در منطقه زرین شهر اصفهان (ایران) برای برنج و ژانگ و همکاران (Zhang *et al.*, 2015) در چین برای تنباکو از توابع عضویت کندل استفاده نمودند و گزارش کردند که نظریه مجموعه‌های فازی، نتایج بهتری نسبت به روش فائو ارائه می‌نماید. با این حال، کارایی این توابع در ارزیابی تناسب اراضی تاجایی که مؤلفان مقاله اطلاع دارند، باهم مقایسه نشده‌اند. لذا هدف از این پژوهش، مقایسه سه تابع عضویت کندل، متقارن و نامتقارن ارائه شده توسط ایعالم و همکاران (Eaalem *et al.*, 2011) و کوچی در ارزیابی تناسب اراضی گیاه برنج در منطقه آمل می‌باشد که شاید بتوان به کمک نتایج حاصله با انتخاب تابع عضویت مناسب، دقت و صحت روش ارزیابی تناسب اراضی مبتنی بر نظریه مجموعه‌های فازی را بالا برد.

6 -Cauchy

7-Kandel

8 -Asymmetrical left model

9-Asymmetrical right model

10-Symmetrical model

1-Fuzzy Set

2-Fuzzy membership functions (MFs)

3-Bell Shape

4-Trapezoidal

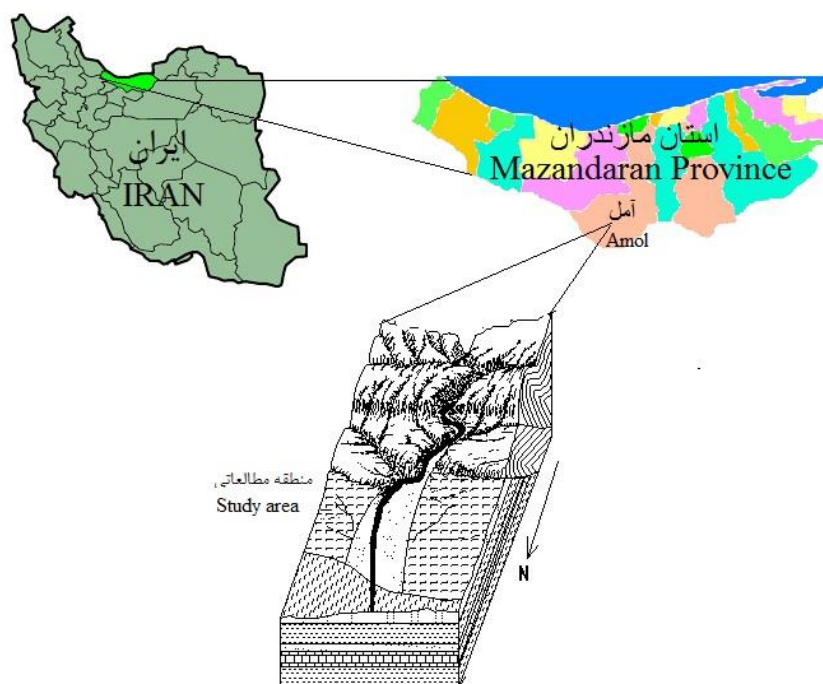
5-Triangular

## مواد و روش‌ها

## موقعیت منطقه مطالعاتی

منطقه آمل با وسعت ۳۲۱۱ هکتار در استان مازندران (شکل ۱) بوده که از شمال به شهرستان محمود آباد و دریای خزر، از شرق به بابل، از غرب به نور و از جنوب به جلگه مرتفع مرکزی سلسله جبال البرز محدود است. این منطقه از نظر مختصات جغرافیایی ما بین ۱۵' ۵۲° تا ۳۰' ۳۰° طول شرقی و ۳۶° ۲۲' ۳۰" تا ۳۶° ۳۰' ۰۰" عرض شمالی واقع شده است. منطقه مورد مطالعه از نظر تقسیم بندی زمین شناسی، اکثراً در بخش شمالی رشته کوه‌های البرز مرکزی واقع شده است. از مواد مادری آن می‌توان به پادگان‌های آبرفتی، پادگان‌های دریایی، دشت‌های آبرفتی و نهشته‌های دریاچه‌ای تفکیک نشده اشاره نمود (Geological survey & Mineral Exploration, 2006). طبق نرم‌افزار نیوهال (Newhall & Berdanier, 1996)، رژیم رطوبتی خاک‌ها، یودیک می‌باشد. رژیم حرارتی خاک‌ها نیز با توجه به اینکه متوسط حرارت سالانه منطقه ۱۶ درجه سلسیوس (بر اساس آمار هواشناسی ایستگاه اقلیم‌شناسی شهرستان آمل بین سال‌های ۱۳۷۸ تا

۱۳۹۴) بوده که با اضافه کردن یک درجه سلسیوس به آن، ۱۷ درجه سلسیوس بوده، ترمیک می‌باشد. جهت نیل به اهداف ذکرشده، تعداد ۶۰ خاکرخ به روش ژئوپدولوژی انتخاب و بر اساس روش نقشه‌برداری آمریکا (Schoeneberger *et al.*, 2006) تشریح و از هر افق نمونه‌برداری انجام گرفت و نمونه‌ها به آزمایشگاه منتقل گردیدند. پس از آنالیز نمونه‌ها و تجزیه و تحلیل نتایج، خاک‌ها بر اساس سیستم جامع رده‌بندی آمریکایی (USDA, 2014) در رده‌های انتی‌سول، اینسپتی‌سول، مالی‌سول و آلفی‌سول قرار گرفتند. با مطالعه ۶۰ خاکرخ مزبور، ۱۷ واحد اراضی انتخاب و ارزیابی تناسب اراضی در آن واحدها صورت گرفت. برای به دست آوردن عملکرد در هر واحد اراضی، با استفاده از پلات ۱ × ۱ متر رکوردگیری به عمل آمد. در روش رکوردگیری با پلات، معمولاً ۵ تا ۶ منطقه ۱ × ۱ در هر هکتار انتخاب و از میزان محصول آن‌ها میانگین‌گیری شده و به هکتار تعمیم داده می‌شود. تعیین احتیاجات برنج با استفاده از چهار چوب فائو مشخص (Sys *et al.*, 1993) و مطالعات آزمایشگاهی و تعیین ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک‌ها بر اساس روش‌های استاندارد (Page *et al.*, 2006) تعیین شدند.



شکل ۱- موقعیت منطقه مطالعاتی

Figure 1- The location of study area (Mazandaran, IRAN)

$$\begin{array}{ll} MF_x=0 & x \leq a \\ MF_x=1-(x-a)/(b-a) & a < x < b \\ MF_x=1 & b \leq x \leq c \\ 1-(x-c)/(d-c) & c < x < d \\ 0 & x \geq d \end{array} \quad \text{(رابطه ۳)}$$

در رابطه ۳، MF تابع عضویت، a حد پایینی کلاس، b پایین‌ترین حد بهینه، c بالاترین حد مطلوب و d بالاترین حد کلاس می‌باشند.

برای هر یک از مدل‌های توابع عضویت تعریف شده، دو حالت متقارن و نامتقارن وجود دارد که برای نمونه تابع عضویت کندل تشریح می‌گردد. مدل چپ نامتقارن (رابطه ۴)، زمانی استفاده می‌شود که افزایش در مقدار معیار، موجب بهبود تناسب اراضی می‌شود.

$$MF_{(xi)} = \left[ 1 / \left\{ 1 + 1/d^2 (x - b)^2 \right\} \right] \quad \text{(رابطه ۴)}$$

مدل راست نامتقارن (رابطه ۵)، زمانی استفاده می‌شود که افزایش در مقدار معیار، موجب کاهش تناسب اراضی شود:

$$MF_{(xi)} = \left[ 1 / \left\{ 1 + 1/d^2 (x + b)^2 \right\} \right] \quad \text{(رابطه ۵)}$$

مدل متقارن (رابطه ۶)، زمانی استفاده می‌شود که با افزایش و کاهش ویژگی، از یک مقدار مشخص، تناسب اراضی کاهش می‌یابد.

$$MF_{xi} = 1 \text{ if } (b_1 + d_1) \leq X_i \leq (b_2 + d_2) \quad \text{(رابطه ۶)}$$

در روابط ۴، ۵ و ۶، d پهنای منطقه انتقالی، b حد بالای ویژگی، b<sub>1</sub> و b<sub>2</sub> حد بالا و پایین منطقه مطلوب معیار برای تناسب بوده و بستگی به نوع معیار دارند.

#### انتخاب وزن‌های مناسب

هر یک از ویژگی‌های اراضی، تأثیرات منحصر به فردی روی تولید محصول دارند. این تأثیرات نسبی را می‌توان با روش‌های مختلفی از جمله شبیه‌سازی، فرآیند تحلیل سلسله مراتبی و روش آماری به دست آورد (Hartati & Sitanggang., 2010). پس از برآورد، وزن‌ها در ماتریسی بنام ماتریس اوزان قرار داده خواهند شد. در این مطالعه برای بررسی وزن‌ها (تأثیرات نسبی)، از روش شبیه‌سازی استفاده شده است.

برای شبیه‌سازی اوزان، از نرم‌افزار MATLAB نسخه 7.10.0.499 (R2010a) به‌منظور برنامه‌نویسی استفاده گردید. برای تولید وزن‌ها، نرم‌افزار به‌صورت تصادفی مقادیری بین ۰ و ۱ را برای هر یک از ویژگی‌ها تولید می‌کند و این عمل ۱۰۰۰ بار تکرار می‌شود.

ارزیابی تناسب اراضی با نظریه مجموعه‌های فازی در این تحقیق ۸ ویژگی بر اساس نظر فائو (FAO, 1976) در مناطق مرطوب شامل اقلیم، pH، ماده آلی، ظرفیت تبادل کاتیونی، محدود کننده بافت، ساختمان و عمق، سیل‌گیری، زهکشی و توپوگرافی استفاده شد. لیو و همکاران (Liu et al., 2013) از نظریه مجموعه‌های فازی برای ارزیابی اراضی در کشور چین استفاده کردند. ایشان بافت خاکرخ، بافت سطحی، زهکشی، عمق آب زیرزمینی، pH، عمق، کربن آلی و آب در دسترس را به‌عنوان عوامل مؤثر در رشد تیپ‌های بهره‌وری گزارش کردند. نتایج نشان داد که استفاده از این روش باعث افزایش دقت ارزیابی می‌شود.

#### انتخاب توابع عضویت

در این مطالعه از سه نوع تابع عضویت، کندل رابطه ۱، کوچی رابطه ۲ و دوزنقه‌ای رابطه ۳ بر اساس نیازهای تیپ بهره‌وری انتخابی، برای تعیین درجه عضویت هر یک از ویژگی‌های اراضی به کلاس‌های تناسب اراضی، استفاده گردید. در نهایت، درجه عضویت‌ها در ماتریسی بنام ماتریس خصوصیات (R) قرار داده شدند. شایان ذکر است که برای عملکرد محصولات مورد نظر نیز بر اساس جداول مربوطه، و برای کلاس‌های مختلف تناسب توابع عضویت تعریف و ماتریس استاندارد (تناسب معیار) ایجاد گردید که با P نشان داده شده است.

$$MF_x = \frac{1}{\left[ 1 + \left( \frac{x - b_1}{d} \right)^2 \right]} \quad x < b_1$$

$$MF_x = 1 \quad b_1 \leq x \leq b_2 \quad \text{(رابطه ۱)}$$

$$MF_x = \frac{1}{\left[ 1 + \left( \frac{x - b_2}{d} \right)^2 \right]} \quad x > b_2$$

در رابطه ۱، MF تابع عضویت متغیر X، b<sub>1</sub> و b<sub>2</sub> حدود آستانه بالایی و پایینی و d یک پارامتر تجربی بوده و عرض منطقه انتقالی (منطقه مشترک ما بین دو کلاس تناسب) تابع عضویت را مشخص می‌سازند که از طریق آزمون و خطا محاسبه گردید.

$$Mf = \frac{1}{1 + a^x(x - c)^2} \quad \text{(رابطه ۲)}$$

در رابطه ۲، MF تابع عضویت ویژگی X، b<sub>1</sub> و b<sub>2</sub> حدود آستانه پایینی و بالایی، d عرض منطقه انتقالی، a برابر است با (b<sub>2</sub>-b<sub>1</sub>)-2d و c مرکز هر کلاس می‌باشند.

O عملگر فازی است که نرم T مثلثی<sup>۱</sup> به جای حداقل و کونورم T مثلثی<sup>۲</sup> به جای حداکثر ایجاد می‌شود (Ruan, 1990).

#### برآورد شاخص اراضی

برای برآورد شاخص اراضی، مجموع عناصر ماتریس نهایی تناسب اراضی برابر یک قرار داده شده (نرمال کردن) و عناصر جدید، به ترتیب در متوسط شاخص کلاس‌های مختلف تناسب اراضی، بر اساس رابطه ۱۰ ضرب گردیدند.

$$LI = \sum E0j * Aj \quad (\text{رابطه ۱۰})$$

LI شاخص اراضی، E0j مقدار نرمال شده ماتریس E، Aj میانگین حداقل و حداکثر شاخص‌های هر یک از کلاس‌های تناسب اراضی بوده که این عدد برای کلاس ۱۸/۷۵N<sub>۱</sub> می‌باشد.

#### اعتبارسنجی روش‌ها

به منظور ارزیابی دقت روش‌های به کار رفته، ضریب تبیین محاسبه شده بین شاخص‌های اراضی محاسبه شده از هر روش از یک طرف، و عملکرد زارعین (مشاهده شده) از طرف دیگر، مورد بررسی قرار گرفت.

#### نتایج و بحث

جدول (۱) احتیاجات تیپ بهره‌وری برنج را با استفاده از چارچوب فائو (Sys et al., 1993) نشان می‌دهد. جدول ۲ نیز درجه تناسب خصوصیات زمین‌نما و خاک موثر در رشد تیپ بهره‌وری برنج را که با استفاده از ضرایب وزنی محاسبه شده، نشان می‌دهد. نتایج نشان داد که بر اساس وزن‌های به دست آمده (جدول ۳)، در هر سه نوع تابع عضویت مورد استفاده در این تحقیق، اقلیم دارای بیشترین وزن و ظرفیت تبادل کاتیونی ظاهری دارای کمترین وزن (درجه اهمیت) در رشد محصول برنج در منطقه مطالعاتی می‌باشد. با توجه به ماتریس‌های نهایی تناسب اراضی به دست آمده در هر واحد اراضی، شاخص اراضی محاسبه و کلاس نهایی تناسب اراضی در هر یک از واحدهای اراضی تعیین شد. شاخص‌های اراضی محاسبه شده با روش سه تابع عضویت (جدول ۴)، موید این است که ارزیابی تناسب اراضی با توابع عضویت کندل و دوزنقه‌ای، نسبت به تابع کوچی باعث افزایش شاخص اراضی شده است.

برای محاسبه ماتریس اوزان یا  $W (1 \times 8)$ ، با ماتریس خصوصیات یا  $R (8 \times 5)$  ترکیب و نتیجه آن به ماتریس تناسب اولیه یا  $St (5 \times 1)$  قرار داده شد. ماتریس معیار یا  $P (5 \times 1)$  تابع عضویت تولید محصول در هر واحد اراضی است و اجزای آن، درجه عضویت برای هر یک از کلاس‌های تناسب اراضی را نشان می‌دهند. این عمل در حالت‌های مختلف اوزان تکرار شده و ماتریس اوزان مرجع از بین ۱۰۰۰ ماتریس تولید شده برای هر واحد، از طریق مقایسه ماتریس معیار (P) با ماتریس‌های تناسب اولیه (St) و با استفاده از رابطه‌های ۷ و ۸ انجام، و شباهت آن‌ها بین دو ماتریس، از طریق یک ملاک فاصله‌ای توسط نرم‌افزار تعیین شد.

$$d(St, P) = \sqrt{\frac{\sum_{j=1}^n (S_{tj} - P_j)^2}{n}} \quad (\text{رابطه ۷})$$

$$M_t = 1 - d(St, P) \quad (\text{رابطه ۸})$$

n تعداد کلاس‌های تناسب،  $d(St, P)$  معیار فاصله بین دو ماتریس معیار و تناسب اولیه محاسبه شده بوده و اندیس -های St و اندیس P به ترتیب مربوط به ماتریس تناسب اولیه و ماتریس معیار می‌باشند. هر چه قدر مقادیر تابع عضویت  $M_t$  بزرگتر باشند، نشان دهنده مناسب بودن بردار اوزان می‌باشند. زیرا در این صورت فاصله آماری بین دو ماتریس (P) و (St) کمتر می‌باشد. در نهایت از میانگین اوزان مرجع واحدهای مختلف اراضی، ماتریس اوزان نهایی (W) حاصل گردید. در واقع از بین ۱۰۰۰ ماتریس تناسب اولیه (St) برای هر واحد، هر کدام  $M_t$  بیشتر و  $d(St, P)$  کمتری داشته باشد، با ماتریس معیار مربوط به تولید واقعی واحد اراضی مربوطه، حداقل اختلاف را دارد.

#### عملگر فازی ترکیب کننده O

به منظور تعیین کلاس نهایی تناسب اراضی در هر واحد اراضی، از عملگر ترکیب فازی (رابطه ۹) استفاده شد و ماتریس خصوصیات (R) هر واحد در ماتریس نهایی اوزان (W) که از روش شبیه‌سازی بدست آمده بود بطور جداگانه ضرب گردید و ماتریس نهایی تناسب اراضی (E) به دست آمد.

$$(E) = (W) \circ (R) \quad (\text{رابطه ۹})$$

جدول ۱- نیازهای خاک و زمین‌نمای انتخابی برنج آبی (Sys et al., 1993)

Table 1- Selected soil and landscape requirements for irrigated rice (sys et al., 1993)

N2	N1	S3	S2	S1	ویژگی‌های اراضی Land characteristics	
>6	-	6-4	4-2	2-1	1-0	شیب (Slop)
F <sub>5</sub>	-	F <sub>4</sub>	F <sub>3</sub>	F <sub>2</sub>	F <sub>1</sub> , F <sub>0</sub>	سیل‌گیری (Flooding)
-	-	خیلی ضعیف very poor	ضعیف poor	متوسط moderate	ناقص imperfect	زهکشی (Drainage)
S, cS	-	LcS, fS	LfS, LS	SCL, SC, SL, L	C, SiC, CL, SiCL, Si, SiL	بافت (Texture)
<10	-	10-20	20-50	50-90	>90	عمق خاک (cm) Soil Depth
<8	-	8-12	12-16	16-24	>24	ظرفیت تبادل کاتیونی Cation Exchenge Capacity (cmol <sup>+</sup> kg <sup>-1</sup> )
<4.6 >8.4	-	4.6-5 8.4-8	5-5.5 8-7.5	5.5-6 7.5-7	6-7	pH
-	-	<0.8	0.8-1	1-1.5	>1.5	کربن آلی (Organic carbon)

جدول ۲- درجه تناسب خصوصیات زمین‌نما و خاک برای تیپ بهره‌وری برنج آبی

Table 2- suitability rating of landscape and soil properties for irrigated rice

شیب Slop	سیل‌گیری Flooding	زهکشی drainage	عمق و بافت خاک Deth and texture	ظرفیت تبادل کاتیونی موثر ACEC	کربن آلی Organic carbon	pH	واحدهای اراضی Land units
98	95	93	100	100	90	89	1
98	95	93	93	100	67	85	2
98	95	93	100	100	90	88	3
95	85	50	100	100	90	90	4
98	95	93	100	100	90	88	5
95	95	93	100	95	76	86	6
98	95	93	100	100	90	86	7
98	95	93	100	100	78	85	8
98	95	93	100	100	90	88	9
98	95	93	100	100	80	85	10
98	95	93	100	100	85	86	11
98	85	93	93	100	71	85	12
98	95	93	100	100	79	89	13
98	95	93	90	100	90	90	14
95	95	93	93	100	90	92	15
98	95	93	95	100	78	87	16
98	95	93	95	100	80	86	17

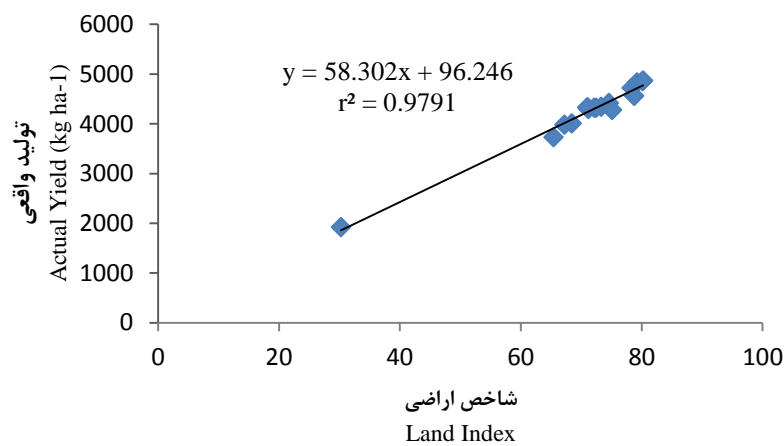
جدول ۳- وزن نهایی ویژگی‌های خاکی در رشد گیاه برنج آبی

Table 3- Overall Wheighting of soil properties in irrigated rice growth

بافت و عمق خاک Soil texture and depth	اقلیم Climate	ظرفیت تبادل کاتیونی موثر ACEC	کربن آلی OM	pH	زهکشی Drantage	سیل‌گیری Flooding	شیب slop	تابع عضویت Membership function
0.357	0.461	0.143	0.392	0.362	0.323	0.321	0.214	کندل Candle
0.349	0.432	0.132	0.366	0.333	0.307	0.317	0.182	کوچی Cauchy
0.364	0.485	0.153	0.418	0.392	0.329	0.344	0.253	دوزنقه‌ای Trapezoidal

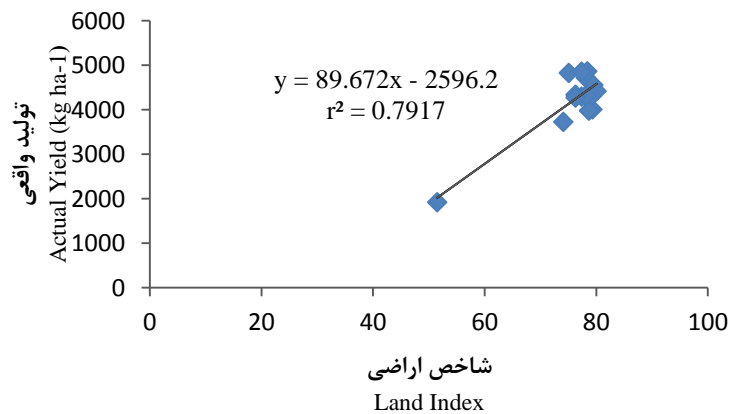
تولید محصول است. چرا که این روش به دلیل تغییرات تدریجی توابع عضویت، نسبت به تابع عضویت ذوزنقه‌ای، ماهیت پیوسته تغییرات اراضی را کاراتر در نظر گرفته، و در انعکاس تغییرپذیری مکانی خصوصیات خاک کارای بهتری دارد. همچنین نتایج نشان می‌دهد که ضریب همبستگی با روش‌های انتخابی هر سه مدل، در حد قابل قبول بوده و در سطح احتمال ۵ درصد معنی‌دار هستند. لذا نرم‌افزار متلب و حدود انتقالی انتخاب شده در تابع عضویت کندل، توانسته شاخص اراضی را برای محصول برنج بهتر برآورد نماید.

همبستگی بین شاخص اراضی محاسبه شده با هر روش و تولید مشاهده شده به ترتیب کندل (۰/۹۸)، ذوزنقه‌ای (۰/۷۹) و کوچی (۰/۷۵) (شکل‌های ۲، ۳ و ۴)، به دست آمد. بنابراین نتایج حاکی از دقت بالای تابع عضویت کندل نسبت به سایر مدل‌ها می‌باشد. مقایسه نتایج این تحقیق با نتایج وان‌رانست و همکاران (vanRanst *et al.*, 1996) و ثروتی و همکاران (Servati *et al.*, 2014) نشان‌دهنده این است که روش فازی با توابع کندل، با بالاترین ضریب همبستگی، دارای دقت و توانایی بیشتری در پیش‌بینی



شکل ۲- همبستگی بین شاخص اراضی و تولید واقعی (تابع عضویت کندل)

Figure 2- Corelation between land index and actual yield (Candle Membership)

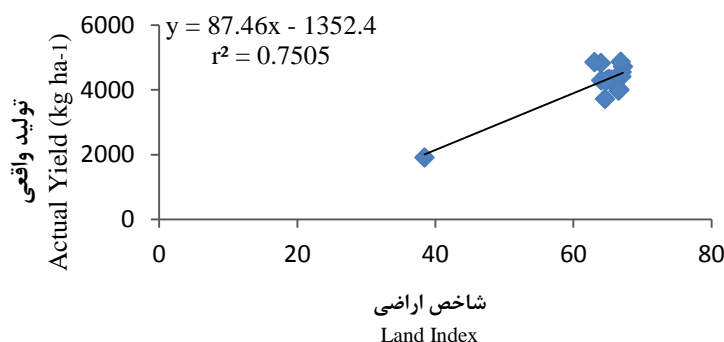


شکل ۳- همبستگی بین شاخص اراضی و تولید واقعی (تابع عضویت ذوزنقه‌ای)

Figure 3- Corelation between land index and actual yield (Trapezoidal Membership)

جدول ۴- شاخص اراضی و کلاس‌های تناسب اراضی در سه مدل انتخابی  
Table 4- Land index and suitability class in three selected models

کلاس تناسب (دوزنقه‌ای) Land Suitability (Trapezoidal)	شاخص اراضی (دوزنقه‌ای) Land index (Trapezoidal)	کلاس تناسب (کندل) Land Suitability (Candle)	شاخص اراضی (کندل) Land index (Candle)	کلاس تناسب (کوچی) Land Suitability (Cauchy)	شاخص اراضی (کوچی) Land index (Cauchy)	عملکرد واقعی Actual yield (Kg ha <sup>-1</sup> )	واحد اراضی Land units
S <sub>1</sub>	78.1	S <sub>1</sub>	78.31	S <sub>2</sub>	67.17	4720	1
S <sub>1</sub>	75.1	S <sub>1</sub>	79.23	S <sub>2</sub>	63.98	4830	2
S <sub>1</sub>	79.5	S <sub>1</sub>	78.77	S <sub>2</sub>	66.99	4560	3
S <sub>2</sub>	51.5	S <sub>3</sub>	30.22	S <sub>3</sub>	38.44	1920	4
S <sub>1</sub>	78.4	S <sub>1</sub>	80.23	S <sub>2</sub>	66.87	4870	5
S <sub>1</sub>	77.4	S <sub>2</sub>	71.20	S <sub>2</sub>	64.03	4300	6
S <sub>1</sub>	79.33	S <sub>2</sub>	68.42	S <sub>2</sub>	66.65	4010	7
S <sub>1</sub>	78.1	S <sub>2</sub>	72.43	S <sub>2</sub>	64.91	4320	8
S <sub>1</sub>	80.1	S <sub>2</sub>	74.57	S <sub>2</sub>	66.95	4420	9
S <sub>1</sub>	76.3	S <sub>2</sub>	73.29	S <sub>2</sub>	65.20	4340	10
S <sub>1</sub>	78.5	S <sub>2</sub>	72.11	S <sub>2</sub>	65.98	4320	11
S <sub>1</sub>	77.4	S <sub>1</sub>	80.11	S <sub>2</sub>	63.07	4860	12
S <sub>1</sub>	79.2	S <sub>2</sub>	71.12	S <sub>2</sub>	65.51	4320	13
S <sub>1</sub>	78.3	S <sub>2</sub>	70.98	S <sub>2</sub>	65.86	4330	14
S <sub>1</sub>	78.7	S <sub>2</sub>	67.23	S <sub>2</sub>	66.54	3980	15
S <sub>1</sub>	74.1	S <sub>2</sub>	65.43	S <sub>2</sub>	64.56	3730	16
S <sub>1</sub>	76.3	S <sub>1</sub>	75.12	S <sub>2</sub>	64.65	4280	17



شکل ۴- همبستگی بین شاخص اراضی و تولید واقعی (تابع عضویت کوچی)  
Figure 4- Corelation between land index and actual yield (Cauchy Membership)

نشان می‌دهد. اقلیم به علت دارا بودن بیشترین وزن، به عنوان مهم‌ترین معیار و ظرفیت تبادل کاتیونی ظاهری به‌علت دارا بودن کمترین وزن، کم اهمیت‌ترین معیار در بین خصوصیات موثر انتخاب شده در کشت برنج با هر سه تابع عضویت انتخابی در نظر گرفته شدند. نتایج همبستگی بین شاخص اراضی و عملکرد مشاهده شده در سطح منطقه نشان داد که با وجود مناسب بودن روش فازی با هر سه تابع عضویت، روش مبتنی بر تابع عضویت کندل با استفاده از روش شبیه‌سازی، همبستگی بیشتری نسبت به روش‌های مبتنی بر توابع عضویت کوچی و دوزنقه‌ای داشته و منجر به نتایج بهتری شده است.

### نتیجه‌گیری کلی

استنتاج کلی تناسب اراضی نه تنها مبتنی بر مقادیر تابع عضویت بوده، بلکه وابسته به ارزش‌ها و مقادیر وزن‌های تعلق یافته به هر ویژگی نیز می‌باشد. نتیجه‌ای که حاصل شد، این بود که کلاس‌های تناسب اراضی با این روش، نشانگر اثر متقابل بین ویژگی‌ها، مقادیر و شکل تابع عضویت است. دقت روش‌های ارزیابی تناسب اراضی بستگی به درجه تاثیر خصوصیات اراضی انتخاب شده بر تولید محصول دارد و ماتریس نهایی تناسب اراضی در هر واحد اراضی، درجه تناسب اراضی را به نسبت کلاس‌های مختلف تناسب اراضی



## References

- Ayoubi Sh., and Jalalian A. 2010. Land Evaluation (Agricultural and Natural Resources). 2<sup>nd</sup> Ed. *Isfahan University of Technology Publication Center, Isfahan, Iran*, 385p. (In Persian)
- Babaei M., Honarjoo N., and Toomanian N. 2014. Qualitative land Suitability Evaluation Using in Fuzzy Method and Parametric for Rice in Zarrinshahr of Isfahan Province. The International Conference on New Ideas in Agriculture, *Islamic Azad University Khorasgan branch, Isfahan*. pp. 282-290.
- Baja S., Chapman D.M., and Dragovich D. 2001. A conceptual model for defining and assessing land management units using a fuzzy modeling approach in a GIS environment. *Environmental Management*, 29: 647-661.
- Burrough P.A. 1989. Fuzzy mathematical methods for soil survey and land evaluation. *Journal of Soil Science*, 40: 447-92.
- Eaalem M., Camber A., and Fisher P. 2011 A comparison of Fuzzy AHP and ideal point methods for evaluation land suitability. *Transactions in GIS Journal*, 15(3): 29-346.
- FAO. 1976. A framework for land evaluation. FAO Soils Bulletin Series, No. 32. 66p.
- Geological survey and Mineral Exploration of Iran. 2006. Geology Map of Iran, 1:100000 series, Shite N, Amol.
- Hartati S., and Sitanggang I.S. 2010. A fuzzy based decision support system for evaluating land suitability and selecting crops. *Journal of Computer Science*, 6 (4): 417-424.
- Liu Y., Jiao L., Liu Y., and He J. 2013. A self-adapting fuzzy inference system for the evaluation of agricultural land. *Environmental Modelling and Software*, 40: 226-234.
- Newhall F., and Berdanie C.R. 1996. Calculation of soil moisture regimes from climatic record. *Natural Resources Conversations Service, Soil Survey Investigation Report*, 18p.
- McBratney A.B., and Odeh I.O.A. 1997. Application of Fuzzy sets in soil science: Fuzzy logic, fuzzy measurements and fuzzy decisions. *Geoderma*, 77: 85-113.
- Page A.L., Miller R.H., and Keeney D.R. 2009. Methods of Soil Analysis. Part I, II. Physical, Chemical and Microbiological Methodes. 2<sup>nd</sup> ed. Agron. Monogr. 9. *Soil Science Society of America*, Madison, WI. 1186p.
- Ruan D. 1990. A critirical study of widely used fuzzy implication operators and their influence on the influence rules in fuzzy expert systems. *Ph.D Thesis of State Univeicity of Gent, Belgium*. 97p.
- Sanchez J.F. 2007. Application of knowledge based and fuzzy theory-oriented approaches to suitability for upland rice and rubber. *M.Sc Thesis of ITC, Netherland*, 112p.
- Schoeneberger P.J., Wysocki D.A., Benham E.C., and Broderon, W.D. 2006. Field Book for Describing and Sampling Soils. Natural Resources Conservation Service, USDA, *National Soil Survey Center*, Lincoln, NE. 314p.
- Servati M., Jafarzadeh A.A., Ghorban M. A., Shahbazi F., and Davatgar, N. 2014. Comparison of the FAO and Albero Models in Prediction of Irrigated Wheat Production Potentials in the Khajehregion. *Journal of Water and Soil Science*, 24: 1-14. (In Persian).
- Sys C., Van Ranst E., Debaveye J., and Beernaert F. 1993. Land Evaluation, Part III, Crop Requirements. General Administration for Development Cooperation Place, Brussels, Belgium, 183p.
- Tang H., Debaveye J., Ruan D., and Van Ranst E. 1991. Land suitability classification based on fuzzy set theory. *Pedologie*, 3:277-290.
- USDA. 2014. Keys to Soil Taxonomy. 12<sup>th</sup> edition. Soil Survey Staf, Natural Resource Conservation Service. 382p.
- 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.
- Zhang J., Su Y., Wu Y., and Liang, H. 2015. GIS based land suitability assessment fortobacco production using AHP and fuzzy set in Shandong province of China. *Computers and Electronics in Agriculture*, 114: 202-211.
- 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.

## Comparison of three membership function in land suitability by fuzzy set theory in Amol region, IRAN

Hamidreza Momtaz<sup>1</sup>, Moslem Servati<sup>2\*</sup>

(Received: August 2016      Accepted: January 2017)

### Abstract

Fuzzy sets are classes without sharp boundaries; that is, the transition between membership and non-memberships of a location in the class is gradual. A fuzzy set, is described by a fuzzy membership functions that range from 0.0 to 1.0, representing a continuous increase from non-membership to complete membership. Additionally, membership function is one of important factors on land suitability evaluation by fuzzy set theory. The goal of this research was the comparison of three membership functions in land suitability by fuzzy set theory in East Amol region for irrigated rice. In order to achieve to this goal, 8 properties were selected based on FAO framework approach and then land suitability evaluation was done on 17 land units of study area. The results indicated that climate had higher and cation exchange capacity had lower weights than other criteria in study region for the growth of irrigated rice. Calculated correlation coefficients between land index and observed production by fuzzy method with kandel membership function was ( $r= 0.98$ ) more than Cauchy ( $r= 0.75$ ) and Trapezoidal ( $r=0.79$ ). Membership function and relatively large difference in calculated correlation coefficient had been identified in kandel membership function provides better results than others. Additionally, matlab software correctly predicted overall weighting of this method based on transitional range. Finally, it could be expressed that the appropriate membership functions and transition range in fuzzy set theory can be used as an efficient method in land suitability evaluation.

**Keywords:** Candle, Cauchy, Fuzzy, Rice, Trapezoidal

---

1-Assistance Professor, Soil Science department, Faculty of Agriculture, Urmia University

2- Assistance Professor, Shahid Bakeri High Education Center of Miandoab, Urmia University

\*Corresponding Author Email: [m.sarvati@urmia.ac.ir](mailto:m.sarvati@urmia.ac.ir)