

ارزیابی تناسب اراضی برای یونجه در منطقه خواجه با استفاده از روش پارامتریک (ریشه دوم) و نظریه مجموعه‌های فازی

مسلم ثروتی^{۱*}، علی اصغر جعفرزاده^۲، محمدعلی قربانی^۳، فرزین شهبازی^۴ و ناصر دواتگر^۵

تاریخ دریافت: ۹۲/۰۳/۲۲ تاریخ پذیرش: ۹۲/۰۵/۱۲

^۱ دانشجوی دکتری خاکشناسی، گروه علوم خاک، دانشگاه تبریز

^۲ -استاد گروه علوم خاک، دانشکده کشاورزی، دانشگاه تبریز

^۳ -دانشیار گروه مهندسی آب، دانشگاه تبریز

^۴ -دانشیار گروه علوم خاک، دانشکده کشاورزی، دانشگاه تبریز

^۵ -استادیار پژوهشی، موسسه تحقیقات خاک و آب، کرج

* مسئول مکاتبات، پست الکترونیکی: moslemservati@gmail.com

چکیده

یکی از بهترین سیاست‌های کشاورزی در کشورهای در حال توسعه در راستای امنیت غذایی، ارزیابی زمین‌های زراعی و پتانسیل کشاورزی به منظور حمایت از کاربری فعلی و آتی کشاورزی است. فائو برای ارزیابی تناسب اراضی از منطق دو ارزشی Boolean استفاده می‌کند که این منطق توسط تعدادی از محققین ارزیابی اراضی مورد نقد قرار گرفته است، چون منطق فوق طبیعت پیوسته خاک، تغییرات در طول زمین‌نما و عدم قطعیت در اندازه‌گیری‌ها را در نظر نمی‌گیرد. در این تحقیق، دو روش پارامتریک و نظریه مجموعه‌های فازی به منظور ارزیابی تناسب اراضی منطقه خواجه واقع در استان آذربایجان شرقی به مساحت ۷۳۳۵ هکتار برای محصول یونجه مورد استفاده قرار گرفت و از برنامه‌نویسی بوسیله نرم افزار مطلب برای ارزیابی تناسب اراضی با روش فازی استفاده گردید. نتایج نشان داد که همبستگی بین شاخص اراضی و عملکرد مشاهده شده در سطح منطقه، برای نظریه مجموعه‌های فازی ($r=0.917$) بیشتر از پارامتریک ($r=0.685$) بوده و اختلاف نسبتاً زیاد ضریب همبستگی محاسبه شده نشان‌دهنده نیاز به واسنجی جداول پیشنهادی ساینس در رابطه با نیازهای اقلیمی، زمین‌نما و خاک برای منطقه است. همچنین نرم‌افزار مطلب با توجه به حدود انتقالی انتخاب شده مناسب، توانسته وزن‌ها را بطور دقیق برآورد نماید. با وجود اینکه روش نظریه مجموعه‌های فازی نتایج بهتری نسبت به پارامتریک ارائه می‌دهد، ولی نتایج آن بطور حتم وابسته به تعیین حدود انتقالی و نوع انتخاب توابع عضویت می‌باشد.

واژه‌های کلیدی: ارزیابی تناسب اراضی، خواجه، روش پارامتریک ریشه دوم، نظریه مجموعه‌های فازی

Land Suitability Evaluation for Alfalfa in Khajeh Region Using the Parametric Square Root method and Fuzzy Set Theory

M Servati^{1*}, AA Jafarzadeh², M A Ghorbani³, F Shahbazi⁴ and N Davatgar⁵

Received: 12 June 2013 Accepted: 3 August 2013

¹- Ph.D. student, Soil Sci. Dept., Univ. of Tabriz, Iran

²- Prof., Soil Sci. Dept., Univ. of Tabriz, Iran

³- Assoc. Prof., Water Engine. Dept., Univ. of Tabriz, Iran

⁴- Assoc. Prof., Soil Sci. Dept., Univ. of Tabriz, Iran

⁵- Assist. Prof., Soil and Water Research Institute, Karaj, Iran

*Corresponding author: Email: moslemservati@gmail.com

Abstract

One of the best agricultural policies in developing countries for food security is the evaluation of arable lands and agricultural potential to support the current and future agricultural uses. FAO framework for lands suitability evaluation uses a Boolean mapping approach which has been criticized by a number of authors, because the Boolean representations ignore the continuous nature of soil, landscape variation and uncertainties in measurement. In this research, the parametric Square Root Method via a Fuzzy Set Theory was used to evaluate the suitability of alfalfa for 7335 ha lands in Khajeh region located in East Azerbaijan province. The analysis was done with MATLAB analytical software. The results revealed that, calculated correlation coefficients values between the land index and yield with fuzzy method was ($r= 0.917$) more than that with the Parametric method ($r= 0.685$) and relatively large difference in calculated correlation coefficients revealed that, there was a need for calibration of the Sys proposed tables about requirements of the climate, landscape and soil in this region. Based on the suitably selected transition zone, MATLAB Software was able to accurately estimate the weights. Although the fuzzy approach provided better results than the parametric square root method, but its results surely depended on the type and determination of the transition zone and membership functions.

Keywords: Fuzzy set theory, Khajeh, Land evaluation, Parametric square root method

جمعیت در حال رشد، به عنوان یک چالش وجود پدیدار خواهد شد. یکی از بهترین سیاست‌های کشاورزی در کشورهای در حال توسعه در راستای امنیت غذایی،

مقدمه

احتمالا در دهه‌های آتی تامین امنیت غذایی جهانی و منطقه‌ای و افزایش تولیدات غذایی برای

خلعت‌پوشان را برای محصولات پياز، سیب‌زمینی، ذرت و یونجه انجام دادند و واکنش خاک، بافت و آهک را مهمترین عوامل بازدارنده رشد این گیاهان عنوان کردند. فائو برای تناسب اراضی از منطق دو ارزشی بولین^۲ استفاده می‌کند که این منطق توسط تعدادی از محققین ارزیابی اراضی مورد نقد قرار گرفته است (بوروق ۱۹۸۹، دلگادو و همکاران ۲۰۰۹). زیرا منطق فوق طبیعت پیوسته خاک، تغییرات در طول زمین‌نما و عدم قطعیت در اندازه‌گیری‌ها را در نظر نمی‌گیرد. هرکدام از این موارد ممکن است منجر به این شود که اراضی کاملاً مناسب به اشتباه نامناسب معرفی شوند، چرا که با جداول و تعاریف سخت‌گیرانه، احتیاجات یک زمین خوب منطبق نیستند. استفاده از نظریه مجموعه-های فازی در ارزیابی تناسب اراضی می‌تواند به عنوان روشی برای غلبه بر مشکلات مرتبط با ابهام در تعریف و سایر بی‌اطمینانی‌ها شود (ایعالم و همکاران ۲۰۱۰). نظریه فازی اولین بار توسط زاده (۱۹۶۵) به منظور تعریف و تعیین کمی کلاس‌هایی ارائه شد که به صورت مبهم و ناگویا مانند خوب، بد و امثال آن بیان می‌شوند. در منطق فازی تعیین مرزی مشخص مشکل و تعلق عناصر مختلف به مفاهیم و موضوعات گوناگون، نسبی بوده و عضویت به صورت دامنه‌ای از اعداد، صفر تا یک در نظر گرفته می‌شود. در نهایت این عضویت به صورت تابعی بیان می‌شود که تابع عضویت نام دارد. سرمیدیان و همکاران (۱۳۸۸) خاک‌های شمال تاجیکستان را به دو روش پارامتریک و فازی مورد مطالعه قرار داده و گزارش نمودند که ارزیابی تناسب اراضی با روش فازی در بعضی از واحدهای اراضی، باعث بهبود کلاس‌های تناسب اراضی شده است. همبستگی بین شاخص اراضی و میزان محصول در سطح منطقه، برای روش مبتنی بر نظریه مجموعه‌های فازی بیشتر از روش پارامتریک بوده است، و این امر نشان دهنده این واقعیت است که روش فازی ماهیت پیوسته تغییرات اراضی را در نظر گرفته و در انعکاس تغییرپذیری مکانی ویژگی خاک کارایی بهتری دارد. امیریان (۱۳۹۱)

ارزیابی زمین‌های زراعی و پتانسیل کشاورزی به منظور حمایت از کاربری فعلی و آتی کشاورزی است (فردریک و جولی ۱۹۹۷، ارهان و همکاران ۲۰۰۳). ارزیابی اراضی توسط فائو^۱ معمولترین رویکرد برای ارزیابی اراضی بوده که مبتنی بر فاکتورهای بیوفیزیکی و پارامترهای اقتصادی- اجتماعی منطقه می‌باشد (بی- نام ۱۹۸۵). از نظر فائو اراضی برحسب کیفیت و ویژگی‌های زمین در چهار سطح تناسب رده، کلاس، زیرکلاس و واحد طبقه‌بندی می‌شوند. رده، مناسب یا نامناسب بودن زمین برای کشت تیپ بهره‌وری مورد نظر، کلاس درجه تناسب زمین، زیر کلاس نوع محدودیت و واحد میزان محدودیت را نشان می‌دهد (بی‌نام ۱۹۷۶). این روش توسط محققین زیادی در نقاط مختلف جهان و ایران مورد مطالعه قرار گرفته است. شهبازی و جعفرزاده (۱۳۸۳) ارزیابی تناسب کیفی تناسب اراضی را برای محصولات ذرت، گندم، جو، پياز، یونجه و چغندر قند در اراضی شرکت خوشه مهر شهرستان بناب با سه روش محدودیت ساده، استوری و ریشه دوم انجام دادند و گزارش کردند که روش ریشه دوم نتایج بهتری نسبت به سایر روش‌ها می‌دهد. ملکیان و جعفرزاده (۱۳۸۸) ارزیابی کیفی اراضی ایستگاه تحقیقات خواجه را برای محصولات گندم، جو، یونجه و گلرنگ به روش پارامتریک انجام دادند. نتایج مطالعات کیفی نشان داد که اقلیم منطقه برای گندم و جو آبی و یونجه دارای محدودیت متوسط، برای ذرت محدودیت شدید و برای گلرنگ هیچ محدودیتی به وجود نمی‌آورد، ولی برای گندم محدودیت خیلی شدید ایجاد می‌کند. در نهایت بر اساس نتایج به دست آمده از روش پارامتریک ریشه دوم، به ترتیب اولویت کشت محصولات گندم، جو، یونجه و گلرنگ توصیه شد. مهمترین عوامل محدود کننده در منطقه مطالعاتی هدایت الکتریکی (EC)، درصد سدیم تبدلی، کربن آلی و در تناسب گلرنگ CEC نیز به عنوان عامل محدود کننده تعیین گردیدند. جعفرزاده و عباسی (۲۰۰۶) بر اساس روش فائو ارزیابی تناسب اراضی ایستگاه تحقیقاتی

^۲ Boolean^۱ FAO

مواد و روش‌ها

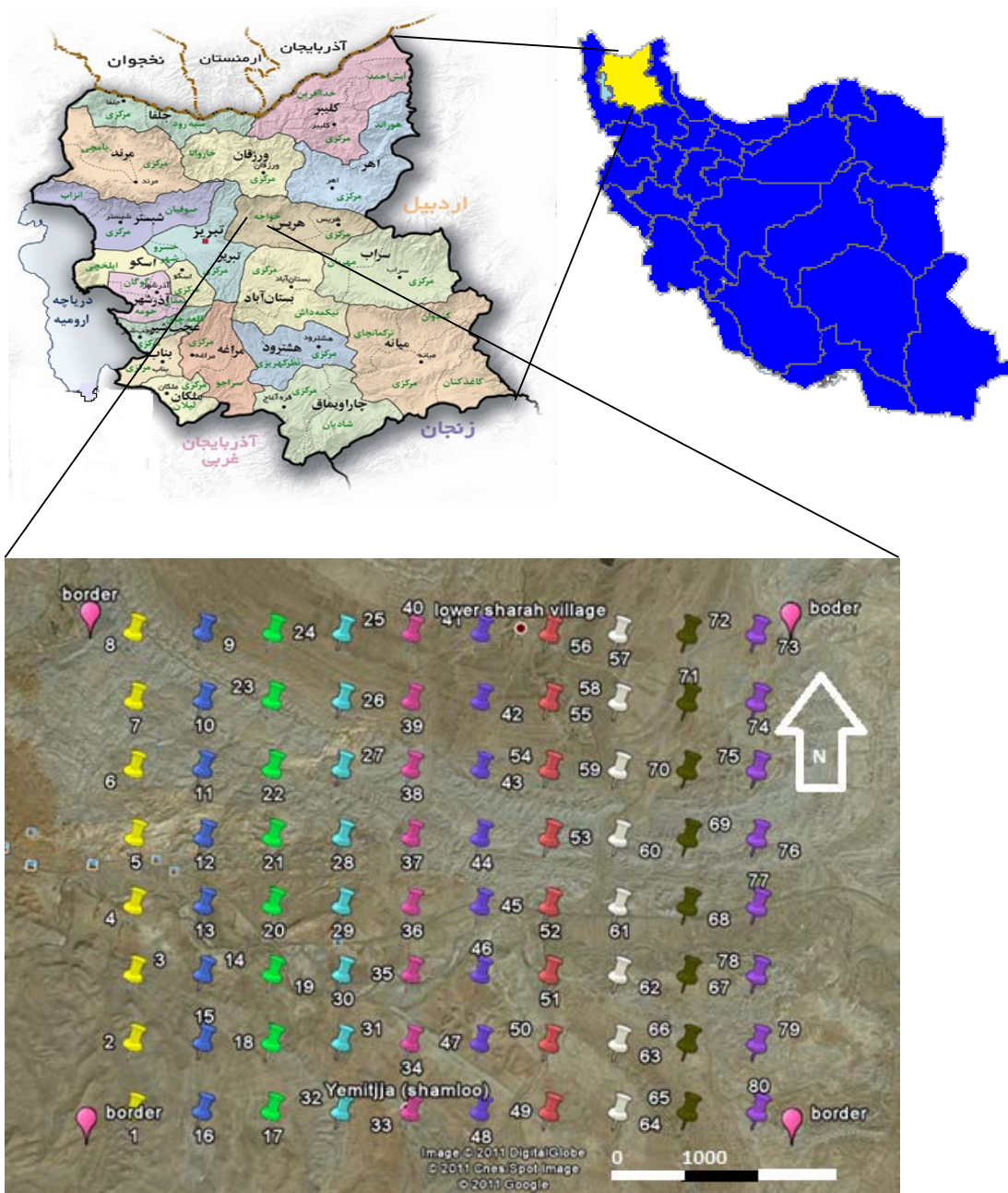
ویژگی‌های منطقه مطالعاتی

منطقه مورد مطالعه خواجه با وسعتی حدود ۷۳۳۵ هکتار در استان آذربایجان شرقی (شکل ۱) بوده و بیشتر تحت تاثیر فاکتور خاکساختی مواد مادری و تا حدی پستی و بلندی می‌باشد. این منطقه از نظر مختصات جغرافیایی ما بین $30^{\circ} 38' 30''$ تا $30^{\circ} 30' 11''$ عرض شمالی و $37^{\circ} 30' 46''$ تا $30^{\circ} 44' 46''$ طول شرقی واقع شده (شکل ۱) و متوسط ارتفاع آن ۱۵۵۰ متر از سطح آزاد دریا می‌باشد. از لحاظ منطقه‌بندی خواجه جزو منطقه آذربایجان بوده و بیشتر فعالیت‌های آن تحت تاثیر فاز ساوین و گنبد‌های نمکی کنترل می‌گردد و عمدتاً از مجموعه تشکیلات مارنی-آهکی دوره‌های پلیوسن و میوسن و تشکیلات آهکی همراه با رسوبات دوران چهارم بر روی خاکستر آتشفشانی تشکیل شده است. نهشته‌های این منطقه به صورت واحدهای مارنی، ژپیس، ماسه‌سنگ، شیل و آهک‌های ماسه‌ای ته‌نشست شده‌اند (بی‌نام ۱۳۷۰). براساس تقسیمات اقلیمی بروش گوسن، منطقه مورد مطالعه جزو نواحی استپی سرد با زمستان‌های سرد و تابستان‌های نسبتاً گرم می‌باشد (بی‌نام ۱۳۷۰). بر اساس آمار ۷ ساله ایستگاه کلیماتولوژی خواجه بین سال‌های ۲۰۰۰ تا ۲۰۰۶، میزان بارندگی سالیانه بطور متوسط ۲۷۴ میلی‌متر بوده، ولی با توجه به دقت کم و ناکافی بودن اطلاعات، از اطلاعات ۳۰ ساله ایستگاه سینوپتیک تبریز بین سال‌های ۸۹-۶۰ استفاده گردید، هرچند تفاوت آن‌ها چشم‌گیر نیست (بی‌نام ۱۳۹۰). خاک‌های این منطقه دارای رژیم رطوبتی Aridic border to Xeric و رژیم حرارتی Mesic می‌باشند (عبادپور ۱۳۷۹).

از روش نظریه مجموعه‌های فازی برای ارزیابی تناسب اراضی منطقه مرند برای گندم، ذرت، کلزا و آفتابگردان استفاده نمود و نتایج را به صورت زیر گزارش کرد. هم‌بستگی بین شاخص اراضی و عملکرد مشاهده شده آفتابگردان، ذرت، کلزا و گندم در سطح منطقه، برای روش مبتنی بر نظریه مجموعه‌های فازی به ترتیب با ضریب همبستگی 0.709 ، 0.931 ، 0.617 و 0.787 ، بیشتر از روش پارامتریک-ریشه دوم به ترتیب با ضریب همبستگی 0.605 ، 0.736 ، 0.3 و 0.61 بوده و نشان دهنده دقت و پتانسیل بالای کاربری روش منطق فازی نسبت به روش ریشه دوم می‌باشد. ملکی و همکاران (۲۰۱۰) ارزیابی دشت بهبهان واقع در استان خوزستان را با استفاده از نظریه مجموعه‌های فازی مورد مطالعه قرار دادند و به این نتیجه رسیدند که شاخص‌های تناسب اراضی تولید شده با روش مرسوم، همبستگی کمتری نسبت به شاخص‌های تناسب تولید شده توسط نظریه مجموعه‌های فازی با عملکرد مشاهده شده نشان می‌دهد. در این مطالعه ضرایب تبیین بین شاخص‌های تناسب اراضی و عملکرد مشاهده شده گندم آبی با روش فازی و پارامتریک به ترتیب 0.89 و 0.8 بودند. تنگ و همکاران (۱۹۹۱) از روش فازی برای ارزیابی اراضی منطقه هامن^۱ در استان لیاؤنینگ^۲ چین برای گیاه ذرت استفاده کردند. نتایج نشان داد که هر دو روش پارامتریک و فازی برای ارزیابی و تناسب منطقه مناسب بوده ولی روش فازی دارای ضریب همبستگی بیشتری بین شاخص اراضی و میزان محصول واقعی دارد. وان رانست و همکاران (۱۹۹۶) روش محدودیت ساده، پارامتریک، رگرسیون چند متغیره و فازی را در مورد کشت کائوچو در کشور تایلند مورد مقایسه قرار داده و نشان دادند که بهترین ارتباط آماری بین تولید مشاهده شده و شاخص اراضی در روش فازی دیده می‌شود. هدف از این مطالعه، مقایسه روش‌های پارامتریک و فازی در ارزیابی و تناسب اراضی منطقه خواجه برای تیپ بهره‌وری یونجه می‌باشد.

¹ Human

² Liauling



شکل ۱- محدوده منطقه مطالعاتی و محل حفر خاکرخها.

در رده‌های انتی‌سول و اریدی‌سول قرار گرفتند. سپس تعداد ۲۶ خاکرخ بعنوان خاکرخ‌های شاهد هر واحد نقشه انتخاب و از این ۲۶ واحد، ۱۵ واحد تحت کشت یونجه بوده، که از آن‌ها با استفاده از پلات ۱*۱ متر رکورد گیری به عمل آمد و ارزیابی و تناسب

جهت نیل به اهداف ذکر شده، تعداد ۸۰ خاکرخ به صورت شبکه‌بندی منظم انتخاب و بر اساس روش نقشه برداری آمریکا (بی‌نام ۲۰۰۲) تشریح و از هر افق نمونه برداری خاک انجام و به آزمایشگاه منتقل گردید. پس از آنالیز نمونه‌ها و تجزیه و تحلیل نتایج، خاک‌های بر اساس سیستم جامع رده‌بندی آمریکایی (بی‌نام

برای بررسی وزن‌ها (تاثیرات نسبی) از روش شبیه-سازی استفاده شده است.

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

برای محاسبه ماتریس اوزان یا $W (8 \times 1)$ به طریقی که بعداً توصیف می‌شود، با ماتریس خصوصیات یا $R (5 \times 8)$ 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 درایه‌های آن درجه عضویت برای هر یک از کلاس‌های تناسب اراضی را نشان می‌دهند. درایه‌های آن 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) با استفاده از رابطه-های ۴ و ۵ انجام و شباهت آن‌ها بین دو ماتریس از طریق یک ملاک فاصله‌ای توسط نرم‌افزار تعیین شد.

$$d(St_i, P) = \sqrt{\frac{\sum_{j=1}^n |St_{ij} - P_j|^2}{n}} \quad [4]$$

$$M_i = 1 - d(St_i, P) \quad [5]$$

n تعداد کلاس‌های تناسب، $d(St, P)$ معیار فاصله بین دو ماتریس معیار و تناسب اولیه محاسبه شده بوده و اندیس‌های St و اندیس P به ترتیب مربوط به ماتریس تناسب اولیه و ماتریس معیار می‌باشد. هر چه قدر مقادیر تابع عضویت M_i بزرگتر باشد، نشان‌دهنده مناسب بودن بردار اوزان است. 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 نهائی (W) حاصل گردید. در واقع از بین ۱۰۰۰ ماتریس تناسب اولیه (St) برای هر واحد، هر کدام M_i بیشتر و $d(St, P)$ کمتری داشته باشد، با ماتریس معیار مربوط به تولید واقعی واحد اراضی مربوطه، حداقل اختلاف را دارد.

اراضی بر اساس روش فازی در آن ۱۵ واحد نقشه صورت گرفت.

تعیین احتیاجات یونجه با استفاده از چهارچوب فائو ۸ ویژگی مشخص (سایس ۱۹۹۳) و مطالعات آزمایشگاهی و تعیین ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک‌ها بر اساس روش‌های استاندارد تعیین شدند (جداول ۱ و ۲).

ارزیابی تناسب اراضی با استفاده از نظریه مجموعه‌های فازی

انتخاب توابع عضویت

در این مطالعه از توابع عضویت کندل معادله‌های ۱، ۲ و ۳ (تنگ و همکاران ۱۹۹۱) بر اساس نیازهای تیپ بهره‌وری انتخابی، برای تعیین درجه عضویت هر یک از ویژگی 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.

$$MF_X = \frac{1}{[1 + (\frac{x - b_1}{b_2 - b_1})^2]} \quad x < b_1 \quad [1]$$

$$MF_X = 1 \quad b_1 \leq x \leq b_2 \quad [2]$$

$$MF_X = \frac{1}{[1 + (\frac{b_2 - x}{b_2 - b_1})^2]} \quad x > b_2 \quad [3]$$

MF تابع عضویت متغیر X ، b_1 و b_2 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.

انتخاب وزن‌های مناسب

هر یک از ویژگی‌ها اراضی دارای تاثیرات منحصر به فردی روی تولید محصول است. این تاثیرات نسبی را می‌توان باروش‌های مختلفی از جمله شبیه-سازی، فرآیند تحلیل سلسله مراتبی و روش آماری بدست آورد. پس از برآورد وزن‌ها، در ماتریسی بنام ماتریس اوزان قرار داده خواهند شد. در این مطالعه

با استفاده از فرمول ۸ (فرمول ریشه دوم) شاخص اراضی (LI) برای هر واحد محاسبه گردید.

$$I = R_{min} \times \sqrt{\frac{A}{100} \times \frac{B}{100} \times \frac{C}{100} \times \dots} \quad [۸]$$

A، B و C و... درجات تناسب تخصیص یافته به هریک از مشخصه‌های اراضی، R_{min} درجه تناسب حداقل در بین مشخصه می‌باشد (سایس و همکاران ۱۹۹۱).

نتایج و بحث

جدول ۱ احتیاجات تیپ بهره‌وری یونجه را با استفاده از چارچوب فائو (سایس ۱۹۹۲) نشان می‌دهد. جدول ۲ نیز مقادیر عددی ۸ ویژگی زمین‌نما و خاک موثر در رشد تیپ بهره‌وری یونجه را که با استفاده از ضرایب وزنی محاسبه شده، نشان می‌دهد. شایان ذکر است که در جدول ۲ بجز شیب و عمق خاک همه ویژگی‌ها با استفاده از میانگین وزنی محاسبه گردیده است.

نتایج نشان داد که بر اساس وزن‌های بدست آمده (جدول ۳)، شیب دارای بیشترین وزن و آهک دارای کمترین وزن (درجه اهمیت) می‌باشد.

با توجه به ماتریس‌های نهایی تناسب اراضی بدست آمده در هر واحد اراضی (جدول ۴)، شاخص اراضی محاسبه و کلاس نهایی تناسب اراضی در هر یک از واحدهای اراضی تعیین شد (جدول ۵).

شاخص‌های اراضی محاسبه شده با روش پارامتریک و فازی (جدول ۵)، موید این است که ارزیابی تناسب اراضی به روش فازی باعث افزایش شاخص اراضی شده است. همبستگی بالاتر بین شاخص اراضی محاسبه شده و مقادیر تولید مشاهده شده بر اساس نظریه مجموعه‌های فازی (شکل ۲ و ۳) نیز حاکی از دقت بالای این مدل و بهبود کلاس‌های تناسب است.

استفاده از عملگر فازی ترکیب کننده ۰ برای ارزیابی نهایی تناسب اراضی

به منظور تعیین کلاس نهایی تناسب اراضی در هر واحد اراضی، از عملگر ترکیب فازی (رابطه ۶) 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) بدست آمد.

$$[E] = (W) \circ (R) \quad [۶]$$

۰: عملگر فازی است که نرم T مثلثی^۱ به جای حداقل و کونرم T مثلثی^۲ به جای حداکثر ایجاد می‌شود (روان ۱۹۹۰).

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 ۷ ضرب گردید.

$$LI = \sum E_{0j} * A_j \quad [۷]$$

که در آن LI: شاخص اراضی، E_{0j} : مقدار نرمال شده ماتریس E، A_j : میانگین حداقل و حداکثر شاخص-های هریک از کلاس‌های تناسب اراضی بوده که این عدد برای کلاس N_1 ، $18/75$ می‌باشد.

لازم به ذکر است، در این تحقیق تمامی مراحل که در نتایج و بحث توضیح داده می‌شود به وسیله نرم-افزار MATLAB نسخه (R2010a) 7.10.0.499 برنامه نویسی و انجام گردیده است.

ارزیابی تناسب اراضی با استفاده از روش ریشه دوم

در این روش، مشخصات اندازه‌گیری شده در صحرا و آزمایشگاه با استفاده از ضرایب وزنی میانگین‌گیری (جدول ۲) و با نیازهای رویشی یونجه (جدول ۱) بر اساس جداول سایس و همکاران (۱۹۹۲) مقایسه و درجه تناسب هر ویژگی محاسبه و در نهایت

¹ Triangular norm T

² Triangular conorm T

جدول ۱- تعیین احتیاجات یونجه با استفاده از چارچوب فائو و بر اساس جداول سایس و همکاران (۱۹۹۳).

کلاس، درجه محدودیت و مقیاس امتیازدهی

خصوصیات اراضی					
N ₂	N ₁	S ₃	S ₂	S ₁	
۰ - ۲۵	۲۵ - ۴۰	۴۰ - ۶۰	۶۰ - ۸۵	۸۵ - ۱۰۰	
۱-۰	۲-۱	۴-۲	۶-۴	> ۶	
Cm, SiCm	-	C>60v, fS, S, LcS	C<60v, LS C>60s, LfS	C<60s, SiCS, Co	SiCL, CL, L SC, SCL, SL
۳-۰	۱۵-۳	۳۵-۱۵	۵۵-۳۵	-	> ۵۵
> ۱۰۰	۷۵-۱۰۰	۵۰-۷۵	۲۰-۵۰	-	< ۲۰
۶-۰	۱۵-۶	۲۵-۱۵	۳۵-۲۵	-	> ۳۵
۲-۰	۴-۲	۱۰-۴	۲۰-۱۰	-	> ۲۰
> ۲	۱/۲-۲	۰/۸-۱/۲	< ۰/۸	-	-
۳-۰	۵-۳	۹-۵	۱۲-۹	-	> ۱۲
۸-۰	۲۰-۸	۳۵-۲۰	۵۰-۳۵	-	> ۵۰
۷/۸-۷/۴	۸-۷/۸	۸/۲-۸	۵/۲-۸/۲	-	> ۸/۵
۵۰-۴۰	۷۵-۵۰	۹۰-۷۵	> ۹۰	-	-
۲۴-۲۵	۲۰-۲۴	۱۵-۲۰	۱۰-۱۵	-	< ۱۰

درصد شیب

بافت یا ساختمان

درشت‌تر از شن (درصد حجمی)

عمق خاک (cm)

آهک (%)

گچ (%)

کربن آلی (%)

هدایت الکتریکی (dS/m)

سدیم تبدیلی (%)

واکنش خاک

رطوبت نسبی (%)

درجه حرارت (°C)

جدول ۲- نیازهای مربوط به زمین‌نما و خاک.

ESP (%)	EC (dS/m)	pH	گچ (%)	آهک (%)	ذرات درست تر از شن	اقلیم	شیب (%)	واحد اراضی
۱۰/۱	۰/۹۲	۷/۶۷	۲/۲۱	۱۹/۲۵	۷/۰۴	۱۹/۸۶	۰	۱
۴/۹۸	۱/۴۴	۷/۶۸	۱/۰۲	۱۴/۱۱	۶/۸۸	۱۹/۸۶	۱	۲
۵/۹۱	۱/۳۵	۷/۵۶	۱/۶۲	۱۸/۷۷	۶/۴۹	۱۹/۸۶	۳	۳
۷/۴۸	۱/۴	۷/۵۸	۴/۵۴	۱۹/۱۵	۳/۸۸	۱۹/۸۶	۳	۴
۱۱	۴/۰۵	۷/۲۳	۱/۱	۱۳/۸۱	۲/۶۷	۱۹/۸۶	۲	۵
۱۵/۲۵	۵/۳۵	۷/۷۵	۱۵/۱۲	۱۵/۸۳	۶/۸۱	۱۹/۸۶	۲	۶
۷/۷۵	۲/۳۱	۷/۵۷	-/۲۹	۱۸/۷۸	۲۵/۴۱	۱۹/۸۶	۵	۷
۱۲/۷۶	۱۵/۸۸	۷/۴۲	۶/۹۱	۲۲/۱۵	۷/۴۴	۱۹/۸۶	۱	۸
۱۰/۳۴	۷/۳۲	۷/۴۵	۸/۲۴	۱۷/۴۹	۳/۹	۱۹/۸۶	۳	۹
۶/۶۵	۰/۷۳	۷/۹	۱/۸	۱۶/۳۲	۳/۹۶	۱۹/۸۶	۲	۱۰
۹/۹۸	۸/۳۶	۷/۹۱	۱۳/۵۹	۱۴/۶۴	۳/۲۲	۱۹/۸۶	۴	۱۱
۷/۵۱	۸/۳۵	۷/۷۴	۳/۲۹	۱۵/۱۸	۲/۷۸	۱۹/۸۶	۳	۱۲
۹/۱۴	۷/۷۶	۷/۷	۱۲/۹۲	۱۲/۴۹	۵/۵۵	۱۹/۸۶	۴	۱۳
۱۰/۲۵	۲/۸۸	۷/۵۹	۲۸/۶۷	۵/۷۱	۲/۵۶	۱۹/۸۶	۳	۱۴
۱۰/۲۳	۲/۴۵	۷/۷۸	۳/۲۶	۲۱/۶۸	۲/۱۸	۱۹/۸۶	۰	۱۵

جدول ۳- وزن‌های نهایی ویژگی‌های موثر در رشد گیاه یونجه.

اقلیم	ESP	EC	pH	گچ	آهک	ذرات درشت	شیب	وزن
۰/۱۸	۰/۰۸	۰/۱۸	۰/۰۷	۰/۳	۰/۰۶	۰/۰۸	۰/۳۵	

این است که روش فازی، با بالاترین ضریب همبستگی، دارای دقت و توانایی بیشتری در پیش‌بینی تولید

مقایسه نتایج این تحقیق با نتایج وان رانست (۱۹۹۶) و ملکی (۲۰۱۰) و امیریان (۱۳۹۱) نشان‌دهنده

محصول یونجه بیشتر از گندم آبی که در تحقیقی توسط سرمدیان و کشاورزی (۱۳۹۰) در منطقه قزوین و محمدی و گیوی (۱۳۸۰) در فلاورجان استان اصفهان محاسبه شده، می‌باشد. در تحقیقات امیریان (۱۳۹۱) در منطقه مرند نیز این نتیجه در مورد گیاه کلزا گزارش شده است. این مطلب نشان‌دهنده این است که از طرفی بایستی جداول سایس برای یونجه برای شرایط ایران نیاز به واسنجی داشته و میزان تولید را کمتر از مقدار واقعی برآورد می‌کند. از طرف دیگر نشان‌دهنده این است که نرم‌افزار مطلب و حدود انتقالی انتخاب شده توسط محققین این تحقیق توانسته شاخص اراضی را برای محصول یونجه بهتر از روش پارامتریک برآورد نماید.

محصول است، چرا که روش فازی، ماهیت پیوسته تغییرات اراضی را در نظر گرفته و در انعکاس تغییرپذیری مکانی خصوصیات خاک کارایی بهتری دارد، با این حال، دقت نتایج ارزیابی تا حدود بسیاری وابسته به اوزان تعیین شده برای خصوصیات مختلف اراضی است. از مزایای این روش می‌توان به در نظر گرفتن پیوستگی اراضی و نیز محدود نمودن خاک به داده‌های اندازه‌گیری اشاره نمود (بوروق ۱۹۸۹). از معایب نظریه فازی در ارزیابی تناسب اراضی، حجم نسبتاً زیاد محاسبات می‌باشد که این حجم زیاد محاسبات با بکارگیری برنامه‌نویسی در محیط نرم‌افزار مطلب تا حد زیادی کاهش می‌یابد.

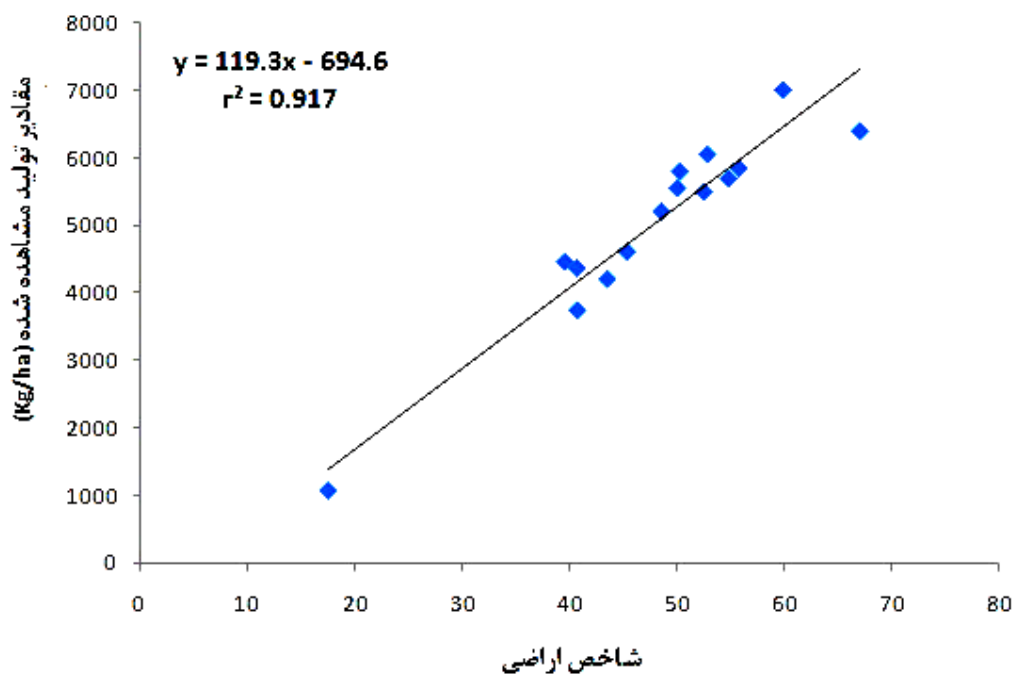
همچنین نتایج نشان می‌دهد که اختلاف ضریب همبستگی بین روش پارامتریک و روش فازی در

جدول ۴- ماتریس معیار و ارزیابی واحدهای مختلف اراضی.

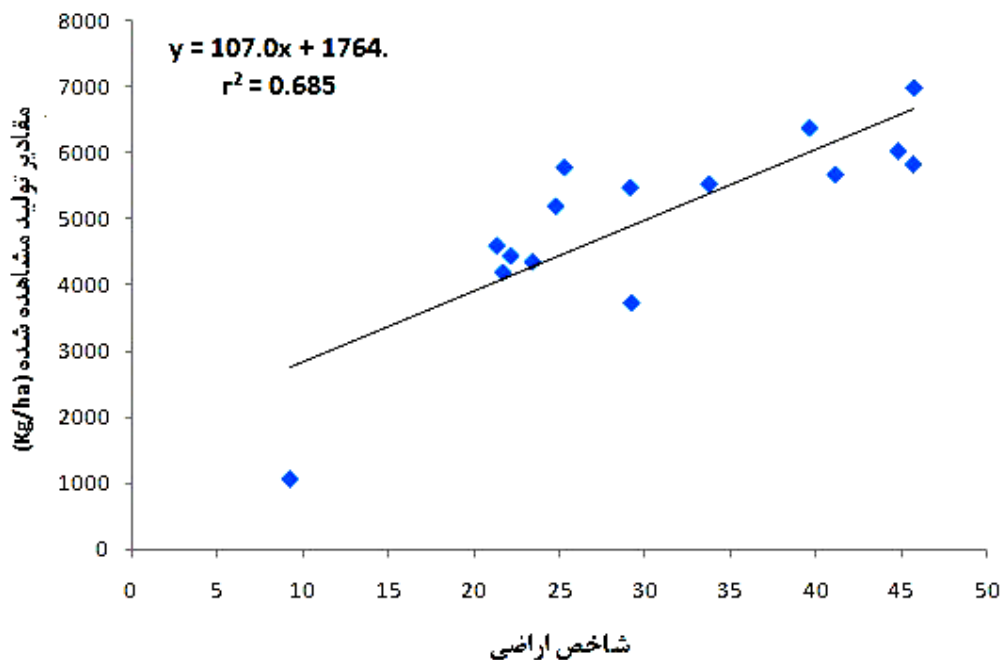
ماتریس معیار	ماتریس ارزیابی	نام واحد
$P = [S1 \ S2 \ S3 \ N1 \ N2]$	$E = [S1 \ S2 \ S3 \ N1 \ N2]$	
$P = [0/01 \ 0/04 \ 1 \ 0/36 \ 0/02]$	$E = [0/44 \ 0/74 \ 0/72 \ 0/14 \ 0/01]$	۱
$P = [0/01 \ 0/06 \ 1 \ 0/25 \ 0/02]$	$E = [0/28 \ 0/63 \ 0/64 \ 0/16 \ 0/01]$	۲
$P = [0/01 \ 0/19 \ 1 \ 0/07 \ 0/01]$	$E = [0/35 \ 0/71 \ 0/36 \ 0/07 \ 0/01]$	۳
$P = [0/01 \ 0/04 \ 1 \ 0/64 \ 0/03]$	$E = [0/19 \ 0/94 \ 0/94 \ 0/19 \ 0/03]$	۴
$P = [0/01 \ 0/08 \ 1 \ 0/14 \ 0/02]$	$E = [0/52 \ 0/52 \ 0/16 \ 0/06 \ 0/02]$	۵
$P = [0/01 \ 0/02 \ 0/23 \ 1 \ 0/07]$	$E = [0/06 \ 0/24 \ 0/92 \ 0/25 \ 0/04]$	۶
$P = [0/01 \ 0/02 \ 0/28 \ 1 \ 0/07]$	$E = [0/07 \ 0/37 \ 0/75 \ 0/37 \ 0/03]$	۷
$P = [0/01 \ 0/03 \ 1 \ 0/99 \ 0/04]$	$E = [0/22 \ 0/57 \ 0/73 \ 0/26 \ 0/01]$	۸
$P = [0 \ 0/01 \ 0/01 \ 0/1 \ 1]$	$E = [0/02 \ 0/05 \ 0/12 \ 0/58 \ 0/57]$	۹
$P = [0/01 \ 0/04 \ 1 \ 0/71 \ 0/03]$	$E = [0/34 \ 0/86 \ 0/82 \ 0/22 \ 0/02]$	۱۰
$P = [0/01 \ 0/02 \ 0/21 \ 1 \ 0/09]$	$E = [0/08 \ 0/36 \ 0/89 \ 0/16 \ 0/03]$	۱۱
$P = [0/01 \ 0/05 \ 1 \ 0/4 \ 0/02]$	$E = [0/23 \ 0/90 \ 0/82 \ 0/21 \ 0/06]$	۱۲
$P = [0/01 \ 0/02 \ 0/44 \ 1 \ 0/06]$	$E = [0/08 \ 0/42 \ 0/83 \ 0/13 \ 0/02]$	۱۳
$P = [0 \ 0/01 \ 0/11 \ 1 \ 0/15]$	$E = [0/1 \ 0/49 \ 0/97 \ 0/49 \ 0/04]$	۱۴
$P = [0/01 \ 0/04 \ 1 \ 0/49 \ 0/03]$	$E = [0/46 \ 0/85 \ 0/84 \ 0/18 \ 0/01]$	۱۵

جدول ۵- شاخص اراضی و کلاس‌های تناسب اراضی تعیین شده در دو روش فازی و پارامتریک.

واحد اراضی	میزان محصول (Kg/ha)	شاخص اراضی (پارامتریک)	کلاس تناسب (پارامتریک)	شاخص اراضی (فازی)	کلاس تناسب (فازی)
۱	۵۸۳۲	۴۵/۷	S3	۵۵/۸۰	S2
۲	۶۰۴۱	۴۴/۸۳	S3	۵۲/۸۶	S2
۳	۷۰۰۰	۴۵/۷۵	S3	۵۹/۹۰	S2
۴	۵۵۴۴	۴۰/۰۶	S3	۵۰/۰۳	S2
۵	۶۳۹۱	۳۹/۶۴	S3	۵۷/۰۷	S2
۶	۴۴۵۲	۲۲/۱۶	N1	۳۹/۵۸	S3
۷	۴۳۶۱	۲۳/۴۴	N1	۴۰/۷۴	S3
۸	۵۲۰۱	۲۴/۸	N1	۴۸/۵۵	S3
۹	۱۰۷۱	۹/۲۵	N2	۱۷/۵۱	N1
۱۰	۵۴۸۸	۲۹/۱۶	S3	۵۲/۵۰	S2
۱۱	۴۲۰۰	۲۱/۷۱	N1	۴۳/۵۴	S3
۱۲	۵۷۸۹	۲۵/۳۱	S3	۵۰/۲۸	S2
۱۳	۴۶۰۶	۲۱/۳۵	N1	۴۵/۳۶	S3
۱۴	۳۷۳۸	۲۹/۷۱	S3	۴۰/۷۴	S3
۱۵	۵۶۸۴	۴۳/۹۵	S3	۵۴/۸۵	S2



شکل ۲- همبستگی بین شاخص اراضی و مقادیر تولید مشاهده شده با روش فازی.



شکل ۲- همبستگی بین شاخص اراضی و مقادیر تولید مشاهده شده با روش پارامتریک.

نتیجه‌گیری کلی

بوده و منجر به نتایج بهتری شده است. با وجود اختلاف ضریب همبستگی بین روش پارامتریک و روش فازی در محصول یونجه قابل توجه است. این مطلب نشان‌دهنده این است که از طرفی بایستی جداول ساینس برای یونجه برای شرایط ایران نیاز به واسنجی داشته و میزان تولید را کمتر از مقدار واقعی برآورد می‌کند. از طرف دیگر نشان‌دهنده این است که نرم‌افزار متلب و حدود انتقالی انتخاب شده توسط محققین این تحقیق توانسته شاخص اراضی را برای محصول یونجه بهتر از روش پارامتریک برآورد نماید. بنابراین پیشنهاد می‌شود که از روش‌های فازی در تهیه نقشه‌های تناسب اراضی استفاده گردد، تا شاید بتوان صحت و دقت این نقشه‌ها را جهت نیل به مدیریت پایدار اراضی افزایش داد.

دقت روش‌های ارزیابی تناسب اراضی بستگی به درجه تاثیر خصوصیات اراضی انتخاب شده روی تولید محصول دارد و ماتریس نهایی تناسب اراضی در هر واحد اراضی، درجه تناسب اراضی را به نسبت کلاس-های مختلف تناسب اراضی نشان می‌دهد. شیب به علت دارا بودن بیشترین وزن، به عنوان مهمترین معیار و آهک به علت دارا بودن کمترین وزن، کم اهمیت‌ترین معیار در بین خصوصیات موثر انتخاب شده در کشت یونجه می‌باشد. نتایج ایجاد همبستگی بین شاخص اراضی و عملکرد مشاهده شده در سطح منطقه نشان داد که با وجود مناسب بودن هر دو روش فازی و پارامتریک، روش مبتنی بر نظریه مجموعه‌های فازی با استفاده از روش شبیه‌سازی ($r=0.917$) دارای همبستگی بیشتری نسبت به روش پارامتریک ریشه دوم ($r=0.917$)

منابع مورد استفاده

امیریان ف، ۱۳۹۱. کاربرد منطق فازی و روش فائو برای ارزیابی کیفی و کمی تناسب اراضی آفتابگردان، ذرت، کلزا، گندم و گوجه فرنگی (مطالعه موردی: منطقه مرند)، پایان‌نامه کارشناسی ارشد خاک‌شناسی، دانشکده کشاورزی دانشگاه تبریز.

بی نام، ۱۳۷۰. طرح توسعه کشاورزی شهرستان هریس. اداره کل آمار و اطلاعات وزارت کشاورزی، تبریز.
بی نام، ۱۳۹۰. گزارش اطلاعات هواشناسی ایستگاه سینوپتیک شهرستان تبریز. سازمان هواشناسی استان آذربایجان شرقی، تبریز.

سرمدیان ف، کشاورزی ع و عسگری م ص، ۱۳۸۸. ارزیابی تناسب اراضی برای گندم آبی در منطقه تاکستان با استفاده از نظریه مجموعه‌های فازی. صفحه‌های ۵۲۹ تا ۵۳۱. مجموعه مقالات یازدهمین کنگره علوم خاک ایران. ۲۴-۲۱ تیر ماه، دانشگاه کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، گرگان.

سرمدیان ف و کشاورزی ع، ۱۳۹۰. بررسی کارایی نظریه مجموعه‌های فازی در ارزیابی تناسب اراضی برای گندم آبی در استان قزوین با استفاده از روش‌های فرآیند تحلیل سلسله مراتبی و رگرسیون چند متغیره، مجله تحقیقات آب و خاک ایران، جلد ۴۲، شماره ۲، صفحه‌های ۱۹۹ تا ۲۰۷.

شهبازی ف و جعفرزاده ع ا، ۱۳۸۳. ارزیابی کیفی تناسب اراضی منطقه خوشه مهر بناب برای محصولات گندم، جو، یونجه، پیاز، چغندر قند و ذرت. مجله دانش کشاورزی دانشگاه تبریز. جلد ۱۴، شماره ۴، صفحه‌های ۶۹ تا ۸۶.
عبادپور ا، ۱۳۷۹. مطالعه مرفولوژی، مینرالوژی و رده‌بندی خاک‌های ایستگاه تحقیقاتی خواجه (تبریز). پایان‌نامه کارشناسی ارشد خاک‌شناسی، دانشکده کشاورزی دانشگاه تبریز.

محمدی ج، گیوی ج، ۱۳۸۰. ارزیابی تناسب اراضی برای گندم آبی در منطقه فلاورجان اصفهان با استفاده از مجموعه‌های فازی. مجله علوم و فنون کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه صنعتی اصفهان، جلد ۵، شماره ۱، صفحه‌های ۱۰۳ تا ۱۱۶.

ملکیان، ا، جعفرزاده ع ا، ۱۳۸۸. کلاس‌بندی کیفی اراضی ایستگاه تحقیقات خواجه برای محصولات گندم، جو، یونجه و گلرنگ به روش پارامتریک. صفحه‌های ۴۴۹ تا ۴۵۱. مجموعه مقالات یازدهمین کنگره علوم خاک ایران، ۲۴ - ۲۱ شهریور ماه، دانشگاه کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، گرگان.

Anonymous, 1976. A framework for land evaluation. FAO Soils Bulletin No. 32. FAO Rome.

Anonymous, 1985. Guidelines: Land evaluation for irrigated agriculture. FAO Soils Bulletin No. 55. FAO, Rome.

Anonymous, 2002. Field Book for Describing and Sampling Soils. United State Department of Agriculture, National Soil Survey Center. Natural Resources Conservation Service.

Anonymous, 2010. Keys to Soil Taxonomy, 11th edition, United State Department of Agriculture, National Soil Survey Center. Natural Resources Conservation Service.

Burrough PA, 1989. Fuzzy mathematical methods for soil survey and land evaluation. Journal of Soil Science 40: 477-492.

Delgado G, Aranda V, Calero J, Sanchez M, Serrano JM, Sanchez D and Vila MA, 2009. Using fuzzy data mining to evaluate survey data from olive grove cultivation. Computers and Electronics in Agriculture 65: 99-113.

Eaalem M, Camber A and Fisher P, 2011. A comparison of Fuzzy AHP and ideal point methods for evaluation of land suitability. Transactions in GIS 15(3): 329-346.

Feredrick NM and Julie VB, 1997. Planning sustainable land management: Finding a balance between user needs and possibilities. ITC Journal (3/4): 229-234.

Jafarzadeh A A, Abbasi G, 2006. Qualitative land suitability evaluation for the growth of onion, potato, maize and alfalfa on soils of the Khalatpushan research station. Biologia, Bratislava 19: 349- 352.

Lotfizadeh A, 1965. Fuzzy sets. Information and Control 8: 338-353.

Maleki PA, Landi Gh, Sayyad J, Baninemeh J, Zareian GH, 2010. Application of fuzzy logic to land suitability for irrigated wheat. Pp. 21-24. 19th World Congress of Soil Science, Soil Solution for Changing World. 1-6 August, Brisbane, Australia.

Orhan D, Lihami B and Mahmut Y, 2003. Geographic information system and remote sensing based land evaluation of Bepazari area soils by ILSSEN model. Turkish Journal of Agriculture and Forestry 27: 145-153.

Ruan D, 1990. A critical study of widely used fuzzy implication operators and their influence on the influence rules in fuzzy expert systems. Ph.D. dissertation, State University of Gent, Belgium.

Sys C, Van Ranset E and Debaveye J, 1991. Land Evaluation, Part II, Methods in Land Evaluation. International Training Center for Post Graduate Soil Scientists, Ghent University, Ghent. 274pp.

Sys C, Van Ranset E, Debaveye J and Beernaert F, 1993. Land Evaluation: Crop Requirements. International Training Center for Post Graduate Soil Scientist, Ghent University, Ghent.

- Tang H, Debaveye J, Ruan D and Van Ranst E, 1991. Land suitability classification based on fuzzy set theory. *Pedologia* 3: 277-290.
- 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.