Archive of SID

ارزیابی تناسب اراضی به روش‌های فازی شبیه‌سازی و فرآیند تحلیل سلسله مراتبی فازی برای گندم آبی

سیدعلیرضا سیدجلالی[1]، فریدون سرمدیان و مهدی شرفاء

استادیار پژوهش مؤسسه تحقیقات خاک و آب؛ seyedjalali2000@yahoo.com

استاد دانشگاه تهران؛ fsarmad@ut.ac.ir

دانشیار دانشگاه تهران؛ m_shorafa@ut.ac.ir

دریافت: 94/7/22 و پذیرش: 95/3/9

چکیده

انتخاب روش مناسب برای تعیین تناسب اراضی برای تعیین کلاس‌ها و تحت کلاس‌های تناسب اراضی تحت کشت گندم امری ضروری است. هدف از این تحقیق تعیین اثر کمی خصوصیات اراضی بر تولید گندم آبی با استفاده از منطق فازی شبیه سازی و فرآیند تحلیل سلسله مراتبی فازی است. این تحقیق در جنوب غرب ایران، دشت عقیلی شهرستان گتوند از استان خوزستان انجام گردید. روش تحقیق با استفاده از مقایسه عملکرد گندم آبی با شاخص‌های بدست آمده به هر دو روش، راستی آزمایی گردید. بر اساس نتایج حاصل ضریب تشخیص (R^2) برای شاخص اراضی به فرآیند تحلیل سلسله مراتبی فازی و منطق فازی شبیه‌سازی به ترتیب برابر 0/27 و 0/82می‌باشد در ضمن مقدار استاندارد خطای تخمین (SE^2) نیز به ترتیب برای روش‌های ذکر شده 1263 و 252 کیلوگرم در هکتار است بنابراین مدل ارائه شده به روش منطق فازی شبیه‌سازی نسبت به روش فرآیند تحلیل سلسله مراتبی فازی دارای دقت بیشتر و خطای کمتر می‌باشد. و مدل فازی شبیه سازی به‌عنوان روش بهتر در این تحقیق برای تناسب اراضی پیشنهاد می‌شود.

واژه‌های کلیدی: منطق فازی، گتوند، خوزستان

---

[1]. نویسنده مسئول، آدرس: کرج میدان استاندارد، جاده مشکین دشت بعد ار رزکان نو، بلوار امام خمینی، مؤسسه تحقیقات خاک و آب

[2]. Standard Error of fit

www.SID.ir

Archive of SID

مقدمه

نظریه مجموعه های فازی یا منطق فازی که در فارسی از آن به منطق گنگ و یا چند ارزشی یاد می‌شود ابتدا توسط لطفی زاده (1965) استاد ایرانی دانشگاه برکلی کالیفرنیا، به منظور تعریف و تعیین کمی کلاس‌هایی ارائه شد که به صورت مبهم و نا گویا مانند "عوامل بسیار مهم" و یا "اراضی نسبتاً مناسب" بیان می‌شوند. این منطق تحت هر عنوانی که بیان گردد از نظر مبانی و روش شناسی در مقابل منطق دو ارزشی ارسطویی قرار می‌گیرد. در منطق فازی تعیین مرزی مشخص مشکل و تعلق عناصر مختلف به مفاهیم و موضوعات گوناگون نسبی است. چنین تفکری با طبیعت و محیط پیرامونی انسان بسیار سازگار می‌باشد. فازی بودن به معنای چند ارزشی بودن است و در مقابل منطق دو ارزشی که در آن برای هر سؤال و یا مفهومی تنها دو پاسخ و یا دو حالت (درست یا نادرست، سیاه یا سفید) می‌تواند وجود داشته باشد، قرار می‌گیرد. در حقیقت منطق ارسطویی را می‌توان حالت خاصی از تفکر فازی به حساب آورد (محمدی و گیوی، 1380). به منظور ارزیابی اراضی، توابع عضویت کلاس‌های مختلف اراضی (S1...N2)، برای هر کدام از مشخصات اراضی می‌بایستی تعیین گردد.

چنین توابعی درجه تعلق هر کدام از مشخصات اراضی را به کلاس‌های مختلف تناسب مشخص می‌سازند. چنانچه مقدار یک خصوصیت کاملاً به کلاس تناسب اراضی مورد نظر تعلق داشته باشد، در آن صورت مقدار تابع عضویت مساوی یک، و در صورتی که مطلقاً متعلق به آن کلاس نباشد، برابر صفر خواهد بود. در شرایطی که خصوصیت مورد نظر تا حدودی به کلاس مربوطه تعلق داشته باشد مقداری بین 0 تا 1 به آن اختصاص داده می‌شود. توابع عضویت برای مقاصد مختلف تهیه می‌شوند و بر اساس نوع استفاده به گروه‌های مختلفی تقسیم می‌شوند. نوع درک مستقیم[1]، استنباطی[2]، قیاسی یا استنتاجی[3]، مجموعه فازی زاویه دار[4]، شبکه های عصبی[5] و الگوریتم ژنتیک[6]، در صورتی پایگاه داده‌ها از ورودی و خروجی تشکیل شده با شد نوع قیاسی مناسب خواهد بود (سیوناندام و دیپا ، 2007). پائین بودن عملکرد در واحد سطح و افزایش جمعیت کشور، لزوم انجام ارزیابی تناسب اراضی برای شناسایی محدودیت‌های اقلیمی، خاکی و زمین نما در راستای تولید و برنامه‌ریزی صحیح کشت امری ضروری است هدف از این تحقیق بررسی کارایی سیستم فازی شبیه سازی و فرآیند تحلیل سلسله مراتبی[7] فازی برای تعیین تناسب اراضی گندم آبی است. در تحقیقی که توسط وان رانست و همکاران (1996) در تایلند انجام شد، ارزیابی تناسب اراضی در 28 واحد و با 7 کیفیت اراضی برای کائوچو با استفاده از روش‌های فازی، پارامتریک، حداکثر محدودیت و رگرسیون چندگانه انجام گرفت. در این بررسی از روش شبیه‌سازی برای تعیین اوزان استفاده شد، و در نهایت با استفاده از روابط رگرسیونی، ضرایب همبستگی(r) برای روش‌های محدودیت حداکثر، پارامتریک، رگرسیون چندگانه و فازی به ترتیب برابر با 0/19، 0/81 0/81 و 0/89 به دست آمد. پراکاش[8] (2003) در مطالعه خود در منطقه دهرادون هند از سیستم چند معیاره ارزیابی(MCE) در ارزیابی تناسب اراضی برای برنج، نیشکر، ذرت و سبزیجات استفاده کرد. وی از سه روش تحلیل سلسله مراتبی(AHP)[9]، رویکرد بردار ایده آل(IVA)[10] و روش فازی- تحلیل سلسله مراتبی(Fuzzy AHP) استفاده نمود.

نتایج به دست آمده نشان داد که روش فازی- تحلیل سلسله مراتبی نسبت به دو روش دیگر از کار آیی بیشتری برخوردار بود. سانچز[11] (2007) در مطالعه خود از سه روش شامل بررسی تناسب با استفاده از دانش زارعین، طبقه بندی تناسب به روش دو ارزشی با استفاده از مدل ALES ، و انجام ارزیابی بر اساس منطق فازی در بررسی تناسب اراضی برای برنج دیم و کائوچو استفاده نمود. وی در بررسی خود برای وزن دهی از روش AHP استفاده نمود. نتایج نشان داد که تناسب‌های به دست آمده از سه روش در برخی موارد تفاوت‌هایی با هم داشتند. همچنین نشان داده شد که تلفیق دانش کشاورزان با روش‌های ارزیابی، میزان تطابق ارزیابی‌ها را با شرایط حاکم بر منطقه افزایش می‌دهد. جوس[12] و همکاران (2008) در تحقیقی دیگر برای بررسی تناسب اراضی برخی استان‌های کانادا برای کاشت درختان کاج، از منطق فازی استفاده گردید. در این تحقیق برای بررسی کار آیی روش فازی نتایج به دست آمده از این روش با نتایج به

1. Intuition
2. Inference
3. Inductive reasoning
4. Angular fuzzy set
5. Neural network
6. Genetic algorithm
7. Analytical hierarchy process (AHP)
8. Prakash
9. Analytical hierarchy process
10. Ideal vector approach
11. Sanchez
12. Joss

www.SID.ir

Archive of SID

دست آمده از بررسی و قضاوت کارشناسان مقایسه گردید و مشخص شد که استفاده از روش فازی نسبت به روش‌های کلاسیک تعیین تناسب اراضی، کار آیی بیشتری دارد. محمدی و گیوی (1380) نیز از تئوری مجموعه های فازی برای ارزیابی اراضی منطقه فلاورجان اصفهان برای گندم آبی استفاده گردید و نتایج حاصل از این روش با روش پارامتریک مقایسه شد. نتایج به دست آمده از این تحقیق نشان داد که همبستگی بین محصول مشاهده شده و شاخص تناسب اراضی در روش فازی بیشتر از روش پارامتریک بود.

سهرابی (1382) نتیجه گرفت که با به‌کارگیری مدل پیوسته فازی در کنار مجموعه ای از آمار مکانی می‌توان طبقه بندی پیوسته‌ای از تناسب اراضی برای محصولات زراعی مختلف انجام داد و اطلاعات به دست آمده از روش‌های فازی بیشتر از روش‌های سنتی است. امیریان (1390) در تحقیقی نتیجه گرفت که استفاده از روش فرآیند تحلیل سلسله مراتبی فازی در مقایسه با روش پارامتریک باعث شده درصد بیشتری از اراضی در کلاسS1 قرار گیرند. کشاورزی و همکاران (2010) در بررسی خود با ارزیابی اراضی منطقه قزوین برای گندم به این نتیجه رسیدند. که استفاده از روش فرآیند تحلیل سلسله مراتبی فازی در مقایسه با روش پارامتریک از کار آیی بیشتری برخوردار است. امیریان (1390) بیان می‌کند که از مشکلات وزن دهی به روش فرآیند تحلیل سلسله مراتبی فازی تشکیل ماتریس مقایسه زوجی بر اساس قضاوت‌های کارشناسی است. بنابراین ممکن است کارشناسان مختلف ماتریس‌های متفاوتی ارایه نمایند. و همچنین از مشکلات دیگر این روش به دست آوردن نرخ ناسازگاری کمتر از 0/1 است که برای رسیدن به آن ممکن است ماتریس مقایسه جفت به جفت بارها تغییر کند. که در این تحقیق سعی شد نظرات کارشناسان خبره استفاده شود که تا حد ممکن خطا کاهش یابد. از مشکلات وزن دهی به روش شبیه‌سازی انتخاب تصادفی اوزان می‌باشد که در نتیجه هر بار اجرای برنامه کامپیوتری منجر به وزن‌های متفاوت ولی نسبتاً مشابهی می‌گردد (وان رانست و همکاران، 1996).

مواد و روش‌ها

منطقه مورد مطالعه در جنوب غرب ایران، شمال شرق استان خوزستان و اراضی شهرستان گتوند معروف به دشت عقیلی واقع است. مساحت تقریبی آن3500 هکتار و در موقعیت بین عرض شمالی ′07°32 تا ′10°32 و طول شرقی ′52°48 تا ′56°48 قرار دارد. ایستگاه‌های سینوپتیک نزدیک به منطقه مورد مطالعه به ترتیب نزدیکی، شوشتر در فاصله 14/5 کیلومتری، گتوند در فاصله 19/5 کیلومتری و صفی‌آباد در فاصله 46/3 کیلومتری منطقه بودند. با توجه به اینکه نزدیک‌ترین ایستگاه سینوپتیک به منطقه مورد مطالعه ایستگاه سینوپتیک شوشتر بود این ایستگاه برای تحقیق حاضر مورد استفاده قرار گرفت با بررسی آمار 33 ساله این ایستگاه منطقه جزء اقلیم نیمه بیابانی خفیف می‌باشد. حداکثر متوسط دمای روزانه در تیر ماه 46/6 درجه سانتی‌گراد و حداقل متوسط دمای روزانه 7/3 درجه سانتی‌گراد در دی ماه می‌باشد. مقدار متوسط بارندگی سالیانه در منطقه مورد مطالعه 324 میلی متر و مدت آن معمولاً" بین 7 تا 8 ماه متغیر بوده که از آبان ماه شروع و تا اردیبهشت ادامه دارد.

برای انجام این تحقیق 110 نقطه مورد مطالعه قرار گرفت و عملکرد محصول گندم آبی در محل حفر پروفیل‌های و مته‌ها اندازه گیری گردید. خاک‌های منطقه مورد مطالعه به روش تاکسونومی (2010) طبقه بندی گردید و در دو رده انسپتی سول ها[1] و ورتی سولها[2] و و چهار زیر گروه تیپیک هاپلو استرتس[3]، تیپیک کلسی کلسی استرتس[4]، تیپیک هاپلو استپس[5] و تیپیک کلسی کلسی استپس[6] و 15 فامیل قرار گرفتند (جدول 1 و شکل 1). خصوصیات مورد ارزیابی در این تحقیق خصوصیات اقلیم، توپوگرافی، زهکشی، سیل گیری، ترکیب بافت- سنگریزه-عمق و خصوصیات گچ، آهک، شوری و/یا قلیائیت استفاده گردید.

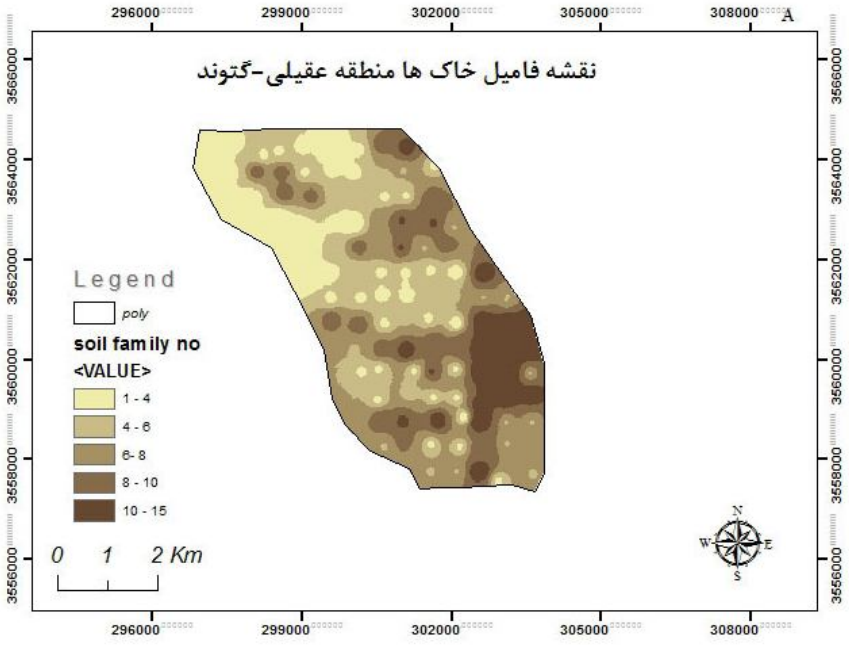
1. Inseptisols
2. Vertisols
3. Typic Haplusterts
4. Typic Calciusterts
5. Typic Haplustepts
6. Typic Calciustepts

www.SID.ir

Archive of SID

جدول 1- رده بندی خاک‌های منطقه بر اساس رده بندی جامع آمریکایی تا حد فامیلی

رده	تحت رده	گروه بزرگ	شماره فامیلی خاک	تحت گروه	فامیلی خاک
Inseptisols	Ustepts	Calciustepts	1	Typic Calciustepts	Fine-loamy, carbonatic, hyperthermic
Inseptisols	Ustepts	Calciustepts	2	Typic Calciustepts	Fine-loamy, carbonatic, hyperthermic
Inseptisols	Ustepts	Haplustepts	4	Typic Haplustepts	Fine-loamy, carbonatic, hyperthermic
Inseptisols	Ustepts	Haplustepts	5	Typic Haplustepts	Fine –loamy, mixed , super-active ,hyperthermic
Inseptisols	Ustepts	Haplustepts	6	Typic Haplustepts	Fine –loamy, carbonatic , hyperthermic
Inseptisols	Ustepts	Haplustepts	7	Typic Haplustepts	Coarse –loamy, carbonatic , hyperthermic
Inseptisols	Ustepts	Haplustepts	8	Typic Haplustepts	Fine, carbonatic, hyperthermic
Inseptisols	Ustepts	Haplustepts	9	Typic Haplustepts	Fine –loamy, mixed, semi-active hyperthermic
Vertisols	Usterts	Calciusterts	3	Typic Calciusterts	Fine, carbonatic, hyperthermic
Vertisols	Usterts	Haplusterts	10	Typic Haplusterts	Fine, carbonatic ,Hyperthermic
Vertisols	Usterts	Haplusterts	11	Typic Haplusterts	Fine, mixed, active , hyperthermic
Vertisols	Usterts	Haplusterts	12	Typic Haplusterts	Fine -loamy mixed, active, hyperthermic
Vertisols	Usterts	Haplusterts	13	Typic Haplusterts	Fine- loamy, carbonatic, hyperthermic
Vertisols	Usterts	Haplusterts	14	Typic Haplusterts	Fine, carbonatic, hyperthermic
Vertisols	Usterts	Haplusterts	15	Typic Haplusterts	Fine- loamy carbonatic, hyperthermic



شکل 1- نقشه فامیل خاک‌های دشت عقیلی-گتوند در استان خوزستان

www.SID.ir

Archive of SID

برای ارزیابی تناسب اراضی از تکنیک‌های جدید ارزیابی اراضی مانند فرآیند تحلیل سلسله مراتبی فازی و فازی شبیه‌سازی شده استفاده گردید. روش فرآیند تحلیل سلسله مراتبی یکی از جامع‌ترین روش‌های طراحی شده برای فرایندهای تصمیم‌گیری چند معیاره (مثل ارزیابی اراضی) است (قدسی پور، 1385). در این روش معیارهای به کار رفته در ارزیابی از نظر درجه اهمیت نسبی به صورت زوجی با هم مقایسه می‌شوند و ماتریس مقایسه زوجی[1] تشکیل می‌گردد. اهمیت نسبی معیارها توسط کارشناسان و متخصصان مشخص می‌گردد. این قضاوت‌ها در مورد اهمیت نسبی توسط ساعتی[2] (1990) به صورت مقادیر عددی بین 1 تا 9 در جه‌بندی شده است.

این روش شامل سه مرحله می‌باشد که عبارتند از: ساختن سلسله مراتبی، محاسبه اوزان و بررسی وضعیت سازگاری است. ساختار سلسله مراتب معمولاً از سه سطح اصلی تشکیل شده است. در سطح اول هدف قرار دارد (تعیین تناسب اراضی)، سطح دوم معیارهای مورد استفاده در ارزیابی است (خصوصیات اراضی) و سطح سوم گزینه‌ها (نقاط مورد مطالعه) می‌باشند. در صورت سازگار بودن ماتریس، از روش‌های تقریبی و در صورت سازگار نبودن ماتریس، از روش‌هایی از جمله روش حداقل مربعات[3] روش حداقل مربعات لگاریتمی و روش بردار ویژه[4] برای وزن دهی معیارها استفاده می‌شود. می‌شود. در این تحقیق برای محاسبه وزن‌ها از نرم افزار اکسپرت چویس[5] ورژن 11 استفاده گردید.

روش شبیه سازی

بدین منظور برای ارزیابی هر کدام از خصوصیات اراضی(خاک، اقلیم و زمین نما) به صورت تصادفی، مقادیر بین صفر و یک تولید و به عنوان وزن هر کدام از خصوصیات مزبور در نظر گرفته می‌شود. این عمل را می‌توان t بار انجام داد. بدین ترتیب ماتریسی از اوزان شبیه سازی شده حاصل می‌گردد که اصطلاحاً ماتریس اوزان مرجع (M_t) نامیده می‌شود. برای تعیین وزن‌های نهایی(بهترین اوزان) ماتریس اوزان مرجع در ماتریس خصوصیات ضرب (ترکیب) می‌گردد. ماتریس به دست آمده ماتریس تناسب مرجع (St) نام دارد.

$$S_t = M_t o R \qquad (1)$$

سپس ماتریس تناسب مرجع(S_t) با ماتریس تناسب معیار(P) مقایسه می‌شود. هر چه ماتریس تناسب مرجع به ماتریس تناسب معیار نزدیک‌تر باشد، بیانگر مناسب‌تر بودن وزن‌های(M_t) انتخاب شده می‌باشد. برای نشان دادن این نزدیکی می‌توان بر اساس رابطه بین هر دو ماتریس مذکور، یک مجموعه فازی(G) بر اساس مجموعه همه ماتریس‌های اوزان مرجع(M_t) و با در نظر گرفتن تابع عضویت(V_G) ایجاد نمود (ون رانست[6] و همکاران، 1996).

$$V_G(M_t) = 1 - d(S_t, P) \qquad (2)$$

$$d = \sqrt{(\sum_{j=1}^{n}(St_j - Pj)^2)/n} \qquad (3)$$

d: فاصله نرمال شده بین ماتریس تناسب مرجع و ماتریس تناسب معیار است.

$V_G(M_t)$: درجه ایست که St به P نزدیک است. بنابراین هر چه فاصله بین St و P کمتر باشد مقدار $V_G(M_t)$ بیشتر است.

در نهایت مقادیر متوسط ماتریس‌های اوزان مرجع، مطابق با بیشترین مقادیر عضویت($V_G(M_t)$) برای همه پروفیل‌های مورد مطالعه، به عنوان اوزان برای خصوصیت‌ها در ماتریس اوزان قرار می‌گیرند:

$$Wa = \sum_{i=1}^{n}(M_i^a)/n \qquad (4)$$

در این رابطه:

Wa : مقدار میانگین وزن برای خصوصیت اراضی aام ،

n: تعداد پروفیل(واحد اراضی) و M_i^a: وزن بهینه برای خصوصیت اراضی a ام در پروفیل i ام است.

از آن جایی که هر کدام از خصوصیات مورد نظر دارای آثار متفاوتی بر محصول مورد مطالعه هستند، بنابراین تأثیرهای نسبی هر کدام از خصوصیات را می‌توان با توجه به میزان محصول مشاهده شده، به صورت معیار وزنی تعیین نمود. مقادیر وزن‌های هر کدام از خصوصیات، تشکیل ماتریس اوزان (W) را می‌دهد، که بیانگر اثر هر کدام از مشخصه‌های اراضی بر تولید محصول است. نتایج نهایی طبقه بندی تناسب اراضی (ماتریس ارزیابی)، با استفاده از منطق فازی شبیه‌سازی از حاصل ضرب ماتریس خصوصیات (R) در ماتریس وزن (W) از رابطه (5) حاصل گردید:

$$E = W \circ R \qquad (5)$$

---

1. Pairwise comparison matrix
2. Saaty
3. Least squares method
4. Eigenvector
5. Expert choice
6. Van Ranst

www.SID.ir

Archive of SID

به منظور محاسبه شاخص اراضی، مجموع عناصر ماتریس ارزیابی (E) باید مساوی یک قرار گیرد. و مقادیر جدید به ترتیب در میانگین شاخص‌های کلاس‌های مختلف اراضی (جدول 2) ضرب گردد. مجموع حاصل ضرب‌های شاخص اراضی وزنی را بدست می‌آورد.

$$LI = \sum[d(E_j) \times A_j] \quad (6)$$

در اینجا LI: شاخص اراضی، d: ماتریس مقادیر نرمال شده و A: میانگین حداقل و حداکثر کلاس‌های تناسب اراضی تعریف شده می‌باشد. در نهایت کلاس‌های تناسب اراضی از طریق شاخص‌های اراضی وزن‌دار شده با استفاده از همان محدوده شاخص‌های داده شده تعیین می‌گردد.

جدول 2- مقادیر عددی شاخص اراضی برای کلاس‌های مختلف تناسب اراضی

شاخص اراضی	کلاس‌های تناسب
75-100	S_1 (خیلی مناسب)
50-75	S_2 (نسبتاً مناسب)
25-50	S_3 (تناسب بحرانی)
0-25	N (نامناسب)

نتایج و بحث

ابتدا ماتریس مقایسه جفت به جفت برای خصوصیات مورد استفاده در ارزیابی بر اساس درجه‌بندی ساعتی با استفاده از نرم افزار اکسپرت چویس تشکیل گردید (جدول 3).

ارجحیت معیارها بر اساس اهمیت نسبی آن‌ها برای محصول گندم و بر اساس نتایج به دست آمده از طریق پرسشنامه‌های تکمیل شده و تجزیه و تحلیل آماری و با استفاده از نرم افزار اکسپرت چویس تعیین گردید.

پس از تشکیل ماتریس مقایسه جفت به جفت با تقسیم عناصر هر ستون به جمع آن ستون ماتریس استاندارد شده به دست آمد. میانگین حسابی عناصر هر ردیف به عنوان وزن معیار متناظر با آن ردیف محاسبه گردید(ماتریس W) (جدول 3). و جدول (4) وزن های محاسبه شده به روش فرآیند تحلیل سلسله مراتبی را نشان می‌دهد.

جدول 3- جدول مقایسه اهمیت نسبی خصوصیات اراضی با توجه به هدف

	EC	اقلیم	ESP	بافت	زهکشی	آهک	گچ	شیب
EC		1/17	1/17	1/4	1/4	1/75	1/75	**1/75**
اقلیم			1/0	1/2	1/2	1/5	1/5	**1/5**
ESP				1/2	1/2	1/5	1/5	**1/5**
بافت					1/0	1/25	1/25	**1/25**
زهکشی						1/25	1/25	**1/25**
آهک							1/0	**1/0**
گچ								**1/0**
شیب	ناسازگاری =0/0							

www.SID.ir

Archive of SID

جدول 4- اوزان خصوصیات اراضی نرمال شده

خصوصیات اراضی	وزن‌های محاسبه شده
EC	1/000
اقلیم	0/856
ESP	0/856
بافت	0/714
زهکشی	0/714
آهک	0/571
گچ	0/571
شیب	0/571

عدم سازگاری= 0

با توجه به اینکه تشکیل ماتریس مقایسه زوجی بستگی به نظرات کارشناسی دارد و عدم سازگاری بین ارجحیت‌ها منجر به نتایج غیر معقول می‌گردد. ساعتی و وارگاس (1991) بر اساس معلومات و نظرات کارشناسی حد نرخ ناسازگاری را 0/1 قرار دادند. بنابراین وزن‌های به دست آمده در صورتی قابل قبول می‌باشند که نرخ ناسازگاری سیستم کمتر از 0/1 باشد. با توجه به اینکه نرخ ناسازگاری در این سیستم کمتر از 0/1 است (جدول 4)، بنابراین سازگاری قابل قبول است. نرخ سازگاری با استفاده از شاخص (CI) از رابطه (7) بشرح زیر تعریف میشود (ساعتی، 2000).

$$CI = \lambda \max - N / N-1 \qquad (7)$$

که در آن λ max حداکثر مقدار ویژه و N، تعداد ماتریس مقایسه زوجی است. ساعتی (1980) میانگین شاخص سازگاری تصادفی (RI) را برای ماتریس زوج-های مختلف تعریف نمود (جدول 5). نرخ سازگاری (CR) با استفاده از نسبت شاخص سازگاری (CI) به شاخص سازگاری تصادفی (RI) بدست آورد. اگر نرخ سازگاری (CR) بزرگتر از 0/1 باشد ماتریس مقایسه ناسازگار است و باید ماتریس مورد بازبینی مجدد قرار گیرد. با توجه به اینکه نرخ ناسازگاری در این تحقیق کمتر از 0/1 است بنابراین سازگاری قابل قبول است.

اوزان به دست آمده در ماتریسی به نام ماتریس اوزان (W) قرار داده شد. این ماتریس در ماتریس خصوصیات (R) که به روش فازی ایجاد شده بود ضرب گردید. و 110 ماتریس نهایی ارزیابی (E) بدست آمد. در نهایت شاخص‌های تناسب اراضی به روش فرآیند تحلیل سلسله مراتبی فازی محاسبه گردید.

برای بررسی کار آیی روش فرآیند تحلیل سلسله مراتبی فازی رابطه رگرسیونی بین شاخص تناسب بدست آمده از این روش و مقدار محصول گندم توسط زارع بررسی گردید و نتیجه آن در شکل (2) ارائه گردید. ضریب تشخیص (R^2) منحنی درجه 1 برابر 0/27 می‌باشد، که نشان‌دهنده رابطه نسبتاً ضعیفی بین شاخص اراضی و عملکرد زارع است. دلیل پایین بودن ضریب تبیین مربوط به نحوه محاسبه وزن ها به این روش است که بر اساس قضاوت های مختلف کارشناسان در خصوص تأثیر خصوصیات اراضی بر عملکرد محصول گندم بود. آنالیز منحنی رگرسیون تخمین بین شاخص اراضی به منطق فازی شبیه سازی با عملکرد مشاهده شده زارع با منحنی‌های درجه 1، 2 و 3 انجام شد. نتایج نشان داد که تنها منحنی درجه یک در سطح 5% معنی دار بود و سایر منحنی‌ها معنی‌دار نبودند. و ضریب تشخیص (R^2) آن برابر 0/82 می‌باشد (شکل 3)، که نشان‌دهنده رابطه بسیار قوی بین شاخص اراضی و عملکرد زارع یا عملکرد مشاهده شده است.

نتایج ارزیابی تناسب اراضی به روش AHP نشان داد که 16 درصد اراضی در کلاس S2 و 84 درصد اراضی در کلاس S1 قرار گرفت در حالی تناسب اراضی به روش فازی شبیه سازی نشان داد که 61/5 درصد اراضی در کلاس تناسب S1 ، 28/2 درصد در کلاس S2، 5/5 درصد در کلاس S3 و 1/8 درصد در کلاس N قرار دارند (شکل 4). این نتایج بیانگر این است که درصد بالایی از اراضی منطقه برای کشت گندم مناسب می‌باشند با توجه به همبستگی بهتر شاخص اراضی به روش فازی شبیه سازی با عملکرد محصول گندم نسبت روش روش فازی AHP می‌تواند نتیجه گرفت که کلاس‌های تناسب اراضی به روش فاری شبیه سازی از دقت بالاتری برخوردار است. برتری نتایج روش‌های فازی نسبت به روش‌های کلاسیک توسط بسیاری از محققین (وان رانست و همکاران، 1996، پراکش، 2003، سانچز، 2007، جوس و همکاران، 2008، محمدی و گیوی، 1380، سهرابی،

www.SID.ir

Archive of SID

1382، امیریان، 1390 و کشاورزی، 2010) نیز ثابت شده است. که شرایط موجود اراضی از نظر تناسب اراضی و عملکرد محصول گندم در منطقه نیز دلالت بر صحت نتایج بهتر روش فازی شبیه سازی است. در ضمن پراکنش کلاس‌های تناسب اراضی به هر دو روش در شکل (5) نشان داده شد.

کشاورزی و همکاران (2010) از تئوری فازی برای ارزیابی تناسب اراضی با استفاده از فرآیند آنالیز سلسله مراتبی نتیجه گرفت که کاربرد تکنیک فازی برای ارزیابی تناسب اراضی و طبقه‌بندی تغییرات پیوسته از اهمیت زیادی برخوردار است. سانچز مورنو[1] (2007) و موکرم[2] و همکاران (2010) در تحقیقی نتیجه گرفتند که مدل‌های فرایند تحلیل سلسله مراتبی (AHP) و فرایند تحلیل سلسله مراتبی فازی (FUZZY-AHP) در تناسب اراضی بهترین روش ها محسوب می‌گردند. در تحقیقی سیدجلالی و همکاران (1392) نتیجه گرفتند که روش فرآیند تحلیل سلسله مراتبی نسبت به روش کلاسیک پارامتری از دقت بهتری برخوردار است. در تحقیق حاضر نشان داده شد که روش فرآیند تحلیل سلسله مراتبی برای تعیین تناسب اراضی نسبت به روش فازی شبیه‌سازی از دقت کمتری برخوردار است که مغایر با نظر مرکوم و همکاران (2010) می‌باشد.

با توجه به نتایج نقشه‌های حاصل و نمودار درصد کلاس‌های تناسب اراضی روش فازی شبیه‌سازی نسبت به سایر روش‌ها نتایج واقعی‌تری نسبت به روش فرآیند تحلیل سلسله مراتبی فازی نشان داد.

بر اساس نتایج حاصل در بالا و ضریب تشخیص (R^2) برای شاخص اراضی به فرآیند تحلیل سلسله مراتبی فازی و منطق فازی شبیه‌سازی به ترتیب برابر 0/27 و 0/82می-باشد که نشان می‌دهد مدل می‌تواند عملکرد زارع یا عملکرد مشاهده شده را به ترتیب ذکر شده تا 27 درصد برای فرآیند تحلیل سلسله مراتبی فازی و 82 درصد برای منطق فازی شبیه‌سازی پیش‌بینی کند. در ضمن مقدار استاندارد خطای تخمین (SE^3) نیز به ترتیب برای روش‌های ذکر شده 1263 و 252 کیلوگرم در هکتار است بنابراین مدل ارائه شده به روش منطق فازی شبیه‌سازی نسبت به روش فرآیند تحلیل سلسله مراتبی فازی عملکرد گندم توسط زارع را با دقت بالایی پیش‌بینی می‌کند. با توجه به نتایج ذکر شده نیز می‌توان نتیجه گرفت که منطق فازی شبیه‌سازی نسبت به روش فرآیند تحلیل سلسله مراتبی فازی بهتر بوده و استفاده از این روش برای پیش‌بینی محصول و تعیین تناسب اراضی توصیه می‌گردد.

نتیجه گیری

استفاده از روش منطق فازی شبیه‌سازی در این تحقیق با توجه به اینکه وزن دهی آن بر اساس تأثیر خصوصیات اراضی بر عملکرد محصول محاسبه می‌شود نتایج واقعی تر نسبت به روش فرآیند تحلیل سلسله مراتب فازی دارد که وزن دهی آن بر اساس قضاوت شخصی کارشناسان است. بنابر این استفاده از روش‌های فازی با توجه به نتایج بهتر می‌تواند جایگزینی برای روش‌های کلاسیک قرار گیرد.

---

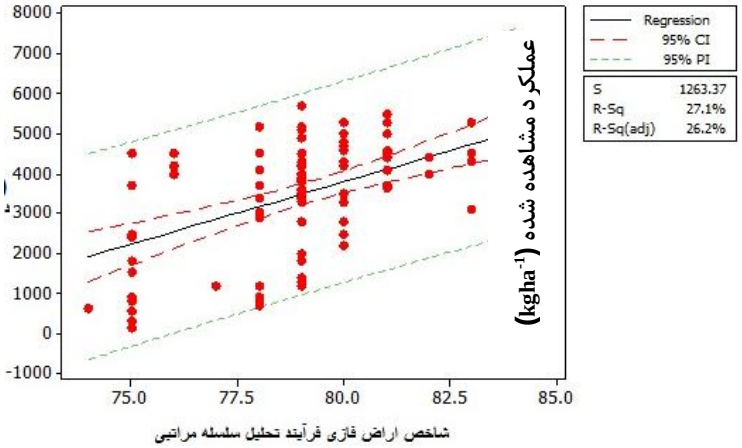
1. Sanchez Moreno
2. Mokarram
3. Standard Error of fit

www.SID.ir

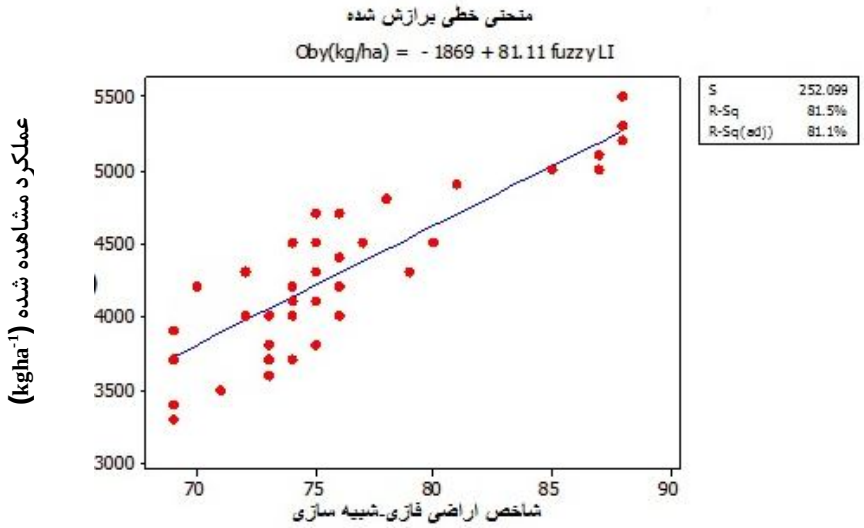
Archive of SID

جدول 5- شاخص سازگاری تصادفی (RI) (ساعتی، 1980 ، 2000)

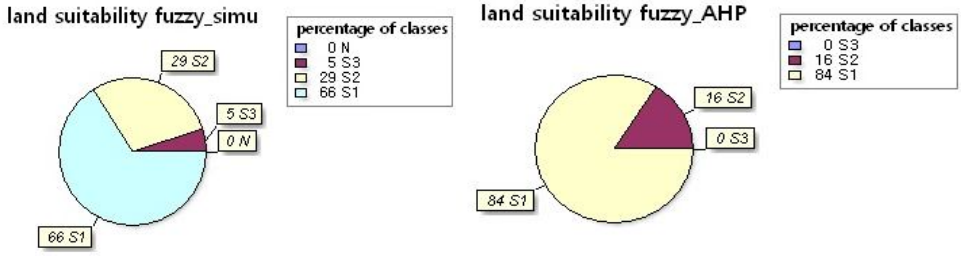
N	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
RI	0	0	0/58	0/90	1/12	1/24	1/32	1/41	1/45	1/49	1/51	1/53	1/56	1/57	1/59



شکل 2- رابطه رگرسیونی بین عملکرد گندم آبی و شاخص اراضی به روش فازی AHP



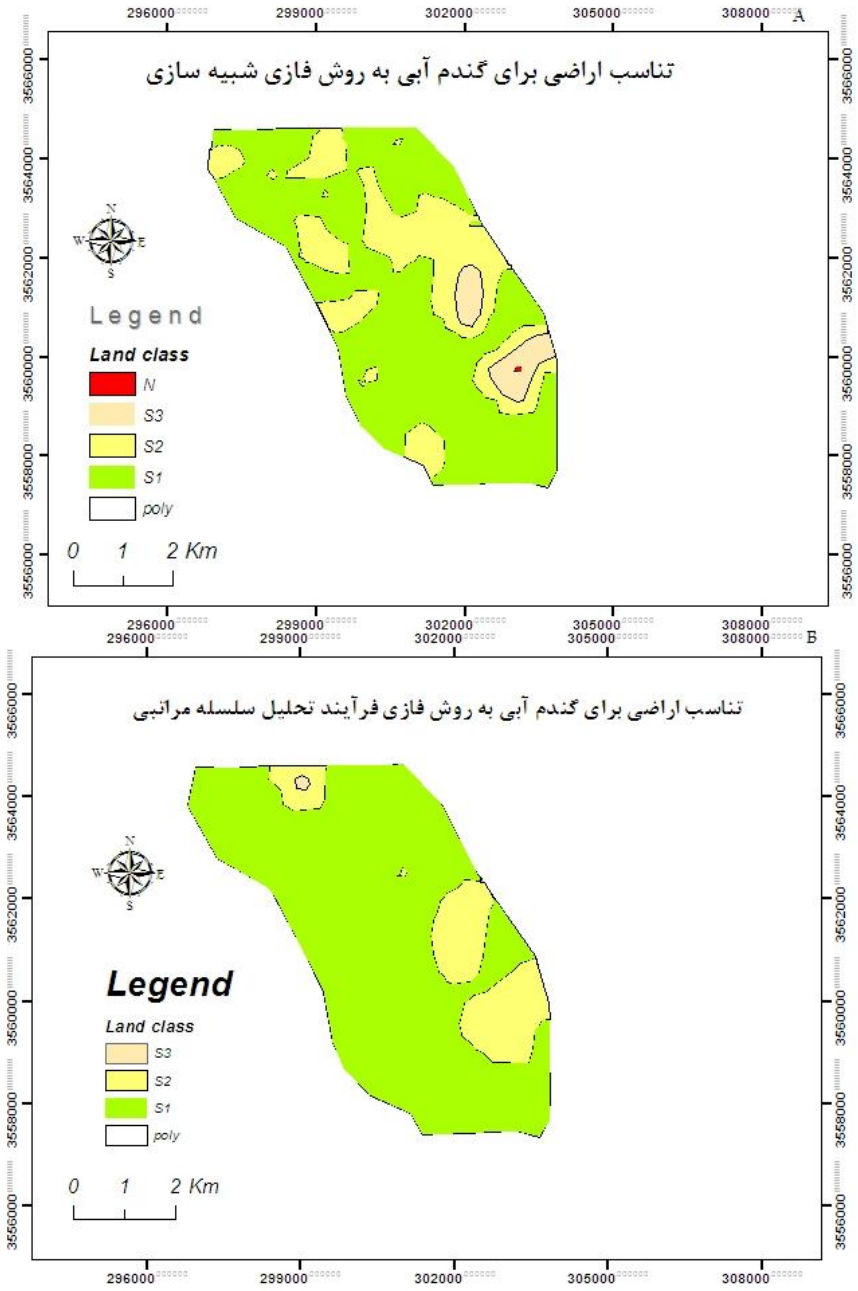
شکل 3- رابطه رگرسیونی بین عملکرد گندم آبی و شاخص اراضی به روش فازی شبیه سازی



شکل 4- نمودار دایره‌ای کلاس‌های تناسب اراضی بر اساس نقشه‌های تناسب اراضی

www.SID.ir

Archive of SID



شکل 5 - نقشه تناسب اراضی بر اساس A- شاخص‌های فازی - شبیه سازی و B- شاخص‌های فازی- AHP

فهرست منابع:

1. امیریان، ع. 1990. مدل سازی مکانی تناسب اراضی با استفاده از تئوری مجموعه‌های فازی و تکنیک‌های زمین آماری. رساله دکتری. پردیس کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه تهران. 283 ص.
2. سهرابی، اکبر. 1382. طبقه‌بندی کیفی و کمی تناسب اراضی برای چغندرقند بر پایه نقشه‌برداری تفصیلی خاک در دشت سیلاخور لرستان. پایان نامه دکتری، دانشگاه تربیت مدرس.

www.SID.ir

Archive of SID

3. سیدجلالی، س.ع.، سرمدیان، ف.، شرفا و محمد اسماعیل، ز. 1392. ارزیابی تناسب اراضی برای گندم آبی با استفاده از فرآیند تحلیل سلسله مراتبی فازی. سیزدهمین کنگره علوم خاک. دانشگاه شهید چمران. اهواز.
4. قدسی پور ح.، 1385. فرآیند تحلیل سلسله مراتبی (AHP)، دانشگاه امیرکبیر، 220 صفحه.
5. محمدی، ج و ج. گیوی. 1380. ارزیابی تناسب اراضی برای گندم آبی در منطقه فلاورجان (اصفهان) با استفاده از نظریه مجموعه‌های فازی. علوم و فنون کشاورزی، جلد پنجم، شماره اول. صفحه 116-103.
6. Joss, B.N., J. Hall, D.M. Sidders and T.J. Kedy. 2008. Fuzzy-logic modeling of land suitability for hybrid poplar across the prairie province of Canada. Environ Monit Assess. 141: 79-96.
7. Keshavarzi, A; F. Sarmadian,; A. Heidari, and M. Omid. 2010. Land Suitability Evaluation Using Fuzzy Continuous Classification (A Case Study: Ziaran Region). Modern Applied Science, 4(7). 72-81.
8. Khiddir, S. M. 1986. A statistical approach in the use of parametric systems applied to the FAO framwork for land evaluation. Ph. D. Thesis, State university of Ghent, Belgium.
9. Mokarram M, Rangzan K, Moezzi A, Baninemehc J (2010). Land suitability evaluation for wheat cultivation by fuzzy theory approach as compared with parametric method. The international archives of the photogrametry. Rem Aen Spa Inf Sci. 38: 1440-145.
10. Prakash, T.N. 2003. Land suitability analysis for agricultural crops: a fuzzy multicriteria decision making approach. MSc Thesis, ITC, the Netherland.
11. Saaty, T.L. 1990. An Exposition of the AHP in Reply to the Paper 'Remarks on the Analytic Hierarchy Process',
12. Saaty, T.L. and Vargas, L.G. 1991. *Prediction, Projection and Forecasting*, Boston: Kluwer Academic. Management Science, 36: 259-268.
13. Sanchez Moreno, JF ,(2007). Applicability of knowledge based and Fuzzy theory-oriented approach to land suitability for upland rice and rubber, as compared to the farmers' perception. International Institute for GeoInformation Science and Earth Observation, Enschede, the Netherlands. 133 pp.
14. Sivanandam, S. N. Deepa, S. N. 2007. Sumathi, S. Introduction to Fuzzy Logic using MATLAB.Springer-Verlag: NewYork. Soil Sci. Soc. Am. Journal. 65: 1547–1558.
15. Sys, C; E. Van Ranst. & J. Debaveye. 1991. Land evaluation part I, Principle in land evaluation and crop production calculation. General Administration for Development Cooperation, Brussels.274 pp.
16. VanRanst, E., H. Tang, R. Groenamans, and S. Sinthurahat. 1996. Application of fuzzy logic to land suitability for rubber production in peninsular Thailand. Geoderma, 70: 1-19.
17. Zadeh, L.A. 1965. Fuzzy sets. Information and Control. **8**: 338–353.

www.SID.ir