

مدل سازی توان اکولوژیک کاربری کشاورزی با استفاده از روش Fuzzy AHP چانگ و توابع

فازی (مطالعه موردی: حوزه آبخیز گله رود بروجرد)

پریسا کووشکی^۱، حمیدرضا پورخباز^{۲*}، شهرام یوسفی خانقاه^۳، سعیده جوانمردی^۴

۱- کارشناس ارشد ارزیابی و آمایش سرزمین دانشکده منابع طبیعی دانشگاه صنعتی خاتم الانبیاء بهبهان، بهبهان، ایران

۲- استادیار، گروه محیط زیست، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه صنعتی خاتم الانبیاء بهبهان، بهبهان، ایران

۳- استادیار، گروه مرتع و آبخیزداری، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه صنعتی خاتم الانبیاء بهبهان، بهبهان، ایران

۴- عضو هیات علمی گروه محیط زیست، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه صنعتی خاتم الانبیاء بهبهان

ایمیل نویسنده مسئول: Pourkhabbaz@bkatu.ac.ir

تاریخ دریافت: ۹۸/۰۷/۲۱ تاریخ پذیرش: ۹۸/۰۸/۱۳

چکیده

با توجه به کاهش شدید منابع و تخریب سرزمین و رشد روزافزون جمعیت، نیاز به برنامه ریزی دقیق جهت استفاده از منابع و سرزمین می باشد. مدل سازی توان اکولوژیک کاربری ها به منظور استفاده درخور از منابع شرایط مناسبی جهت حفظ این منابع برای نسل های آینده فراهم می آورد. این تحقیق کاربرد روش FUZZY AHP و توابع عضویت فازی را در ارزیابی اراضی کشاورزی بیان می کند. براساس مدل اکولوژیک حرفی ایران، داده های خصوصیات خاک، شکل زمین و بیوهیدروکلیماتولوژی به عنوان معیارهای اصلی انتخاب شدند. سپس در قالب یک مدل، به کمک تصمیم گیری چندمعیاره (MCDM) و به کمک روش FUZZY AHP چانگ فرایند وزن دهی به زیرلایه ها انجام گردید. سپس جهت تلفیق لایه ها، از روش وزن دهی ساده (SAW) در محیط ArcGIS استفاده گردید و ارزیابی شکل گرفت. نتایج تحقیق نشان داد که در منطقه مطالعاتی شش طبقه ی کاربری کشاورزی وجود دارد و اراضی بخش های شمالی شهر دارای توان بسیار زیاد می باشند. در نهایت نقشه نهایی مشخص کرد که مجموع مساحت پلی گون های مناطق با توان بسیار زیاد تا متوسط کشاورزی ۳۴۷ کیلومتر مربع است. بنابراین روش FUZZY AHP، با ترکیب روش های مختلف، می تواند کمک زیادی به ارزیابان در تصمیم گیری گروهی نماید.

کلمات کلیدی:

تصمیم گیری چندمعیاره، روش وزن دهی ساده، کاربری کشاورزی، FUZZY AHP چانگ

Modeling ecological potential Agricultural land uses With method Fuzzy AHP Chang and Subsidiary Membership (Case study: Geleh Road watershed of Borujerd)

Parisa Kooshki¹, Hamid Reza Pourkhabbaz^{2*}, Shahram Yousefi Khanghah³, Saeideh Javanmardi⁴

Email Adress : pourkhabbaz@ bkatu.ac.ir

Abstract

Due to the Severe Decrease in resources and land degradation and Increasing population growth, need to Exact planning is the use of resources and land. Modeling the ecological potential of land uses for proportionate utilization of resources provides proper conditions to preserve these resources for future generations. This study illustrates the application of the FUZZY AHP method and fuzzy membership functions in agricultural land evaluation. Based on Iranian literal Ecological Model, soil characteristic data, soil shape and biohydroclimatology were selected as the main criteria. Then, in the form of a model, MCDM and FUZZY AHP Chang method was applied to the substrate weighting process. Then, simple weighting method (SAW) was used to integrate the layers in ArcGIS environment and evaluation was performed. The results showed that there are six classes of agricultural land in the study area and the northern part of the city has high power. Finally, the final map indicated that the total area of the polygons of areas with high to medium agricultural potential is 347 square kilometers. So the FUZZY AHP method, by combining different approaches, can greatly assist evaluators in group decision making.

Keywords

(MCDM), Simple Weighting Method, Agricultural Usage, FUZZY AHP Chang

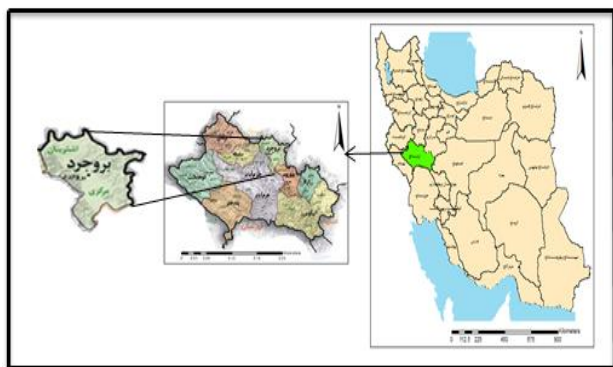
۱- مقدمه

مدل‌های تصمیم‌گیری چندمعیاره نیز برای گرفتن نتایج بهتر استفاده کردند. Cotter و همکاران (۲۰۱۳) به منظور ارائه مدلی مناسب برای ارزیابی توان اکولوژیک از سیستم اطلاعات جغرافیایی و روش‌های تصمیم‌گیری چند معیاره در رویکردی تلفیقی استفاده نمودند. Yeh و Huang (۲۰۱۴) با استفاده از روش Fuzzy DEMATEL و ANP به تعیین عوامل موثر در مکانیابی مزرعه بادی پرداختند. کاربرد این روش‌ها عوامل موثر در مکان‌یابی مزرعه بادی و کارایی این روش‌ها را تایید نمود. Feng و همکاران (۲۰۱۴)، در ارزیابی مناسب بودن احیای سواحل چین از روش FUZZY AHP استفاده کردند. که در این پژوهش روش FUZZY به منظور حل مشکلاتی که در ارزیابی چندمعیاری و طراحی پیچیده وجود دارد استفاده گردید. حوزه آبخیز گله‌رود بروجرد از لحاظ کاربری کشاورزی ارزیابی و مدل‌سازی شده است. با توجه به این که پیش از این، انجام کشاورزی در این حوزه به صورت تجربی توسط کشاورزان انجام گردیده، لذا ارائه طرح آمایش سرزمین که برای اولین بار در حوزه مورد نظر انجام می‌شود، به منظور پهنه‌بندی و پیاده‌سازی کاربری کشاورزی با توجه به توسعه پایدار و استعداد واقعی منطقه، ضروری به نظر می‌رسد. بدین منظور در پژوهش حاضر توان اکولوژیک حوزه گله‌رود بروجرد جهت کاربری کشاورزی با استفاده از روش FAHP مدل‌سازی شده است.

۲- روش انجام تحقیق

● محدوده مورد مطالعه

حوزه گله‌رود در شهرستان بروجرد واقع در شمال استان لرستان و مختصات جغرافیایی ۴۸ درجه و ۲۷ دقیقه تا ۴۹ درجه و ۲۷ دقیقه طول شرقی و عرض شمالی ۳۳ درجه و ۳۶ دقیقه تا ۳۴ درجه و ۶ دقیقه قرار دارد. ارتفاع متوسط منطقه ۱۵۷۰ متر است. اقلیم منطقه براساس طبقه‌بندی دوماستن با ضریب ۱۸/۶ نیمه‌خشک و براساس طبقه‌بندی آمبرژه با ضریب ۴۱/۲ نیمه‌مرطوب سرد می‌باشد. موقعیت منطقه مورد مطالعه در شکل (۱) نشان داده شده است.



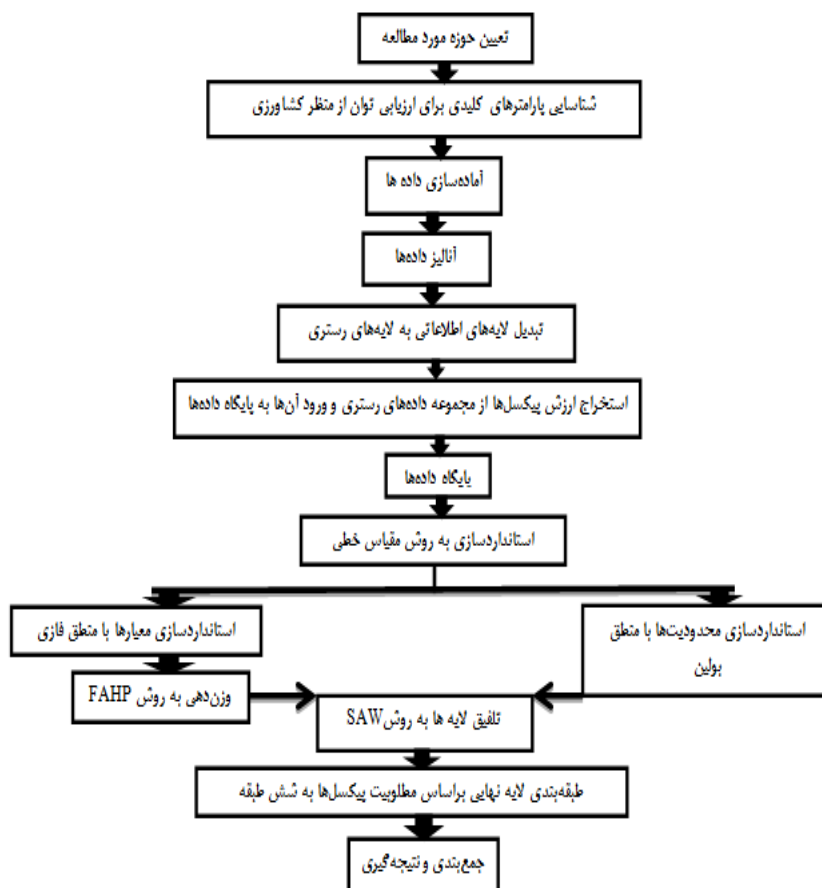
شکل ۱- محدوده منطقه مطالعاتی

امروزه رشد جمعیت، فعالیت‌های انسان در طبیعت، کاربری‌های نامناسب اراضی و بهره برداری بی‌رویه و غیراصولی از منابع آب، خاک و پوشش گیاهی، منجر به تخریب بخش زیادی از اراضی کشور و پیشرفت بیابان گردیده است (کرمیان، ۱۳۸۵). ارزیابی توان یک روش موثر به منظور استفاده صحیح از سرزمین می‌باشد زیرا در این روش با شناسایی و ارزیابی پارامترهای اکولوژیکی منطقه، می‌توان به توسعه‌ای همگام با طبیعت دست یافت (امیری، ۱۳۸۸). بنابراین تعیین کاربری بهینه سرزمین، همیشه یکی از وظایف اصلی برنامه ریزی می‌باشد (قراگزلو، ۱۳۸۴). در مورد اهمیت کاربری کشاورزی، این بخش به عنوان کارکرد اصلی روستا، نقش مهمی در فقرزدایی دارد (Gerdien & pim, ۲۰۰۷). لذا بی‌توجهی روزافزون به بخش کشاورزی از یک طرف و رشد جمعیت از طرف دیگر، منجر به بدتر شدن زندگی روستاییان شده است (Whelan, ۲۰۰۳). کاربری کشاورزی به منزله فعالیتی که به طور تنگاتنگ با محیط سروکار دارد، برای داشتن کارایی بالاتر و تناسب بیشتر با محیط زیست، نیازمند شناسایی علمی روزافزون توان محیطی است (محمدی و گیوی، ۱۳۸۰). در چند سال گذشته روش‌های تصمیم‌گیری چند معیاره به عنوان یک روش بسیار قوی در برنامه ریزی و ارزیابی توان سرزمین مورد استفاده قرار گرفته است (عسگری و همکاران، ۱۳۸۱) و (Malczewski, ۲۰۰۴). در این ارتباط سامانه اطلاعات جغرافیایی ابزاری مناسب است که می‌تواند کمک شایانی در امر تصمیم‌گیری و برنامه‌ریزی کند. به منظور اجرای یکپارچه نقشه‌سازی و تصمیم‌گیری در سامانه اطلاعات جغرافیایی نیازمند مدل‌سازی جهت ارزیابی داده‌ها برای توان‌یابی و برنامه‌ریزی ارزیابی توان اکولوژیک است (مخدوم و همکاران، ۱۳۸۶). از طرفی یک نکته مهم که در برنامه‌ریزی کلان باید مورد توجه قرار گیرد، اهمیت کشاورزی است، زیرا زمانی که قرار است توسعه‌ای انجام گیرد و مستمر باشد، باید به طور اخص از بخش کشاورزی آغاز شود (آسایش و همکاران، ۱۳۸۲). طی مدل‌سازی توان اکولوژیک برای کاربری‌های مختلف، از جمله کاربری کشاورزی در موارد زیادی از مدل‌های تصمیم‌گیری و تلفیقی از آن‌ها به وفور استفاده می‌شود (پورخجاز و همکاران، ۱۳۹۲). در سطح کشور مطالعات آمایشی زیادی انجام گرفته است از جمله این مطالعات، مینایی (۱۳۸۸)، با استفاده از پارامترهای اکولوژیکی و منطق فازی در فریدون شهر، مدل آمایشی کشاورزی را اجرا نمود. وندیان و ابراهیمی (۱۳۹۱) با هدف ارائه مدل پیشنهادی برای مکان‌گزینی اماکن ورزشی، تلفیق GIS و روش‌های تصمیم‌گیری چند معیاره را به کار گرفتند. نتایج تایید کننده کارایی زیاد مدل تصمیم‌گیری چند معیاره با GIS بوده است. قراگزلو و علیزاده (۱۳۹۱) در ارزیابی تناسب اراضی برای استقرار صنایع به روش فرآیند تحلیل سلسله مراتبی - منطق فازی در شهرستان ملارد، با اشاره به عدم قطعیت حاکم بر فضای برنامه ریزی توسعه فضایی و دخیل بودن معیارهای متعدد در آن، روش AHP گروهی در تعیین ضریب اهمیت معیارها، که موجب کاهش خطای انسانی در قضاوت‌ها شده است را به کار گرفتند. پورخجاز و همکاران (۱۳۹۲) جهت تعیین تناسب اراضی برای کاربری کشاورزی در دشت قزوین ضمن استفاده از مدل اکولوژیک حرفی ایران از

● روش کار

همکاران، ۱۳۷۲). همچنین از مدل اکولوژیک حرفی، تجربیات و پژوهش‌های دیگران، داده‌های موجود منطقه، توابع عضویت فازی و مدل‌های تصمیم‌گیری چندمعیاره، FAHP، چانگ، SAW و نرم افزارهای Arc GIS 10، Idrisi Selva، Expert، Choice جهت انجام تحقیق، کمک گرفته شد. مطابق مدل حرفی ایران، برای کاربری کشاورزی شش طبقه توان در نظر گرفته شده که طبقه شش به عنوان طبقه نامناسب به حساب می‌آید، و آماده سازی نقشه پارامترها نیز بر این اساس انجام گرفت. روند اجرای تحقیق حاضر در شکل (۲) آورده شده است.

این تحقیق از نوع کاربردی و جمع آوری اطلاعات به دو شکل کتابخانه‌ای و میدانی انجام گرفته است به منظور ارزیابی و مدل‌سازی توان اکولوژیک کشاورزی، از پارامترهای اکولوژیک شامل خصوصیات خاک (بافت (Pte)، دانه‌بندی (Pg)، فرسایش (Es)، عمق (Pd)، سنگریزه (Ps₂)، حاصلخیزی (Pr)، گروه هیدرولوژیک (Phg)، تحول‌یافتگی (Ps₁)، زهکشی (Pdr)، شوری (Ec)، اسیدیته (pH)، بارندگی (Cp)، دما (Ct)، دبی (wc)، اقلیم (Cl)، ژئولوژی (Li)، رطوبت (Ch) و شیب (So) استفاده گردید (مخدوم و



شکل (۲) روند اجرا جهت اجرای مدل‌سازی توان اکولوژیک کشاورزی

اجرا به لایه‌های اطلاعاتی به شکل پلی‌گون نیاز دارد، بنابراین لایه‌های بارندگی، دما، باد و رطوبت نسبی با عمل درون‌یابی به پلی‌گون تبدیل شده و در محیط GIS طبقه‌بندی مجدد گردیده است. تمامی لایه‌ها طبق لایه مرز منطقه مورد مطالعه با استفاده از تابع برش (Clip) مرزبندی گردید، تا که قابلیت ادغام توسط قواعد تصمیم‌گیری را داشته باشند.

● آماده‌سازی نقشه‌ها

ابتدا پارامترهای اکولوژیک لازم برای ارزیابی توان اکولوژیک کاربری کشاورزی، مطالعه و شناسایی و سپس آماده‌سازی معیارها با عملیات ژئورفرنس، تصحیح و ویرایش، رقوم‌سازی، تعریف سیستم مختصات (UTM-۳۹N) و با کمک توابع ادغام (Merge) و برش (Clip) انجام گرفت به دلیل این که مدل اکولوژیک ایران برای

تعریف	مقیاس فازی مثلثی	اعداد قطعی
اهمیت مطلق	(۷،۹،۹)	۰/۹۳۷۵
اهمیت خیلی قوی	(۵،۷،۹)	۰/۷۵
اهمیت قوی	(۳،۵،۷)	۰/۵
اهمیت ضعیف	(۱،۳،۵)	۰/۲۵
اهمیت یکسان	(۱،۱،۳)	۰/۰۶۲۵
دقیقا مساوی	(۱،۱،۱)	۱

● استانداردسازی محدودیت‌ها با استفاده از منطق بولین

جدول (۱) ارزیابی مقیاس فازی

در ارزیابی چندعامله با استفاده از روش تجزیه و تحلیل سیستمی استفاده گردید. اساس این روش، بر پایه‌ی منطق بولین استوار است (مخدوم و همکاران، ۱۳۸۰). استانداردسازی لایه‌های محدودیت که شامل جاده اصلی با بافری به شعاع ۱۰۰ متر (راهنمای کاربری اراضی، ۱۳۸۷)، مراتع خوب و محدوده شهر، با استفاده از منطق بولین به صورت ۰ و ۱ اجرا گردید. جهت اجرای منطق بولین برای هر لایه محدودیت، به بخش‌های مربوطه ارزش ۰ و سایر بخش‌ها ارزش ۱ داده شد.

● فرایند تحلیل سلسله مراتبی فازی چانگ (FAHP)

(CHANG)

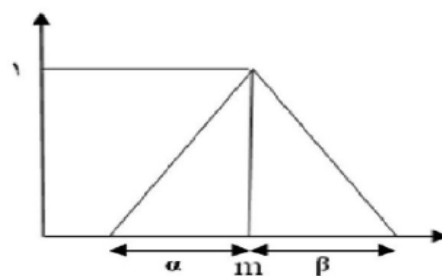
ون لارهون و پدريز برای اولین بار در سال ۱۹۸۳ فرایند تحلیل سلسله مراتبی فازی را مورد توجه قرار دادند (Laarhoven, Pedryez, ۱۹۸۳). اما در سال ۱۹۹۶ روش تحلیل سلسله مراتبی فازی مبتنی بر اعداد فازی مثلثی و مقایسه‌های زوجی از بین روش‌های تحلیل چندمعیاره فازی، توسط چانگ توسعه یافت (Chang, ۱۹۹۶). در این روش بعد از تشکیل سلسله مراتب تصمیم‌گیری (شکل ۴)

● استانداردسازی معیارها با منطق فازی

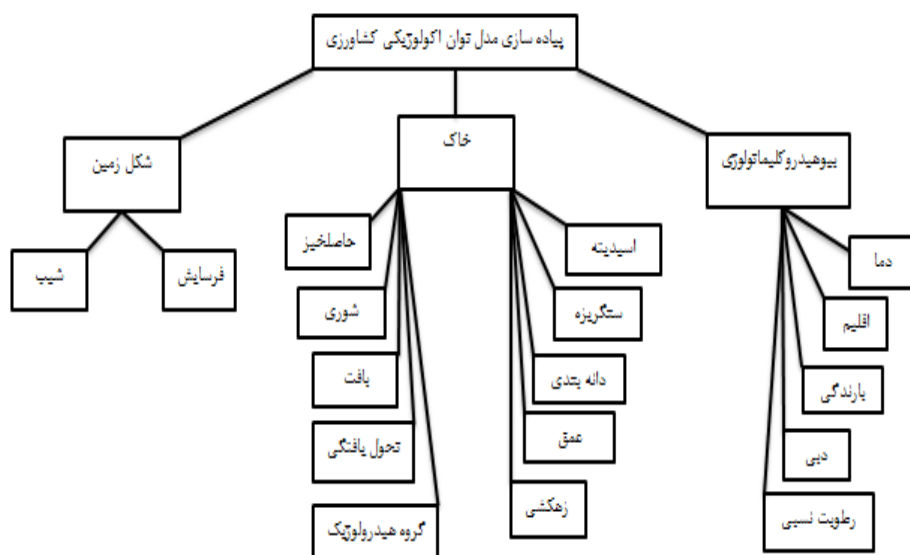
پروفسور لطفی زاده در سال ۱۹۶۵ تئوری فازی را به منظور لحاظ کردن عدم اطمینان و ابهام در حل مسائل مختلف بیان کردند (Rostamzadeh & Sofian, ۲۰۱۱). در واقع در فرایند فازی‌سازی یک سری ورودی‌ها وارد می‌شود و با استفاده از توابع عضویت، درجه‌ی مناسبی به هر یک از پارامترها نسبت می‌دهد. در این مطالعه پس از آماده‌سازی و تهیه‌ی لایه‌های اطلاعاتی براساس روندنما، به منظور استانداردسازی (بی بعد کردن) لایه‌های کمی از توابع عضویت خطی در محیط Idrisi و برای لایه‌های کیفی از اعداد فازی مثلثی (جدول ۱) در محیط ArcGIS و سپس دی‌فازی کردن توسط فرمول زیر استفاده گردید.

$$m = X + \frac{\beta - \alpha}{4} \quad (۱)$$

در مرحله دی‌فازی کردن از عدد فازی مثلثی که به صورت $\tilde{A} = (\beta, \alpha, m)$ بیان می‌شود استفاده می‌گردد. طبق شکل ۳ زیر، m : راس مثلث در روی محور α ، X : دامنه سمت چپ m و β : دامنه سمت راست m می‌باشد (محققر، ناصری، ۱۳۸۰).



شکل ۳



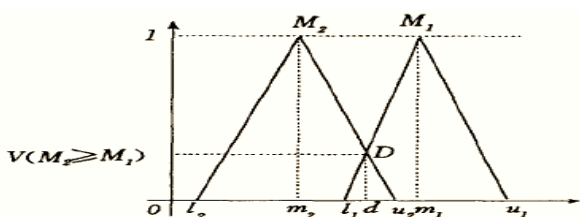
شکل ۴. سلسله مراتب معیارها در فرایند وزن‌دهی به روش

Fuzzy AHP

مرحله ۵: محاسبه درجه بزرگی S_i نسبت به همدیگر در مجموع S از معادله زیر به دست می آید. درجه بزرگی S_i نسبت به

(۹)

$$V(M^2 \geq M^1) = hgt(M^1 \cap M^2) = \begin{cases} m_2 > m_1 & 1 \\ L_1 > U_2 & 0 \\ \text{otherwise} & \frac{l_1 - u_2}{(m_2 - u_2) - (m_1 - l_1)} \end{cases}$$



شکل ۵. درجه بزرگی دو عدد فازی نسبت به هم

مرحله ۶: محاسبه وزن غیربهنجار شده معیارها و گزینه‌ها در ماتریس‌های مقایسه زوجی بدین منظور از رابطه زیر استفاده می‌شود:

(۱۰)

$$d(A_i) = \min V(S_i \geq S_k), \quad k = 1, \dots, n, k \neq i$$

مرحله ۷: محاسبه بردار وزن نهایی

برای محاسبه بردار وزن نهایی باید بردار وزن محاسبه شده در مرحله قبل را نرمالیزه کرد. بنابراین:

(۱۱)

$$W' = (d'(A^1), d'(A^2), \dots, d'(A^n))T$$

وزن نرمال از رابطه زیر به دست می‌آید:

(۱۲)

$$W = \frac{W'1}{\sum W' i}$$

S_i برای هر یک از سطرهای ماتریس مقایسه زوجی به شکل زیر محاسبه می‌شود:

(۱۳)

$$S_i = \frac{\min S1}{\max S2}$$

مقدار حداقل هر سطر به عنوان وزن نابهنجار می‌باشد، در نهایت مقدار وزن بهنجار شده از تقسیم وزن نابهنجار هر معیار به مجموع وزن‌های نابهنجار محاسبه می‌گردد.

(۱۴)

$$W = \frac{S_i}{\sum S_i}$$

با توجه به میزان اهمیت هر پارامتر، عدد فازی مثلثی به آن پارامتر اختصاص می‌یابد و ماتریس‌های مقایسه زوجی برای هر سطح از سلسله مراتب ایجاد می‌گردد. عدد فازی مثلثی نوعی از اعداد فازی است که به شکل (l, m, u) و رابطه تعریف می‌گردد. در هر عدد فازی مثلثی l حد پایینی، u حد بالایی و m میانگین است (Zadeh, ۱۹۶۵). مراحل روش تحلیل سلسله مراتبی فازی به روش چانگ به شرح زیر است:

مرحله ۱: رسم نمودار سلسله مراتبی

مرحله ۲: تعریف اعداد فازی به منظور انجام مقایسه‌های زوجی

مرحله ۳: تشکیل ماتریس مقایسه زوجی (\tilde{A}, \tilde{A}) با به کارگیری اعداد

(۲)

$$\tilde{A} = \begin{bmatrix} 1 & \tilde{a}_{12} & \dots & \tilde{a}_{1n} \\ \tilde{a}_{21} & 1 & \dots & \tilde{a}_{2n} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ \tilde{a}_{n1} & \tilde{a}_{n2} & \dots & 1 \end{bmatrix}$$

مرحله ۴: محاسبه S_i

برای هر یک از سطرهای

ماتریس مقایسه زوجی

S_i که خود یک عدد فازی مثلثی است از رابطه زیر محاسبه می‌شود:

(۳)

$$S_i = \sum^{m_j} = 1 M^l g_i \times [\sum^{n_i} = 1 \sum^{m_j} = 1 M^l g_i]^{-1}$$

که در این رابطه i بیانگر شماره سطر و j بیانگر شماره ستون می‌باشد. M_{gi} در این رابطه اعداد فازی مثلثی ماتریس‌های مقایسه زوجی هستند.

(۴)

$$S_i = \sum^{m_j} = 1 M^l g_i \times [\sum^{n_i} = 1 \sum^{m_j} = 1 M^l g_i]^{-1}$$

که در این رابطه i بیانگر شماره سطر و j بیانگر شماره ستون می‌باشد. M_{gi} در این رابطه اعداد فازی مثلثی ماتریس‌های مقایسه زوجی هستند.

(۵)

$$\sum^{m_j} = 1 M^l g_i = (\sum^{m_j} = 1 L_j, \sum^{m_j} = 1 m_j, \sum^{m_j} = 1 u_j)$$

(۶)

$$\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m M_{gi}^j = \left(\sum_{i=1}^n l_i, \sum_{i=1}^n m_i, \sum_{i=1}^n u_i \right)$$

(۷)

$$[\sum \sum M_{gi}^j]^{-1} = \left[\frac{1}{\sum^{n_i} = 1 u_i}, \frac{1}{\sum^{n_i} = 1 m_i}, \frac{1}{\sum^{n_i} = 1 l_i} \right]$$

(۸)

$$\left[\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m M_{gi}^j \right]^{-1} = \left(\frac{1}{\sum_{i=1}^n u_i}, \frac{1}{\sum_{i=1}^n m_i}, \frac{1}{\sum_{i=1}^n l_i} \right)$$

• روش وزن دهی ساده (SAW)

پس از بی‌بعد کردن لایه‌ها در محیط ادریسی به کمک توابع فازی و تعیین بردار وزن، جهت تلفیق لایه‌ها، از روش وزن‌دهی ساده (SAW) استفاده شد. در این روش، با ضرب نمره معیارها در وزن‌شان (عطایی، ۱۳۸۹)، نقشه معیارها با استفاده از رابطه زیر با هم ترکیب می‌شوند (عطایی، ۱۳۸۹).

(۱۵)

$$S = \sum W_i X_i, \sum W_i = 1$$

که در آن: S؛ مطلوبیت، W_i: وزن فاکتور a_i: امتیاز معیاری فاکتور، می‌باشد. بدین ترتیب، حاصل ضرب‌ها به صورت برداری، جمع شده تا مجموع امتیازات هر پیکسل حاصل شود (Voogd, ۱۹۸۳). این روش جز روش‌های پرکاربرد در مسائل تصمیم‌گیری چندمعیاره مکانی است (پرهیزکار و غفاری گیلانده، ۱۳۸۵).

۳- یافته‌ها

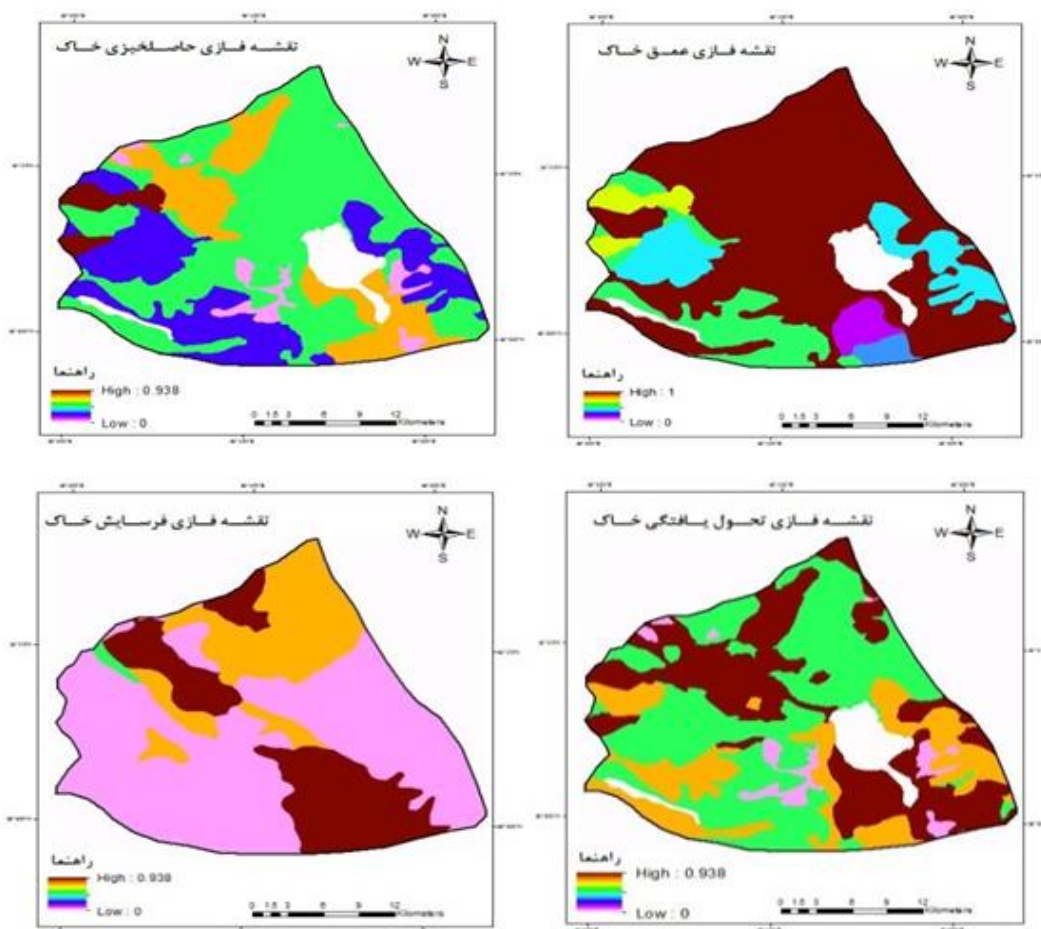
با توجه به ویژگی‌های اکولوژیک منطقه، تصمیم به تعیین پهنه‌های مناسب برای کاربری کشاورزی گردید. بعد از آماده‌سازی و طبقه‌بندی مجدد نقشه‌های پارامترهای منطقه مورد مطالعه، استانداردسازی

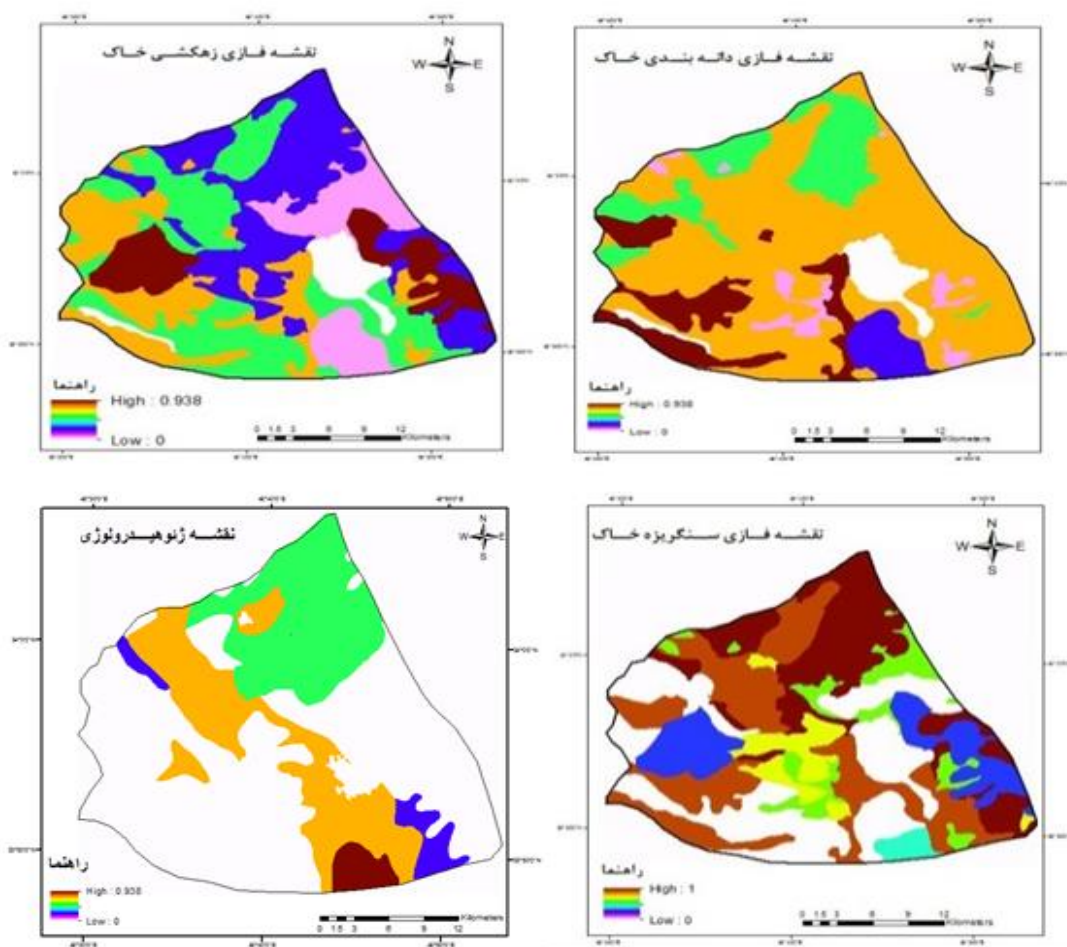
لایه‌های معیارهای کمی در محیط نرم‌افزار Idrisi Selva انجام و برای لایه درصد سنگریزه و عمق خاک تابع عضویت خطی متقارن و برای لایه شیب تابع عضویت User Defined اعمال شد (جدول ۲).

نقاط کنترل				شکل تابع	نوع تابع	معیار
D	c	B	A			
۸۰/۱	۸۰	۵	۰	متقارن	خطی	سنگریزه
۱۵۱	۱۵۰	۹۵	۰	متقارن	خطی	عمق خاک
۱۳	۸	۲	۰	User define	خطی	شیب

جدول ۲. استاندارد سازی معیارهای پیوسته به روش فازی

برای هر یک از معیارهای گسسته نیز از اعداد فازی مثلثی استفاده گردید. بدین ترتیب لایه‌های اکولوژیک فازی معیارها مطابق شکل (۶) حاصل گردید.





شکل ۶. نقشه‌های اکولوژیکی فازی منطقه مطالعاتی

مدل‌سازی توان کاربری کشاورزی محاسبه شدند (جدول های ۳، ۴، ۵ و ۶).

سپس با استفاده از مدل FAHP و مقایسات زوجی که کارشناسان انجام دادند، وزن‌های هر یک از معیارها و زیر معیارهای موثر در

جدول ۳. ارزیابی فازی معیارها کاربری کشاورزی

وزن نهایی	بیوهیدروکلیماتولوژی	شکل زمین	خاک	معیار
۰.۳۳	۱ و ۱	۱ و ۳ و ۷	۱ و ۱	خاک
۰.۲۹	۰.۲ و ۵.۳۳ و ۷	۱ و ۱	۰.۱۴ و ۰.۳۳ و ۱	شکل زمین
۰.۳۸	۱ و ۱	۰.۱۴ و ۰.۱۸ و ۵	۱ و ۱	بیوهیدروکلیماتولوژی

جدول ۴. ارزیابی فازی زیرمعیارهای پارامتر شکل زمین

وزن نهایی	شیب	ژئوهیدرولوژی	معیار
۰/۵	۰/۱۴ و ۰/۲ و ۰/۳۳	۱ و ۱	ژئوهیدرولوژی
۰/۵	۱ و ۱	۳ و ۵ و ۷	شیب

جدول ۵. ارزیابی فازی زیرمعیارهای پارامتر هیدروکلیماتولوژی جهت کاربری کشاورزی

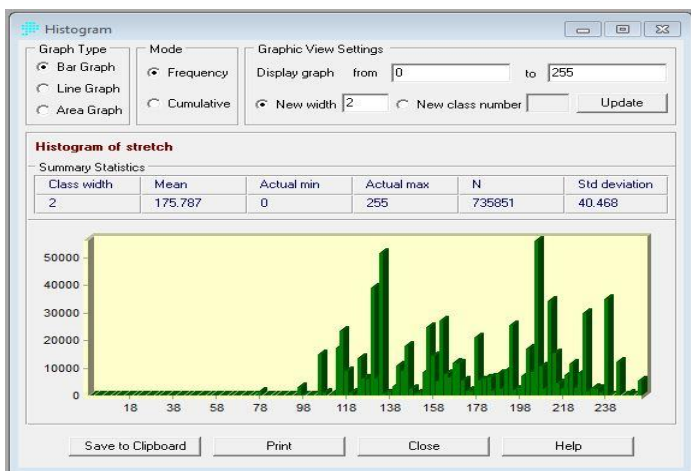
معیار	دما	اقلیم	بارندگی	دبی آب	رطوبت نسبی	وزن نهایی
دما	۱ و ۱	۰/۲ و ۰/۳۳	۰/۳ و ۰/۴۷	۰/۱ و ۰/۱۴	۳ و ۶	۰/۲۵
اقلیم	۱ و ۳	۱ و ۱	۵ و ۹	۰/۲ و ۰/۳۳	۵ و ۹	۰/۱۳
بارندگی	۰/۳ و ۱	۰/۱ و ۰/۱۴	۱ و ۱	۰/۲ و ۰/۳۳	۰/۱۴ و ۰/۲	۰/۲۱۱
دبی آب	۵ و ۹	۱ و ۳	۱ و ۳	۱ و ۱	۰/۱ و ۰/۱۴	۰/۲۴۱
رطوبت نسبی	۰/۱ و ۰/۳۳	۰/۱ و ۰/۱۴	۰/۱ و ۰/۱۳	۵ و ۹	۱ و ۱	۰/۱۶۸

جدول ۶. ارزیابی فازی زیرمعیارهای پارامتر خاک

معیار	حاصلخیزی	شوری	بافت	تحول یافتگی	عمق	واحد هیدرولوژی	زهکشی	دانه بندی	سنگریزه	اسیدیته	فرسایش	وزن نهایی
حاصلخیزی	۱ و ۱	۱ و ۳	۱ و ۷	۳ و ۹	۳ و ۷	۳ و ۹	۷ و ۹	۱ و ۹	۶ و ۹	۷ و ۹	۳ و ۷	۰/۰۳۳
شوری	۰/۱ و ۰/۳۳	۱ و ۱	۱ و ۲	۳ و ۹	۳ و ۷	۳ و ۷	۳ و ۷	۳ و ۷	۷ و ۹	۵ و ۹	۳ و ۷	۰/۰۷۲۳
بافت	۰/۱ و ۰/۲۵	۰/۲ و ۰/۵	۱ و ۱	۶ و ۹	۳ و ۷	۳ و ۷	۳ و ۷	۳ و ۷	۲ و ۳	۱ و ۳	۳ و ۷	۰/۰۰۲۳
تحول یافتگی	۰/۱ و ۰/۳۳	۰/۱ و ۰/۳۳	۰/۱ و ۰/۱۲	۱ و ۱	۰/۱ و ۰/۱۱	۱۱ و ۱۴	۰/۱۳ و ۰/۳۳	۰/۲ و ۰/۳۳	۰/۱ و ۰/۱۱	۰/۴ و ۰/۱۱	۱ و ۳	۰/۱۳۴
عمق	۰/۲ و ۰/۳۳	۰/۲ و ۰/۵	۰/۳ و ۱	۱ و ۲	۱ و ۱	۲ و ۳	۱ و ۱	۰/۲ و ۰/۳۳	۲ و ۳	۱ و ۳	۱ و ۳	۰/۰۸۱۱
واحد هیدرولوژیک	۰/۱ و ۰/۳۳	۰/۱ و ۰/۳۳	۰/۱ و ۰/۲	۱ و ۳	۰/۱ و ۰/۱۱	۱ و ۱	۰/۲ و ۰/۳۳	۰/۲ و ۰/۳۳	۰/۱ و ۰/۱۴	۰/۴ و ۰/۱۱	۳ و ۷	۰/۱۵۶۱
زهکشی	۰/۱ و ۰/۲۵	۰/۲ و ۰/۳۳	۰/۱ و ۰/۳۳	۳ و ۷	۱ و ۱	۳ و ۷	۱ و ۱	۳ و ۷	۲ و ۳	۱ و ۳	۱ و ۳	۰/۱۰۲
دانه بندی	۰/۱ و ۰/۲	۰/۲ و ۰/۳۳	۰/۲ و ۰/۳۳	۱ و ۳	۱ و ۳	۱ و ۳	۱ و ۳	۱ و ۱	۱ و ۳	۱ و ۳	۱ و ۳	۰/۰۸۴۵
سنگریزه	۰/۱ و ۰/۲	۰/۱ و ۰/۲۵	۰/۲ و ۰/۵	۱ و ۲	۱ و ۳	۱ و ۳	۰/۲ و ۰/۳۳	۰/۲ و ۰/۳۳	۱ و ۱	۱ و ۳	۱ و ۳	۰/۱۲۴۸
اسیدیته	۰/۱ و ۰/۲۵	۰/۲ و ۰/۵	۰/۳ و ۱	۱ و ۲	۱ و ۳	۱ و ۳	۱ و ۳	۱ و ۱	۱ و ۳	۱ و ۳	۱ و ۳	۰/۱۰۷۷
فرسایش	۰/۱ و ۰/۳۳	۱ و ۳	۰/۲ و ۰/۳۳	۰/۲ و ۰/۳۳	۰/۲ و ۰/۳۳	۱ و ۳	۰/۲ و ۰/۳۳	۰/۲ و ۰/۳۳	۰/۲ و ۰/۳۳	۱ و ۳	۱ و ۳	۰/۱۰۲۲

• تلفیق لایه‌ها با روش SAW

در نهایت با تلفیق نقشه‌های مذکور به روش ترکیب خطی وزنی نقشه تناسب اراضی نهایی برای کاربری کشاورزی به دست آمد که نقاط شهری و جاده و مراتع خوب به عنوان محدودیت در نظر گرفته شدند (شکل ۸). نقشه نهایی ارزیابی کاربری کشاورزی منطقه نمایانگر لایه‌ای با طیفی از مطلوبیت‌های متفاوت پیکسل‌ها می‌باشد، که مطلوبیت بیشتر نشان دهنده درجه توان بالاتر و مطلوبیت کمتر بیانگر درجه توان پایین‌تر برای کاربری کشاورزی است. از روی هیستوگرام این نقشه (شکل ۷)، نقاط شکست مقادیر مطلوبیت نقشه، اقدام به طبقه‌بندی طبقات شش‌گانه کاربری کشاورزی شد.



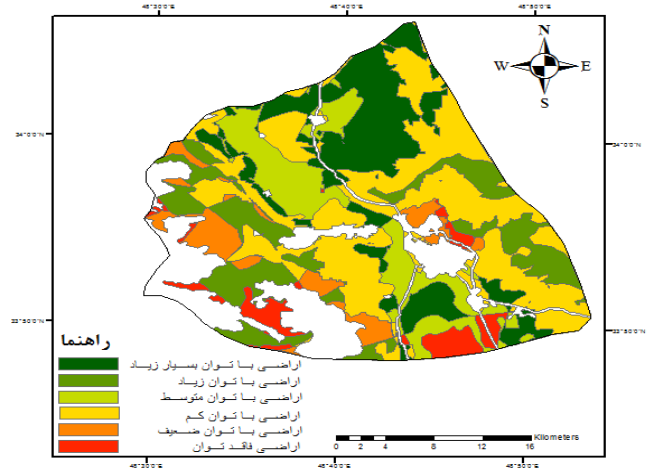
شکل ۷. هیستوگرام پراکنش داده‌ها

طبقات	مساحت (کیلومتر مربع)	مساحت (درصد)
اراضی با توان بسیار زیاد	۲۳۴	۳۵
اراضی با توان زیاد	۱۱۲	۱۶
اراضی با توان متوسط	۱	۱
اراضی با توان کم	۲۳۶	۳۶
اراضی با توان ضعیف	۴۵	۷
اراضی فاقد توان	۳۵	۵
جمع	۶۶۲	۱۰۰

جدول ۷. مساحت کلاس‌های توان منطقه برای کاربری

کشاورزی

مدنظر بوده است. در واقع این مدل تلفیقی با بهره‌گیری از نظر کارشناسان و سایر روش‌ها به تعیین وزن نهایی هر یک از پارامترها پرداخته است. بردار وزنی برای معیارهای اصلی (جدول ۳) به روش FAHP نشان داد که معیار بیوهیدروکلیماتولوژی با وزن ۰/۳۸ بیشترین و شکل زمین با وزن ۰/۲۹ کمترین تاثیر را در منطقه مورد مطالعه دارد و در زیرمعیارهای خاک (جدول ۵) به ترتیب بافت با ۰/۰۳۳ و گروه هیدرولوژیک با ۰/۱۵۶۱ کمترین و بیشترین تاثیر را دارند و همچنین بین زیرمعیارهای بیوهیدروکلیماتولوژی (جدول ۶) به ترتیب دما با ۰/۲۵ و دبی آب با ۰/۲۴۱ کمترین و بیشترین تاثیر را دارند. این پژوهش برای اولین بار در منطقه مورد نظر صورت گرفته است، و نوآوری آن استفاده از این مدل تلفیقی با توابع عضویت خطی و اعداد فازی مثلثی برای معیارهای کیفی می‌باشد. نتایج نشان دهنده وجود هر شش طبقه کشاورزی در منطقه می‌باشد، که با توجه به جدول ۷ از مجموع کل مساحت منطقه، ۳۵ درصد دارای درجه مرغوبیت بسیار زیاد، ۱۶ درصد زیاد، ۳۶ درصد کم، ۷ درصد توان ضعیف و ۵ درصد دارای توان نامناسب برای کاربری کشاورزی می‌باشد. همانطور که جدول نشان می‌دهد بیش از ۵۰ درصد مساحت منطقه دارای درجه مرغوبیت بسیار زیاد تا متوسط جهت کاربری کشاورزی می‌باشد که در کل منطقه مطالعاتی گسترش یافته‌اند. مساحت زیادی از قسمت‌های شمالی منطقه به سبب شیب کم، بافت، دانه‌بندی و حاصلخیزی مناسب خاک و همچنین فرسایش کمتر اغلب دارای توان بسیار زیاد جهت کاربری کشاورزی می‌باشد. تنها ۵ درصد از مساحت منطقه بنا به دلایلی همچون شیب زیاد، کوهستانی بودن و شرایط نامناسب بافت و ساختمان خاک، نامناسب برای این کاربری است، که در جنوب منطقه قرار دارد. به طور کلی بخش‌هایی از منطقه مورد مطالعه با وجود شرایط هیدروکلیماتولوژی مساعد به علت شیب زیاد ناشی از نزدیکی به کوهستان، برای کاربری کشاورزی دارای محدودیت است. مقایسه این نتایج با واقعیت‌های زمینی درستی و صحت نتایج این تحقیق را تایید مقایسه تحقیق حاضر با مطالعات مشابه نشان می‌دهد، پورخباز و همکاران (۱۳۹۴) در اجرای مدل اکولوژیک کشاورزی از مدل FUZZY AHP چانگ استفاده نمودند که نتایج آن مانند تحقیق حاضر بر صحت و دقت این مدل در



شکل (۸): نقشه نهایی ارزیابی کاربری کشاورزی منطقه مطالعاتی

نتیجه گیری

در این پژوهش از روش تصمیم‌گیری چندمعیاره به جای مدل‌های معمول تصمیم‌گیری استفاده گردید، زیرا این روش امکان ورود همزمان چند تصمیم‌گیرنده را با معیارها، اهداف و گزینه‌های گوناگون فراهم می‌کند (پورخباز و همکاران، ۱۳۹۲). کریمی و همکاران (۱۳۸۸) برای مدل‌سازی توان اکولوژیکی مانند تحقیق حاضر از منطق فازی استفاده گردید، اما از روش تصمیم‌گیری چندمعیاره استفاده نشده است. مطیعی لنگرودی (۱۳۹۱) با استفاده از روش Fuzzy AHP به تعیین توان منطقه برای کاربری کشاورزی پرداختند که تطابق نتایج به دست آمده با واقعیت زمینی و همچنین کاهش بحث عدم قطعیت در مرحله تصمیم‌گیری، نشان‌دهنده اعتمادپذیری این روش است. نصیری و همکاران (۱۳۹۱) با بکارگیری Fuzzy AHP و PROMETHEE مدل اکولوژیکی کشاورزی را در شهرستان مرودشت اجرا کردند. نتایج این پژوهش کارایی تلفیق این دو روش را نشان داد. امینی و همکاران (۱۳۹۲) جهت بهبود مدیریت منابع و کیفیت نقشه‌های ارزیابی تناسب اراضی فرخ شهر، کارا بودن رویکرد فازی در برطرف نمودن عدم قطعیت تصمیم‌گیری و همچنین توان رویکرد فازی در تعدیل نمودن تغییرپذیری خاک که کاهش شدید قابلیت اعتماد و کارایی نقشه‌های مربوطه را به دنبال داشت را ثابت نمودند. محمدی و همکاران (۱۳۹۲) در مدل‌سازی گسترش شهر در اراضی پیرامونی با استفاده از سلول‌های خودکار (CA) و فرایند تحلیل سلسله‌مراتبی (AHP) اصفهان، با مقایسه‌ی ضریب کاپای به دست آمده با مقدار استاندارد آن دقت مناسب مدل و افزایش کارایی مدل سلول‌های خودکار در صورت تلفیق با مدل AHP را ثابت نمودند. در پژوهش حاضر نیز به منظور تکمیل روش SAW از تلفیق روش FUZZY AHP با این روش استفاده گردید. ضمناً در این پژوهش، مدل‌سازی کاربری کشاورزی با توجه به پارامترهای اکولوژیک موجود در مدل حرفی ایران (مخدوم و همکاران، ۱۳۷۲) در حوزه آبخیز گلرود بر وجود با استفاده از توابع عضویت فازی و مدل تلفیقی FUZZY AHP CHANG در محیط ArcGIS و Idrisi به منظور تعیین واحدهای مناسب این کاربری کشاورزی

ورود همزمان چندین تصمیم‌گیرنده را با معیارها و اهداف و گزینه‌های گوناگون فراهم می‌آورند. نتایج تحقیق حاضر امکان استفاده از مدل FUZZY AHP چانگ را جهت ارزیابی توان حوزه آبخیز اثبات نمود و نتایج می‌تواند به عنوان الگویی جهت آگاهی مدیریت به منظور برنامه ریزی اصولی و هم جهت یا توان محیط زیست مورد استفاده قرار گیرد. در نهایت، در ارزیابی اکولوژیک توان کشاورزی منطقه مورد مطالعه، مدل ریاضی خطی به صورت زیر بدست آمد:

$$\text{SAW Map} = (0.200*[F_so] + (-0.033*[F_ct]) + (0.035*[F_pte]) + (0.035*[F_pd]) + (0.018*[F_pdr]) + (0.069*[F_pg]) + (0.133*[F_es]) + (0.150*[F_pf]) + (0.169*[F_wc]) + (0.131*[F_vgo]) \Pi$$

[Boolean_Constraint]

تصمیم‌گیری و ارزیابی توان تاکید داشت. بایستی اذعان نمود که برنامه ریزی مبتنی بر توان بالقوه سرزمین (آمایش سرزمین) شاید بهترین راهکار در جلوگیری از ادامه بحران‌های موجود و کاهش اثرات سوء آنها باشد. از آنجا که مدل‌های تصمیم‌گیری متعارف (مدل‌هایی که برای همه معیارها وزن یکسانی را در نظر گرفته و بودن کلیه معیارها را دال بر توان سرزمین برای آن کاربری به حساب می‌آورند) برای تبیین معیارها از کارایی لازم برخوردار نیستند، بنابراین در این تحقیق، از مدل‌های تصمیم‌گیری چندمعیاره استفاده شد که امکان

منابع

- امیری، م. ج.، سلمان ماهینی، ع.، جلالی، س.، حسینی، س.، م.، آذری دهکردی، ف.، ۱۳۸۸. مقایسه روش سیستمی ادغام نقشه‌ها و ترکیب منطق بولین-فازی در ارزیابی توان اکولوژیک جنگل‌های حوزه‌های آبخیز ۳۳ و ۳۴ شمال ایران، مجله علوم محیطی، شماره ۲، ص ۱۰۹-۱۲۴.
- امینی، ع.، باقری، م.، صالحی، م.، هادی نژاد، آ.، ۱۳۹۲. بهبود مدیریت منابع و کیفیت نقشه‌های ارزیابی تناسب اراضی با رویکرد فازی (مطالعه موردی: فرخ شهر - چهارمحال و بختیاری، مجله جغرافیا و برنامه ریزی محیطی، سال ۲۴، پیاپی ۵۲، شماره ۴، ص ۱۹۵-۲۰۴.
- آسایش، ح.، ۱۳۸۲. اصول روش‌های برنامه‌ریزی ناحیه‌ای، انتشارات پیام نور، ص ۳۰.
- پرهیزکار، ا.، غفاری گیلانده، ع.، ۱۳۸۵. سامانه اطلاعات جغرافیایی و تحلیل تصمیم‌گیری چندمعیاری، تهران: سازمان مطالعه و تدوین کتب علوم انسانی دانشگاه‌ها (سمت).
- پورخباز، ح. ر.، جوانمردی، س.، یاور، ا.، فرجی سبکبار، ح.، ۱۳۹۲. کاربرد روش تصمیم‌گیری چندمعیاره و مدل تلفیقی DEMATEL-ANP در آنالیز تناسب اراضی کشاورزی (مطالعه موردی: دشت قزوین)، فصلنامه محیط‌شناسی، ش ۳، ص ۱۵۱-۱۶۴.
- پورخباز، ح. ر.، اقدر، ح.، محمدیاری، ف.، جوانمردی، س.، ۱۳۹۴. ارزیابی تناسب اراضی برای تعیین کاربری کشاورزی با مدل‌های تصمیم‌گیری چندمعیاره DEMATEL-ANP و FAHP چانگ (مطالعه موردی: حاشیه بهبهان)، مجله محیط‌شناسی، دوره ۴۱، شماره ۲، ص ۴۲۹-۴۴۵.
- راهنمای کاربری اراضی حریم راه‌ها و راه‌آهن، ۱۳۸۷.
- زهره وندیان، کریم، ابراهیمی، فرشته.، ۱۳۹۲. ارائه مدل پیشنهادی برای مکان‌گزینی اماکن ورزشی با استفاده از تلفیق سیستم اطلاعات جغرافیایی (GIS) و روش‌های تصمیم‌گیری چندمعیاره (MCDM)، مجله مطالعات مدیریت ورزشی، شماره ۲۱، ص ۱۱۱-۱۲۶.
- سلطانی، ب.، کامبیز، ۱۳۷۱. مجموعه مباحث و روش‌های شهرسازی: محیط زیست، تهران: مرکز مطالعات و تحقیقات شهرسازی و معماری ایران، چاپ اول.
- عسگری، ع.، رازانی، ا.، رخشانی، پ.، ۱۳۸۱. برنامه ریزی کاربری اراضی شهری، همدان: انتشارات نور علم.
- عطائی، م.، ۱۳۸۹. تصمیم‌گیری چندمعیاره، شاهرود: انتشارات دانشگاه صنعتی شاهرود.
- غضنفری، م.، رضایی، م.، ۱۳۸۵. مقدمه‌ای بر نظریه مجموعه‌های فازی، انتشارات دانشگاه علم و صنعت ایران، تهران.
- قرازگولو، ع. ر.، عزیزاده، م.، ۱۳۹۱. ارزیابی تناسب اراضی برای استقرار صنایع به روش فرآیند تحلیل سلسله‌مراتبی-منطق فازی AHP-Fuzzy (مطالعه موردی: شهرستان ملارد)، مجله کاربرد سنجش از دور و GIS در علوم منابع طبیعی، سال سوم، شماره ۴، ص ۱۳۸۴.
- قرازگولو، ع.، ۱۳۸۴. GIS و ارزیابی و برنامه ریزی محیط زیست، انتشارات سازمان نقشه برداری کشور، ص ۱۵۸.
- کرمیان، ر.، ۱۳۸۵. ارزیابی توان زیست محیطی و استفاده سرزمین برای مدیریت بیابان زدایی در حوزه آبخیز کوه‌دشت (استان لرستان)، پایان نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان.
- کریمی، م.، مسگری، م.، شریفی، م. ع.، ۱۳۸۸. مدل‌سازی توان اکولوژیکی سرزمین با استفاده از منطق فازی، منطقه مورد مطالعه: شهرستان برخوار و میمه، مجله سنجش از دور و GIS ایران، سال اول، شماره اول.
- محمدی، ج.، گیوی، ج.، ۱۳۸۰. ارزیابی تناسب اراضی برای گندم آبی در منطقه فلاورجان (اصفهان) با استفاده از نظریه مجموعه‌های فازی، مجله علوم و فنون کشاورزی و منابع طبیعی، شماره اول، ص ۱۰۳-۱۱۵.
- محمدی، م.، مالکی پور، ا.، صاحبقرانی، ع.، ۱۳۹۲. مدل‌سازی گسترش شهر در اراضی پیرامونی با استفاده از سلول‌های خودکار (CA) و فرآیند تحلیل سلسله‌مراتبی (AHP) (مطالعه موردی: منطقه ۷ اصفهان)، مجله مطالعات و پژوهش‌های شهری و منطقه‌ای، سال پنجم، شماره هجدهم، ص ۱۹۲-۱۷۵.
- مخدوم، م.، ۱۳۷۲. شالوده آمایش سرزمین، تهران: انتشارات دانشگاه تهران، چاپ اول.

- مخدوم، م.، درویش صفت، ع.ا.، جعفرزاده، ه.، مخدوم، ع.، ۱۳۸۶. ارزیابی و برنامه ریزی محیط زیست با سامانه های اطلاعات جغرافیایی، چاپ سوم، تهران موسسه انتشارات و چاپ دانشگاه تهران.
- مصطفی لنگرودی، س ح، نصیری، ح، عزیزی، ع، مصطفایی، ا، ۱۳۹۱ مدل سازی توان اکولوژیک سرزمین از منظر کاربری های کشاورزی و مرتعداری با استفاده از روش FUZZY AHP در محیط GIS. مطالعه موردی: شهرستان مرودشت، مجله آمایش سرزمین، سال چهارم، شماره ششم، ص ۱۰۱-۱۲۴.
- موحد، ع.، زاده باغ، ن. ۱۳۸۹. ارزیابی توان اکولوژیک محدوده رودخانه در حد فاصل سد تنظیمی تا بند قیر برای طبیعت گردی، فصلنامه محیط شناسی، ش ۵۵، ص ۱۳-۲۴.
- مینایی، م.، ۱۳۸۸، پیاده سازی مدل آمایشی کشاورزی با استفاده از منطق فازی و GIS (منطقه مورد مطالعه: فریدون شهر)، پایان نامه کارشناسی ارشد سنجش از دور و سیستم اطلاعات جغرافیایی، دانشگاه تهران
- نصیری، ح، علوی پناه، ک، متین فر، ح ر، عزیزی، ع، حمزه، م.، ۱۳۹۱، پیاده سازی مدل اکولوژیکی کشاورزی با رویکرد FUZZY AHP و PROMETHEE، در محیط GIS (مطالعه موردی: شهرستان مرودشت)، مجله محیط شناسی، سال سی و هشتم، شماره ۳، ص ۱۰۹-۱۲۲.
- Ananda. J. & G. Herath. ۲۰۰۳ "The Use of Analytic Hierarchy Process to Incorporate Stakeholder Preferences into Regional Forest Planning". Forest Policy and Economics. No. 5. Pp. 13- 26.
- Badenko, y., and kurtener, D. 2004. Fuzzy modeling in GIS Environment to support sustainable land use planning. The AGILE conference on geographic information science. 29 April-irnay. Hera lion, Greece, parallel session a. 1- "geographic knowledge discovery.
- Baja, S., Chapman, D.M., and Dragovich. D. 2002. Fuzzy modeling of environmental suitability index for rural land use stems: an assessment using GIS. Environment and Planning B: Planning and Design. 29:3—20.
- Basinski, JJ. 1985. Land Evaluation, some general considerations, In Environment Planning and management Ed (3.3. Basinski and K.D. Cocks) Csiro Canberra: 59-65.
- Chang DY. 1996. Application of the extent analysis method on fuzzy AHP. European Journal of Operational
- Cotter, M. Berkhoff, K. Gibreel, T. Ghorbani, A. Golbon, R. Nuppenau, E-A. Sauerborn, J. ۲۰۱۳ Designing a sustainable land use scenario based on a combination of ecological assessments and economic optimization. Ecological Indicators, p: 9.
- Feng, S., and Xu, L.D. 1999. Decision support for fuzzy comprehensive evaluation of urban development. Fuzzy Sets and Systems, 105, 1-12.
- Feng, S., and Xu, L.D., 1999. Decision support for fuzzy comprehensive evaluation of urban development. Fuzzy Sets and Systems, 105, 1-12.
- Malczewski. J. ۲۰۰۴ "GIS-Based Land-Use Suitability Analysis: A Critical Overview", Progress in Planning. No. 62. Pp. 3- 65.
- Merjerink. Gerdiein & Roza. pini (2007) The role of agriculture in development: focusing on linkages beyond agriculture strategy & policy Netherlands. Research. 95(3):649-655.
- Prato, G. 2007. "Evaluating land use plans under uncertainty", Journal of Land Use Policy, 24: pp:165-174.
- Rostamzadeh, R., and Sofian, S. 2011. Prioritizing effective 7Ms to improve production systems performance using fuzzy AHP and fuzzy TOPSIS (case study), Expert Systems with Applications, 38, 5166-5177.
- Sovary. F. ۲۰۰۸ GIS and Multi-criteria Decision analysis. New York. pp 63-69
- Van Laarhoven P.J.M.. and Pedrycz W. 1983. A fuzzy extension of Saaty's priority theory. Fuzzy Sets and Systems, 11:229-241.
- Voogd. H. 198۳. Multi-criteria evaluation for urban and regional planning, Pion, Ltd. London
- Whelan, Susan, 2003 promoting sustainable Rural Development through Agriculture Canada making Difference in the world Canadian international Development Agency
- Yeh, M-T, Huang, L-Y. ۲۰۱۴ Factors in determining wind farm location: Integrating GQM, fuzzy DEMATEL, and ANP, Renewable Energy 66. 159—169.
- Zadeh L.A. 1965. Fuzzy sets. Information and Control, 8:338-353.
- Zimmermann. H. J. 1995. Fuzzy Set Theory and its Application -Doideclie: Kluwer Nijhoff Publishing.