

کاربرد مدل تلفیقی الکتر و ترکیب خطی وزن دار در محیط فازی به منظور اولویت بندی راهبردهای مقابله با بیابان زایی

محمد حسن صادقی روش^{۱*}

mh.sadeghiravesh@iaui.ac.ir

حسن خسروی^۲

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۳/۵/۲۸

تاریخ دریافت: ۱۴۰۲/۱۰/۲۴

چکیده

زمینه و هدف: بیابان زایی یک تهدید جدی محیط زیستی و اقتصادی- اجتماعی جهانی است که در عین وسعت تخریب، گوناگونی اثرات و پیچیدگی فرایند، با شاخص های کیفی و غیرقطعی نیز سروکار دارد و از رفتار سیستم های فازی تبعیت می کند. بنابراین در ارزیابی راهبردهای مقابله با بیابان زایی به منظور دستیابی به راهبردهای ارجح و بهینه، استفاده از روش های تصمیم گیری چند معیاره فازی، ضروری به نظر می رسد. از این رو این پژوهش با هدف تعیین اولویت راهبردهای مقابله با بیابان زایی با استفاده از مدل های تصمیم گیری در محیط فازی و به صورت موردی در دشت یزد- خضرباد طی سال های ۱۴۰۱-۱۴۰۰ به انجام رسید.

روش بررسی: به منظور دستیابی به این هدف، ابتدا از روش دلفی فازی و در چارچوب روش تصمیم گیری چند معیاره، ماتریس تصمیم گیری فازی حاصل شد و سپس با استفاده از نرم افزار اکسپرت چویس و از طریق مدل الکتر اولویت اولیه راهبردها به دست آمد و در ادامه به منظور برآورد اولویت نهایی راهبردها از روش ترکیب خطی وزن دار استفاده شد.

یافته ها: بر مبنای نتایج حاصل شده، از دیدگاه مدل ارزیابی الکتر و وی ال سی فازی، راهبرد جلوگیری از تبدیل و تغییر نامناسب کاربری اراضی (A_{18}) با ضریب اولویت ۰/۲۲۳ و تعدیل در برداشت از منابع آب زیرزمینی (A_{31}) با ضریب اولویت ۰/۲۱۳، تأثیرگذارترین راهبردها به منظور دستیابی به هدف ارزیابی شدند.

بحث و نتیجه گیری: بنابراین اهتمام به راهبردهای پیشنهاد شده از بین طیف وسیعی از راهبردها، می تواند به سرعت این اوضاع نابسامان را بهبود بخشیده و ساختاری پایدار در فرایند مقابله با بیابان زایی پی ریزی کند. در نهایت پیشنهاد می شود طرح های مقابله با بیابان زایی، مطابق سند راهبردی به دست آمده در منطقه مطالعاتی بر روی نتایج حاصله تأکید کنند تا از هدررفت سرمایه های محدود جلوگیری و بازدهی طرح های کنترل، احیا و بازسازی بالا رود.

واژه های کلیدی: انتخاب راهبرد، بیابان زایی، روش های تصمیم گیری چند معیاره فازی، عدد فازی مثلثی، مقایسه زوجی.

۱ - دانشیار گروه محیط زیست، دانشکده کشاورزی، دانشگاه آزاد اسلامی واحد تاکستان، تاکستان، ایران. * (مسئول مکاتبات)

۲ - استاد گروه احیاء مناطق خشک و کوهستانی، دانشکده منابع طبیعی دانشگاه تهران، تهران، ایران

The Application of Integrated Electra Model and Weighted Linear Combination in Fuzzy Environment in Order to Prioritize Alternatives to Deal with Combat Desertification

Sadeghiravesh Mohammad Hassan^{1*}

mh.sadeghiravesh@iaui.ac.ir

Hassan Khosravi²

Admission Date: August 18, 2024

Date Received: January 14, 2024

Abstract

Background and Objective: Desertification is a serious global environmental and economic-social threat, which, in addition to the extent of destruction, variety of effects and complexity of the process, also deals with qualitative and non-deterministic indices and follows the behavior of fuzzy systems. It seems necessary to use fuzzy multi-criteria decision-making methods in evaluating the alternatives to deal with desertification in order to achieve the preferred and optimal alternatives. Therefore, this research was carried out with the aim of determining the priority of alternatives to deal with desertification using decision-making models in a fuzzy environment and on a case-by-case basis in the Yazd-Khizrabad plain during 2021-2022.

Material and Methodology: In order to achieve this goal, a fuzzy decision-making matrix was obtained from the fuzzy Delphi method and within the framework of the multi-criteria decision-making method. Then, using Expert Choice software and through the Electra model, the initial priority of the alternatives was obtained, and in order to estimate the final priority of the alternatives, the weighted linear combination method was used.

Findings: Based on the obtained results, from the point of view of Electra and Fuzzy VLC evaluation model, the strategy of preventing the inappropriate conversion and change of land use (18A) with a priority coefficient of 0.223 and adjusting the withdrawal from underground water resources (31A) with a priority coefficient of 0.213 were evaluated as the most effective alternatives in order to achieve the goal.

Discussion and Conclusion: Therefore, paying attention to the proposed strategies from a wide range of strategies can quickly improve this chaotic situation and establish a stable structure in the process of dealing with desertification. Finally, it is suggested that the plans to deal with desertification, according to the strategic document obtained in the study area, emphasize the obtained results in order to prevent the wastage of limited funds and increase the efficiency of control, restoration and reconstruction plans.

Keywords: Alternative selection, Desertification, Fuzzy multi-criteria decision-making methods, Pairwise comparison, Triangular fuzzy number.

1- Associate Professor, Department of Environment, Tak.C., Islamic Azad University, Takestan, Iran.

*(Corresponding Author)

2 - Professor, Department of Arid and Mountainous Regions Reclamation, Faculty of Natural Resources, University of Tehran, Tehran, Iran.

مقدمه

بیابان‌زایی یکی از عوامل تهدیدکننده حیات بشری است که موجب تخریب منابع طبیعی می‌شود (۱). این پدیده با ابعاد مختلف فنی، اقتصادی و اجتماعی سومین معضل جامعه جهانی بعد از تغییرات اقلیمی و کمبود آب شیرین محسوب می‌شود (۲). اثرات حاصل از این پدیده می‌تواند به صورت فرایندهای تخریب سرزمین، تغییر در رژیم بارندگی ناشی از اثرات متقابل جو و زمین و تغییر در ترکیب جوامع گیاهی و تنوع زیستی نمایان (۳) و منجر به کاهش توان تولیدی و تنوع زیستی سرزمین شود (۴). کشور ایران نیز به دلیل قرار گرفتن بیش از ۸۰٪ از مساحتش در قلمرو سرزمین‌های خشک، نیمه‌خشک تا خشک نیمه مرطوب و با توجه به رشد یک درصدی میزان سالیانه بیابان‌زایی، در برابر شیوه‌های نامناسب بهره‌برداری، از زیست‌بومی شکننده و بسیار حساس برخوردار است (۵، ۶). لذا تسریع روند بیابان‌زایی و تخریب آشیان‌های اکولوژیک اکوسیستم‌های طبیعی به عنوان یکی از دغدغه‌های اساسی مدیران و برنامه‌ریزان عرصه‌های منابع طبیعی کشور در دهه اخیر مطرح گردیده است (۷) که برون رفت از این چالش نیازمند استفاده از روش‌های مبتنی بر طبیعت، در راستای افزایش پایداری حوضه‌های آبریز، به عنوان راه‌حل‌های طولانی مدت و مقرون به صرفه، می‌باشد (۸). مسائل تصمیم‌گیری مدیریت مناطق بیابانی به دلیل وجود معیارها و شاخص‌های متعدد، مسائل پیچیده‌ای هستند و برای دستیابی به یک هدف مشخص راه‌حل‌های متعددی وجود دارد، که هر یک، ارجحیت‌های مختلفی را برای مسائل مختلف محیط‌زیستی، اجتماعی، سیاسی، اقتصادی و سازمانی تأمین می‌نمایند. ارزیابی دقیق راهبردها و انتخاب راهبردهای بهینه عامل موثری در افزایش کارایی طرح‌های بیابان‌زدایی در دستیابی به هدف می‌باشد، در غیر این صورت تلف شدن منابع همچون زمان، انرژی و سایر نهاده‌ها تاثیر جدی و مخربی بر حصول نتایج خواهد داشت (۹) لذا در کنوانسیون ملل متحد برای مبارزه با بیابان‌زایی، بر رویکردهای مشارکتی و گفتگوی بین دیدگاه‌های مختلف به منظور دستیابی به راهبردهای بومی (محلی) و استفاده مناسب‌تر

و کارآمدتر از منابع تاکید شده است (۱۰، ۱۱). این کنوانسیون تاکید می‌کند که برنامه مقابله با بیابان‌زایی می‌باید در چارچوب توسعه پایدار و متناسب با راهبردها و برنامه ملی کشورها تهیه و اجرا شود (۱۲، ۱۳)، بنابراین، این الزامات موجب استفاده از روش‌های تصمیم‌گیری چند شاخصه^۱ می‌شود که هدف آن انتخاب بهترین جواب از بین راه‌حل‌های مختلف از دیدگاه خبرگان است (۱۴). از طرف دیگر از آنجا که در ماهیت اکوسیستم‌های طبیعی، مرزهای مشخص و قراردادی وجود ندارد؛ بنابراین، همیشه در ارزیابی پدیده‌هایی از قبیل بیابان‌زایی با سطحی از فقدان قطعیت روبرو هستیم (۱۵). شاخص‌های بیابان‌زایی از قبیل شوری آب و خاک، تخریب خاک و پوشش گیاهی، نسبت جذب سدیمی و غیره همگی ماهیت غیرقطعی دارند؛ از رفتار سیستم‌های فازی تبعیت می‌کنند و آنچه در ارزیابی این پدیده‌ها مهم به نظر می‌رسد، امتیازدهی صحیح شاخص‌ها به منظور دستیابی به نتایج قابل استناد است (۱۶). بنابراین اعداد فازی در قالب روش‌های تصمیم‌گیری چند شاخصه قادر است مرزهای مبهم و نامشخص در شاخص‌های بیابان‌زایی و فقدان قطعیت داده‌های ورودی را همانند آنچه در واقعیت هست، در نظر گیرد (۱۷) تا نتایج حاصله منطبق با واقعیت بوده و از صرف هزینه‌های زیاد احیاء ناموفق اراضی بیابانی جلوگیری و یا با درجه خطر کمتری نسبت به احیاء اقدام نمود.

با مطالعه منابع تحقیقاتی مشاهده شد، مطالعات جامعی که با بکارگیری مدل‌های تصمیم‌گیری و با در نظر گرفتن مجموعه معیارها و عوامل مؤثر در فرایند مقابله با بیابان‌زایی به منظور انتخاب راهبردهای بهینه شکل گرفته باشد، تنها به کارهای گرایو و همکاران (۱۸)، سپهر و پرویان (۱۹)، حیدری و باقرزاده (۲۰)، صادقی‌روش (۲۱)، ۷، ۲۲، ۲۳، ۲۴ و صادقی‌روش و خسروی (۲۵، ۲۶)، محدود می‌شود. بنابراین با توجه به محدودیت مطالعات به انجام رسیده در رابطه با کاربرد مدل‌های تصمیم‌گیری چند معیاره فازی در تحلیل راهبردهای مقابله با بیابان‌زایی که تنها به کارهای صادقی‌روش (۲۷)، صادقی‌روش و

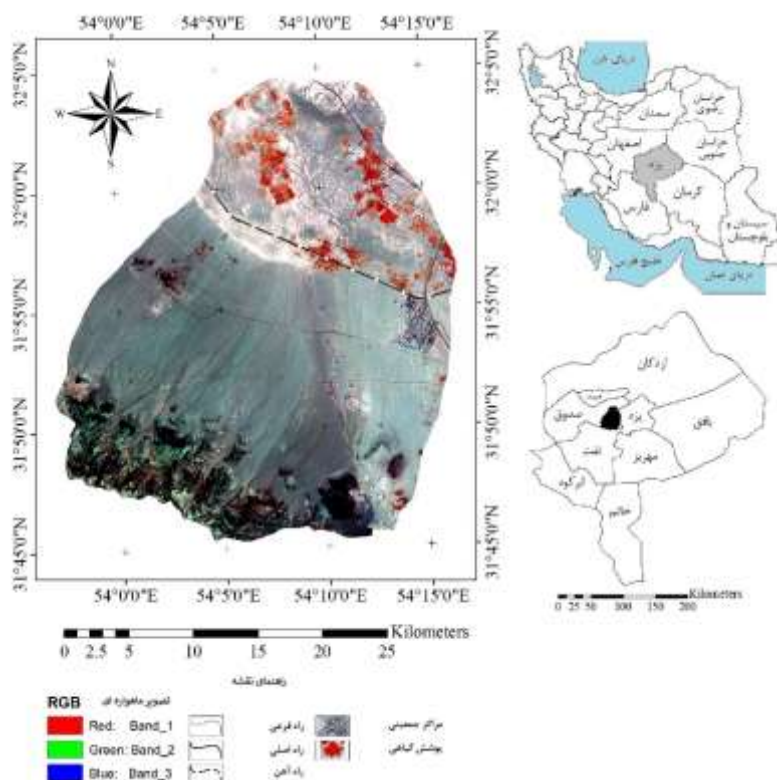
مدل مناسب با رویکرد تحلیل چند بعدی ترجیحات مدنظر تصمیم‌گیران و راستی آزمایی این مدل در عرصه، برای ارزیابی راهبردهای مقابله با بیابان‌زایی است؛ به صورتی که بتواند فرآیند انجام این ارزیابی را به صورت جامع، بومی، کمی و انعطاف پذیر و با ساختار سلسله مراتبی ارائه دهد.

مواد و روش‌ها

منطقه مورد مطالعه

زیرحوضه یزد- خضرآباد بخشی از حوضه آبخیز بزرگ یزد-اردکان می‌باشد که با وسعتی معادل ۷۸۱۸۰ هکتار در ۱۰ کیلومتری غرب شهر یزد در موقعیت جغرافیایی ۵۳ درجه و ۵۵ دقیقه تا ۵۴ درجه و ۲۰ دقیقه طول شرقی و ۳۱ درجه و ۴۵ دقیقه تا ۳۲ درجه و ۱۵ دقیقه عرض شمالی قرار گرفته است (شکل ۱).

خسروی (۹)، صادقی روش و طهمورث (۲۸) و صادقی روش و همکاران (۲۹) محدود می‌شود، لزوم پرداختن به روش‌هایی که بتواند راه‌حل‌های بهینه را بر مبنای منطق و اصول قوی و مبانی نظری مستدل در چارچوب منطق فازی ارائه دهد، در حوزه مدیریت مناطق بیابانی ضروری به نظر می‌رسد. از این رو فرض شد که با کمک تئوری فازی و تلفیق آن با روش‌های حذف و انتخاب سازگار با واقعیت یا الکترا (ELECTRE) و منطق ترکیب خطی وزن‌دار (WLC)، می‌توان با اجماع نظرات گروهی در محیط فازی، از بین طیف وسیعی از راهبردهای مطرح در کنترل بیابان‌زایی، به صورت بومی، راهبردهای اولویت‌دار را تعیین کرد. این در حالی است که هیچ سابقه‌ای از کاربرد تلفیقی مدل‌های مذکور در انتخاب سیستماتیک راهبردهای بهینه در فرایند مقابله با بیابان‌زایی چه در داخل ایران و چه در خارج از ایران مشاهده نشده است؛ بنابراین هدف اصلی پژوهش حاضر، ارائه یک



شکل ۱- موقعیت زیر حوضه آبخیز یزد- خضرآباد در استان یزد و ایران

Figure 1. Location of Yazd-Khizrabad sub-catchment in Yazd Province, Iran

مجموع موزون ساده^۴ یا SAW نیز شناخته می‌شود، دارای رویکرد امتیازی^۵ است، به این معنی که با توجه به داده‌های ورودی، امتیازی مبنی بر یک تابع مطلوبیت به هر گزینه نسبت می‌دهد که برآوردی از مجموع ارزش آن گزینه با در نظر گرفتن تمامی شاخص‌ها می‌باشد، این تکنیک از قابل فهم‌ترین تکنیک‌های تصمیم‌گیری چند شاخصه است که محاسبات آن سهل است بنابراین در عمل در حوزه‌های مختلف علوم از آن بسیار استفاده شده است (۳۶) همچنین از آنجا که در ماهیت اکوسیستم‌های طبیعی، مرزهای مشخص و قراردادی وجود ندارد؛ از این‌رو همواره در مدل‌سازی پدیده‌هایی از قبیل بیابان‌زایی با سطحی از عدم قطعیت روبرو هستیم، در چنین مواردی بهتر است به منظور دستیابی به ماتریس ارزشیابی از اعداد فازی استفاده کرد، لذا در این پژوهش با کمک تئوری فازی و تلفیق آن با روش تصمیم‌گیری چند شاخصه Electre و WLC، اقدام به ارزیابی راهبردهای مقابله با بیابان‌زایی شد.

این پژوهش با استفاده از روش پیمایشی انجام گرفته که در آن تعداد تصمیم‌گیرندگان، ۲۵ نفر از کارشناسان مقابله با بیابان‌زایی آشنا به منطقه مطالعاتی از مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی سازمان جهاد کشاورزی استان یزد، ایستگاه تحقیقات بیابان‌زدایی شهید صدوقی اشکذر، مدیریت جهاد کشاورزی شهرستان اشکذر و پژوهشکده مناطق خشک و بیابانی دانشگاه یزد، به‌عنوان جامعه آماری انتخاب شدند. ابزار پژوهش، پرسشنامه بوده است و برای تجزیه و تحلیل داده‌ها از برنامه‌های نرم‌افزاری اکسپرت چویس و اکسل استفاده شد.

به‌طور خلاصه مراحل به‌کارگیری تکنیک الکترا و وی ال سی فازی به ترتیب ذیل است (شکل ۲) (۳۶، ۳۷، ۳۸).

انتخاب معیارها و راهبردهای موثر

در پژوهش حاضر به‌منظور شناخت معیارها و راهبردهای مهم و اولویت‌دار از نظر گروه، در ابتدا با مطالعات کتابخانه‌ای و میدانی

قسمت اعظم منطقه را اراضی پست متشکل از سازند قدیمی کهر تا رسوبات جوان کواترن با شیب متوسط ۹/۴۱ درصد تشکیل می‌دهد (۳۰). منابع خاک منطقه عمدتاً در رده خاک‌های نارس بیابانی یا آنتی‌سول^۱ و زیر رده اورنتز^۲ می‌باشد که دارای رژیم حرارتی ترمیک و رژیم رطوبتی آریدیک و به شدت تحت تأثیر فرایند فرسایش آبی و بادی و تخریب قرار دارد (۳۱). از نظر اقلیمی با میانگین دمای متوسط ماهانه ۱۵/۷۲ درجه سانتیگراد و میانگین بارندگی سالانه ۱۲۱ میلیمتر، بر مبنای روش دومانن اصلاح شده اقلیم منطقه در شرایط خشک و سرد بیابانی طبقه‌بندی می‌شود. حدود ۱۲۹۳۰ هکتار از اراضی منطقه را پهنه‌های ماسه‌ای شکل داده که ارگ^۳ بزرگ اشکذر با وسعتی معادل ۸۹۲۳ هکتار در شمال منطقه با انواع رخساره‌های تخریبی و فرسایشی به چشم می‌خورد که نشان دهنده وضعیت کاملاً خاص از نظرگاه بیابان‌زایی در منطقه و بیان‌کننده لزوم پرداختن به راه‌حل‌های مقابله با بیابان‌زایی در این حوزه است (۳۲).

روش بررسی

پژوهش حاضر بر مبنای روش‌های حذف و انتخاب سازگار با واقعیت یا الکترا و منطق ترکیب خطی وزن دار با رویکرد محاسبات فازی انجام شد. روش الکترا اولین بار در سال ۱۹۶۶ توسط ساسمن، روی و بنایون ارائه شد (۳۳) این روش از مهمترین فنون جبرانی، بر مبنای مفهوم غیر رتبه‌ای می‌باشد به این معنی که در این روش، گزینه‌های رقیب با استفاده از مقایسه‌های غیر رتبه‌ای ارزیابی می‌شوند (۳۴). از آنجا که در انجام اولویت‌بندی بر مبنای این روش تنها اولویت نسبی راهبردها برآورد شود و همچنین ممکن است اولویت تعدادی از راهبردها یکسان برآورد شود، در این صورت در ادامه، به منظور ارزیابی کمی ارجحیت این راهبردها از مدل امتیازی WLC استفاده شد. این روش اولین بار توسط هوانگ و یون (۳۵) ارائه شد. تکنیک WLC یا ترکیب خطی وزن دار که گاهی با نام روش

- 4- Simple Additive Weighting
- 5- Scoring Approach
- 6- Expert Choice
- 7- Excel

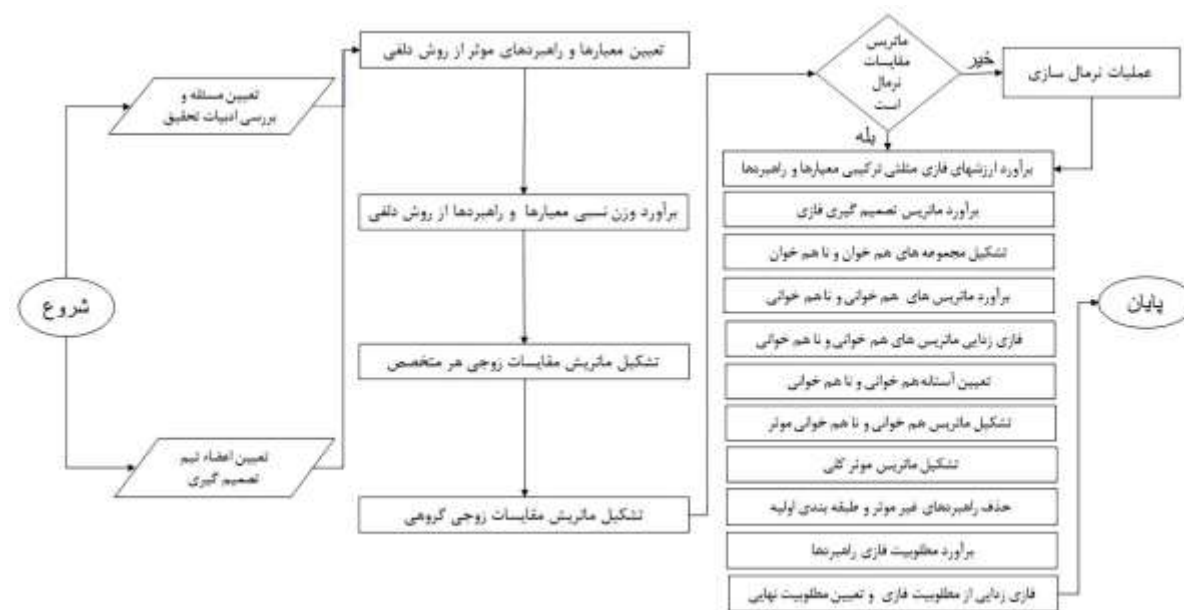
- 1-Entisols
- 2- Orthents
- 3- Erg

راهبردهای باقی مانده به عنوان معیارها و راهبردهای مؤثر، به منظور تعیین رتبه نهایی راهبردها در مدل الکترای فازی مدنظر قرار گرفت (۴۰، ۴۱).

$$\bar{a}_{ij} = (\pi_{k=1}^N a_{ij}^k)^{\frac{1}{N}} \quad (۱)$$

$\bar{a}_{ij}^{(k)}$: مؤلفه مربوط به شخص k ام برای ترجیح عنصر λ ام نسبت به عنصر λ ام، $\bar{a}_{ij}$: میانگین هندسی مقایسات زوجی کارشناسان.

لیست اولیه‌ای از معیارها و راهبردهای مقابله با بیابان‌زایی مشخص شد، سپس به منظور دستیابی به اجماع گروهی از روش دلفی استفاده شد (۳۹) و با تهیه دو نوع پرسشنامه ارجحیت معیارها و اولویت راهبردها، از متخصصان آشنا به منطقه مطالعاتی خواسته شد که هر نوع پرسشنامه را با دو تکرار، در دامنه صفر تا نه امتیازدهی کنند، سپس با به دست آوردن میانگین هندسی پاسخها، رابطه (۱)، اقدام به برآورد امتیازات نهایی هر گزینه شد. در ادامه مواردی که دارای امتیازات کمتر از هفت بودند، حذف و معیارها و



شکل ۲- نمودار جریان روش الکترا و وی ال سی به منظور ارزیابی راهبردهای بیابان‌زدایی

Figure 2. Flow diagram for fuzzy Electre and WLC method of combat desertification alternative assessment

برآورد ارزش‌های فازی مثلثی ترکیبی راهبردها

پس از مشخص شدن راهبردهای مؤثر به منظور دستیابی به وزن نسبی، پرسشنامه دوم تحت عنوان پرسشنامه مقایسات زوجی شکل گرفت و عناصر تصمیم در هر سطح بر اساس میزان اولویت آنها در ارتباط با معیارهای و زیرمعیارهای کنترلی سطوح دیگر دو به دو با اعداد مثلثی فازی (روابط ۲ و ۳ و شکل ۳) مورد مقایسات زوجی قرار گرفت. بدین ترتیب ماتریس مقایسات زوجی فازی هر متخصص در زمینه اولویت راهبردها به دست آمد (۱۶، ۴۲).

$$\tilde{a}_{ij}^t = (l_{ij}^t, m_{ij}^t, u_{ij}^t), i, j = 1, 2, \dots, n_k, t = 1, 2, \dots \quad (۲)$$

در پژوهش حاضر در طراحی پرسشنامه، روایی صوری با بهره‌مندی از نظر خبرگان علمی و کارشناسان در طراحی پرسشنامه حاصل شد. از سوی دیگر به منظور اطمینان از پایایی سؤالات پرسشنامه از روش آلفای کرونباخ استفاده شد و ضریب ۰/۸۹۲ برای پرسشنامه ارجحیت معیارها و ضریب ۰/۹۳۹ برای پرسشنامه اولویت راهبردها برآورد شد که نشانگر پایایی بالا در طراحی هر دو پرسشنامه بود.

$$\tilde{a}_{ji}^t = \left(\frac{1}{u_{ij}^t, m_{ij}^t, l_{ij}^t} \right), i, j = 1, 2, \dots, n_k, t = 1, 2, \dots \quad (3)$$

در این رابطه:

$\tilde{a}_{ij}^t$ = مؤلفه فازی مربوط به شخص t ام برای مقایسه زوجی اولویت

راهبرد یا معیار t ام نسبت به t ام است.

$\tilde{a}_{ji}^t$ = مؤلفه فازی مربوط به شخص t ام برای مقایسه زوجی اولویت

راهبرد یا معیار t ام نسبت به t ام است.

l_{ij}^t = عدد کمینه فازی شخص t ام در مقایسه زوجی اولویت راهبرد یا

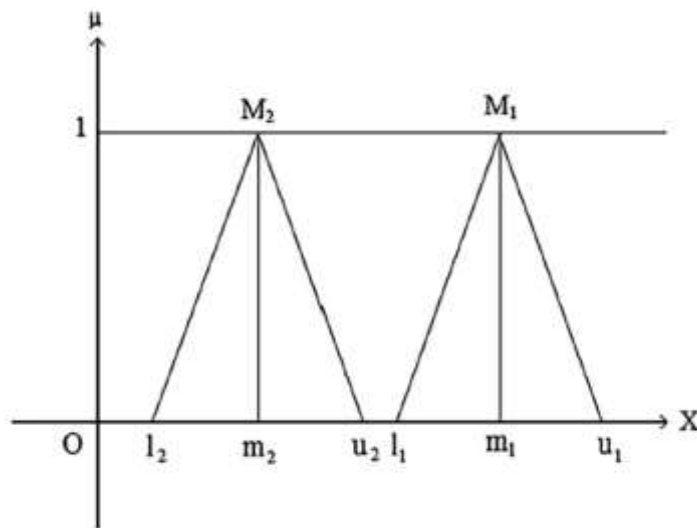
معیار t ام نسبت به t ام است.

m_{ij}^t = عدد محتمل فازی شخص t ام در مقایسه زوجی اولویت راهبرد

یا معیار t ام نسبت به t ام است.

u_{ij}^t = عدد بیشینه فازی شخص t ام در مقایسه زوجی اولویت راهبرد

یا معیار t ام نسبت به t ام است.



شکل ۳- نمایش دو عدد فازی مثلثی

Figure 3. Display of two triangular fuzzy number

مثلثی ترکیبی (STFN)، از میانگین سطری مولفه‌های بی‌بعد شده راهبردها برآورد شد (رابطه ۶).

$$\tilde{r}_{ij} = \frac{\tilde{A}_{ij}}{\sum_{i=1}^m \tilde{A}_{ij}} \quad (5)$$

$$\tilde{R}_i = \frac{\sum_{i=1}^m \tilde{r}_i^k}{N} \quad (6)$$

برآورد ارزش های فازی مثلثی ترکیبی معیارها

در این بخش نیز همانند آنچه در برآورد وزن نسبی راهبردها بیان شد، ابتدا پس از دستیابی به اوزان نسبی معیارها از روش دلفی فازی (روابط ۷ و ۸)، اقدام به تلفیق ماتریس مقایسات زوجی فازی هر متخصص و تشکیل ماتریس میانگین گروهی معیارها شد (رابطه ۹).

سپس اقدام به تلفیق ماتریس مقایسات زوجی فازی هر متخصص از رابطه ۴ و تشکیل ماتریس میانگین گروهی راهبردها شد.

$$\tilde{A}_{ij} = \frac{1}{T} (\tilde{a}_{ij}^1 + \tilde{a}_{ij}^2 + \dots + \tilde{a}_{ij}^T) \quad (4)$$

در این رابطه، $\tilde{A}_{ij}$ = مؤلفه فازی گروهی مربوط برای مقایسه زوجی اولویت گزینه t ام نسبت به t ام است.

$\tilde{a}_{ij}^T$ = مؤلفه فازی مربوط به شخص t ام برای مقایسه زوجی اولویت راهبرد t ام نسبت به t ام است.

T = تعداد اعداد فازی مثلثی ارائه شده توسط پرسش شوندگان در مقایسات زوجی راهبردها.

در ادامه به منظور بی‌بعد سازی ماتریس میانگین مقایسات زوجی فازی اولویت راهبردها از روش نسبی و با تقسیم درایه‌های ستون هر ماتریس بر مجموع ستون، استفاده شد (رابطه ۵) و ارزش های فازی

$$\tilde{c}_{ij}^t = (l_j^t, m_j^t, u_j^t), i, j = 1, 2, \dots, n_k, \quad t = 1, 2, \dots \quad (7)$$

$$\tilde{c}_{ji}^t = \left(\frac{1}{u_j^t, m_j^t, l_j^t} \right), i, j = 1, 2, \dots, n_k, \quad t = 1, 2, \dots \quad (8)$$

$$\tilde{C}_{ij} = \frac{1}{T} (\tilde{c}_{ij}^1 + \tilde{c}_{ij}^2 + \dots + \tilde{c}_{ij}^T) \quad (9)$$

ساعتی برای محاسبه پایایی پرسشنامه مقایسات زوجی ضربی به نام نرخ ناسازگاری^۱ را پیشنهاد می‌کند که از تقسیم شاخص سازگاری^۲ به شاخص تصادفی^۳ بودن حاصل می‌شود. نرخ ناسازگاری برای هر ماتریس مقایسه زوجی محاسبه و ارائه می‌شود که اگر از ۰/۱ فراتر رود آن قضاوت ناسازگار است و در نحوه قضاوت باید تجدیدنظر شود (۴۳).

در پژوهش حاضر نرخ ناسازگاری برای تمامی ماتریس‌های مقایسات زوجی مابین ۰/۱ تا ۰/۴ برآورد شد که کمتر از ۰/۱ قابل قبول ساعتی است و نشان داد که قضاوت‌های انجام شده از پایایی مناسبی برخوردار است. روایی پرسشنامه از یک جهت، نوعی اعتبار منطقی یا محتوایی است که به روش به کار گرفته شده برمی‌گردد. در روش مقایسه زوجی، تمام عوامل با هم سنجیده می‌شوند. این عمل خود تمام احتمالات مرتبط را در رابطه با در نظر گرفته نشدن یک معیار یا سؤال از بین می‌برد. از سوی دیگر در روش تصمیم‌گیری الکترا و ساو فازی از آنجا که معیارها و راهبردهای مورد مقایسه زوجی از نتایج حاصل از پرسشنامه اول حاصل شده‌اند، لذا ارزیابی روایی در این مورد موضوعیتی پیدا نمی‌کند.

تشکیل ماتریس تصمیم‌گیری فازی بی‌بعد شده

در ادامه پس از برآورد ارزش‌های فازی ترکیبی راهبردها در رابطه با هر معیار و معیارها در ارتباط با هدف مطالعاتی و بر مبنای شکل کلی ماتریس تصمیم‌گیری در مدل‌های تصمیم‌گیری چند شاخصه^۵ ماتریس تصمیم‌گیری فازی به دست آمد (جدول ۱).

در این رابطه، $\tilde{C}_{ij}$ = مؤلفه فازی گروهی برای مقایسه زوجی اولویت معیار λ ام نسبت به λ ام است.

$\tilde{C}_{ij}^T$ = مؤلفه فازی مربوط به شخص λ ام برای مقایسه زوجی ارجحیت معیار λ ام نسبت به λ ام است.

T = تعداد اعداد فازی مثلثی ارائه شده توسط پرسش‌شوندگان در مقایسات زوجی معیارها.

سپس ماتریس مقایسات زوجی از روش نسبی نرمال شد (رابطه ۱۰) و ارزش‌های فازی مثلثی ترکیبی از میانگین سطری مولفه‌های نرمال شده معیارها برآورد شد (رابطه ۱۱)

$$\tilde{w}_{ij} = \frac{\tilde{C}_{ij}}{\sum_{i=1}^m \tilde{C}_{ij}} \quad (10)$$

$$\tilde{W}_i = \frac{\sum_{i=1}^m \tilde{w}_i^k}{N} \quad (11)$$

نکته مهم در قضاوت‌ها و مقایسه‌های زوجی در چارچوب پرسشنامه مقایسات زوجی، سنجش پایایی می‌باشد زیرا افراد ممکن است در قضاوت‌های خود به صورت ضد و نقیض عمل کنند. از آنجا که در تحقیق حاضر تمام گزینه‌ها به صورت دوجه دو باهم سنجیده شده‌اند، پایایی در این پژوهش تنها نشان می‌دهد که کدام گزینه از دیگران ارجح‌تر است، زیرا ضریب بالا زمانی حاصل می‌شود که مخاطبان به اجماع در مقایسه دوجه دو، به برتری یک گزینه نظر داده باشند و از آنجا که این عمل را مدل طراحی شده الکترا به گونه‌ای بهتر به انجام می‌رساند پس ضرورتی برای سنجش و محاسبه ضریب پایایی مشاهده نمی‌شود. از طرفی

4- Fuzzy Decision Matrix(FDM)

5- Multi Attribute Decision Making (MADM)

1- Inconsistency Ratio (IR)

2- Consistency Index (CI)

3- Random Inconsistency Index (R II)

جدول ۱- ماتریس تصمیم‌گیری فازی (FDM)

Table 1-Fuzzy Decision Matrix (FDM)

A_i^k	Criterion			
	C_1	C_2	...	C_N
	$\tilde{W}_1$	$\tilde{W}_2$	...	$\tilde{W}_N$
A^1	$\tilde{R}_{11}$	$\tilde{R}_{12}$	...	$\tilde{R}_{1N}$
A^2	$\tilde{R}_{21}$	$\tilde{R}_{22}$	...	$\tilde{R}_{2N}$
$\vdots$	$\vdots$	$\vdots$	$\vdots$	$\vdots$
A^k	$\tilde{R}_{M1}$	$\tilde{R}_{M2}$	...	$\tilde{R}_{MN}$

مطلوبیت بیشتری داشته باشد، مجموعه ناهماهنگ ($J_{l,h}^-$) نیز شامل معیارهایی است که در آن‌ها راهبرد A_l بر راهبرد A_h به ازای آن‌ها مطلوبیت کمتری داشته باشد. از آنجا که در اعداد فازی مثلی که در برآورد وزن نسبی معیارها و راهبردها در این پژوهش مورد استفاده قرار گرفت، سه عدد بیشینه، محتمل و کمینه وجود دارد، لذا، سه مجموعه هم‌خوانی و سه مجموعه ناهم‌خوانی ایجاد شد، به این صورت که حدود پایین، وسط و بالای اعداد فازی موجود در ماتریس تصمیم نرمال شده موزون ($\tilde{T}_{ij}$) به صورت جداگانه با یکدیگر مقایسه شدند. در این رابطه اگر درایه‌های ماتریس موزون تصمیم‌سازی فازی را به صورت $\tilde{T}_{ij} = (\tilde{T}_{ij1}, \tilde{T}_{ij2}, \tilde{T}_{ij3})$ در نظر بگیریم، مجموعه هم‌خوانی و ناهم‌خوانی زوج راهبرد (A_l, A_h) از رابطه‌های ۱۳ و ۱۴، برآورد می‌شود.

$$J_{l,h1}^+ = \{X_j | \tilde{T}_{lj1} \geq \tilde{T}_{hj1}\}, J_{l,h2}^+ = \{X_j | \tilde{T}_{lj2} \geq \tilde{T}_{hj2}\}, J_{l,h3}^+ = \{X_j | \tilde{T}_{lj3} \geq \tilde{T}_{hj3}\} \quad (13)$$

$$J_{l,h1}^- = \{X_j | \tilde{T}_{lj1} < \tilde{T}_{hj1}\}, J_{l,h2}^- = \{X_j | \tilde{T}_{lj2} < \tilde{T}_{hj2}\}, J_{l,h3}^- = \{X_j | \tilde{T}_{lj3} < \tilde{T}_{hj3}\} \quad (14)$$

محاسبه ماتریس‌های هم‌خوانی و ناهم‌خوان

سایر عناصر این ماتریس‌ها نیز از رابطه‌های ۱۵ و ۱۶ حاصل شد.

تشکیل ماتریس تصمیم‌گیری فازی موزون^۱

این ماتریس به کمک رابطه ۱۲ از ضرب وزن مرکب هر راهبرد در وزن مرکب شاخص متناظر با آن تشکیل شد.

$$\tilde{T}_{ij} = \tilde{R}_{ij} \times \tilde{W}_j \quad (12)$$

در این رابطه:

$\tilde{T}_{ij}$: مقدار وزنی موزون فازی که هر راهبرد با توجه به معیار مربوطه کسب می‌کند.

$\tilde{R}_{ij}$: مقدار وزنی فازی که هر راهبرد با توجه به شاخص مربوطه کسب می‌کند.

$\tilde{W}_j$: مقدار وزنی فازی (عددی) شاخص مربوطه.

مشخص نمودن مجموعه‌های هم‌خوانی^۲ و ناهم‌خوانی^۲

برای هر زوج از راهبردها

مجموعه هم‌خوانی ($J_{l,h}^+$) از راهبردهای l و h مشتمل بر کلیه معیارهایی خواهد بود که راهبرد A_l بر راهبرد A_h به ازای آن‌ها

در قالب اعداد مثلی فازی برای هر زوج راهبرد (A_l, A_h) سه ماتریس، هم‌خوانی و ناهم‌خوانی شکل گرفت. این ماتریس‌ها، ماتریس مربع $m \times m$ هستند که قطر آن‌ها فاقد عنصر می‌باشد.

$$C_{l,h1} = \frac{\sum_{j \in J_{l,h1}^+} \tilde{w}_{j1}}{\sum_{j \in J} \tilde{w}_{j1}}, \quad C_{l,h2} = \frac{\sum_{j \in J_{l,h1}^+} \tilde{w}_{j2}}{\sum_{j \in J} \tilde{w}_{j2}}, \quad C_{l,h3} = \frac{\sum_{j \in J_{l,h1}^+} \tilde{w}_{j3}}{\sum_{j \in J} \tilde{w}_{j3}} \quad (15)$$

$$D_{l,h1} = \frac{\max_{j \in J_{l,h1}^-} |\tilde{T}_{lj1} - \tilde{T}_{hj1}|}{\max_{j \in J} |\tilde{T}_{lj1} - \tilde{T}_{hj1}|}, \quad D_{l,h2} = \frac{\max_{j \in J_{l,h2}^-} |\tilde{T}_{lj2} - \tilde{T}_{hj2}|}{\max_{j \in J} |\tilde{T}_{lj2} - \tilde{T}_{hj2}|}, \quad D_{l,h3} = \frac{\max_{j \in J_{l,h3}^-} |\tilde{T}_{lj3} - \tilde{T}_{hj3}|}{\max_{j \in J} |\tilde{T}_{lj3} - \tilde{T}_{hj3}|} \quad (16)$$

اینصورت برابر با صفر قرار داده شدند (روابط ۲۱ و ۲۲). به عبارت دیگر:

$$E_{l,h} = 1 \quad \text{if} \quad C_{l,h}^* \geq \bar{C}_{l,h} \quad (21)$$

$$E_{l,h} = 0 \quad \text{if} \quad C_{l,h}^* < \bar{C}_{l,h} \quad (22)$$

همچنین یک ماتریس بولین F تحت عنوان "ماتریس ناهمخوانی مؤثر" تشکیل شد. در این ماتریس نیز درایه‌های ماتریس ناهمخوانی فازیزدایی شده $(D_{l,h}^*)$ که کوچکتر یا مساوی آستانه ناهمخوانی $(\bar{D})$ باشند، درایه متناظر با آن‌ها در ماتریس بولین ناهمخوانی برابر با یک و در غیر اینصورت برابر با صفر قرار گرفت (روابط ۲۳ و ۲۴). به عبارت دیگر:

$$F_{l,h} = 1 \quad \text{if} \quad D_{l,h}^* \leq \bar{D}_{l,h} \quad (23)$$

$$F_{l,h} = 0 \quad \text{if} \quad D_{l,h}^* > \bar{D}_{l,h} \quad (24)$$

به این ترتیب قطر ماتریس‌های بولین E و F ، فاقد عنصر می‌باشد و هر مؤلفه در این ماتریس‌ها نشانگر یک گزینه مؤثر و مسلط بر دیگری است.

مشخص کردن ماتریس مؤثر کلی^۲

به منظور تشکیل این ماتریس، هر درایه این ماتریس از حاصل ضرب درایه‌های متناظر در ماتریس‌های همخوانی مؤثر $(E_{l,h})$ و ناهمخوانی مؤثر $(F_{l,h})$ طبق رابطه ۲۵ برآورد شد. این ماتریس نشان دهنده اولویت‌های نسبی راهبردها می‌باشد.

$$G_{l,h} = E_{l,h} \times F_{l,h} \quad (25)$$

حذف راهبردهای کم جاذبه و غیر مؤثر و طبقه‌بندی اولیه آن‌ها

ماتریس کلی G نشان دهنده ترتیب اولویت راهکارهای مختلف نسبت به یکدیگر می‌باشد. با مشاهده ستون‌های این ماتریس، راهبردهای ستون‌هایی که از مقدار کمتری عدد یک شکل گرفته

معیارهای همخوانی $(C_{l,h})$ بیان کننده اهمیت نسبی راهبرد A_l بر راهبرد A_h است و ماتریس $D_{l,h}$ نسبت عدم مطلوبیت مجموعه ناهمخوان l و h را به کل ناهمخوانی در شاخص‌ها بیان می‌کند. به عبارتی دیگر ماتریس $D_{l,h}$ بیانگر عدم مطلوبیت بر روی مجموعه ناهمخوان می‌باشد.

فازی‌زدایی ماتریس‌های همخوانی و ناهمخوانی

در ادامه به منظور امکان انجام سایر فازهای فرایند رتبه‌بندی راهبردها، ماتریس‌های همخوانی و ناهمخوانی از روابط ۱۷ و ۱۸ فازیزدایی شد و در نهایت یک ماتریس همخوانی و ناهمخوانی به دست آمد.

$$C_{l,h}^* = \sqrt[3]{C_{l,h1} \times C_{l,h2} \times C_{l,h3}} \quad (17)$$

$$D_{l,h}^* = \sqrt[3]{D_{l,h1} \times D_{l,h2} \times D_{l,h3}} \quad (18)$$

تعیین آستانه‌های همخوانی و ناهمخوانی

آستانه‌های همخوانی و ناهمخوانی از میانگین هندسی درایه‌های ماتریس‌های همخوانی و ناهمخوانی برآورد شده به دست آمد (رابطه‌های ۱۹ و ۲۰). آستانه‌های همخوانی و ناهمخوانی مقداری دلخواه مابین صفر و یک هستند.

$$\bar{C} = \frac{\sum_{h=1}^m \sum_{l=1}^m C_{l,h}^*}{m(m-1)} \quad (19)$$

$$\bar{D} = \frac{\sum_{h=1}^m \sum_{l=1}^m D_{l,h}^*}{m(m-1)} \quad (20)$$

در این رابطه m ابعاد ماتریس می‌باشد.

تعیین ماتریس‌های همخوانی مؤثر^۱ و ناهمخوانی مؤثر^۲

در ادامه ماتریس همخوانی مؤثر (E) تشکیل شد، به این صورت که چنانچه درایه‌های ماتریس همخوانی فازیزدایی شده $(C_{l,h}^*)$ بزرگتر یا مساوی آستانه همخوانی $(\bar{C})$ باشند، درایه‌های متناظر با آن‌ها در ماتریس بولین همخوانی مؤثر برابر با یک و در غیر

$$x_i = \left(\frac{l + m + u}{3} \right) \quad (27)$$

این اعداد بیانگر اولویت مطلق راهبردهای بیابان‌زدایی می‌باشند.

یافته‌ها

در فرایند ارزیابی راهبردهای مقابله با بیابان‌زایی در منطقه مطالعاتی، ابتدا به منظور شناخت معیارها و راهبردهای مهم و اولویت‌دار از نظر گروه، مطابق ادبیات تحقیق از روش دلفی و تهیه پرسشنامه استفاده شد و از میان ۱۶ معیار و ۴۰ راهبرد نهایی نظرخواهی شده به منظور مقابله با بیابان‌زایی، راهبردها و معیارهای مهم و اولویت‌دار از نظر گروه انتخاب و پرسشنامه مقایسات زوجی فازی تهیه شد (۲۶). پس از مشخص شدن معیارها و راهبردهای مهم و اولویت‌دار از نظر گروه، به منظور برآورد وزن نسبی معیارها و راهبردها برای دستیابی به هدف ارائه راهبردهای بهینه بیابان‌زدایی، ماتریس‌های میانگین مقایسات زوجی فازی گروهی، از روش دلفی فازی به دست آمد. در اینجا به منظور جلوگیری از اطاله کلام فقط ماتریس میانگین مقایسات زوجی فازی معیارها نسبت به هدف ارائه شد (جدول ۲) و سایر ماتریس‌های میانگین فازی اولویت راهبردها نسبت به هر معیار نیز همانند جدول ۲، شکل گرفت.

باشند، از اولویت بیشتری نسبت به راهبردهای دیگر برخوردارند. به این ترتیب راهبردهای اولویت‌دار انتخاب و سایر راهبردها حذف شدند. در عین حال ممکن است بر مبنای این روش تنها اولویت نسبی راهبردها برآورد شود و همچنین اولویت تعدادی از راهبردها یکسان برآورد باشد، در این صورت به منظور ارزیابی کمی ارجحیت این راهبردها از مدل امتیازی WLC با رویکرد محاسبات فازی استفاده شد (۳۶، ۴۴). به این منظور مطلوبیت فازی راهبردها از ماتریس تصمیم‌گیری حاصل شد و پس از فازی‌زدایی امتیاز نهایی اولویت راهبردها به دست آمد.

محاسبه مطلوبیت فازی راهبردها

جمع سطری ماتریس تصمیم‌نرمال شده موزون فازی (جدول ۵) از رابطه ۲۶ برابر با مطلوبیت فازی هر راهبرد به دست آمد.

$$\tilde{u}_i = \sum_{j=1}^n \tilde{T}_{ij} \quad (26)$$

فازی‌زدایی مطلوبیت فازی

به منظور فازی‌زدایی اعداد مطلوبیت فازی مثلثی حاصل شده ($\tilde{u}_i$)، از میانگین حسابی حدود پایین، وسط و بالای اعداد فازی موجود در ماتریس مطلوبیت فازی راهبردها، به منظور دستیابی به مطلوبیت نهایی راهبردها طی رابطه ۲۷ استفاده شد (۳۶).

جدول ۲ - ماتریس میانگین مقایسات زوجی فازی اهمیت معیارها نسبت به هدف "ارائه راهبردهای بهینه مقابله با

بیابان‌زایی"

Table 2. Fuzzy Pairwise comparison mean matrix of the criteria's importance to the goal of "offering optimal combat desertification alternatives"

C_{16}^5	C_7^4	C_6^3	C_5^2	C_2^1	O
۰/۲۳، ۰/۳۲، ۰/۳۸	۰/۲۷، ۰/۳، ۰/۳۳	۰/۴۱، ۰/۴۹، ۰/۶۰	۰/۶۷، ۰/۷۶، ۰/۸۹	۱، ۱، ۱	C_2
۰/۲۹، ۰/۳۳، ۰/۳۵	۰/۳۶، ۰/۳۹، ۰/۴۱	۰/۵۴، ۰/۵۷، ۰/۶۰	۱، ۱، ۱	۱/۱۲، ۱/۳۱، ۱/۵	C_5
۰/۳۵، ۰/۴۳، ۰/۵۸	۰/۳۴، ۰/۳۹، ۰/۴۶	۱، ۱، ۱	۱/۶۶، ۱/۷۴، ۱/۸۶	۲/۶۵، ۳/۰۸، ۴/۳۴	C_6
۰/۵۹، ۱/۲۴، ۱/۹۱	۱، ۱، ۱	۲/۱۷، ۲/۵۵، ۲/۹۳	۲/۴۳، ۲/۵۵، ۲/۷۸	۳/۰۵، ۳/۳۸، ۳/۷۱	C_7
۱، ۱، ۱	۰/۵۲، ۰/۸۱، ۱/۶۰	۱/۷۱، ۲/۳۳، ۲/۸۷	۲/۸۷، ۳/۰۷، ۳/۴۰	۲/۶۵، ۳/۰۸، ۴/۳۴	C_{16}
ضریب سازگاری (GR) = 0.035: C_2^1 : زمان، C_5^2 : ابزارهای علمی و تکنولوژی در دسترس، C_6^3 : منابع انسانی متخصص، C_7^4 : تناسب و سازگاری با محیط زیست (پایداری)، C_{16}^5 : تخریب منابع و خسارات محیطی و انسانی					

نرمال‌سازی ماتریس مقایسات زوجی

پس از تشکیل ماتریس مقایسات زوجی اهمیت معیارها و راهبردها، از روابط ۵ و ۱۰ اقدام به نرمال‌سازی مولفه‌های ماتریس‌ها شد (جدول ۳).

جدول ۳- ماتریس میانگین نرمال شده مقایسات زوجی فازی اهمیت معیارها نسبت به هدف "ارائه راهبردهای بهینه مقابله با بیابانزایی"

Table 3. Fuzzy Pairwise comparison normalized mean matrix of the criteria's importance to the goal of "offering optimal combat desertification alternatives"

عدد ترکیبی معیارها ($\tilde{W}_i$)	C_{16}	...	C_5	C_2	O
۰/۰۸۹، ۰/۰۸۸، ۰/۰۸۲	۰/۰۹۳، ۰/۰۹۶، ۰/۰۹۰	...	۰/۰۷۸، ۰/۰۸۳، ۰/۰۹۰	۰/۰۹۵، ۰/۰۸۴، ۰/۰۶۷	C_2
۰/۱۱۶، ۰/۱۰۷، ۰/۰۹۳	۰/۱۱۸، ۰/۰۹۹، ۰/۰۸۳	...	۰/۱۱۶، ۰/۱۱۰، ۰/۱۰۱	۰/۱۱۶، ۰/۱۱۰، ۰/۱۰۱	C_5
۰/۱۷۹، ۰/۱۷۲، ۰/۱۷۲	۰/۱۴۲، ۰/۱۲۹، ۰/۱۳۷	...	۰/۱۹۲، ۰/۱۹۱، ۰/۱۸۷	۰/۲۵۳، ۰/۲۶۰، ۰/۲۹۱	C_6
۰/۳۱۷، ۰/۳۳۰، ۰/۳۲۲	۰/۲۴۰، ۰/۳۷۳، ۰/۴۵۳	...	۰/۲۸۲، ۰/۲۸۰، ۰/۲۸۰	۰/۲۹۱، ۰/۲۸۵، ۰/۲۴۹	C_7
۰/۲۹۹، ۰/۳۰۳، ۰/۳۳۰	۰/۴۰۶، ۰/۳۰۱، ۰/۲۳۷	...	۰/۳۳۳، ۰/۳۳۷، ۰/۳۴۲	۰/۲۵۳، ۰/۲۶۰، ۰/۲۹۱	C_{16}

محاسبه اعداد فازی مثلثی ترکیبی

پس از تشکیل ماتریس بی بعد شده اعداد فازی مثلثی مقایسات زوجی، اعداد ترکیبی که خود یک عدد فازی مثلثی است از روابط ۶ و ۱۱ برآورد شد (جدول ۴).

تشکیل ماتریس تصمیم‌گیری فازی

در ادامه به منظور اولویت‌بندی راهبردهای مقابله با بیابانزایی در منطقه مطالعاتی، بر مبنای شکل کلی ماتریس تصمیم‌گیری (جدول ۱)، اقدام به تشکیل ماتریس تصمیم‌گیری فازی با استفاده از اعداد ترکیبی معیارها و راهبردها شد (جدول ۴).

جدول ۴- ماتریس تصمیم‌گیری فازی راهبردهای بهینه مقابله با بیابانزایی

Table 4. Fuzzy decision matrix of optimal combat desertification alternatives

C_{16}	...	C_5	C_2	اهمیت معیارها (C) اولویت راهبردها (A)
۰/۲۹۹، ۰/۳۰۳، ۰/۳۳۰	...	۰/۱۱۶، ۰/۱۰۷، ۰/۰۹۳	۰/۰۸۹، ۰/۰۸۸، ۰/۰۸۲	A_{18}^1
۰/۲۳۵، ۰/۲۴۰، ۰/۲۲۱	...	۰/۱۵۲، ۰/۱۶۵، ۰/۱۵۳	۰/۲۰۴، ۰/۱۹۶، ۰/۱۸۴	A_{20}^2
۰/۲۰۵، ۰/۲۱۸، ۰/۲۸۱	...	۰/۱۷۵، ۰/۱۷۶، ۰/۱۹۶	۰/۲۰۱، ۰/۲۲۳، ۰/۲۵۸	A_{23}^3
۰/۱۷۳، ۰/۱۸۰، ۰/۱۶۰	...	۰/۲۵۰، ۰/۲۳۹، ۰/۲۲۰	۰/۲۶۳، ۰/۲۵۱، ۰/۲۲۸	A_{31}^4
۰/۲۲۰، ۰/۲۱۰، ۰/۲۱۰	...	۰/۱۶۹، ۰/۱۶۳، ۰/۱۷۷	۰/۱۷۴، ۰/۱۶۸، ۰/۱۶۸	A_{33}^5
۰/۱۶۷، ۰/۱۵۲، ۰/۱۲۸	...	۰/۲۵۴، ۰/۲۵۶، ۰/۲۵۳	۰/۱۵۷، ۰/۱۶۲، ۰/۱۶۱	

A_{18}^1 : جلوگیری از تبدیل و تغییر نامناسب کاربری اراضی، A_{20}^2 : کنترل چرای دام (تعادل دام و مرتع، تناسب نوع دام، جلوگیری از چرای خارج از فصل و غیره)، A_{23}^3 : توسعه و احیای پوشش گیاهی، A_{31}^4 : تعدیل در برداشت از منابع آب زیرزمینی، A_{33}^5 : تغییر در الگوی آبیاری و اجرای روش‌های کم آبخواه

تشکیل ماتریس تصمیم‌گیری نرمالیزه موزون فازی

راهبردهای بهینه مقابله با بیابانزایی

پس از تشکیل ماتریس تصمیم‌گیری فازی راهبردهای مقابله با بیابانزایی (جدول ۴)، ماتریس فوق از رابطه ۱۲ به صورت موزون

درآمد و ماتریس تصمیم‌گیری فازی موزون شکل گرفت (جدول ۵).

جدول ۵ - ماتریس تصمیم‌گیری فازی موزون راهبردهای بهینه مقابله با بیابان‌زایی

Table 5. Harmonic fuzzy decision matrix of optimal combat desertification alternatives

C ₁₆	...	C ₅	C ₂	معیارها (C) ◀
				الویت راهبردها (A) ▼
۰/۰۷۰۳ ، ۰/۰۷۲۷ ، ۰/۰۷۲۹	...	۰/۰۱۷۶ ، ۰/۰۱۷۷ ، ۰/۰۱۴۳	۰/۰۱۸۲ ، ۰/۰۱۷۲ ، ۰/۰۱۵۱	A ₁₈
۰/۰۶۱۲ ، ۰/۰۶۶۰ ، ۰/۰۹۲۸	...	۰/۰۲۰۲ ، ۰/۰۱۸۹ ، ۰/۰۱۸۳	۰/۰۱۷۹ ، ۰/۰۱۹۶ ، ۰/۰۲۱۱	A ₂₀
۰/۰۵۱۸ ، ۰/۰۵۴۵ ، ۰/۰۵۲۸	...	۰/۰۲۸۹ ، ۰/۰۲۵۶ ، ۰/۰۲۰۶	۰/۰۲۳۴ ، ۰/۰۲۲۰ ، ۰/۰۱۸۶	A ₂₃
۰/۰۶۵۷ ، ۰/۰۶۳۵ ، ۰/۰۶۹۲	...	۰/۰۱۹۵ ، ۰/۰۱۷۵ ، ۰/۰۱۶۶	۰/۰۱۵۵ ، ۰/۰۱۴۸ ، ۰/۰۱۳۸	A ₃₁
۰/۰۴۹۹ ، ۰/۰۴۵۹ ، ۰/۰۴۲۴	...	۰/۰۲۹۳ ، ۰/۰۲۷۵ ، ۰/۰۲۳۶	۰/۰۱۴۰ ، ۰/۰۱۴۲ ، ۰/۰۱۳۱	A ₃₃

ماتریس هم‌خوانی و ناهم‌خوانی، مجموعه هم‌خوانی و ناهم‌خوانی

تشکیل ماتریس هم‌خوانی و ناهم‌خوانی راهبردهای مقابله

از روابط ۱۳ و ۱۴، برای هر زوج از راهبردها برآورد شد و

با بیابان‌زایی

مجموعه‌های مذکور مطابق جدول ۶ ارائه شد.

بعد از تشکیل ماتریس تصمیم‌گیری فازی نرمالیزه موزون

راهبردهای مقابله با بیابان‌زایی (جدول ۵)، به منظور محاسبه

جدول ۶ - مجموعه‌های هم‌خوانی و ناهم‌خوانی حدود پایین، متوسط و بالای راهبردهای مقابله با بیابان‌زایی

Table 6. The sets of Consistency and inconsistency for lower, middle and upper limits of combat desertification alternatives

	$J_{l,h1}^+$	$J_{l,h1}^-$	$J_{l,h2}^+$	$J_{l,h2}^-$	$J_{l,h3}^+$	$J_{l,h3}^-$
A ₁₈ , A ₂₀	C ₂ , C ₆ , C ₇ , C ₁₆	C ₅	C ₆ , C ₇ , C ₁₆	C ₂ , C ₅	C ₆ , C ₇	C ₂ , C ₅ , C ₁₆
A ₁₈ , A ₂₃	C ₇ , C ₁₆	C ₂ , C ₅ , C ₆	C ₇ , C ₁₆	C ₂ , C ₅ , C ₆	C ₁₆	C ₂ , C ₅ , C ₆ , C ₇
A ₁₈ , A ₃₁	C ₂ , C ₇ , C ₁₆	C ₅ , C ₆	C ₂ , C ₅ , C ₆ , C ₇	-	C ₂ , C ₆ , C ₇	C ₅
A ₁₈ , A ₃₃	C ₂ , C ₇ , C ₁₆	C ₅ , C ₆	C ₂ , C ₇ , C ₁₆	C ₅ , C ₁₆	C ₂ , C ₇ , C ₁₆	C ₅ , C ₆
A ₂₀ , A ₁₈	C ₅	C ₂ , C ₆ , C ₇	C ₂ , C ₅	C ₆ , C ₇ , C ₁₆	C ₂ , C ₅ , C ₁₆	C ₆ , C ₇
A ₂₀ , A ₂₃	C ₁₆	C ₂ , C ₅ , C ₆ , C ₇	C ₁₆	C ₂ , C ₅ , C ₆ , C ₇	C ₂ , C ₁₆	C ₅ , C ₆ , C ₇
A ₂₀ , A ₃₁	C ₂ , C ₅	C ₆ , C ₇ , C ₁₆	C ₂ , C ₅ , C ₁₆	C ₆ , C ₇	C ₅ , C ₁₆	C ₂ , C ₆ , C ₇
A ₂₀ , A ₃₃	C ₂ , C ₇ , C ₁₆	C ₅ , C ₆	C ₂ , C ₁₆	C ₅ , C ₆ , C ₇	C ₂ , C ₁₆	C ₅ , C ₆ , C ₇
A ₂₃ , A ₁₈	C ₂ , C ₅ , C ₆	C ₇ , C ₁₆	C ₂ , C ₅ , C ₆	C ₇ , C ₁₆	C ₂ , C ₅ , C ₆	C ₇ , C ₁₆
A ₂₃ , A ₂₀	C ₂ , C ₅ , C ₆ , C ₇	C ₁₆	C ₂ , C ₅ , C ₆ , C ₇	C ₁₆	C ₅ , C ₆ , C ₇	C ₂ , C ₁₆
A ₂₃ , A ₃₁	C ₂ , C ₅ , C ₆ , C ₇	C ₁₆	C ₂ , C ₅ , C ₆ , C ₇	C ₁₆	C ₅ , C ₆ , C ₇	C ₂ , C ₁₆
A ₂₃ , A ₃₃	C ₂ , C ₆ , C ₇ , C ₁₆	C ₅	C ₂ , C ₆ , C ₇ , C ₁₆	C ₅	C ₆ , C ₇ , C ₁₆	C ₂ , C ₅
A ₃₁ , A ₁₈	C ₅ , C ₆	C ₂ , C ₇ , C ₁₆	-	C ₂ , C ₅ , C ₆	C ₆	C ₂ , C ₅ , C ₇ , C ₁₆
A ₃₁ , A ₂₀	C ₆ , C ₇ , C ₁₆	C ₂ , C ₅	C ₆ , C ₇	C ₂ , C ₅ , C ₁₆	C ₆ , C ₇	C ₂ , C ₅ , C ₁₆
A ₃₁ , A ₂₃	C ₁₆	C ₂ , C ₅ , C ₆ , C ₇	-	C ₂ , C ₅ , C ₆	C ₁₆	C ₂ , C ₅ , C ₆ , C ₇
A ₃₁ , A ₃₃	C ₂ , C ₇ , C ₁₆	C ₅ , C ₆	C ₂ , C ₇ , C ₁₆	C ₅ , C ₆	C ₂ , C ₇ , C ₁₆	C ₅ , C ₆
A ₃₃ , A ₁₈	C ₅ , C ₆	C ₂ , C ₇ , C ₁₆	C ₅ , C ₆	C ₂ , C ₇ , C ₁₆	C ₅ , C ₆	C ₂ , C ₇ , C ₁₆
A ₃₃ , A ₂₀	C ₅ , C ₆	C ₂ , C ₇ , C ₁₆	C ₅ , C ₆ , C ₇	C ₂ , C ₁₆	C ₂ , C ₅ , C ₆	C ₁₆
A ₃₃ , A ₂₃	C ₅	C ₂ , C ₆ , C ₇	C ₅	C ₂ , C ₆ , C ₇	C ₅	C ₂ , C ₆ , C ₇ , C ₁₆
A ₃₃ , A ₃₁	C ₅ , C ₆	C ₂ , C ₇ , C ₁₆	C ₅ , C ₆	C ₂ , C ₇ , C ₁₆	C ₅	C ₂ , C ₆ , C ₇ , C ₁₆

مقابله با بیابان‌زایی به دست آمد. در اینجا برای مثال درایه هم-

سپس با استفاده از روابط ۱۵ و ۱۶، ماتریس هم‌خوانی (جدول ۷)

خوانی حدود پایین زوج راهبردهای A₁₈ و A₂₀ ارائه می‌شود

و ناهم‌خوانی (جدول ۸) حدود پایین، متوسط و بالای راهبردهای

(رابطه ۲۸). درایه‌های هم‌خوانی سایر راهبردهای مزدوج نیز بر همین مبنا برآورد می‌شود.

$$J_{18,20,1}^+ = \{C_2, C_6, C_7, C_{16}\} \rightarrow C_{18,20,1} = \frac{W_{2,1} + W_{6,1} + W_{7,1} + W_{16,1}}{W_{2,1} + W_{5,1} + W_{6,1} + W_{7,1} + W_{16,1}} \quad (28)$$

$$= \frac{0.0891 + 0.1792 + 0.3174 + 0.2988}{0.0891 + 0.1156 + 0.1792 + 0.3174 + 0.2988} = \frac{0.8854}{1} = 0.8854$$

جدول ۷ - ماتریس هم‌خوانی حدود پایین راهبردهای مقابله با بیابان‌زایی

Table 7. Lower limit consistency matrix of combat desertification alternatives

A ₃₃	A ₃₁	A ₂₃	A ₂₀	A ₁₈	C ⁺ _{l,h1}
۰/۷۰۵۳	۰/۷۰۵۳	۰/۶۱۶۵	۰/۸۸۵۴	-	A ₁₈
۰/۷۰۵۳	۰/۲۰۴۷	۰/۲۹۸۸	-	۰/۱۰۷۳	A ₂₀
۰/۸۸۵۴	۰/۷۰۱۳	-	۰/۷۰۱۳	۰/۳۸۳۹	A ₂₃
۰/۷۰۵۳	-	۰/۲۹۸۹	۰/۷۹۵۴	۰/۲۹۴۸	A ₃₁
-	۰/۲۹۴۸	۰/۱۰۷۳	۰/۲۹۴۸	۰/۲۹۴۸	A ₃₃

درایه ناهم‌خوانی حدود پایین زوج راهبردهای A₁₈ و A₂₀ نیز از رابطه ۱۶ برآورد شد (رابطه ۲۹). بنابراین درایه‌های ناهم‌خوانی سایر راهبردهای مزدوج نیز بر همین مبنا برآورد شد.

$$J_{18,20,1}^- = \{C_5\} \rightarrow D_{18,20,1}$$

$$= \frac{\max|\tilde{T}_{18,1,1} - \tilde{T}_{20,1,1}|}{\max|\tilde{T}_{18,1,1} - \tilde{T}_{20,1,1}|, |\tilde{T}_{18,2,1} - \tilde{T}_{20,2,1}|, |\tilde{T}_{18,3,1} - \tilde{T}_{20,3,1}|, |\tilde{T}_{18,4,1} - \tilde{T}_{20,4,1}|, |\tilde{T}_{18,5,1} - \tilde{T}_{20,5,1}|} \quad (29)$$

$$= \frac{\max|0.017613 - 0.0202|}{\max|0.018221 - 0.0179|, \dots, |0.070303 - 0.061224|} = \frac{0.002587}{0.02951} = 0.0876652$$

جدول ۸ - ماتریس ناهم‌خوانی حدود پایین راهبردهای مقابله با بیابان‌زایی

Table 8. Lower limit inconsistency matrix of combat desertification alternatives

A ₃₃	A ₃₁	A ₂₃	A ₂₀	A ₁₈	D ⁻ _{l,h1}
۰/۳۷۹۱	۰/۱۰۶۴	۰/۶۲۰۸	۰/۰۸۷۷	-	A ₁₈
۰/۸۳۲۲	۱	۱	-	۱	A ₂₀
۰/۰۲۰۹	۱	-	۰/۵۰۱۴	۱	A ₂₃
۰/۶۲۰۱	-	۰/۷۳۷۳	۰/۲۰۸۵	۱	A ₃₁
-	۱	۱	۱	۱	A ₃₃

فازی‌زدایی ماتریس‌های هم‌خوانی و ناهم‌خوانی

درایه هم‌خوانی کلی راهبردهای A₁₈ و A₂₀ ارائه شد (رابطه ۳۰). درایه‌های هم‌خوانی سایر راهبردهای مزدوج نیز بر همین مبنا برآورد شد.

در ادامه ماتریس‌های هم‌خوانی و ناهم‌خوانی از روابط ۱۷ و ۱۸ فازی‌زدایی شد و در نهایت یک ماتریس هم‌خوانی و یک ماتریس ناهم‌خوانی به دست آمد (جدول ۹ و ۱۰). در اینجا برای مثال

$$C_{18,20}^* = \sqrt[3]{C_{18,20,1} \times C_{18,20,2} \times C_{18,20,3}} = \sqrt[3]{0.8854 \times 0.8049 \times 0.5056} = \sqrt[3]{0.36032} = 0.7116 \quad (30)$$

جدول ۹- ماتریس همخوانی فازی زدایی شده راهبردهای مقابله با بیابان‌زایی

Table 9. De-fuzzified consistency matrix of combat desertification alternatives

A ₃₃	A ₃₁	A ₂₃	A ₂₀	A ₁₈	C*
۰/۷۲۳۵	۰/۸۶۴۹	۰/۵۰۵۱	۰/۷۱۱۶	-	A ₁₈
۰/۴۸۴۰	۰/۳۵۰۷	۰/۳۳۴۰	-	۰/۲۱۹۵	A ₂₀
۰/۸۷۰۶	۰/۶۶۴۱	-	۰/۶۶۴۱	۰/۳۶۵۸	A ₂₃
۰/۷۲۳۵	-	۰	۰/۵۸۶۷	۰	A ₃₁
-	۰/۱۹۷۳	۰/۱۰۲۴	۰/۴۹۶۴	۰/۲۷۹۶	A ₃₃

درایه ناهم‌خوانی کلی زوج راهبردهای A₁₈ و A₂₀ نیز از رابطه

۳۱ برآورد شد. بنابراین درایه‌های ناهم‌خوانی سایر راهبردهای

مزدوج نیز بر همین مبنای برآورد شد.

$$D_{18,20}^* = \sqrt[3]{D_{18,20,1} \times D_{18,20,2} \times D_{18,20,3}} = \sqrt[3]{0.0877 \times 0.0690 \times 0.5301} = 0.1475 \quad (31)$$

جدول ۱۰- ماتریس ناهم‌خوانی فازی زدایی شده راهبردهای مقابله با بیابان‌زایی

Table 10. De-fuzzified inconsistency matrix of combat desertification alternatives

A ₃₃	A ₃₁	A ₂₃	A ₂₀	A ₁₈	D*
۰/۳۲۰۸	۰	۰/۵۷۳۴	۰/۱۴۷۵	-	A ₁₈
۰/۴۵۰۹	۰/۹۷۸۲	۰/۸۵۲۷	-	۱	A ₂₀
۰/۰۸۳۸	۰/۹۲۶۲	-	۰/۶۳۶۰	۱	A ₂₃
۰/۴۷۶۲	-	۰/۷۲۰۷	۰/۴۴۸۲	۱	A ₃₁
-	۱	۱	۱	۱	A ₃₃

برآورد آستانه‌های هم‌خوانی و ناهم‌خوانی

آستانه‌های هم‌خوانی و ناهم‌خوانی طی رابطه‌های ۱۹ و ۲۰ از

درایه‌های ماتریس‌های هم‌خوانی و ناهم‌خوانی فازی زدایی شده به

ترتیب برابر ۰/۴۵۷۲ و ۰/۶۸۰۷ برآورد شد (روابط ۳۲ و ۳۳).

$$\bar{C} = \frac{0.7116 + 0.5051 + \dots + 0.1973}{m(m-1)} = \frac{9.1439}{20} = 0.4572 \quad (32)$$

$$\bar{D} = \frac{0.1475 + 0.5734 + \dots + 1}{m(m-1)} = \frac{13.6146}{20} = 0.6807 \quad (33)$$

تشکیل ماتریس هم‌خوانی و ناهم‌خوانی مؤثر راهبردهای
مقابلۀ با بیابان‌زایی
در این مرحله با استفاده از رابطه‌های ۲۱ الی ۲۴، ماتریس‌های
مؤثر هم‌خوانی و ناهم‌خوانی راهبردها شکل گرفت (جدول ۱۱)
و ۱۲).

جدول ۱۱- ماتریس هم‌خوانی مؤثر راهبردهای مقابلۀ با بیابان‌زایی

Table 11. Effective consistency matrix of combat desertification alternatives

A_{33}	A_{31}	A_{23}	A_{20}	A_{18}	E
۱	۱	۱	۱	-	A_{18}
۱	۰	۰	-	۰	A_{20}
۱	۱	-	۱	۰	A_{23}
۱	-	۰	۱	۰	A_{31}
-	۰	۰	۱	۰	A_{33}

جدول ۱۲- ماتریس ناهم‌خوانی مؤثر راهبردهای مقابلۀ با بیابان‌زایی

Table 12. Effective inconsistency matrix of combat desertification alternatives

A_{33}	A_{31}	A_{23}	A_{20}	A_{18}	F
۱	۱	۱	۱	-	A_{18}
۱	۰	۰	-	۰	A_{20}
۱	۰	-	۱	۰	A_{23}
۱	-	۰	۱	۰	A_{31}
-	۰	۰	۰	۰	A_{33}

محاسبه ماتریس مؤثر کلی راهبردهای مقابلۀ با بیابان‌زایی
به منظور تعیین اولویت راهبردهای مقابلۀ با بیابان‌زایی، ماتریس-
تلفیق شد و ماتریس اولویت‌بندی راهبردها شکل گرفت (جدول
۱۳).
های هم‌خوانی و ناهم‌خوانی مؤثر (جدول ۱۱ و ۱۲) از رابطه ۲۵

جدول ۱۳- ماتریس اولویت راهبردهای مقابلۀ با بیابان‌زایی

Table 13. Priority matrix of combat desertification alternatives

A_{33}	A_{31}	A_{23}	A_{20}	A_{18}	G
۱	۱	۱	۱	-	A_{18}
۰	۰	۰	-	۰	A_{20}
۱	۰	-	۱	۰	A_{23}
۱	-	۰	۱	۰	A_{31}
-	۰	۰	۰	۰	A_{33}
۴	۲	۲	۳	۱	رتبه

تعیین کمی اولویت راهبردها و مشخص کردن ارجحیت راهبردهایی که ارجحیت آنها یکسان برآورد شد (همانند راهبردهای A_{23} و A_{31})، از تابع فازی مجموع موزون (WLC) استفاده شد. نتایج حاصل از این روش به این شرح است.

محاسبه مطلوبیت فازی راهبردها

در این مرحله، جمع سطری ماتریس تصمیم نرمال شده موزون فازی (جدول ۵) از رابطه ۲۶ برابر با مطلوبیت فازی هر راهبرد به دست آمد (جدول ۱۴).

بر طبق ادبیات تحقیق، بر مبنای مدل الکترا و با ملاحظه جدول ۱۳، نتیجه می‌شود که به ترتیب راهبرد جلوگیری از تبدیل و تغییر نامناسب کاربری اراضی (A_{18})، مهمترین راهبرد و راهبردهای توسعه و احیاء پوشش گیاهی (A_{23}) و تعدیل در برداشت از منابع آب زیرزمینی (A_{31})، با اولویت یکسان در رتبه بعدی قرار گرفتند و در نهایت راهبردهای کنترل چرای دام (A_{20}) و تغییر الگوی آبیاری و اجرای روش‌های کم آب خواه (A_{33})، به ترتیب اولویت‌های نهایی را به خود اختصاص دادند. لذا جهت

جدول ۱۴- ماتریس مطلوبیت راهبردهای بیابان‌زدایی

Table 14. Utility matrix of combat desertification alternatives

مطلوبیت نهایی راهبردها ($\tilde{x}_i$)	مطلوبیت فازی راهبردها ($\tilde{U}_i$)			اولویت راهبردها $\nabla(A)$
	u	m	l	
۰/۲۲۳۰۵۸	۰/۲۲۰۱۴۹	۰/۲۲۸۸۳۷	۰/۲۲۰۱۸۹	A_{18}
۰/۱۸۹۹۸۴	۰/۲۰۵۱۳۳	۰/۱۸۴۳۲۴	۰/۱۸۰۴۹۵	A_{20}
۰/۲۱۳۷۴۶	۰/۲۰۲۸۱۱	۰/۲۱۹۴۶۹	۰/۲۱۸۹۵۷	A_{23}
۰/۱۹۵۹۴۳	۰/۱۹۹۲۵۲	۰/۱۹۰۶۶۳	۰/۱۹۷۹۱۵	A_{31}
۰/۱۷۷۲۶۹	۰/۱۷۲۶۵۶	۰/۱۷۶۷۰۸	۰/۱۸۲۴۴۴	A_{33}

فازی زدایی مطلوبیت فازی به دست آمده

بحث و نتیجه‌گیری

موضوعات تصمیم‌گیری در دنیای واقعی نظیر ارائه راهبردهای بهینه مقابله با بیابان‌زایی، معمولاً از ابعاد مختلفی تشکیل شده است که به دلیل عملکردهای ناسازگار، اکثر اوقات شاخص‌های مؤثر مورد غفلت واقع می‌شوند. در عین حال بسیاری از راهبردها و معیارهای مؤثر ساختار کیفی و نامشخصی دارند که نمی‌توانند به‌دقت اندازه‌گیری شوند. علاوه بر این، در این مسائل، بیشتر اوقات بیش از یک تصمیم‌گیرنده بر روند کار تأثیر می‌گذارد. از این‌رو دستیابی به اجماع در چنین محیط‌هایی همواره به‌عنوان یک مشکل مطرح است. با توجه به پیچیدگی این مسائل برای مقابله با وضعیت چندشاخصه و مهم، نیاز به یک فرایند تصمیم‌گیری چندشاخصه فازی است؛ بنابراین استفاده از معیارهای متعدد و درگیر کردن متخصصان در چهارچوب تئوری فازی یکی از بهترین راه‌ها برای لحاظ همه

در ادامه به منظور رتبه‌بندی کمی یا امتیازی راهبردهای بیابان‌زدایی اقدام به فازی‌زدایی مطلوبیت راهبردها ($\tilde{U}_i$)، از رابطه ۲۷ شد و ماتریس مطلوبیت نهایی راهبردها ($\tilde{x}_i$) شکل گرفت (جدول ۱۴).

به‌طور کلی با توجه به نتایج حاصل از ارزیابی صورت گرفته، راهبرد جلوگیری از تبدیل و تغییر نامناسب کاربری اراضی (A_{18})، با ضریب وزنی ۰/۲۲۳، مهمترین راهبرد و راهبردهای توسعه و احیاء پوشش گیاهی (A_{23})، تعدیل در برداشت از منابع آب زیرزمینی (A_{31})، کنترل چرای دام (A_{20}) و تغییر الگوی آبیاری و اجرای روش‌های کم آب خواه (A_{33})، به ترتیب با ضریب اولویت‌های ۰/۲۱۳، ۰/۱۹۵، ۰/۱۸۹ و ۰/۱۷۷ به عنوان اولویت‌های بعدی مطرح در کنترل و کاهش اثرات بیابان‌زایی و احیاء اراضی تخریب یافته، ارزیابی شدند.

فاکتورهای مؤثر در فرایند مقابله با بیابان‌زایی و دستیابی به ماتریس ارزشیابی است. از این‌رو در این پژوهش از روش چند معیاره الکترا و ترکیب خطی وزنی (WLC) فازای استفاده شد.

روش مذکور، روشی نوین به منظور رتبه‌بندی اولویت راهبردهای مطرح در فرایند بیابان‌زدایی می‌باشد. در چارچوب این روش با کاربرد روش دلفی فازای به منظور اجماع نظرات گروهی، از متأثر شدن تصمیم‌گیری بر مبنای نظر اشتباه کارشناسی پرهیز می‌شود و همچنین با کاربرد اعداد فازای در فرایند تصمیم‌گیری، قضاوت‌های فازای تصمیم‌سازان را در فرایند تصمیم‌سازی جامع عمل می‌پوشاند. همچنین با کاربرد مدل وی ال سی، قابلیت کمی‌سازی و تحلیل نتایج را دارد.

نتایج حاصل‌شده از پژوهش حاضر در رابطه با راهبرد تبدیل و تغییر نامناسب کاربری اراضی (A_{۱۸})، که مانع اصلی عدم توفیق طرح‌های مقابله با بیابان‌زایی برآورد شد با نتایج پژوهش‌های به انجام رسیده در ارزیابی بیابان‌زایی از جمله: تونگ^۱ و همکاران، (۴۵)، لی^۲ و همکاران (۴۶)، بارزانی و خیرالمائینی (۴۷)، جعفری و همکاران (۴۸)، زهتابیان و همکاران (۴۹، ۵۰)، مرادی و همکاران (۵۱)، هاشمی نسب و جعفری (۵۲)، بریاسولیز^۳ (۱۲) و تحقیقات صورت گرفته در منطقه مطالعاتی در رابطه با ارزیابی راهبردهای بیابان‌زدایی همانند: صادقی روش (۵۳، ۵۴، ۷، ۲۳، ۲۷، ۲۴)، صادقی روش و خسروی (۲۵، ۵۵)، صادقی روش و جبالبارزی (۵۶) و صادقی روش و همکاران (۵۷، ۵۸، ۵۹، ۶۰، ۶۱)، که مؤید این موضوع هستند که جلوگیری از تغییر نامناسب کاربری اراضی موثرترین راهبرد کنترل شرایط بیابانی است، هماهنگی دارد. در عین حال در دیگر پژوهش‌های صورت گرفته در رابطه با کاربرد مدل‌های تصمیم‌گیری به منظور رتبه‌بندی راهبردهای مؤثر در فرایند بیابان‌زدایی در منطقه مطالعاتی همانند: مدل تحلیل حساسیت (۶۲)، مدل مجموع وزنی^۴ (۶۳)، فرایند تحلیل شبکه^۵ (۶۴)، فرایند تحلیلی سلسله‌مراتبی فازای^۶ (۲۹)، مدل اورسته^۷ (۶۵)، مدل برنامه‌ریزی خطی برای تحلیل

چندبعدی ترجیحات^۸ (۲۶)، الکترا و تاپسیس فازای (۹)، تکنیک آزمایشگاه آزمون و ارزیابی تصمیم‌گیری^۹ (۲۲)، و تحلیل حساسیت فازای (۳۲)، راهبرد جلوگیری از تبدیل و تغییر نامناسب کاربری اراضی (A_{۱۸})، نه به عنوان موثرترین راهبرد، بلکه به عنوان یکی از راهبردهای ارجح از نظر متخصصان برآورد شده است و لذا به منظور دستیابی به اجماع نهایی از نتایج حاصل از پژوهش‌های مختلف، از توابع انتخاب اجتماعی نانسون، کیم نی و کوپلند (۶۶)، تابع رفاه اجتماعی B&C (۶۷) و GRV (۲۱) استفاده شد و مشاهده شد که همچنان به زعم مدل‌های مختلف رتبه‌بندی، راهبرد جلوگیری از تبدیل و تغییر نامناسب کاربری اراضی (A_{۱۸})، راهبرد ارجح در منطقه مطالعاتی می‌باشد.

تغییر نامناسب کاربری اراضی می‌تواند علاوه بر تخریب پناهگاه و زیستگاه حیات وحش، منجر به هدررفت شدید آب، خاک و مواد غذایی شده و در نهایت تخریب عرصه‌های طبیعی را به دنبال داشته باشد (۶۸). در منطقه مطالعاتی، تغییر کاربری اراضی در نتیجه افزایش جمعیت، بیکاری، رشد صنایع و روحیه شهرنشینی به شدت در حال گسترش است. عمدتاً کاربری اراضی به صورت تبدیل اراضی مرتعی به اراضی زراعی و باغی در اثر توسعه چاهای عمیق و نیمه‌عمیق موتوردار، تبدیل اراضی باغی به زراعی در اثر وقوع خشکسالی‌های متوالی و تبدیل اراضی مرتعی به اراضی صنعتی و شهری در اثر رشد صنایع و شهرنشینی در سال‌های اخیر رخ داده است (۳۲). در این مورد پیشنهاد می‌شود که آمایش سرزمین و برآورد توان اکولوژیک و انطباق کاربری‌ها با توان زمین، جدی گرفته شود. از تبدیل نامناسب اراضی مرتعی ضعیف به اراضی زراعی با بازده کم و با توان بالقوه زیاد تخریب و فرسایش جلوگیری شود. از توسعه زیرساخت‌های صنعتی و کارگاهی در اراضی حساس و شکننده مناطق بیابانی و حاشیه‌ای خودداری شود.

بنابراین اهتمام به راهبردهای پیشنهادشده از بین طیف وسیعی از راهبردها، می‌تواند به سرعت این اوضاع نابسامان را بهبود بخشیده و

7- Organisation Rangement Et Synthese de donnees Relationnelles (ORESTE)

8-Linear Programming Techniques for Multidimensional Analysis of Preferences (LINMAP)

9- Decision Making Trial and Evaluation Laboratory (DEMATEL)

1- Tong

2- Li

3- Briassoulis

4- Weighted Sum Model (WSM)

5- Analytical Network Process (ANP)

6- Fuzzy Analyzes Hierarchy Process (FAHP)

3. D'Odorico, P., Bhattachan, A., Davis, k., Ravi, S., & Runyan, C. (2013). Global desertification: Drivers and feedbacks. *Advances in Water Resources*, 51, 326–344. <https://doi.org/10.1016/j.advwatres.2012.01.013>
4. Sepehr, A., & Zucca, C. (2012). Ranking Desertification Indicators Using TOPSIS Algorithm, *Journal of Natural Hazards*, 62(3), 1137-1153.
5. Bakhshandehmehr, L., Soltani, S., & Sepehr, A. (2013). Assessment of present status of desertification and modifying the MEDALUS model in Segzi plain of Isfahan. *Journal of Range & Watershed Management*, 66(1), 27-41. <https://doi.org/10.22059/jrwm.2013.35326>
6. Pishyar, S., Khosravi, H., Tavili, A., & Malekian, M. (2018). Desertification risk mapping based on water resources degradation using multi criteria decision making (Case Study: Kashan Plain). *Journal of Water and Soil Science (Journal of Science and Technology of Agriculture and Natural Resources)*, 21(4), 71-84. Doi: [10.29252/jstnar.21.4.71](https://doi.org/10.29252/jstnar.21.4.71).
7. Sadeghiravesh, M. H. (2021). Evaluation of optimal combat to desertification alternatives using special vector technique and Bernardo ranking model. *Desert Ecosystem Engineering Journal*, 9 (29), 71-86. doi: [10.22052/DEEJ.2020.9.29.31](https://doi.org/10.22052/DEEJ.2020.9.29.31)
8. Yasrebi, B., Ghafari Goosheh, H., Abbasi, H.R., & Behnamfar, K. (2023). Modeling of land use effect on soil crust strength in southeastern Ahvaz. *Water and Soil Management and*

ساختاری پایدار در فرایند مقابله با بیابانزایی پی ریزی کند. در نهایت پیشنهاد می شود طرح های مقابله با بیابانزایی، مطابق سند راهبردی به دست آمده در منطقه مطالعاتی بر روی استراتژی های مربوط به نقش انسان در مدیریت اکوسیستم تأکید کنند تا از هدررفت سرمایه های محدود جلوگیری و بازدهی طرح های کنترل، احیا و بازسازی بالا رود. همچنین به منظور ارتقاء پژوهش به انجام رسیده لازم است در چارچوب یک مطالعه نظامند، راستی آزمایی موفقیت طرح های کنترل بیابانزایی در اجرای راهبردهای پیشنهادی از نظرگاه کاهش هزینه و زمان اجرای طرح، کاهش کمی و کیفی شاخص های توسعه بیابان، توسعه اراضی احیاء شده و غیره، صورت پذیرد.

تشکر و قدردانی

پژوهش حاضر با حمایت و همراهی کارشناسان مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی سازمان جهاد کشاورزی استان یزد و ایستگاه تحقیقات مقابله با بیابانزایی شهید صدوقی اشکذر و مدیریت جهاد کشاورزی شهرستان اشکذر انجام شد که بدین وسیله از همه این عزیزان تقدیر و تشکر می شود.

References

1. Saleh, I., Khazaei, M., & Naeimi, M. (2023). Desertification intensity affected by groundwater and land subsidence in Maharloo-Bakhtegan watershed article should be cited here according to the format of the references at the end of this guidelines. *Water and Soil Management and Modeling*, 3(2), 171-184. DOI: [10.22098/mmws.2022.11906.1187](https://doi.org/10.22098/mmws.2022.11906.1187)
2. Zhao, H. L., He, Y.H., Zhau, R. L., Su, Y. Z., Li, Q.Y., & Drak, S. (2009). Effect of desertification on organic C and N content in study farmland and grassland of Inner Mongolia. *Catena*, 77(3), 187-191. <https://doi.org/10.1016/j.catena.2008.12.007>

- area: A remote sensing and GIS based approach. *Environmental Modelling & Software*, 75, 105 – 118. <https://doi.org/10.1016/j.envsoft.2015.10.003>.
16. Azar, A., & Faraji, H. (2016). Science of fuzzy management. 5th Edition, Mehraban press, Tehran, Iran.
 17. Camastra, F., Ciaramella, A., Giovannelli, V., Lener, M., Rastelli, M., Staiano A., Staiano, G. & Starace, A. (2015). A fuzzy decision system for genetically modified plant environmental risk assessment using Mamdani inference. *Expert Systems with Applications*. 42 (3), 1710 - 1716. <https://doi.org/10.1016/j.eswa.2014.09.041>
 18. Grau, J. B., Anton, J. M., Tarquis, A. M., Colombo, F., Rios, L. & Cisneros, J. M. (2010). Mathematical model to select the optimal alternative for an integral plan to desertification and erosion control for the Chaco Area in Salta Province (Argentina). *Journal of Biogeosciences Discussions*, 7, 2601–2630.
 19. Sepehr, A., & Parvian, N. (2012). Desertification vulnerability mapping and developing combating strategies in the ecosystem of Khorasan Razavi Province using PROMETHEE algorithm. *Researches in Earth Sciences*, 2(4), 58-71.
 20. Heidari, S. B., & Bagherzadeh Chahar Joei, A. (2017). Sustainable combat desertification strategies in Sabzevar plain based on analytical hierarchy model (TOPSIS) and preference ranking technique (AHP). Sixth National Conference on Agriculture and Sustainable Natural Resources. Tehran. Iran. <https://civilica.com/doc/573574>
 - Modeling, 3(2), 286-296. [doi:10.22098/mmws.2022.11838.1174](https://doi.org/10.22098/mmws.2022.11838.1174)
 9. Sadeghiravesh, M. H., & Khosravi, H. (2022). Quantitative evaluation and analysis of combating desertification strategies with multiple decision-making approaches in fuzzy environment. *Integrated Watershed Management*, 2(2), 31-47. doi: [10.22034/IWM.2022.556144.1035](https://doi.org/10.22034/IWM.2022.556144.1035)
 10. Chasek, P., Akhtar-Schuster, M., Orr, B., Luise, A., Rakoto Ratsimba, H. & Safriel, U. (2019). Land degradation neutrality: The science policy interface from the UNCCD to national implementation. *Environmental Science & Policy*, 92, 182–190. <https://doi.org/10.1016/j.envsci.2018.11.017>
 11. United Nations Convention to Combat Desertification (UNCCD). 2017. The global land outlook. Bonn, Germany. https://www.unccd.int/sites/default/files/documents/2017-09/GLO_Full_Report_low_res.pdf
 12. Briassoulis, H. (2019). Combating land degradation and desertification: The Land-Use Planning Quandary. *Land*, 8(27), 1-26. <https://doi.org/10.3390/land80200277>
 13. Kong, Z. H., Stringer, L. C., Paavola, J. & Lu, Q. (2021). Situating China in the global effort to combat desertification. *Land*, 10(7), 1-22. <https://doi.org/10.3390/land10070702>
 14. Asgharpour, M. J. 2022. Multi-Criteria Decision Making. 14th Edition, Publication of Tehran University, Tehran, Iran.
 15. Sarkar, S., Parihar, S. M. & Dutta, A. (2016). Fuzzy risk assessment modelling of East Kolkata. *Wetland*

- Management, 8(16), 57-76.
doi: [10.22034/JDMAL.2021.243140](https://doi.org/10.22034/JDMAL.2021.243140)
27. Sadeghiravesh, M. H. (2022-b). Applying fuzzy logic in quantitative analysis of strategies adopted for combating desertification using critical analysis approach. *Desert Ecosystem Engineering Journal (DEEJ)*, 11(34), 15-32.
doi: [10.22052/DEEJ.2021.11.34.11](https://doi.org/10.22052/DEEJ.2021.11.34.11)
28. Sadeghiravesh, M. H., & Tahmores, M. (2014). Assessment of combat desertification alternatives using Fuzzy Topsis Model (FTOPSIS), *Journal of Environmental Science and Engineering*, 1(3), 79-94.
29. Sadeghiravesh, M. H., Khosravi, H. & Ghasemian, S. (2015). Application of Fuzzy Analytical Hierarchy Process (FAHP) for assessment of combating-desertification alternatives in the central Iran. *Journal of Natural Hazard*, 75 (1), 653-667.
30. Sharifi, M., & Farahbakhsh, Z. (2016). Investigation about temperature and humidity anomalies between pleistocene and present times: reconstruction of climate condition using geomorphic evidence (case study: Khezrabad-Yazd). *Physical Geography Researches*, 47(4), 583-605.
doi: [10.22059/JPHGR.2015.56051](https://doi.org/10.22059/JPHGR.2015.56051)
31. Gharachelo, S., Ekhtesasi, M. R., Zareian Jahromi, M. & Samadi, M. B. (2021). Evaluation of current condition of desertification using I.C.D Model, case study: Khezrabad, Yazd. *Iranian Journal of Range and Desert Research*, 17(3), 402-420.
32. Sadeghiravesh, M. H. (2023), Sensitivity analysis of combat desertification strategies in Fuzzy
21. Sadeghiravesh, M. H. (2021). Analysis of the combating desertification alternatives derived from the decision-making models using the GRV function. *Degradation and Rehabilitation of Natural Land*, 1(2), 13-25.
22. Sadeghiravesh, M. H. (2021). Introducing a new approach for prioritizing combating desertification strategies based on multi- attribute decision making. *Iranian Journal of Applied Ecology*, 9(4), 15-33. Doi: [10.47176/ijae.9.4.12571](https://doi.org/10.47176/ijae.9.4.12571)
23. Sadeghiravesh, M. H. (2022). Application of Interpretive Structural Modelling (ISM) in analyzing obstacles to combat desertification with pathological approach in Yazd province. *Journal of Watershed Management Research*, 13(25), 119-132. doi: [10.52547/jwmr.13.25.119](https://doi.org/10.52547/jwmr.13.25.119)
24. Sadeghiravesh, M. H. (2022). Prioritization of combating desertification strategies in Yazd-Khezr Abad plain by using Cook and Seiford method. *Journal of Water and Soil Science (JWSS)*, 26(2), 313-326.
doi: [10.47176/jwss.26.2.23842](https://doi.org/10.47176/jwss.26.2.23842)
25. Sadeghiravesh, M. H., & Khosravi, H. (2020-b). Identifying the most appropriate of combat desertification alternatives by using the Eigenvector Method and the Vikor Model. *Journal of Natural Environmental Hazards*, 9(25), 41-60.
doi: [10.22111/JNEH.2020.30915.1544](https://doi.org/10.22111/JNEH.2020.30915.1544)
26. Sadeghiravesh, M. H., & Khosravi, H. (2021). Quantitative analysis of combating desertification alternatives using LINMAP model in Lingo software environment .*Desert*

39. Saaty, T. L. (1995). Decision making for leaders. The Analytic Hierarchy Process for decisions in a complex word. 3th Edition, RWS Publications, Pittsburgh, Germany.
40. Asgharpour, M. J. (2022). Multi-Criteria Decision Making. 14th Edition, Publication of Tehran University, Tehran, Iran.
41. Azar, A., & Rajabzadeh, R. (2022). Applied decision making with an approach of Multi-Attribute Decision Making (MADM). 8th Edition, Publication of Negah Danesh, Tehran, Iran.
42. Zare, A., & Ahmadi Naseri, S. M. (2007). Presentation of stability index using fuzzy AHP sensitivity analysis. Proceedings of the 1th Fuzzy and Intelligent Systems Conference, Ferdowsi University of Mashhad, Mashhad, Iran.
43. Saaty, T. L. (2008). The analytical hierarchy and analytical network measurement processes: application to decisions under risk. European Journal of Pure and Applied Mathematics, 1(1), 122-196.
44. Dehbozorgi, M., Jafari, J., Malekian, A., Zehtabian, G. and Fallah Shamsi, S. R. (2020). Assessment the instability and land degradation using fuzzy methods, hierarchical analysis and weighted linear combination (Case study: Bakhtegan watershed, Fars). Journal of Range and Watershed Management. 73 (2), 321-335. <https://doi.org/10.22059/jrwm.2018.252394.1233>
45. Tong, S., Sun, Y., Ranatunga, T., He, J., & Yng, Y. (2013). Predicting plausible impacts of sets of climate and land use change scenarios on water resource. Applied Geography, 32(2), 477-489.
- environment in Yazd-Khezrabad sub-catchment (Saduq County). Journal of Watershed Management Research, 13(26), 203-214. doi: <http://dx.doi.org/10.52547/jwmr.13.26.203>
33. Benayoun, R, Roy, B, & Sussman, N. (1966). Manual de Reference du Programme ELECTRE. Note de Synthese et Formation, No. 25, Direction Scientifique SEMA, Paris.
- Canter, L.W.(1996) Environmental Impact Assessment. Paris: McGraw Hill.
34. Wang, X., & Triantaphyllou, E. (2008). Ranking irregularities when evaluating alternatives by using some ELECTRE methods, Omega, 36(1), 45 – 63. <https://doi.org/10.1016/j.omega.2005.12.003>
35. Hwang, C., Yoon, K. (1981). Multiple attribute decision making: methods and applications. lecture notes in economics and mathematical systems, New York: Chapman & Hall.
36. Asgharizadeh, E., & Mohammadi Balani, A. (2021). Multi-attribute decision making techniques. 4th Edition, Publication of Tehran University, Tehran, Iran.
37. Sevkli, M. (2010). An application of the Fuzzy ELECTRE method for supplier selection. International Journal of Production Research. 48(12), 3393-3405.
38. Komsiyah, S., Wongso, R., & Pratiwi, S. W. (2019), Applications of the Fuzzy ELECTRE method for decision support systems of cement vendor selection. Proceedings of the 4th International Conference on Computer Science and Computational Intelligence (ICCSCI), Yogyakarta, Indonesia.

52. Hasheminasab, S., & Jafari, R. (2018). Evaluation of land use changes order to desertification monitoring using remote sensing techniques. *Journal of Spatial Analysis Environmental Hazards*, 5(3): 67-82. [doi:10.29252/jsaeh.5.3.67](https://doi.org/10.29252/jsaeh.5.3.67)
53. Sadeghiravesh, M. H. (2013). Assessment of combat desertification alternatives using Permutation method, case study: Khezrabad region, Yazd province. *Journal of Environmental Management and Planning*, 3(4), 5-14.
54. Sadeghiravesh, M. H. (2014). Evaluation of combat desertification alternatives by using BORDA ranking model, Case study: Khezrabad region, Yazd province. *Journal of Environmental Management and Planning*, 4(2), 5-16.
55. Sadeghi Ravesh, M. H., & Khosravi. H. (2016). Evaluation of combat desertification alternatives by using Individual Borda Ranking model. *Desert Ecosystem Engineering Journal (DEEJ)*, 5(12), 109-121.
56. Sadeghiravesh, M. H., & Jabalbarez, B. (2019), Rating the alternatives to combat desertification alternatives by using Multi-Attribute Utility Theory (MAUT), Case study of Khezerabad region in Yazd Province, *Journal of Environmental Science and Technology*, 21(8), 101-112. doi: [10.22034/JEST.2019.24438.3346](https://doi.org/10.22034/JEST.2019.24438.3346)
57. Sadeghiravesh, M. H., Ahmadi, H., Zehtabian, G. H., & Tahmores, M. (2010). Application of analytical hierarchy process (AHP) in assessment of combat desertification alternatives, case study: Khezrabad region, Yazd province. *Iranian journal of Range and Desert Research*, 17(1), 35-50. <https://www.sid.ir/paper/106830/fa>
- <https://doi.org/10.1016/j.apgeog.2011.06.014>
46. Li, J., Yang, X., Jin, Y., Yang, Z., Huang, W., Zhao, L., Gao, T., Yo, H., Ma, H., Qin, Z., & Xu, B. (2013). Monitoring and analysis of grassland desertification dynamics using Landsat images in Ningxia China. *Remote Sensing of Environment*, 138, 19-26. <https://doi.org/10.1016/j.rse.2013.07.010>
47. Barzani, M., & O. S. Khairulmaini, O. S. (2013). Desertification risk mapping of the Zayandeh Rood basin in Iran. *Journal of Earth System Science*, 122(5), 1269-1282.
48. Jafary, M., Zehtabian, G., Ehsani, A. H. (2014). Investigation on the changes of desert lands using remote sensing data, Case study: Kashan. *Iranian Journal of Range and Desert Research*, 20(4), 644-652.
49. Zehtabian, G.R., Ahmadi, H., Raesi, A., Rahdari, M. R., & Khosravi, H. (2014). Quantitative assessment of desertification with emphasis on geoclimatology. *Elixir International Journal*, 68, 22474-22477.
50. Zehtabian, G. R., Poorreza, M., Khosravi, H., & Rahdari, M. (2015). The effects of land use change on land degradation and desertification in Ravansar watershed. *Journal of Arid Regions Geographics Studies*, 5(16), 73-85.
51. Moradi, A. R., Jafari, M., Arzani, H., & Ebrahimi, M. (2016). Assessment of land use changes into dry land using satellite images and Geographical Information System (GIS). *RS & GIS Techniques for Natural Resources*, 7(1), 89-100.

- Sum Model (WSM), Case study: Khezrabad region, Yazd province. *Journal of Pajouhesh & Sazandeghi*, 100:1-11.
64. Sadeghiravesh, M. H., & Khosravi, H. (2015). Application of Network Analysis Process (ANP) in assessment of combating desertification alternatives. *Desert Ecosystem Engineering Journal (DEEJ)*, 4(8), 11-24.
 65. Sadeghiravesh, M. H. (2019). Evaluation of combatdesertification alternatives In Ardekan- Khezh Abad plain by using Shannon Entropy method and ORESTE model. *Quarterly Journal of Environmental Erosion Research*, 8(4), 19-40.
 66. Sadeghiravesh, M. H., & Khosravi, H. (2020). Analysis of the alternatives to combat desertification derived from the decision-making models using the Social Choice functions, case study of Khezerabad region in Yazd province. *Journal of Environment Science and Technology (JEST)*, 22(4), 227-239. doi: [10.22034/JEST.2019.29505.3807](https://doi.org/10.22034/JEST.2019.29505.3807)
 67. Sadeghiravesh M. H. (2018). Analysis of the desertification strategies derived from the decision-making models using social welfare function of B&C. *Desert Ecosystem Engineering Journal (DEEJ)*, 7(18), 37-48. doi:[10.22052/DEEJ.2018.7.18.35](https://doi.org/10.22052/DEEJ.2018.7.18.35)
 68. Daneshi, A., Najafinejad., N., Panahi, M., & Zarandian, Z. (2020). Projecting land use change effects on habitat quality of Narmab dam basin in Golestan province. *Degradation and Rehabilitation of Natural Land*, 1(1), 120-130.
 58. Sadeghiravesh, M. H., Zehtabian, G. R., Ahmadi, H., & Khosravi, H. (2012). Using analytic hierarchy process method and ordering technique to assess combat desertification alternatives, case study: Khezrabad, Yazd, Iran. *Carpathian journal of earth and environmental sciences*, 7(3), 51-60.
 59. Sadeghiravesh, M. H., Zehtabian, G. R., & Khosravi, H. (2014). Application of AHP and ELECTRE models for assessment of combat desertification alternatives in central Iran. *DESERT*, 19-2, 141-153. doi: [10.22059/JDESERT.2014.52336](https://doi.org/10.22059/JDESERT.2014.52336)
 60. Sadeghiravesh, M. H., Khosravi, H., & Abolhasani, A. (2016). Evaluation of combating desertification alternatives using PROMETHEE model. *Journal of Geography and Geology*, 8 (2), 1-14. doi:[10.5539/jgg.v8n2p1](https://doi.org/10.5539/jgg.v8n2p1)
 61. Sadeghiravesh, M. H., Khosravi, H., & Ghasemian, S. (2016). Assessment of combating strategies using the Liner Assignment (LA) method. *Journal of Solid Earth*, 7(2), 673-683. <https://doi.org/10.5194/se-7-673-2016>, 2016, 2016
 62. Sadeghiravesh, M. H, Ahmadi, H, & Zehtabian, G. (2011). Application of sensitivity analysis for assessment of de-desertification alternatives in the central Iran by using Triantaphyllou method. *Environmental Monitoring and Assessment*, 179, 31-46. doi: DOI [10.1007/s10661-010-1717-8](https://doi.org/10.1007/s10661-010-1717-8)
 63. Sadeghiravesh, M. H., & Zehtabian, G. (2013). Combat desertification strategies classification with using of Multi Attribute Decision Making (MADM) view point and Weighted