نشریه علوم آب و خاک
سال بیست و ششم / شماره دوم / تابستان ۱۴۰۱/ مقاله علمی-پژوهشی: صفحات ۳۱۳ تا ۳۲۶

اولویت‌بندی راهبردهای مقابله با بیابان‌زایی در دشت یزد- خضرآباد با استفاده از روش کوک و سیفورد

محمدحسن صادقی‌روش[1*]

(تاریخ دریافت: ۱۳۹۹/۱۰/۴ ؛ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۰/۲/۲۹)

چکیده

انتخاب راهبردهای بهینه عامل مؤثری در افزایش کارایی طرح‌های احیای اراضی است، از سوی دیگر روند بیابانی‌شدن اراضی، در طی فرآیند تخریب محیط زیست حاصل عملکرد و برهم‌کنش میان عوامل متعددی است که انتخاب راهکارهای مناسب را با اشکال مواجه می کند. بنابراین، این پژوهش با هدف ارائه راهبردهای بهینه به صورت نظام‌مند و در قالب یک روش تصمیم‌گیری گروهی در دشت یزد- خضرآباد انجام گرفت. به این منظور در ابتدا، راهبردهای مهم از روش دلفی رتبه‌بندی شد. سپس با در نظرگرفتن رأی تصمیم‌گیرندگان در رابطه با اولویت‌بندی راهبردها، رتبه‌بندی اولیه از راهبردها در قالب روش کوک و سیفورد (Cook-Seiford's Method)، شکل گرفت. در ادامه با برآورد فاصله خطی هر راهبرد و شکل‌گیری ماتریس فواصل، اولویت نهایی راهبردها از حل مسئله تخصیص حاصل شده مورد ارزیابی قرار گرفت. یافته‌های پژوهش نشان داد که، راهبردهای جلوگیری از تغییر نامناسب کاربری اراضی ($A_{۱۸}$) و توسعه و احیاء پوشش گیاهی ($A_{۲۳}$) به‌ترتیب در رتبه اول و دوم با Value=1 و Reduced Cost=0، به‌عنوان مهمترین راهبردهای مقابله با بیابان‌زایی، هستند. نتایج این پژوهش به مدیران مناطق بیابانی این امکان را می‌دهد که امکانات محدود را به شیوه‌های صحیح به کارگیرند تا از هدر رفتن سرمایه‌های ملی جلوگیری کنند.

واژه‌های کلیدی: مدل تصمیم‌گیری، تصمیم‌گیری چند معیاره، مسئله تخصیص، مقایسه زوجی، نرم افزار لینگو

۱. گروه محیط زیست، واحد تاکستان، دانشگاه آزاد اسلامی، تاکستان، ایران

*: مسئول مکاتبات: پست الکترونیکی: m.sadeghiravesh@tiau.ac.ir

مقدمه

بیابان‌زایی به معنی تخریب اراضی در نواحی خشک، نیمه‌خشک و خشک نیمه‌مرطوب ناشی از عوامل اقلیمی و فعالیت‌های انسانی است (۴۷)، که به‌طورمستقیم منابع پایه زیادی از جمله خاک، آب، پوشش‌گیاهی و بخش‌های اقتصادی متنوع، گروه‌ها و نهادهای اجتماعی در سطوح محلی و جهانی تحت تأثیر این پدیده هستند (۸). منابع سرزمینی و جمعیت‌های انسانی که در معرض بیابان‌زایی و تخریب اراضی قرار گرفته‌اند، مستعد تهدیدات مختلفی از جمله کاهش بهره‌وری زمین، ناامنی غذایی، کمبود و نقصان آب، مشکلات اقتصادی، محرومیت‌های اجتماعی و خطرات سلامتی می‌شوند (۵ و ۱۸). در دهه‌های اخیر، بیابان‌زایی نمود عینی تخریب در اکوسیستم‌ها است که از چالش‌های مهم جهانی محسوب می‌شود (۴۷) و این فرایند با تشدید روند گرم‌شدن زمین و به طبع آن تغییرات بارش، افزایش تکرار خشکسالی و دوام شرایط خشکی، توسعه می‌یابد (۹، ۱۶، ۱۷ و ۴۹). به‌طوری که یکی از اهداف توسعه پایدار که در کنفرانس ریو در سال ۲۰۱۲ مطرح شد، دستیابی به حفاظت، احیاء و ترویج استفاده پایدار از اکوسیستم‌های زمینی، مدیریت پایدار جنگل‌ها، مبارزه با بیابان‌زایی، و متوقف و معکوس کردن تخریب اراضی و جلوگیری از کاهش تنوع زیستی است (۴۸). از این رو در کنوانسیون سازمان ملل در مقابله با بیابان‌زایی (UNCCD: United Nations Convention to Combat Desertification) به نقش مهم اقدامات محلی مناسب در مقابله با تهدیدات جهانی و بیابان‌زایی و تخریب اراضی تأکید شده است (۶).

در مقیاس ملی نیز حدود ۸۰ میلیون هکتار از اراضی کشور را محیط‌های خشک و نیمه‌خشک مستعد بیابانی‌شدن تشکیل داده است (۱۹) که آثاری چون خشک‌شدن دریاچه‌های داخلی، طوفان‌های ماسه، گرد و خاک و تشدید فرسایش بادی، جلوه بارزی از نرخ رو به رشد بیابانی‌شدن در سال‌های اخیر را نمایان می‌سازد. از آنجا که اکوسیستم‌های شکننده از تاب‌آوری کمتری در برخورد با تغییرات محیطی برخوردار هستند از این رو لزوم پرداختن به راهکارهای بهینه به‌منظور جلوگیری از بیابانی‌شدن، یا احیاء و ترمیم مناطق تخریب‌یافته، که منجر به کاهش فقر جهانی و کاهش از دست رفتن تنوع زیستی و تغییر اقلیم وابسته به انسان می‌شود، به‌عنوان یکی از اقدامات محلی و منطقه‌ای که در کنوانسیون مقابله با بیابان‌زایی نیز به آن تأکید شده، ضروری به نظرمی‌رسد (۱۵ و ۴۳). اتخاذ اقدامات کنترل بیابان‌زایی به دلیل محدودیت منابع و دستیابی به کارایی بالا، نیازمند شناخت راهبردهای مؤثر است. از طرف دیگر با توجه به فرایند پیچیده بیابان‌زایی که در اثر برهم‌کنش متغیرهای مختلفی حاصل می‌شود لازم است از روش‌های تصمیم‌گیری چند شاخصه استفاده شود (۳۰ و ۳۷).

با مطالعه منابع تحقیقاتی، مشاهده شد که مطالعات جامعی که با بکارگیری مدل‌های تصمیم‌گیری و با در نظر گرفتن مجموعه معیارها و عوامل مؤثر در فرایند مقابله با بیابان‌زایی به‌منظور انتخاب راهبردهای بهینه شکل گرفته باشد، تنها به مطالعات گرایو و همکاران (۱۰)، صادقی‌روش و همکاران (۲۲-۴۲) و سپهر و پرویان (۴۳) محدود می‌شود. گرایو و همکاران (۱۰) در پژوهش خود در منطقه چاکو در استان سالتای کشور آرژانتین، به‌منظور انتخاب راهبردهای بهینه در راستای ارائه طرحی یکپارچه جهت کنترل فرسایش و بیابان‌زایی از سه مدل تصمیم‌گیری، روش حذف و انتخاب سازگار با واقعیت (ELECTRE: Elimination et Choice Translating Reality)، فرایند تحلیلی سلسله مراتبی (AHP: Analyzes Hierarchy Process) و روش ساختار یافته ی رتبه‌بندی ترجیحی برای غنی‌سازی ارزیابی‌ها (PROMETHEE: Preference Ranking Organization Method for Enrichment Evaluation) استفاده کردند. در این پژوهش شش معیار فرسایش آبی و بادی، منابع آبی، مزایای اقتصادی، نیروی انسانی، تسهیلات پیاده‌سازی و اجرا، اثرات زیست محیطی و پذیرش اجتماعی به‌منظور ارزیابی پنج راهبرد جلوگیری از فرسایش و حفاظت از اراضی در پنج زیر حوضه مورد بررسی قرار گرفت. نتایج حاصله نشانگر کارایی بالای این

مدل‌ها در ارائه راهبردهای بهینه مقابله با بیابان‌زایی بود و با وجود روش‌های پیچیده مورد استفاده در هر مدل نتایج حاصله در هر زیر حوضه تا حدود زیادی یکسان بود. صادقی‌روش نیز با کاربرد مدل‌های فرایند تحلیل سلسله مراتبی (۲۸)، فرایند تحلیلی سلسله مراتبی فازی (FAHP: Fuzzy Analyzes Hierarchy Process) (۳۸)، تکنیک اولویت‌بندی ترجیحی بر اساس تشابه به پاسخ‌های ایده آل (TOPSIS: Technique for Order Preference by Similarity to Ideal Solution) (۴۲)، تکنیک اولویت‌بندی ترجیحی بر اساس تشابه به پاسخ‌های ایده‌آل فازی (FTOPSIS: Fuzzy Technique for Order Preference by Similarity to Ideal Solution) (۴۰)، الکترا (۳۰)، بردا BORDA (۲۳ و ۳۲)، مدل مجموع وزنی (WSM: Weighted Sum Model) (۴۱)، مدل جای‌گشت (PERMUTATION: Preference Ranking Organization Method for Enrichment Evaluation) (۲۲)، روش ساختار یافته رتبه‌بندی ترجیحی برای غنی‌سازی ارزیابی‌ها یا پرومته (۳۷)، فرایند تحلیل شبکه (ANP: Analytical Network Process) (۳۱)، مدل تخصیص خطی (LA: Linear Assignment) (۳۹)، تحلیل عاملی (PFA: Principal Factor Analysis) (۳۴)، تئوری مطلوبیت چند معیاره (MAUT: Multi-Attribute Utility Theory) (۲۹)، مدل اورسته (ORESTE: Organisation Rangement Et Synthese de donnees Relationnelles) (۲۵)، روش بهینه سازی چند معیاره و حل سازشی (VIKOR: Vlse Kriterijumsk Optimizacija Kompromisno Resenje) (۳۵)، تکنیک آزمایشگاه آزمون و ارزیابی تصمیم‌گیری (DEMATEL: Decision Making Trial and Evaluation Laboratory) (۲۶)، مدل برناردو (BERNARDO) (۲۷) و مدل برنامه‌ریزی خطی برای تحلیل چند بعدی ترجیحات (LINMAP: Linear Programming Techniques for Multidimensional Analysis of Preferences) (۳۶)، به اولویت‌بندی راهبردهای مقابله با بیابان‌زایی در منطقه خضرآباد پرداخت، در مطالعات اشاره شده معیارها و راهبردهای در نظر گرفته شده به‌منظور دستیابی به هدف رتبه‌بندی راهبردها، یکسان بودند که این امر امکان مقایسه تطبیقی کارایی مدل‌ها در رتبه‌بندی راهبردها را ممکن می‌ساخت. در این پژوهش‌ها پنج معیار زمان، تکنولوژی، نیروی انسانی، سازگاری با محیط و پتانسیل تخریب، در رابطه با پنج راهبرد، جلوگیری از تغییر نامناسب کاربری اراضی، کنترل چرا، توسعه پوشش گیاهی، تعدیل در برداشت از منابع آب زیرزمینی و تغییر الگوی آبیاری، مورد ارزیابی قرار گرفت. نتایج حاصله از این مطالعات همبستگی مناسب را دارند و تا حدود زیادی مشابه هستند، گاهی نتایج اولویت‌بندی این مدل‌ها با هم همخوانی ندارد. این مسئله بستگی به ماهیت مدل، معیارهای در نظر گرفته شده و چگونگی وزن‌دهی معیارها توسط متخصصان به صورت گروهی دارد (۲۴ و ۳۳). سپهر و پرویان نیز (۴۳) با کاربرد مدل نارتبه‌ای PROMETHEE ضمن پهنه‌بندی آسیب پذیری بیابان‌زایی در اکوسیستم‌های استان خراسان رضوی، اقدام به ارزیابی راهبردهای مقابله با بیابان‌زایی کردند. در این پژوهش شش راهبرد مقابله با بیابانی‌شدن اراضی استان بر پایه معیارهای اکولوژیکی- اقتصادی شامل راهبردهای کنترل فرسایش، احیاء پوشش گیاهی، اصلاح سیستم‌های آبیاری، روش‌های احیاء خاک، کنترل و مدیریت چرا و مدیریت منابع آب مورد ارزیابی قرار گرفت. نتایج پژوهش نشان داد از میان راهبردهای در نظر گرفته شده، کنترل چرا مهمترین برنامه اقدام مقابله با بیابانی‌شدن در استان است. همچنین، به‌ترتیب راهبرد اصلاح سیستم‌های آبیاری، کنترل فرسایش، مدیریت منابع آبی و روش‌های احیاء خاک در رتبه‌های بعدی قرار گرفتند.

با توجه به محدودیت مطالعات به انجام رسیده، لزوم پرداختن به روش‌هایی که بتواند راه‌حل‌های بهینه را بر مبنای منطق و اصول قوی و مبانی نظری مستدل ارائه دهد، در حوزه مدیریت مناطق بیابانی ضروری به نظر می‌رسد. از این‌رو فرض شد که با کاربرد مدل تصمیم‌گیری چند شاخصه (MADM: Multi Attribute Decision Making) کوک و

سیفورد (Cook-Seiford's Method)، می‌توان با اجماع نظرات گروهی از بین طیف وسیعی از راهبردهای مطرح در کنترل بیابان‌زایی به صورت بومی، راهبردهای اولویت‌دار را تعیین کرد. این درحالی است که هیچ سابقه‌ای از کاربرد مدل مذکور در حوزه مسائل مربوط به مدیریت مناطق بیابانی و از جمله انتخاب سیستماتیک راهبردهای بهینه در فرایند مقابله با بیابان‌زایی چه در داخل ایران و چه در خارج از ایران مشاهده نشده است. بنابراین، هدف پژوهش حاضر، ارتقا، کاربرد و راستی آزمایی مدل کوک و سیفورد در عرصه، برای ارزیابی راهبردهای مقابله با بیابان‌زایی است به‌صورتی که بتواند فرایند انجام این ارزیابی را به صورت جامع، بومی، کمّی و انعطاف پذیر و با ساختار سلسله مراتبی ارائه دهد.

مواد و روش‌ها

منطقه مورد مطالعه

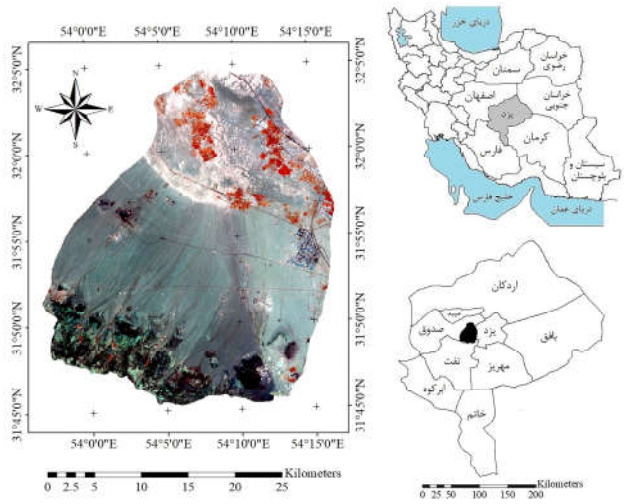
منطقه مورد مطالعه با وسعتی معادل ۷۸۱۸۰ هکتار در ۱۰ کیلومتری غرب شهر یزد در موقعیت جغرافیایی ´۵۵ °۵۳ الی ´۲۰ °۵۴ طول شرقی و ´۴۵ °۳۱ الی ´۱۵ °۳۲ عرض شمالی قرار گرفته است (شکل۱). دشت یزد- خضرآباد از نظر اقلیمی در شرایط خشک و سرد بیابانی طبقه‌بندی می‌شود. متوسط بارندگی سالیانه ۱۲۱ میلی‌متر و جهت باد غالب شمال غربی با فراوانی وقوع ۱۶/۹۴درصد و با حداکثر سرعت ۱۶/۳کیلومتر در ساعت است. ۱۲۹۳۰ هکتار (۱۶/۵٪) از اراضی منطقه را تپه‌ها و پهنه‌های ماسه‌ای شکل داده که ارگ (Erg) بزرگ اشکذر با وسعتی معادل ۸۹۲۳ هکتار در شمال منطقه با انواع رخساره‌های تخریبی و فرسایشی همچون اشکال ماسه‌ای بوکلیه، بارخان، سیف، سیلک، الب و تپه‌های طولی به چشم می خورد که قلمرو وقوع طوفان‌های ماسه‌ای با فراوانی بیش از ۱۰ تکرار در سال با جهت غالب غربی و شمال‌غربی است. در عین حال از کل اراضی زراعی منطقه ۱۹۹۵ هکتار (۲۶/۵٪) را اراضی مخروبه حاصل از عملیات انسانی و فرایندهای طبیعی تشکیل داده است (۲۲) که نشان‌دهنده وضعیت کاملاً خاص از دیدگاه بیابان‌زایی در منطقه و بیان‌کننده لزوم پرداختن به راه حل های مقابله با بیابان‌زایی در این حوزه است.

روش پژوهش

در این پژوهش به‌منظور ارزیابی راهبردهای مقابله با بیابان‌زایی با توجه به تعدد تصمیم‌گیرندگان و از آنجایی که هیچ دو رتبه مشابه برای راهبردهای انتخابی نباید وجود داشته باشد و همچنین کمینه‌کردن میزان عدم توافقات تصمیم‌گیرندگان و رسیدن به توافق سازشی مد نظر پژوهشگران بوده است، از مدل تصمیم‌گیری چند شاخصه کوک و سیفورد استفاده شد. این روش اولین بار توسط کوک و سیفورد بر مبنای رتبه‌بندی اجماعی ارائه شد که از مفهوم فاصله حداقل برای ادغام ترجیحات تصمیم‌گیرندگان استفاده کرد (۷) و در پژوهش حاضر در چارچوب این مدل، ارجحیت راهبردها و عوامل تأثیرگذار در مقابله با بیابان‌زایی مورد بررسی قرارگرفت. این پژوهش با استفاده از روش پیمایشی انجام گرفته و از نوع پژوهش‌های کاربردی و توصیفی است که در آن تعداد تصمیم‌گیرندگان (جامعه آماری) ۲۵ نفر از کارشناسان مقابله با بیابان‌زایی آشنا به منطقه مطالعاتی(متخصصان میدانی) از کارشناسان 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، انتخاب شدند. ابزار پژوهش، پرسشنامه بوده است و برای تجزیه و تحلیل داده‌ها از برنامه نرم‌افزاری Expert Choice و Lingo استفاده شده است. به‌طور خلاصه مراحل بکارگیری این روش به ترتیب ذیل است (شکل۲).

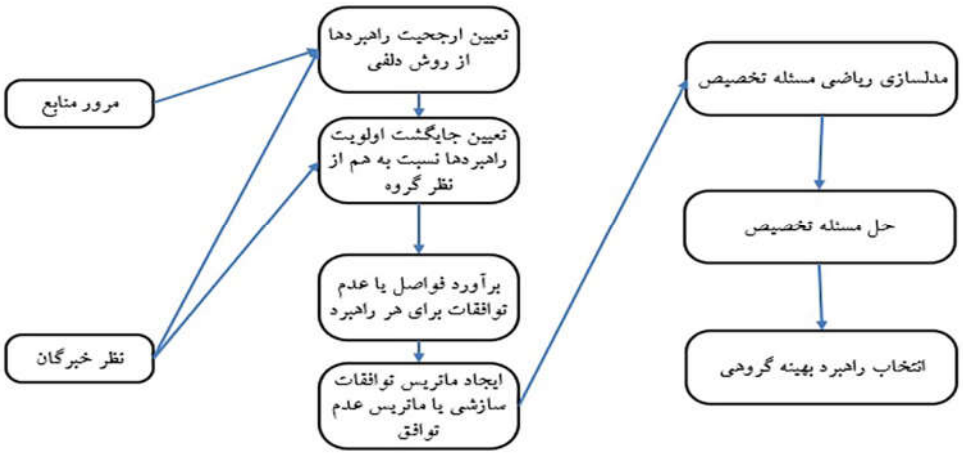
انتخاب راهبردهای ارجح

با توجه به تعدد و پیچیدگی عوامل تأثیرگذار منطقه‌ای بر فرایند بیابان‌زایی، راهبردهای مختلفی نیز از نظر متخصصان در هر منطقه مطرح می‌شود. بنابراین، به‌منظور شناخت راهبردهای مهم و



شکل ۱. موقعیت جغرافیایی دشت یزد- خضرآباد در استان یزد

(تصویر حاصل از ترکیب باندهای ۵، ۶ و ۷ لندست ۸ (OLI and TIRS)، ۲۲ آوریل ۲۰۱۷)



شکل۲. فلودیاگرام مدل کوک و سیفورد در تحلیل راهبردهای مقابله با بیابان‌زایی

اولویت‌دار از نظر گروه، در ابتدا با مطالعات کتابخانه‌ای و میدانی لیست اولیه‌ای از راهبردهای مقابله با بیابان‌زایی مشخص شد، سپس به‌منظور دستیابی به اجماع گروهی از روش دلفی استفاده شد (۲۰). بدین‌منظور دو نوع پرسشنامه در چهار نوبت در بین متخصصان آشنا به منطقه مطالعاتی توزیع شد. پرسشنامه اول به‌منظور شناخت راهبردهای مهم و اولویت‌دار از میان مجموع راهبردهای پیشنهادی از نظر گروه است که بعد از توزیع اولیه پرسشنامه، از متخصصان خواسته شد که اهمیت و اولویت هر راهبرد را در مقیاس ۱ الی ۹ (بدون اهمیت تا اهمیت در حد عالی) برآورد کنند. در ادامه، نتایج حاصله میانگین‌گیری و دوباره در میان جامعه آماری اولیه توزیع شد. لازم به اشاره است که در پژوهش حاضر نظرات اعضای گروه با درجه اهمیت یکسان در نظر گرفته شد (رابطه ۱)، به عبارت دیگر فرض شد که اعضای گروه از نظر صائب‌بودن نظرشان ارجحیتی ندارند (۴).

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

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

در ادامه از آنها خواسته شد که با توجه به انحرافات پاسخ‌های

اولیه‌شان از میانگین، تغییرات نهایی را بر روی ارزش‌های مورد نظرشان اعمال کنند. درنهایت با بدست‌آوردن میانگین امتیازات داده شده به هر راهبرد، مواردی که دارای امتیازات کمتر از ۷ بودند حذف و راهبردهای باقی‌مانده، به‌عنوان راهبردهای ارجح و به‌منظور تعیین رتبه نهایی راهبردها در مدل کوک و سیفورد به کار رفت (۳ و ۴).

در پژوهش حاضر در طراحی پرسشنامه، اعتبار صوری با بهره مندی از نظر خبرگان علمی و کارشناسان در طراحی پرسشنامه حاصل شد. از سوی دیگر به‌منظور اطمینان از پایایی سوالات پرسشنامه از روش آلفای کرونباخ استفاده شد و ضریب ۰/۹۴ برآورد شد که نشانگر پایایی بسیار بالا در طراحی پرسشنامه بود.

اولویت‌بندی (رتبه‌بندی) راهبردها با استفاده از روش کوک و سیفورد

به دلیل وجود عوامل متعدد مؤثر و تداخل این عوامل در فرایند کنترل پدیده بیابان‌زایی از مدل تصمیم‌گیری چند شاخصه کوک و سیفورد (۱ و ۷) استفاده شد. این روش با رویکرد مبتنی بر فاصله، به‌منظور مشخص‌کردن رتبه‌بندی نهایی از m گزینه با استفاده از رأی‌گیری اخذ شده از K تصمیم‌گیرنده پایه‌ریزی شده است (۱ و ۴۴). در روش کوک و سیفورد به‌ازای هر ترتیبی از گزینه‌ها، تعداد افراد تأییدکننده رتبه‌بندی گزینه‌ها مشخص شده و این مقادیر مبنای محاسبه فاصله خطی بین هر دو گزینه قرار می‌گیرد تا ازطریق حل مسئله تخصیص خطی مربوطه، رتبه‌بندی نهایی به‌دست آید.

روش کوک و سیفورد همانند روش لینمپ (LINMAP)، تاپسیس (TOPSIS)، ویگور (VIKOR)، مدل تبادلی سطح تمایل (AIM: Aspiration-Level Interactive Model) و برنامه‌ریزی سازشی (CPM: Compromise Programming Method)، یک روش تعیین فاصله از ایده‌آل است. در عین حال، استفاده از این روش‌ها اغلب نیازمند تعیین شاخص‌های کارا (بردار وزن معیارها و راه‌حل ایده‌آل) است. درحالی که روش کوک و سیفورد (همانند روش لینمپ) فقط نیازمند رأی‌گیری از تصمیم‌گیرندگان و توافق بر سر مسئله مورد بررسی است. به نحوی که می‌توان اولویت و رتبه‌بندی گزینه‌ها را فقط بر اساس رأی تصمیم‌گیرندگان مشخص کرد و بردار وزن معیارها و راه‌حل ایده‌آل مثبت به‌طور پیش‌فرض ناشناخته هستند (۱۱، ۱۳ و ۱۴).

در فرایند کاربرد این مدل، روش کار بدین صورت است که ابتدا رتبه‌بندی گزینه‌ها در مسئله مورد بحث از تصمیم‌گیرندگان گرفته شد (پرسشنامه دوم) و سپس یک توافق سازشی از گروه تصمیم‌گیرندگان برای رتبه‌بندی گزینه‌ها، به‌ازای هر شاخص به‌دست آمد. سپس مطابق روش کوک و سیفورد، برای دسترسی به توافق سازشی، از حداقل‌کردن عدم توافق در بین رتبه‌بندی‌ها استفاده شد. به این منظور از یک تابع متریک یا فاصله‌ای استفاده شد، در نتیجه رتبه‌بندی توافقی ممکن، از کمینه‌سازی برای مجموع قدرمطلق فواصل (یا عدم توافق) به دست آمد (رابطه ۲) (۱۲، ۴۴، ۴۶).

$$d = \sum_{P=1}^{k} d_P = \sum_{P=1}^{k} \sum_{i=1}^{m} \left| a_{P,i} - a_i \right| \qquad (۲)$$

در این رابطه $a_{P,i}$ نشان‌دهنده رتبه واگذار شده به گزینه iام از m گزینه، توسط تصمیم‌گیرندهPام از k تصمیم‌گیرنده بوده و a_i بیانگر میانه یا رتبه توافقی برای آن گزینه است.

پس از محاسبه رتبه توافقی، با توجه به تعداد گزینه‌ها، ماتریس m×m تشکیل شد که سطرهای آن نشان‌دهنده گزینه‌ها و ستون‌های آن نشان‌دهنده رتبه هریک از گزینه‌ها است. با استفاده از داده‌های، ماتریس m×m، مسئله تخصیص در قالب مدل برنامه‌ریزی خطی نوشته شد (رابطه ۳) و درنهایت به‌منظور برآورد رتبه هر یک از گزینه‌ها از روش سیمپلکس اقدام به حل مسئله شد (۱، ۱۱، ۱۴ و ۴۶). البته می‌توان از روش‌های حل ویژه مسائل تخصیص (Assignment-problem) برای حل آن نیز استفاده کرد (۲، ۱۲ و ۴۵).

$$\begin{aligned} &\min : \sum_{i=1}^{m}\sum_{r=1}^{m} d_{i,r}.h_{i,r} \\ &st : \sum_{i=1}^{m} h_{i,r} = 1 \quad ;r = 1,\ldots,m \\ &\sum_{r=1}^{m} h_{i,r} = 1 \quad ;i = 1,\ldots,m \\ &h_{i,r} = 0,1 \end{aligned} \qquad (۳)$$

در این رابطه $d_{i,r}$ که از رابطه ۱ برآورد می‌شود، بیانگر

فواصل یا عدم توافق تصمیم‌گیران در صورت قرارگرفتن (رتبه‌بندی) راهبرد A_i در موقعیت r یا به عبارتی انحراف بین یک رتبه انتخابی است. m رتبه فرض‌شده از گزینه iام در نظر گرفته شده است و $h_{i,r}$ درصورتی‌که گزینه iام در نظر گرفته شده به رتبه rام تخصیص یابد برابر یک و در غیر اینصورت برابر صفر است.

نتایج

انتخاب راهبردهای مهم و اولویت‌دار

در فرایند ارزیابی راهبردهای مقابله با بیابان‌زایی در منطقه مطالعاتی، ابتدا به روش دلفی و از میان مجموع راهبردهای پیشنهادی، (جدول ۱)، پنج راهبرد مهم و اولویت‌دار: جلوگیری از تبدیل و تغییر نامناسب کاربری اراضی ($A_{۱۸}$)، توسعه و احیاء پوشش گیاهی ($A_{۲۳}$)، کنترل چرای دام ($A_{۲۰}$)، تعدیل در برداشت از منابع آب زیرزمینی ($A_{۳۱}$)، و تغییرالگوی آبیاری و اجرای روش‌های کم‌آب‌خواه ($A_{۳۳}$)، از نظر گروه انتخاب و در ساختار مدل کوک و سیفورد به‌منظور رتبه‌بندی نهایی راهبردها به کار رفت (۲۸).

پس از مشخص‌شدن راهبردهای اولویت‌دار مطابق ادبیات پژوهش جایگشت اولویت راهبردها نسبت به هم مشخص و طی پرسشنامه‌ای از تصمیم‌گیرندگان (جامعه آماری) خواسته شد که رتبه‌بندی مد نظرشان را تعیین کنند. سپس داده‌ها جمع‌آوری و تلخیص شد و نظرات تصمیم‌گیرندگان در رابطه با رتبه‌بندی راهبردها مشخص شد. جدول ۲ تعداد رأی دهندگان (تصمیم‌گیران) را برای هریک از اولویت‌ها نشان می دهد.

پس از محاسبه فراوانی تعداد هر رأی‌دهنده به جایگشت‌های ممکن (جدول۲) فواصل یا عدم توافق برای هر یک از راهبردها ($d_{i,r}$) از رابطه ۲ برآورد شد و نتایج حاصله در جدولی که به ماتریس فواصل مشهور است نمایش داده شد (جدول ۳).

پس از تشکیل ماتریس فواصل (جدول۳)، مسئله تخصیص طی رابطه ۲، و به صورت ذیل شکل گرفت.

$$MIN = 10*h_{A181} + 19*h_{A182} + 42*h_{A183} +65*h_{A184} + 90*h_{A185} + 17*h_{A231} + 8*h_{A232} + 33*h_{A233} +58*h_{A234} + 83*h_{A235} + 62*h_{A311} + 37*h_{A312} + 12*h_{A313} +25*h_{A314} + 38*h_{A315} + 80*h_{A201} + 55*h_{A202} + 30*h_{A203} +13*h_{A204} + 20*h_{A205} + 81*h_{A331} + 56*h_{A332} + 33*h_{A333} +14*h_{A334} + 19*h_{A335};$$

$$h_{A181} + h_{A231} + h_{A311} + h_{A201} + h_{A331} = 1;$$
$$h_{A182} + h_{A232} + h_{A312} + h_{A202} + h_{A332} = 1;$$
$$h_{A183} + h_{A233} + h_{A313} + h_{A203} + h_{A333} = 1;$$
$$h_{A184} + h_{A234} + h_{A314} + h_{A204} + h_{A334} = 1;$$
$$h_{A185} + h_{A235} + h_{A315} + h_{A205} + h_{A335} = 1;$$
$$h_{A181} + h_{A182} + h_{A183} + h_{A184} + h_{A185} = 1;$$
$$h_{A231} + h_{A232} + h_{A233} + h_{A234} + h_{A235} = 1;$$
$$h_{A311} + h_{A312} + h_{A313} + h_{A314} + h_{A315} = 1;$$
$$h_{A201} + h_{A202} + h_{A203} + h_{A204} + h_{A205} = 1;$$
$$h_{A331} + h_{A332} + h_{A333} + h_{A334} + h_{A335} = 1;$$

و از حل این مدل و گرفتن خروجی، رتبه‌بندی نهایی و مورد توافق گروهی راهبردها به شرح ذیل حاصل شد (پیوست ۱و۲).

$A_{۱۸}>A_{۲۳}>A_{۳۱}>A_{۲۰}>A_{۳۳}$

بنابرای، رتبه‌بندی نهایی توسط رویکرد چندشاخصه کوک و سیفورد برای راهبردهای تصمیم موجود به این صورت است که، راهبردهای جلوگیری از تبدیل و تغییر نامناسب کاربری اراضی ($A_{۱۸}$)، توسعه و احیاء پوشش گیاهی ($A_{۲۳}$)، تعدیل در برداشت از منابع آب زیرزمینی ($A_{۳۱}$)، کنترل چرای دام ($A_{۲۰}$) و تغییرالگوی آبیاری و اجرای روش‌های کم‌آب‌خواه ($A_{۳۳}$)، به‌ترتیب به‌عنوان مهمترین راهبردهای مقابله با بیابان‌زایی در منطقه تشخیص داده شدند.

بحث و نتیجه‌گیری

موضوعات تصمیم‌گیری در دنیای واقعی نظیر "ارائه راهبردهای بهینه در چارچوب مدیریت مناطق بیابانی" معمولاً از ابعاد مختلفی تشکیل شده است که به دلیل عملکردهای ناسازگار، اکثر اوقات شاخص‌های مؤثر مورد غفلت واقع می‌شوند. علاوه بر این، بیشتر اوقات بیش از یک تصمیم‌گیرنده بر روند کار تأثیر می‌گذارد. از این رو دستیابی به اجماع در چنین محیط‌هایی همواره به‌عنوان یک مشکل مطرح است. با توجه به پیچیدگی این مسائل برای مقابله با وضعیت چند شاخصه، نیاز به یک فرایند تصمیم‌گیری چند شاخصه (MADM) است. بنابراین،

جدول ۱. راهبردهای پیشنهادی و میانگین اولویت آنها از نظر گروه

راهبردها	میانگین	راهبردها	میانگین
– اصلاح، ایجاد وتقویت زیرساخت‌های اقتصادی – اجتماعی		$A_{۲۲}$– جلوگیری از بوته‌کنی و قطع اشجار	۶/۴۶
$A_{۱}$– کاهش نرخ رشد جمعیت	۵	$A_{۲۳}$– توسعه و احیای پوشش گیاهی	۷/۵۶
$A_{۲}$- فقر زدایی	۵/۶۸	$A_{۲۴}$– حفاظت از تاغزارها (جوان‌سازی و زادآوری تاغ‌ها)	۶/۷۶
$A_{۳}$- ایجاد و تقویت سازمان‌های روستایی	۵/۳۷	– حفاظت خاک	
$A_{۴}$– افزایش اشتغال	۶/۷	$A_{۲۵}$– حفاظت از سطوح سنگریزه ای در منطقه (رگ)	۶/۴۵
$A_{۵}$– افزایش مشارکت مردمی و حمایت ازNGOها	۶/۱	$A_{۲۶}$– جلوگیری و کاهش تردد ماشین‌آلات	۵/۵۷
$A_{۶}$– به کارگیری نیروهای بومی و تکنولوژی محلی در طرح‌ها	۶/۵۶	$A_{۲۷}$– ایجاد بادشکن‌های زنده و غیرزنده	۶/۸۶
$A_{۷}$– آموزش مردم در بکارگیری روش‌های جدید و دانش	۶/۴۷	$A_{۲۸}$– اصلاح بافت خاک	۴/۶۶
$A_{۸}$– تصویب، تقویت واجرای قوانین وتناسب جرم با مجازات	۵/۷۳	– توسعه کشاورزی پایدار	
$A_{۹}$– تأ مین نیازهای ساکنان بومی	۵/۸۹	$A_{۲۹}$– اصلاح روش‌های تناوب زراعی و آیش	۵/۴۲
$A_{۱۰}$– تعدیل الگوهای مصرف ناپایدار و اصلاح شیوه‌های معیشتی	۵/۶	$A_{۳۰}$– اصلاح روش‌های شخم‌زنی، کوددهی، سمپاشی	۵/۱
$A_{۱۱}$– توجه به نقش زنان و جوانان در بیابان‌زدایی	۴/۵	– توسعه و مدیریت پایدار منابع آب (آبخوان‌داری)	
$A_{۱۲}$– سازماندهی نواحی شهری و جلوگیری از مهاجرت	۵/۲۳	$A_{۳۱}$– تعدیل در برداشت از منابع آب زیرزمینی	۷/۲۴
$A_{۱۳}$– ایجاد هماهنگی بین ادارات و سازمان‌های مسئول	۶/۸۶	$A_{۳۲}$– کاهش مصرف آب (مصرف بهینه آب در مزارع)	۶/۶
$A_{۱۴}$– بالابردن نرخ باسوادی	۴/۸	$A_{۳۳}$– تغییردر الگوی آبیاری و اجرای روش‌های کم‌آبخواه	۷/۴۹
$A_{۱۵}$– توسعه طبیعت‌گردی بیابانی	۵/۳۲	$A_{۳۴}$– تبدیل سیستم‌های آبیاری از سنتی به مدرن و تحت فشار	۶/۵۳
$A_{۱۶}$– استفاده چندمنظوره از بیابان به جای استفاده موردی	۵/۲۷	$A_{۳۵}$– جمع‌آوری و استحصال بهینه منابع آب	۶/۶۴
$A_{۱۷}$– سپردن مسئله بیابان‌زدایی به بخش خصوصی	۳/۷۹	$A_{۳۶}$– تغذیه آب‌های زیرزمینی	۶/۰۸
$A_{۱۸}$– جلوگیری از تبدیل و تغییر نامناسب کاربری اراضی	۷/۵	$A_{۳۷}$– احداث شبکه‌های پخش سیلاب و استفاده از آبرفت آن	۵/۳
$A_{۱۹}$– تهیه نقشه آمایش سرزمین و تعیین محدوده‌های بیابانی	۶/۴۴	$A_{۳۸}$– ایجاد بارش‌های مصنوعی جهت تغذیه آبخوان‌ها	۳/۴۷
– حفاظت از پوشش گیاهی		$A_{۳۹}$– ترویج کشت گلخانه‌ای از نظر مصرف آب	۶/۲
$A_{۲۰}$– کنترل چرای دام (تعادل دام و مرتع، تناسب نوع دام و غیره)	۷/۳۴	$A_{۴۰}$– معرفی ارقام گیاهی جدید و مقاوم به خشکی	۶
$A_{۲۱}$– تولید علوفه و افزایش پتانسیل اقتصاد پایدار دامدار	۶/۶		

جدول ۲. نتایج رأی‌گیری تصمیم‌گیرندگان در رابطه با اولویت‌بندی (رتبه‌بندی) راهبردهای مقابله با بیابان‌زایی

ارجحیت راهبردها (^1A_i)	تعداد تصمیم‌گیرندگان (DM)	ردیف جایگشت
$A_{۱۸}>A_{۲۳}>A_{۳۱}>A_{۲۰}>A_{۳۳}$	۱۰	۱
$A_{۲۳}> A_{۱۸}> A_{۳۳}> A_{۲۰}> A_{۳۱}$	۲	۲
$A_{۲۳}> A_{۱۸}> A_{۲۰}> A_{۳۳}> A_{۳۱}$	۳	۳
$A_{۱۸}> A_{۲۳}> A_{۳۱}> A_{۳۳}> A_{۲۰}$	۷	۴
$A_{۲۳}> A_{۱۸}> A_{۳۱}> A_{۳۳}> A_{۲۰}$	۲	۵
$A_{۲۳}> A_{۳۳}> A_{۲۰}> A_{۱۸}> A_{۳۱}$	۱	۶
⋮	۰	⋮
$A_{۳۳}> A_{۲۰}> A_{۳۱}> A_{۲۳}> A_{۱۸}$	۰	۱۲۰
مجموع	K^2=۲۵	–

A_i^1= راهبرد و K^2= تعداد تصمیم‌گیرنده هستند.

جدول ۳. ماتریس فواصل راهبردهای مقابله با بیابان‌زایی

		رتبه (r^1)				
	راهبرد(A_i)	۱	۲	۳	۴	۵
	$A_{۱۸}$	۱۰	۱۹	۴۲	۶۵	۹۰
	$A_{۲۳}$	۱۷	۸	۳۳	۵۸	۸۳
D=	$A_{۳۱}$	۶۲	۳۷	۱۲	۲۵	۳۸
	$A_{۲۰}$	۸۰	۵۵	۳۰	۱۳	۲۰
	$A_{۳۳}$	۸۱	۵۶	۳۳	۱۴	۱۹

r^1= رتبه هر راهبرد در جایگشت مربوطه است.

استفاده از معیارهای متعدد و درگیرکردن متخصصان یکی از بهترین راه‌ها برای لحاظ کلیه فاکتورهای مؤثر در فرایند مقابله با بیابان‌زایی است. از این‌رو در این پژوهش از روش چند معیاره کوک و سیفورد استفاده شد.

نتایج حاصل از کاربرد مدل کوک و سیفورد در رتبه‌بندی راهبردهای مقابله با بیابان‌زایی بیانگر این موضوع است که این مدل همانند مدل لینمپ، مقایسه زوجی تصمیم‌گیرنده‌ها از ارجحیت گزینه‌ها را در نظر می‌گیرد و از آنجا که به همه ابعاد برای ارزیابی گزینه‌ها توجه می‌شود، قابل تأمل است. این امر باعث می‌شود باوجود نادیده‌گرفتن بردار وزن معیارها در ارزیابی راهبردها همچنان نتایج حاصل‌شده با سایر مدل‌هایی همچون همانند ارسته (۲۵)، الکترا (۳۰)، پرومته (۳۷)، تخصیص خطی (۳۹)، مجموع وزنی (۴۱)، بردا (۲۳ و ۳۲) تئوری مطلوبیت چند معیاره (۲۹)، تحلیل شبکه (۳۱)، لینمپ (۳۶)، برناردو (۲۷) و ویگور (۳۵) که اهمیت معیارها را در نظر می‌گیرند، همخوانی داشته باشد.

نتایج حاصله از رتبه‌بندی نهایی توسط رویکرد چندشاخصه کوک و سیفورد برای راهبردهای تصمیم موجود نشان داد که راهبرد جلوگیری از تبدیل و تغییر نامناسب کاربری اراضی($A_{۱۸}$) مؤثرترین راهبرد در فرایند مقابله با بیابان‌زایی است. در این رابطه، مطالعات میدانی نشان داد که تغییر کاربری اراضی در نتیجه افزایش جمعیت، بیکاری، رشد صنایع و روحیه شهرنشینی به شدت در حال گسترش است. به‌طور عمده کاربری اراضی به صورت تبدیل اراضی مرتعی به اراضی زراعی

و باغی در اثر توسعه چاه‌های عمیق و نیمه عمیق 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 (۲۱). 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.

همچنین، نتایج نشان داد که راهبردهای "توسعه و احیاء پوشش گیاهی" ($A_{۲۳}$) و تعدیل در برداشت از منابع آب زیرزمینی ($A_{۳۱}$) به‌ترتیب پس از راهبرد "جلوگیری از تبدیل و تغییر نامناسب کاربری اراضی" ($A_{۱۸}$)، به‌عنوان راهبردهای مهم و مؤثر در فرایند مقابله با بیابان‌زایی هستند. در این رابطه، مطالعات میدانی نشان داد که از مجموع اراضی منطقه، ۵۹ درصد به اراضی مرتعی و ۱۴/۲۵ درصد به اراضی تاغ‌کاری شده اختصاص دارد. تیپ غالب گیاهی مراتع منطقه را عمدتاً، درمنه- بوه شور (Ar-sat: Artemisia- Salsolactomentosa) و درمنه- کوزینیا (Ar-Co: Artemisia- Cousinia) با تراکم ۶ الی ۱۵ درصد تشکیل می‌دهد که به شدت تحت تأثیر عملکردهای انسانی در قالب بوته‌کنی و چرای مفرط دام است، به‌طوری که ۴۰ تا ۵۰ درصد پوشش گیاهی بر اثر بوته‌کنی به‌منظور تعلیف دام، سوخت و مصالح ساختمانی از بین می‌رود. در همین حال ۲۰ تا ۳۰ درصد پوشش مراتع را گیاهان مهاجم با ارزش غذایی ناچیز همانند گیاه Cousinia.sp و سالسولا (Salsola.spp) اشغال کرده است. به‌طور کلی حدود ۵۹ درصد از عرصه‌های منطقه مطالعاتی را مراتع درجه چهار و پنج (فقیر تا خیلی فقیر) شکل داده است این درحالی است که در اراضی مرتفع جنوبی ۵/۱ برابر بیشتر از ظرفیت قابل چرا (به‌طور متوسط ۰/۱۵ واحد دامی در ۱۰۰ روز در هکتار) بهره‌برداری می‌شود که فشار دامی معادل ۰/۱۹ به عرصه‌های کوهستانی وارد می‌کند و در اراضی پست شمالی دام‌ها ۳/۷ برابر بیشتر از ظرفیت مجاز تعلیف استفاده می‌کنند که فشاری معادل ۰/۲۷ را به عرصه‌های پست منطقه وارد می‌کنند از این‌رو مطابق ارزیابی‌های صورت گرفته وضعیت مراتع فقیر با گرایش منفی برآورد شده است که نشان از چرای شدید مرتع دارد (۲۱). بنابراین، پیشنهاد می‌شود از گونه‌های بومی و مقاوم مرتعی استفاده شود، اقدام به کپه‌کاری یا بذرپاشی، مالچ‌پاشی، احداث بادشکن در اراضی حساس شود، از روند تخریب تاغزارها جلوگیری و نسبت به احیا و بازسازی آنها اهتمام لازم به عمل آید، تعادل و تناسب تعداد و نوع دام با ظرفیت و وضعیت مراتع رعایت شود، از چرای خارج از فصل جلوگیری شود. بخشی از چرا از اراضی حساس منتقل شود، به‌منظور حمایت از دامدار و حفاظت از مراتع به تولید و واردات علوفه اقدام و در جهت افزایش پتانسیل اقتصاد پایدار دامدار حرکت شود تا دامدار، اقدام به بوته‌کنی جهت تعلیف شبانه و همچنین زمستانه و یا تعلیف پس چرا مزارع و باغات نکند.

افزایش برداشت از منابع آب زیرزمینی در سال‌های اخیر که با توسعه فعالیت‌های معدنی و کشاورزی همراه است، باعث افت سطح آب به میزان ۳۰cm تا ۴۵cm در سال شده که این امر به نوبهٔ خود، باعث افزایش شوری آب منطقه به بیش از ۵۰۰۰ µmhos/cm تا ۷۰۰۰ µmhos/cm شده است. این مسئله با وضعیت آبیاری اراضی کشاورزی تشدید می‌شود، به‌طوری‌که آبیاری در اراضی کشاورزی، اغلب به‌صورت سنتی غرقابی و کرتی با استخرها و جوی‌های روباز و بسترهای با خلل و فرج زیاد صورت می‌گیرد، به‌صورتی‌که بیش از ۵۰ درصد آب مصرفی هدر می‌رود و راندمان آبیاری در مزرعه و انتقال کمتر از ۴۰ درصد برآورد می‌شود. از دیگر عوامل افزایش برداشت از منابع آب زیرزمینی در منطقه مطالعاتی می توان به وسعت کم اراضی زراعی (به‌طور متوسط کمتر از ۱۰ هکتار برای هر کشاورز)، فاصله طولانی منابع آب تا محل مصرف (۷۳ درصد ما بین ۱ الی ۳ کیلومتر)، عدم استفاده از وسائل مدرن تقسیم و توزیع آب مانند دریچه‌های تقسیم آب، سیفون‌های آبیاری، گسیلنده‌های

سطحی، لوله‌ها ودریچه‌های سوراخ‌دار وغیره، افزایش صنایع با مصرف آب زیاد (آبخواه) همچون صنایع شن و ماسه و رنگرزی و نساجی، افزایش برداشت به‌منظور آبیاری مناطق کشت‌شده با گونه تاغ که در سال‌های اخیر به‌منظور کنترل فرسایش بادی در مناطق رسی و تپه‌های ماسه‌های ارگ اشکذر توسعه زیادی یافته است، خشکسالی‌های رخ داده در سال‌های اخیر و غیره اشاره کرد. بررسی‌های میدانی نشان داد که در سیستم‌های آبیاری معمول در منطقه، به محض اینکه آب به ابتدای کرت وزمین کشاورزی می‌رسد، رها می‌شود و تمهیداتی از قبیل تسطیح زمین، ابعاد مناسب کرت‌ها، طراحی بهینه سیستم آبیاری نشتی، مانند فاصله نشتی، دبی نشتی، شیب وغیره در نظر گرفته نمی شود ودر نتیجه با توجه به وضعیت اقلیمی وتبخیر بالا، هدر رفت آب بسیار بالاست (۲۱). بنابراین به‌منظور بهبود وضعیت منابع آب زیرزمینی پیشنهاد می‌شود توجه به آموزش و ترویج روش‌های آبیاری مناسب، به کارگیری روش‌های مدرن و تحت فشار، توجه به پوشش‌دار کردن جوی‌ها و کانال‌ها، تسطیح و یکپارچه‌سازی اراضی و به‌طور کلی تغییر نظام مدیریت آب و آبیاری درجهت مدیریت مطلوب، بهینه و پایدار آبیاری اقدام کرد.

بنابراین، اهتمام به تحلیل صورت گرفته بر روی راهبردها از بین طیف وسیعی از راهبردهای مطرح در دستیابی به نتایج بهینه طرح‌های مقابله با بیابان‌زایی، می‌تواند به سرعت این اوضاع نابسامان را بهبود بخشیده و ساختاری پایدار در فرایند مقابله با بیابان‌زایی را پی‌ریزی کند. از این‌رو پیشنهاد می‌شود طرح‌های مقابله با بیابان‌زایی بر روی راهبردهای منتج‌شده از موانع مؤثر نتیجه شده از این پژوهش‌های سیستماتیک تأکید کنند تا از هدر رفت سرمایه‌های محدود جلوگیری و بازدهی طرح‌های کنترل، احیاء و بازسازی بالا رود.

منابع مورد استفاده

1. Armstrong, R. D., W. D. Cook and L. M. Seiford. 1982. Priority ranking and consensus formation: The case of ties. *Management Science* 28(6): 638-45.
2. Asgharpur, M. J. 2010. Group decision and game theory, operations research approach. Tehran University Publishing, Tehran, Iran (In Farsi).
3. Asgharpour, M. J. 2017. Multi-Criteria Decision Making. 15nd edition, Publication of Tehran University. Tehran, Iran (In Farsi).
4. Azar, A and A. Rajabzadeh. 2018. Applied decision making with an approach of Multi-Attribute Decision Making (MADM). 6th edition. Publication of Negah Danesh, Tehran, Iran (In Farsi).
5. Bowyer, C., S. Withana., I. Fenn., S. Bassi., M. Lewis., T. Cooper., P. Benito., S. Mudgal. 2009. Land degradation and desertification. European Parliament, Policy Department A, Economic and Scientific Policy. Brussels, Belgium.
6. Briassoulis, H. 2019.Combating land degradation and desertification: The land-use planning quandary. *Land* 8(27): 1-26.
7. Cook, W. D and L. M. Seiford. 1978. Priority ranking and consensus formation. *Management Science* 24(16): 1721-32.
8. D'Odorico, P., A. Bhattachan, K. F. Davis, S. Ravi and C. W. Runyan. 2013. Global desertification: Drivers and feedbacks. *Advances in Water Resources* 51: 326-344.
9. Geist, H. 2017. The Causes and Progression of Desertification; Routledge: London, UK.
10. Grau, J. B., J. M. Anton., A. M. Tarquis., F. Colombo., L. Rios and J. M. Cisneros. 2010. Mathematical model to select the optimal alternative for an integral plan to desertification and erosion control for the Chaco Area in Salta Province (Argentine). *Journal of Biogeosciences Discussions* 7: 2601-2630.
11. Hou, F. and E. Triantaphyllou. 2019. An iterative approach for achieving consensus when ranking a finite set of alternatives by a group of experts. *European Journal of Operational Research* 5(2): 570-579.
12. Jabehdari, M., L. Mosleh., S. H. Hashemi and M. Sadeghi Moghadam. 2019. Mathematical modeling to evaluate and select the best coagulant in drinking water treatment, using multi-attribute group decision making. *Waste Management and Xenobiotics* 2(1): 1-7.
13. Li, D. F. 2008. Extension of the LINMAP for multiattribute decision making under Atanassov's intuitionistic fuzzy

environment. *Fuzzy Optimum Decision Making* 7: 17-34.
14. Li, W., G. Guo and X. Zhou. 2015. Generalizing and integrating TOPSIS and Cook-Seiford method for multicriteria group decision-making with both cardinal and ordinal data. Hindawi Publishing Corporation Mathematical Problems in Engineering.
15. Mauerhofera, V., T. Ichinoseb., B. D. Blackwellc., M. R. Willigd., C. G. Flinte., M. S. Krausef and M. Penkerg. 2018. Underuse of social-ecological systems: A research agenda for addressing challenges to biocultural diversity. *Land Use Policy* 72: 57-64.
16. Millennium Ecosystem Assessment (MEA). 2005. Ecosystems and Human Well-being: Desertification Synthesis; Publication of World Resources Institute. Washington, DC, USA.
17. Ownegh, M., H. Sargazi and H. Barani. 2019. Investigation and ranking of social driver's factors of desertification in the Sistan plain. *Journal of Water and Soil Conservation* 25(6): 159-173.
18. Reynolds, J. F and M. Stafford-Smith. 2003. Global Desertification: Do Humans Cause Deserts? *Geographical Review* 93(3): 413-415.
19. Rigi, M. R., M. A. Nodratzehi., M. Mohammadi and M. R. Dehghan Bakhshan. 2017. Assessment of areas sensitivity to desertification using ESAs model, Case study: Muksokhteh and Rotok Region of Saravan. *Journal of Water and Soil Conservation* 24(4): 287-293.
20. Saaty, T. L. 1995. Decision Making for Leaders. Read/Write Storage (RWS) Publications, Pittsburgh, Pennsylvania, USA.
21. Sadeghi Ravesh, M. H. 2008. Investigation of effective desertification factors on environmental degradation. Ph.D Thesis. Islamic Azad University, Tehran, Iran (In Farsi).
22. Sadeghi Ravesh, 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 (In Farsi).
23. Sadeghi Ravesh, 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 (In Farsi).
24. Sadeghi Ravesh 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 (In Farsi).
25. Sadeghi Ravesh, M. H. 2019. Evaluation of de-desertification alternatives In Ardekan-Khezrabad plain by using Shannon Entropy method and ORESTE model. *Quarterly Journal of Environmental Erosion Research* 4(8): 19-40 (In Farsi).
26. Sadeghi Ravesh, M. H. 2021. Presentation of a new method for prioritize of combating desertification strategies based on multi-attribute decision making. *Iranian Journal of Applied Ecology* 9(4): 1-18 (In Farsi).
27. Sadeghi Ravesh, 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 (In Farsi).
28. Sadeghi Ravesh, M. H., H. Ahamadi., G. H. Zahtabian and M. Tahmoures. 2010. Application of Analytical Hierarchy Process (AHP) in assessment of de-desertification alternatives. *Iranian Journal of Range and Desert Research* 17(1): 35-50 (In Farsi).
29. Sadeghi Ravesh, M. H and B. Jabalbarezi. 2019. Evaluation of combat desertification alternatives by using Multi-Attribute Utility Theory (MAUT), Case study of Khezerabad region in Yazd province. *Journal on Environmental Technology and Sciences* 21(8): 101-112 (In Farsi).
30. Sadeghi Ravesh, M. H and H. Khosravi. 2014. Application of AHP and ELECTRE models for assessment of de-desertification alternatives in central Iran. *Desert* 19(2):141-153.
31. Sadeghi Rravesh, M. H and H. Khosravi. 2015. Application of Network Analysis Process (ANP) in assessment of combating desertification alternatives. *Desert Ecosystem Engineering Journal (DEEJ)* 4(8): 11-24 (In Farsi).
32. Sadeghi Ravesh, M. H and H. Khosravi. 2016. Evaluation of combat desertification alternatives by using Individual Borda Ranking model. *Desert Ecosystem Engineering Journal (DEEJ)* 5(12): 109-121(In Farsi).
33. Sadeghi Rravesh, M. H and H. Khosravi. 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 (In Farsi).
34. Sadeghi Ravesh, M. H and H. Khosravi. 2019. Assessment of de-desertification approaches using Multi Attribute Decision Making (MADM) and Principal Factor Analysis (PFA). *Geographical Explorations of Desert Areas* 6(1): 229-255 (In Farsi).
35. Sadeghi Ravesh, M. H and H. Khosravi. 2020. Identifying the most appropriate of combat desertification strategies by using the Eigenvector method and the Vikor model. *Journal of Natural Environmental Hazards* 9(25): 41-60 (In Farsi).
36. Sadeghi Ravesh, M. H and H. Khosravi. 2020. Quantitative Analysis of Combating Desertification Alternatives

Using LINMAP Model in Lingo Software Environment. *Desert Management* 8(16): 57-76 (In Farsi).
37. Sadeghi Ravesh, M. H., H. Khosravi and A. Abolhasani. 2016. Evaluation of combating desertification alternatives using PROMETHEE model. *Journal of Geography and Geology* 8: 1-14.
38. Sadeghi Ravesh, M. H., H. Khosravi and S. Ghasemian. 2015. Application of Fuzzy Analytical Hierarchy Process (FAHP) for assessment of combating-desertification alternatives in the central Iran. *Journal of Natural Hazard* 75: 653-667.
39. Sadeghi Ravesh, M. H., H. Khosravi and S. Ghasemian. 2016. Assessment of combating strategies using the Liner Assignment (LA) method. *Journal of Solid Earth* 7: 773-683.
40. Sadeghi Ravesh, M. H and M. Tahmoures. 2014. Evaluation of alternatives to combat desertification using FTOPSIS model. *Environmental Engineering and Sciences Quarterly* 1(3): 79-94 (In Farsi).
41. Sadeghi Ravesh, M. H and G. Zehtabian. 2013. Combat desertification alternatives classification with using of Multi Attribute Decision Making (MADM) view point and Weighted Sum Model (WSM), Case study: Khezrabad region, Yazd province. *Watershed Management Research* 100: 1-11(In Farsi).
42. Sadeghi Ravesh, M. H., G. R. Zehtabian., H. Ahmadi and H. Khosravi. 2012. Using analytic hierarchy process method and ordering technique to assess de-desertification alternatives, case study: Khezrabad, Yazd, Iran. *Carpathian Journal of Earth and Environmental Sciences* 7: 51-60.
43. Sepehr, A and 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(8): 71-85.
44. Taghizadeh, H. and S. Abdolhossein. 2013. Identification of the predominant conflict in educational institutes by using Cook-Seiford's method (A Case Study). *In*: Proceedings of 3rd International Conference on Logistics, Informatics and Service Science (LISS 2013). Reading, UK.
45. Taghizadeh, H. and G. Soltani Fesghandis. 2018. Prioritization of organizational justice dimensions from the viewpoint of institutional corruption decrease using Cook and Seiford approach. *Journal of Sociology Studies* 10(37): 43-55 (In Farsi).
46. Tzeng, G. H and J. J. Huang. 2011. Multiple attribute decision making methods and applications. Chemical Rubber Company (CRC) Press, Taylor and Francis Group. Boca Raton, USA.
47. UNCCD. 1994. United Nations Convention to Combat Desertification. UNCCD. Paris, France. Available from: https://www.unccd.int/sites/default/files/relevant-links/2017-01/UNCCD_Convention_ENG_0.pdf
48. United Nations (UN). 2015. Transforming Our World: The 2030 Agenda for Sustainable Development; Resolution adopted by the General Assembly on 25 September 2015; A/RES/70/1; 4th Plenary Meeting; United Nations: New York, USA.
49. United Nations Convention to Combat Desertification (UNCCD). 2017. The global land outlook, 1st edition. United Nations Convention to Combat Desertification. Bonn, Germany.

Journal of Water and Soil Science
Vol. 26, No. 2, Summer 2022, Isfahan University of Technology, Isfahan, Iran.

Prioritization of Combating-Desertification Strategies in Yazd-Khezrabad Plain using Cook and Seiford Method

M. H. Sadeghi Ravesh[1*]

(Received: December 24-2020; Accepted: May 19-2021)

Abstract

The optimal strategy selection is an influential factor to enhance the efficiency of land reclamation projects. On the other hand, the process of desertification of the land during environmental degradation is the consequence of the interaction between various factors that make it challenging to select appropriate solutions. Therefore, this study aimed to provide systematic optimization strategies in the form of a group decision-making model in the Yazd-Khezrabad plain. The important strategies were identified using the Delphi model. Then, the alternative initial ranking was formed by Cook and Seiford method framework using the vote taken from the decision makers on strategies. Finally, by estimating the linear distance of each option and including the matrix of the intervals, the last priority of the strategies was obtained from solving the assignment problem. The results indicated that the strategies of "prevent land use inappropriate change" (A_{18}) and "the regeneration of vegetation cover" (A_{23}) with Value=1 and Reduced Cost=0, were identified as the most important combating-desertification strategies in the region, respectively. The results of this study help desert managers to utilize limited facilities and capital dedicated to controlling the desertification process efficiently and effectively.

Keywords: Decision-making method, Multi-criteria decision-making, Assignment problem, pair-wise comparison, Lingo software

1. Department of Environment, Takestan Branch, Islamic Azad University, Takestan, Iran.
*:Corresponding author, Email: m.sadeghiravesh@tiau.ac.ir