نشریه شماره ۱۶، پاییز و زمستان ۱۳۹۹، صفحات ۵۷ تا ۷۶

نشریه مدیریت بیابان

www.isadmc.ir

انجمن علمی مدیریت و کنترل مناطق بیابانی ایران

تحلیل کمی راهبردهای مقابله با بیابان‌زایی با به کارگیری مدل لینمپ

محمد حسن صادقی روش[۱*]، حسن خسروی[۲]

۱. دانشیار گروه محیط زیست، دانشکدهٔ کشاورزی، دانشگاه آزاد اسلامی واحد تاکستان، تاکستان، ایران.
۲. دانشیار گروه احیاء مناطق خشک و کوهستانی، دانشکده منابع طبیعی دانشگاه تهران، تهران، ایران
* نویسنده مسئول: m.sadeghiravesh@tiau.ac.ir

تاریخ دریافت: ۱۳۹۹/۰۳/۲۴ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۹/۱۰/۰۷

چکیده

به منظور افزایش بازدهی و جلوگیری از هدر رفت سرمایه‌های محدود در طرح‌های مقابله با بیابان‌زایی، همواره نبود روشی که بتواند معیارها و راهکارهای مختلف را در نظر بگیرد و از آن میان بر مبنای ساختاری نظام مند و دیدگاه گروهی، راه‌حل‌های بهینه را ارائه دهد، مشهود بوده است. پژوهش حاضر با هدف ارائه روشی به منظور رتبه‌بندی راهبردهای بهینه مقابله با بیابان زایی در دشت یزد- خضرآباد در قالب مدل های تصمیم‌گیری چند معیاره با بهره گیری مدل لینمپ انجام گرفت.. در این روش از طریق یافتن فاصله اقلیدوسی راهبردها با بهترین راهبرد، ارجح‌ترین راهبرد انتخاب شد، در این رابطه مسئله به یک مدل خطی ریاضی تبدیل شد، که پس از اجرای مدل در محیط نرم افزار لینگو، وزن هر راهبرد، فاصله از راهبرد ایده‌آل و راهبرد ایده‌آل برآورد شد. بر مبنای نتایج به دست آمده، از دیدگاه مدل ارزیابی لینمپ، بر مبنای ارجحیت پنج معیار نهایی نظرخواهی شده: تناسب و سازگاری با محیط زیست ($C_{۷}$)، تخریب منابع وخسارت محیطی و انسانی ($C_{۱۶}$)، منابع انسانی متخصص ($C_{۶}$)، ابزارهای علمی و فناوری ($C_{۵}$) و زمان ($C_{۲}$)، راهبردهای توسعه و احیاء پوشش گیاهی ($A_{۲۳}$) با فاصله ۱۶/۲۰، جلوگیری از تبدیل و تغییر نامناسب کاربری اراضی($A_{۱۸}$) با فاصله ۱۶/۲۲، تعدیل در برداشت از منابع آب زیرزمینی ($A_{۳۱}$) با فاصله ۱۶/۳۵، به ترتیب به عنوان مهم‌ترین راهبردهای مقابله با بیابان‌زایی در منطقه تشخیص داده شد. نتایج پژوهش حاضر به مدیران مناطق بیابانی این امکان را می‌دهد که امکانات و سرمایه‌های محدود تخصیص یافته برای مهار بیابان‌زایی را به شیوه‌های درست و کارآمد به کارگیرند. بنابراین، نتایج رتبه‌بندی مذکور می تواند باعث افزایش میزان موفقیت اجرای طرح‌های بیابان‌زدایی و احیاء اراضی در منطقه مورد مطالعه شود.

واژگان کلیدی: تصمیم‌گیری چندمعیاره؛ ایده‌آل مثبت؛ معیار؛ بیابان‌زدایی؛ مقایسه زوجی؛ ناسازگاری

■ مقدمه

بیابان‌زایی عبارتست از تخریب اراضی در نواحی خشک، نیمه خشک و خشک نیمه مرطوب ناشی از عوامل اقلیمی و فعالیت‌های انسانی (۵۴). این پدیده موجب تغییر خصوصیات خاک، پوشش گیاهی یا آب و هوا شده و در نتیجه خدمات اکوسیستم که برای حفظ حیات ضروری می‌باشد به تدریج و به صورت مداوم از دست می‌رود. بیابان‌زایی اراضی خشک وسیعی در سراسر جهان را تحت تأثیر قرار می‌دهد و عامل اصلی استرس در جوامع بشری است (۹) که با تشدید روند گرم شدن زمین توسعه می‌یابد (۱۱، ۱۷، ۵۵). این پدیده به صورت مستقیم منابع سرزمینی زیادی از جمله خاک، آب، پوشش‌گیاهی و بخش‌های اقتصادی، گروه‌ها و نهادهای اجتماعی را در سطوح محلی و جهانی تحت تاثیر قرار داده است. 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 (۸، ۹، ۲۵). بنابراین مقابله با بیابان‌زایی برای کاهش فقر جهانی و کاهش از دست رفتن تنوع زیستی و تغییر اقلیم وابسته به انسان، جدی و حیاتی است (۱۸). به طوری که یکی از اهداف توسعه پایدار[1] که در کنفرانس ریو در سال ۲۰۱۲ مطرح شد. دستیابی به حفاظت، احیاء و ترویج استفاده پایدار از بوم‌نظام‌های زمینی، مدیریت پایدار جنگل‌ها، مبارزه با بیابان‌زایی، و متوقف و معکوس کردن تخریب اراضی و جلوگیری از کاهش تنوع زیستی می‌باشد (۵۳) از این رو در کنوانسیون سازمان ملل در رابطه با مقابله با بیابان‌زایی[2] به نقش مهم اقدامات محلی مناسب و درخور، در مقابله با تهدیدهای جهانی و بیابان‌زایی و تخریب اراضی تاکید شده است (۷). کشور ایران نیز به دلیل قرار گرفتن بیش از ۱۰۰ میلیون هکتار (۷۰٪) از مساحتش در شرایط خشک و نیمه خشک (۱) و ظهور پدیده خشکسالی با دوره بازگشت کوتاه (۵، ۲۳)، از زیست بومی شکننده برخوردار است. گسترش این فرایند در چند سال اخیر باعث کاهش چشم‌گیر پتانسیل حاصلخیزی اراضی زراعی، مرتعی و جنگلی، کاهش زیست توده جانوری و گیاهی، شور شدن و فرسایش خاک، افت کمی و کیفی منابع آب سطحی و زیرزمینی در جهان و بخصوص در ایران شده است (۲). لذا تسریع روند بیابان‌زایی و تخریب آشیان‌های بوم‌شناختی بوم‌نظام‌های طبیعی به عنوان یکی از دغدغه‌های اساسی مدیران و برنامه‌ریزان عرصه‌های منابع طبیعی کشور در دهه اخیر مطرح گردیده است. بنابراین با توجه به محدودیت منابع و نهاده‌ها، حساسیت بوم‌نظام‌های مناطق بیابانی و افزایش ضریب موفقیت در اجرای طرح‌های کنترل و کاهش اثرات بیابانزایی و احیاء اراضی تخریب‌یافته، امروزه جای بحثی دربارهٔ این موضوع که ارزیابی راهبردهای مقابله با بیابان‌زایی باید به عنوان عامل تعیین کننده در پروژه‌های اجرایی مدنظر قرار گیرد، نگذارده است. از طرف دیگر در طرح‌های مقابله با بیابان‌زایی همواره، خلأ روشی که بتواند معیارها و راهکارهای مختلف را در نظر بگیرد و از آن میان بر مبنای ساختاری سیستماتیک و دیدگاه گروهی، راه‌حل‌های بهینه را ارایه دهد، مشهود است و همواره مشاهده می‌شود که راهبردهای ارایه شده بر مبنای نظر کارشناس و به صورت بخشی و غیر همه جانبه‌نگر می‌باشد(۴۳) ازاین‌رو لزوم پرداختن به راهکارهای بهینه در قالب مدل‌های تصمیم‌گیری[3] گروهی نظامند به منظور جلوگیری از بیابانی شدن، یا احیاء و ترمیم مناطق تخریب‌یافته، ضروری به نظر می‌رسد.

با مطالعه منابع تحقیقاتی، مشاهده شد که مطالعات صورت گرفته در ارائه راهبردهای بهینه در چارچوب مدیریت مناطق بیابانی، بیشتر محدود به بررسی و واکاوی یک یا چند معیار یا عامل موثر بر فرایند مقابله با بیابان‌ایی، نظیر بررسی‌های صورت گرفته در رابطه با نقش مشارکت جوامع محلی (۱۴، ۱۹)، خط مشی محیط‌زیستی (۲۷)، تغییرات پوشش گیاهی (۵۰، ۵۷)، تغییرات کاربری اراضی (۱۶، ۴۵)، فن آوری‌های نو (۲۰)، آموزش (۵۸) و غیره در طرح‌های مقابله با بیابانزایی می‌باشد. از این‌رو راهکارهای ارائه شده بخشی و غیر همه

1. Sustainable Development Goal (SDG)
2.UNCCD: United Nations Convention to Combat Desertification

3. Decision Making models

جانبه‌نگر است و مطالعات جامعی که با بکارگیری مدل‌های تصمیم‌گیری و با در نظر گرفتن مجموعه معیارها و عوامل موثر در فرایند مقابله با بیابانزایی و انتخاب راهبردهای بهینه بر مبنای مجموعه این عوامل شکل گرفته باشد تنها به روش‌های: ارزیابی راهبردهای مقابله با بیابانزایی با استفاده از مدل‌های فرایند تحلیلی سلسله‌مراتبی[1](۱۵، ۳۲)، روش حذف و انتخاب سازگار با واقعیت[2](۱۵، ۳۴)، روش ساختاریافته رتبه‌بندی ترجیحی برای غنی‌سازی ارزیابی‌ها[3] (۱۵، ۳۹، ۴۷)، فرایند تحلیلی سلسله مراتبی فازی[4] (۴۰)، تکنیک اولویت‌بندی ترجیحی بر اساس تشابه به پاسخ‌های ایده‌آل[5] (۴۲)، تکنیک اولویت‌بندی ترجیحی بر اساس تشابه به پاسخ‌های ایده‌آل فازی[6] (۴۳)، بردا[7] (۳۰، ۳۶)، مدل مجموع وزنی[8](۴۴) جای گشت[9](۲۹)، تحلیل شبکه[10](۳۵)، تخصیص خطی[11](۴۱)، تحلیل عاملی[12](۳۷)، تئوری مطلوبیت چند معیاره[13](۳۳)، روش رتبه‌بندی جمعی برای مقایسه ارزیابی‌های ترتیبی گزینه‌ها بر اساس شاخص‌ها[14] (۳۱)، روش بهینه سازی چند معیاره و حل سازشی[15] (۳۸)، محدود می‌شود.

با توجه به محدودیت مطالعات به انجام رسیده، لزوم پرداختن به روش‌هایی که به‌تواند راه‌حل‌های بهینه را بر مبنای منطق و اصول قوی و مبانی نظری مستدل ارائه دهد، در حوزهٔ مدیریت مناطق بیابانی ضروری به نظر می‌رسد. از این رو هدف اصلی پژوهش حاضر، ارائه مدلی مناسـب با رویکرد تحلیل چند بعدی ترجیحات مد نظر تصمیم‌گیران و راستی آزمایی این مدل در عرصه، برای ارزیابی راهبردهای مقابله با بیابان‌زایی می‌باشد. به این منظور مدل "برنامه‌ریزی خطی برای تحلیل چند بعدی ترجیحات[16]"یا لینمپ که نوعی از روش‌های تصمیم‌گیری چند معیاره[17] جبرانی[18] سازشی[19] است، مد نظر قرار گرفت. این روش در عین داشتن الگوریتمی ساده، توانایی دخالت دادن معیارهای کمی و کیفی را به تعداد زیاد و به طور همزمان در فرایند تصمیم‌گیری دارد. همچنین قادر است در بازه‌های زمانی و مکانی مختلف اطلاعات ورودی را تغییر داده و ارزیابی‌های جدیدی بر اساس این تغییر ارائه کند. از این رو مطالعات تطبیقی به سهولت به انجام می‌رسد (۳).

این در حالی است که هیچ سابقه‌ای از کاربرد مدل لینمپ در حوزه مسائل مربوط به مدیریت مناطق بیابانی و از جمله انتخاب نظام‌مند راهبردهای بهینه در فرایند کنترل و کاهش شرایط بیابانی چه در داخل ایران و چه در خارج از ایران مشاهده نشده است.

روش لینمپ روشی است که در چارچوب روش‌های تصمیم‌گیری چند معیاره[20] سازشی، مقایس‌های زوجی تصمیم‌گیرندگان از ارجحیت راهبردها را در نظر می‌گیرد و چون به همه ابعاد برای ارزیابی راهبردها توجه می‌کند، به آن تحلیل چند بعدی ترجیحات می‌گویند. در واقع روش وزن‌دهی و تصمیم‌گیری برای راهبردها بر حسب فاصله از راه‌حل ایده‌آل مثبت[21] است. به عبارت دیگر این روش توامان هم یک مدل وزن‌گذاری معیارها و هم یک مدل سازشی و تعاملی است (۳، ۲۶، ۵۱).

تکنیک لینمپ روش تعاملی با تصمیم‌گیرنده است که با محاسبهٔ فاصله اقلیدسی از مقدار بهینه به رتبه‌بندی راهبردها می‌پردازد، در روش‌های مشابه همانند تاپسیس، ویگور، مدل تبادلی سطح تمایل[22]، و برنامه‌ریزی سازشی هم این نوع محاسبات مشاهده می‌شود ولی روش به‌دست آوردن مقدار بهینه در این روش مبتنی بر مقایسه زوجی

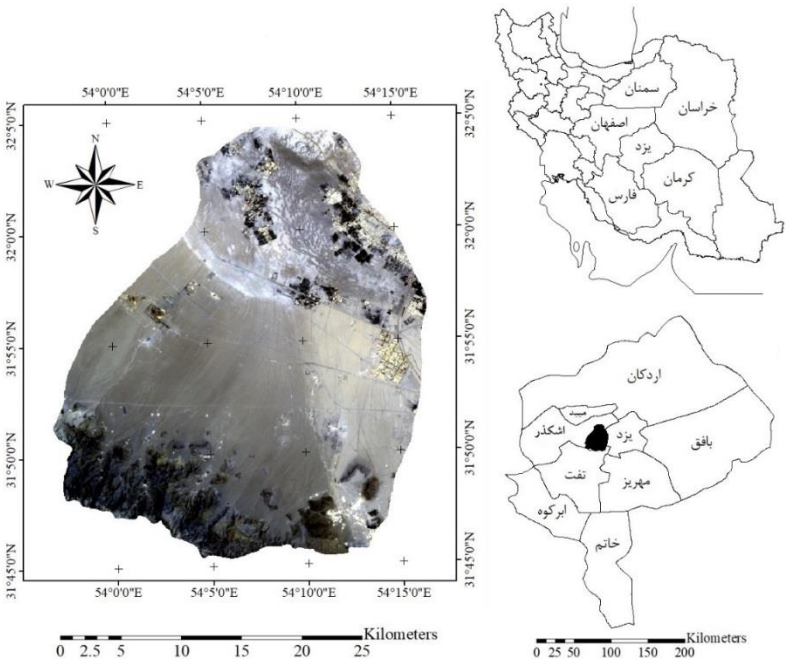
1. AHP = Analyzes Hierarchy Process
2. ELECTRE: Elimination et Choice Translating Reality
3. PROMETHEE: Preference Ranking Organization METHod For Enrichment Evaluation
4. FAHP: Fuzzy Analyzes Hierarchy Process
5. TOPSIS: Technique for Order Preference by Similarity to Ideal Solution
6. FTOPSIS: Fuzzy Technique for Order Preference by Similarity to Ideal Solution
7. BORDA
8. WSM: Weighted Sum Model
9. PERMUTATION
10. ANP: Analytical Network Process
11. LA: Linear Assignment
12. PFA: Principal Factor Analysis
13. MAUT: Multi-Attribute Utility Theory
14. ORESTE: Organisation Rangement Et Synthese de donnees Relationnelles
15. VIKOR: Vlse Kriterijumsk Optimizacija Kompromisno Resenje
16. LINMAP: Linear Programming Techniques for Multidimensional Analysis of Preferences
17. MCDM: Multi Criteria Decision Making
18. Compensatory Methods
19. Concordance Methods
20. MCDM: Multi Criteria Decision Making
21. PIS: Positive Ideal Solution
22. AIM: Aspiration-Level Interactive Model

از راهبردهای ارائه شده توسط تصمیم‌گیرنده است (۵۶). از طرفی مدل لینمپ در مواردی که تعداد راهبردها نسبت به تعداد شاخص‌ها مساوی هستند و یا از لحاظ تعداد اختلاف زیادی ندارند در رتبه‌بندی‌ها معمولاً بیش از یک راهبرد را در رتبه مشابه قرار می‌دهد، این امکان هرچند در اجرای همزمان تعدادی راهبرد به‌نوعی دست مسئولین را برای اجرای راهبردها بازتر می‌نماید اما بدلیل اینکه قاطعانه در هر رتبه یک راهبرد را معرفی نمی‌نماید، این امکان متصور است که در تصمیم‌گیری مدیران را با تردید مواجه سازد (۲۴).

■ مواد و روش‌ها

منطقه مورد مطالعه

دشت یزد- خضرآباد با وسعتی معادل ۷۸۱۸۰ha در ۱۰km 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) ارتفاع متوسط دشت خضرآباد ۱۳۹۷ متر و ۸۴/۷۹ درصد منطقه (۶۶۳ کیلومترمربع) شیبی کمتر از ۱۰درصد دارد. بنابراین، قسمت اعظم منطقه را اراضی پست با شیب متوسط ۹/۴۱ درصد تشکیل می‌دهد. از نظر زمین شناسی این منطقه از سازند قدیمی کهر تا رسوبات جوان کواترنر را در برگرفته است (۴۸). منابع خاک منطقه بیشتر در رده خاک‌های نارس بیابانی (آنتی سول[1]) و زیر رده اورنتز[2] می‌باشد که دارای رژیم حرارتی ترمیک و رژیم رطوبتی آریدیک و تحت تأثیر فرایند تخریب فیزیکی شکل گرفته و حاوی گچ و نمک می‌باشد و به شدت تحت تأثیر فرایند فرسایش آبی و بادی و تخریب قرار دارد (۱۲). از نظر اقلیمی بر مبنای روش دوماتن اصلاح شده اقلیم منطقه خشک و سرد بیابانی است. میانگین بارندگی سالیانه ۱۲۱mm و جهت باد غالب شمال غربی با فراوانی وقوع ۱۶/۹۴٪ و با بیشینهٔ سرعت ۱۶/۳km/h می‌باشد. ۱۲۹۳۰ha از اراضی منطقه را تپه‌ها و پهنه‌های ماسه‌ای شکل داده که ارگ[3] بزرگ اشکذر با وسعتی معادل ۸۹۲۳ha در شمال منطقه با انواع رخساره‌های تخریبی و فرسایشی به چشم می‌خورد که قلمرو وقوع توفان‌های ماسه‌ای با فراوانی بیش از ۱۰ تکرار در سال با جهت غالب غربی و شمال‌غربی می‌باشد. در عین حال از کل اراضی زراعی منطقه ۱۹۹۵haرا اراضی مخروبه حاصل از عملیات انسانی و فرایندهای طبیعی تشکیل داده است که نشان دهندهٔ وضعیت کاملاً خاص از نظرگاه بیابان‌زایی در منطقه و بیان کننده لزوم پرداختن به راه‌حل‌های مقابله با بیابان‌زایی در آن است (۲۸).



شکل ۱. موقعیت دشت یزد- خضرآباد

1. Entisols
2. Orthents
3. Erg

روش تحقیق

در پژوهش حاضر به منظور ارزیابی راهبردهای مقابله با بیابان‌زایی از مدل لینمپ استفاده شد و در چارچوب این مدل، راهبردها و عوامل تأثیرگذار بر ایجاد شرایط بیابانی و شیوه‌های ارزشـیابی آنها مورد بررسی قرارگرفت. این پژوهش با استفاده از روش پیمایشی انجام گرفت که در آن، جامعه آماری شامل کلیه کارشناسان آشنا به منطقه مطالعاتی در شهرستان یزد و اشکذر انتخاب شدند. بنابراین تعداد تصمیم‌گیرندگان، ۳۰ نفر از کارشناسان دارای حداقل مدرک کارشناسی (تخصص) در زمینه مدیریت مناطق بیابانی (۶ نفر) و رشته‌های وابسته نظیر آبخیزداری (۱۲ نفر)، مرتعداری (۸ نفر)، محیط زیست (۲نفر) و خاکشناسی (۲ نفر) بودند و همچنین نسبت به منطقه مطالعاتی و مسائل مربوطه اشراف داشتند. میانگین سابقه‌کاری پرسش‌شوندگان، ۱۹ سال برآورد شد. ۱۸ نفر از پرسش‌شوندگان دارای مدرک دکتری، ۶ نفر کارشناس ارشد و ۶ نفر کارشناس شامل 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، بودند. ابزار پژوهش، پرسشـنامه بوده اسـت و برای تجزیه و تحلیل داده‌ها از برنامه‌های نرم‌افزاری Expert Choice و Lingo اسـتفاده شد. به‌طور خلاصه مراحل بکارگیری این روش به ترتیب ذیل می‌باشد.

تعیین اهمیت و اولویت معیارها و راهبردها و تشکیل ماتریس تصمیم‌گیری

انتخاب معیارها و راهبردهای موثر

انتخاب معیارها و راهبردها از طیف وسیعی از معیارها و راهبردها را می‌توان از طریق توفان مغزها، روش دلفی یا روش گروه اسمی[1] بدست آورد (۱۳). در فرایند تصمیم‌گیری، معیارها[2] مفاهیم کمی یا کیفی هستند که راهبردها به منظور دستیابی به هدف[3] بر مبنای آنها شکل می‌گیرند و راهبردها[4] مسیر و نحوه دستیابی به هدف را مشخص می‌کنند (۱۳). در پژوهش حاضر به طور نظام-مند و در ساختار سلسله مراتبی با استفاده از روش دلفی و با تهیه پرسشنامه از متخصصان آشنا به منطقه مطالعاتی خواسته شد که در دو نوبت، معیارها و راهبردهای موثر را بیان و در دامنه صفر تا نه امتیازدهی کنند. از این‌رو معیارها و راهبردها با توجه به مشکلات و مسائل منطقه‌ای، ارائه شد. در نهایت با به‌دست آوردن میانگین امتیازهای داده شده به هر معیار یا راهبرد، مواردی که دارای امتیاز کمتر از هفت بودند حذف و معیارها و راهبردهای باقی مانده به عنوان معیارها و راهبردهای موثر مد نظر قرار گرفت (۱۳، ۳۵، ۳۶).

در پژوهش حاضر در طراحی پرسشنامه، روایی[5] صوری با بهره‌مندی از نظر خبرگان علمی و کارشناسان در طراحی پرسشنامه حاصل شد. از سوی دیگر به منظور اطمینان از پایایی[6] سوالات پرسشنامه از روش آلفای کرونباخ استفاده شد و ضریب ۰/۸۴ برآورد شد که نشانگر پایایی بالا در طراحی پرسشنامه بود.

برآورد وزن نسبی معیارها و راهبردها و تشکیل ماتریس مقایسات زوجی گروهی

در ادامه به‌منظور دستیابی به وزن نسبی[7]، پرسشنامه‌ای تهیه و از کارشناسان آشنا به منطقه مطالعاتی خواسته شد که به ترتیب معیارها و راهبردهای موثر حاصل شده از مرحله قبل را از نظر اهمیت نسبت به هدف و اولویت نسبت به تک تک معیارها در مقیاس یک الی نه ساعتی مورد مقایسات زوجی[8] قرار دهند. پس از تشکیل ماتریس مقایسات زوجی کارشناسان(جدول۱)، از روش میانگین هندسی و با فرض اینکه نظرات تمامی کارشناسان از درجه اهمیت یکسانی برخوردار است، از رابطه (۱)، اقدام به تلفیق قضاوت‌ها کرده و ماتریس مقایسات زوجی گروهی شکل داده شد (۴، ۱۳).

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

1. Nominal Group Technique
2. Criteria
3. Goal

4. Alternatives
5.Validity
6. Reliability
7. Local Priority
8. Pire wise

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

نکته مهم در قضاوت‌ها و مقایسه‌های زوجی در چارچوب پرسشنامه مقایسه‌های 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 به‌صورت دوبه دو باهم سنجیده شده‌اند، پایایی درأین پژوهش تنها نشان می‌دهد که کدام گزینه از دیگران ارجح‌تر است، زیرا ضریب بالا زمانی حاصل می‌شود که مخاطبان به اجماع در مقایسه دوبه‌دو به برتری یک گزینه نظر داده باشند و از آنجا که این عمل را مدل طراحی شده لینمپ به‌گونه‌ای بهتر به انجام می‌رساند پس ضرورتی برای سنجش و محاسبه ضریب پایایی مشاهده نمی‌شود. از طرفی پرفسور ساعتی برای محاسبه پایایی پرسشنامه مقایسات زوجی ضریبی به نام "نرخ ناسازگاری[1]" را پیشنهاد می‌کند که از تقسیم "شاخص سازگاری[2] " به "شاخص تصادفی بودن[3]" حاصل می‌شود رابطه (۲).

$$IR = \frac{C.I}{IIR} \qquad (۲)$$

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 (۳۷).

در پژوهش حاضر نرخ ناسازگاری از رابطه (۲) برای تمامی ماتریس‌های مقایسات زوجی مابین ۰/۰۱ تا ۰/۰۲ 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 احتمال‌های مرتبط را در رابطه با در نظرگرفته نشدن یک معیار یا سؤال از بین می‌برد. از سوی دیگر در روش لینمپ 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.

استخراج وزن راهبردهای مؤثر بر مبنای جدول‌های مقایسه زوجی گروهی

در این مرحله اعداد جدول‌های ماتریس مقایسات زوجی گروهی اولویت راهبردها نسبت به هر معیار (جدول۱)، وارد نرم‌افزار Expert Choice شد. بعد از نرمال‌سازی، با استفاده از رابطه۳، بر مبنای روش میانگین موزون یا میانگین هر سطح از ماتریس نرمال شده، اوزان راهبردها برآورد شد(۴).

$$\bar{r}_{ij} = \frac{\bar{a}_{ij}}{\sum_{i=1} \bar{a}_{ij}} \qquad (۳)$$

$\bar{r}_{ij}$: مقادیر نرمال ترجیحات گروهی، $\bar{a}_{ij}$: میانگین هندسی مقایسات زوجی کارشناسان، $\sum_{i=1}^{m} \bar{a}_{ij}$: مجموع ستونی میانگین ترجیحات کارشناسان

تشکیل ماتریس تصمیم گیری نرمالیزه[4]

در این مرحله مقادیر وزنی اولویت راهبردها x_{ij}، بر مبنای هر معیار، در قالب ماتریس کلی تصمیم‌گیری (جدول۲) لحاظ شد.

جدول۱. ماتریس مقایسات زوجی

$$A = \begin{vmatrix} a_{11} & a_{12} & \cdots & a_{1n} \\ a_{21} & a_{22} & \cdots & a_{2n} \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ a_{m1} & a_{m2} & \cdots & a_{mn} \end{vmatrix} \quad A=[a_{ij}^{\dagger}] \ , \ i = 1,2,.....m \quad j = 1,2,.....n$$

m: تعداد عنصر iام ، n: تعداد عنصر jام و a_{ij} ترجیح عنصر iام نسبت به عنصر jام

1. IR: Inconsistency Ratio
2.C.I: Consistency Index
3. IIR: Random Inconsistency Index

4. NDM:Normalized Decision Matrix

جدول۲. ماتریس تصمیم‌گیری نرمالیزه

Alt	Criterion				
	C_1	C_2	C_3	…	C_n
A_1	x_{11}	x_{12}	x_{13}	…	x_{1n}
A_2	x_{21}	x_{22}	x_{23}	…	x_{2n}
:	:	:	:	:	:
A_m	x_{m1}	x_{m2}	x_{m3}	…	x_{mn}

m: تعداد راهبردها، n: تعداد معیارها، C: عنوان معیار و x_{ij}: مقدار وزنی نرمال که هرراهبرد با توجه به معیار مربوطه کسب می‌کند.

رتبه بندی راهبردها با استفاده از روش لینمپ

در روش لینمپ به منظور رتبه‌بندی راهبردها، m راهبرد و n شاخص از یک مسئله مفروض (جدول۲) به صورت m نقطه برداری در یک فضای n بعدی منظور شد که از طریق یافتن فاصله اقلیدوسی راهبردها با بهترین راهبرد، ارجح‌ترین راهبرد انتخاب می‌شود. به عبارتی این روش به دنبال یافتن راهبردی است که کمترین فاصله را با ایده‌آل‌ترین حالت ممکن داشت. بنابراین. ابتدا راهبرد ایده‌آل A^* پیدا شد، سپس با برآورد فاصله هر راهبرد از ایده‌آل A^*، راهبرد با کمترین فاصله نسبت به راهبرد ایده-آل A^*، به عنوان راهبرد برتر به دست آمد، بنابراین در چارچوب این مدل، مسئله به یک مدل ریاضی تبدیل شد، که در قالب این مدل، وزن هر راهبرد و فاصله از راهبرد ایده‌آل و خود راهبرد ایده‌آل بدست آمد (۳، ۲۲). به این صورت که در ابتدا با استفاده از روش پرسشنامه و استفاده از نظر خبرگان و رعایت اصل تراگذاری از طریق میانگین‌گیری، ماتریس ارجحیت راهبردها شکل گرفت. عدد ۱ در ماتریس ارجحیت که از تقاطع یک سطر و یک ستون حاصل گردید، بدین معنا است که راهبرد عنوان شده روی سطر از نظر خبرگان از ارجحیت بالاتری برخوردار است و عدد ۱- در ماتریس ارجحیت بدین معنا است که راهبرد عنوان شده روی ستون از نظر خبرگان از ارجحیت بالاتری برخوردار است.

سپس مجموعه مقایسات زوجی راهبردها S، طی رابطه ۴، بدست آمد.

$$S=\{(A_K,A_L)\} \quad \text{راهبرد } A_K \text{ بر } A_L \text{ برتری دارد} \qquad (۴)$$

S: ماتریس مقایسات زوجی ارجحیت راهبردها از نظر گروه، A_L راهبرد L، A_K: راهبرد K، A_K, A_L: آرایه‌های زوجی از راهبردهایی مثل K, L است که در این آرایه K بر L غلبه دارد.

در ادامه با استفاده از ماتریس تصمیم‌گیری نرمالیزه (جدول۲)، فاصله هر راهبرد A_i از راهبرد ایده‌آل A^* به روش فاصله اقلیدسی برآورد شد. (رابطه۵ و۶).

$$\overline{A_iA^*}=d_i=\sqrt{\sum_{j=1}^{n}w_j\left(x_{ij}-x_j^*\right)^2} \quad for\ i=1,2,...,m \qquad (۵)$$

$\overline{A_iA^*}=d_i$: فاصله اقلیدوسی هر راهبرد A_i از راهبرد ایده‌آل A^* ، x_{ij}: مقدار وزنی نرمال که هر راهبرد با توجه به معیار مربوطه کسب می‌کند، x_j^*: مقدار ایده‌آل شاخص jام، w_j: مقدار وزنی شاخص jام

$$D_i=d_i^2=\sum_{j=1}^{n}w_j\left(x_{ij}-x_j^*\right)^2 \quad for\ i=1,2,...,m \qquad (۶)$$

$D_i=d_i^2$: مربع فاصله اقلیدوسی هر راهبرد A_i از راهبرد ایده‌آل A^*، x_{ij}: مقدار وزنی نرمال که هر راهبرد با توجه به معیار مربوطه کسب می‌کند، x_j^*: مقدار ایده‌آل شاخص jام که طی محاسبات برآورد شد، w_j: مقدار وزنی شاخص jام که طی محاسبات برآورد شد.

سپس مقادیر انحرافات و ناهماهنگی برای هر مقایسه زوجی به‌دست آمد (رابطه ۷).

$$Z=\sum_{(A_K,A_L)\in S}\left(D_L-D_K\right)^-$$

$$\left(D_L-D_K\right)^-=\begin{cases}0 & if\ D_K\le D_L \quad \text{هماهنگی}\\ D_L-D_K & if\ D_K>D_L \quad \text{ناهماهنگی}\end{cases} \qquad (۷)$$

Z: مقدار ناهماهنگی یا ناسازگاری برای هر مقایسه زوجی، D_L: فاصله اقلیدوسی راهبرد A_L از عدد ایده‌آل، D_K: فاصله اقلیدوسی راهبرد A_K از عدد ایده‌آل، A_K, A_L: آرایه های زوجی از راهبردهای A_L و A_K

به منظور دستیابی به تابع هدف B، مجموع این ناهماهنگی و انحرافات برای تمامی مقایسات زوجی راهبردها φ برآورد شد (رابطه ٨).

$$B=\sum_{(A_K,A_L)}(D_L-D_K)^-=\sum Max\{0,(D_k-D_l)\} \quad (٨)$$

B: تابع هدف مدل یا مجموع انحرافات، D_L: فاصله اقلیدوسی راهبرد A_L از عدد ایده‌آل، D_K: فاصله اقلیدوسی راهبرد A_K از عدد ایده‌آل، A_K, A_L: آرایه های زوجی از راهبردهایA_L و A_K

در ادامه، یک مقدار هماهنگی یا سازگاری G[1] با شرایط مجموعه مقایسات زوجی راهبردها S نیز از رابطه ٩ بدست آمد.

$$G=\sum_{(A_K,A_L)\in S}(D_L-D_K)^+=\sum Max\{(D_k-D_l),0\}$$
$$(D_L-D_K)^+=\begin{cases}D_L-D_K & if\ D_K\le D_L \quad \text{هماهنگی}\\ 0 & if\ D_K>D_L \quad \text{ناهماهنگی}\end{cases} \quad (٩)$$

G: مقدار هماهنگی یا سازگاری برای مجموع انحرافات، D_L: فاصله اقلیدوسی راهبرد A_L از عدد ایده‌آل، D_K: فاصله اقلیدوسی راهبرد A_K از عدد ایده‌آل، A_K, A_L: آرایه‌های زوجی از راهبردهایA_L و A_K

ارائه مدل ریاضی

به‌منظور ارائه مدل خطی حل مسئله، ابتدا هدف اصلی که از نوع مینی ماکس، یعنی مینیمم کردن مجموع انحرافات، در نظر گرفته شد، بنابراین تابع هدف به صورت ذیل بیان شد (رابطه ١٠).

$$MinB=\sum_{(A_K,A_L)\in S}\varphi(A_K,A_L) \quad (١٠)$$

MinB: مینیمم کردن مجموع انحرافات، $\varphi(A_K, A_L)$: مجموع انحرافات برای تمامی مقایسات زوجی راهبردها

سپس محدودیت غیربدیهی مدل بررسی شد. برای برآورد محدودیت غیربدیهی مدل باید مجموعه سازگاری‌ها G به طور قابل ملاحظه‌ای از مجموع ناسازگاری‌ها B بیشتر باشد یا G>B. از آنجا که G-B>0 بود، تفاضل مجموعه سازگاری از ناسازگاری به عنوان مقدار مثبت ثابت h فرض شد که در حالت کلی h=1 در نظر گرفته شد (رابطه١١). بنابراین

$$G-B=h=1 \quad (١١)$$

G: مقدار ناهماهنگی یا ناسازگاری برای مجموع انحرافات، B: مقدار هماهنگی یا سازگاری برای مجموع انحرافات،G-B=h: تفاضل مجموعه سازگاری از ناسازگاری

در ادامه با جاگذاری روابط ٨ و ٩ در رابطه ١١، رابطه ١٢ بدست آمد.

$$G-B=\sum_{A_K,A_L}D_L-D_K=h=1 \quad (١٢)$$

G: مقدار ناهماهنگی یا ناسازگاری برای مجموع انحرافات، B: مقدار هماهنگی یا سازگاری برای مجموع انحرافات، G-B=h: تفاضل مجموعه سازگاری از ناسازگاری یا فواصل راهبردها از ایده‌آل، D_L: فاصله اقلیدوسی راهبرد A_L از عدد ایده‌آل، D_K: فاصله اقلیدوسی راهبرد A_K از عدد ایده‌آل، A_K, A_L: آرایه‌های زوجی از راهبردهایA_L و A_K

اکنون با جاگذاری D_L و D_K در رابطه محاسبه فواصل راهبردها (رابطه ٥)، رابطه ١٣ شکل گرفت.

$$D_L-D_K=\sum_{(A_K,A_L)\in S}W_j\left(x_{Lj}{}^2-x_{Kj}{}^2\right)-2\sum W_j x_j^*\left(x_{Lj}-x_{Kj}\right) \quad (١٣)$$

x_{Lj}: مقدار وزنی نرمال که راهبرد L با توجه به معیار J کسب می‌کند، x_{Kj}: مقدار وزنی نرمال که راهبرد K با توجه به معیار J کسب می‌کند، x_j^*: مقدار ایده‌آل شاخص jام که طی محاسبات برآورد شد، w_j: مقدار وزنی شاخص jام که طی محاسبات برآورد شد، A_K, A_L: آرایه های زوجی از راهبردهایA_L و A_K، S: ماتریس مقایسات زوجی ارجحیت راهبردها از نظر گروه

توجه داریم که $x_{Kj}{}^2$ ، $x_{Lj}{}^2$، پارامتر هستند لذا علیرغم اینکه توان دوم هستند به خطی بودن مدل لطمه‌ای وارد نمی‌کنند ولی متغییرهای x_j^* و W_j چون درهم ضرب شده‌اند، مدل از حالت خطی خارج می‌شود. برای رفع این نقصان، رابطه $W_j.x_j^*=U_j$ فرض شد، و با جاگذاری این

1. Goodness of fit

فرض در رابطه بالا (رابطه ۱۳) و با توجه به رابطه ۶، محدودیت غیر بدیهی به صورت رابطه ۱۴ ارائه شد.

$$\sum_{j=1}^{n} W_j \sum_{(A_K,A_L)\in S}^{n} \left(x_{Lj}{}^2 - x_{Kj}{}^2\right) - 2\sum_{j=1}^{n} U_j \sum_{(A_K,A_L)\in S}^{n} \left(x_{Lj} - x_{Kj}\right) = 1 \qquad (۱۴)$$

x_{Lj}: مقدار وزنی نرمال که راهبرد L با توجه به معیار J کسب می‌کند، x_{Kj}: مقدار وزنی نرمال که راهبرد K با توجه به معیار J کسب می‌کند، U_j: مجموع حاصلضرب مقدار وزنی شاخص jام در مقدار ایده‌آل شاخص jام، w_j: مقدار وزنی شاخص jام که طی محاسبات برآورد می‌شود، A_K, A_L: آرایه های زوجی از راهبردهای A_L و A_K، S: ماتریس مقایسات زوجی ارجحیت راهبردها از نظر گروه.

در رابطه فوق اگر U_j و W_j معلوم شوند، x_j^* معلوم می‌شود. از آنجا که برای هر $(A_K, A_L)\in S$ شرط $D_K \le D_L$ یا فاصله از ایده‌آل کمتر، فرض شد و $\varphi(A_K, A_L)\ge 0$ یا مجموع انحرافات مساوی صفر ارزیابی شد یا بعبارتی وجود سازگاری اثبات شد.

مفهوم رابطه $\varphi(A_K, A_L)\ge D_K - D_L$ یا به عبارتی مجموع انحرافات، بیشتر از کسر فواصل از ایده‌آل A_K از A_L، بدست آمد. لذا محدودیت $(D_L - D_K)+\varphi(A_K, A_L)\ge 0$ حاصل شد. سپس با جاگذاری این محدودیت در محدودیت غیر بدیهی، محدودیت بدیهی برآورد شد (رابطه ۱۵). بنابراین برای هر کدام از مولفه‌های تابع هدف یک محدودیت بدیهی طی رابطه ۱۵، بدست آمد.

$$\sum_{j=1}^{n} W_j \left(x_{Lj}{}^2 - x_{Kj}{}^2\right) - 2\sum_{j=1}^{n} U_j \left(x_{Lj} - x_{Kj}\right) + \varphi(A_K, A_L) \ge 0 \qquad (۱۵)$$

x_{Lj}: مقدار وزنی نرمال که راهبرد L با توجه به معیار J کسب می‌کند، x_{Kj}: مقدار وزنی نرمال که راهبرد K با توجه به معیار J کسب می‌کند، U_j: مجموع حاصلضرب مقدار وزنی شاخص jام در مقدار ایده‌آل شاخص jام، w_j: مقدار وزنی شاخص jام که طی محاسبات برآورد شد، $\varphi(A_K, A_L)$: مجموع انحرافات برای تمامی مقایسات زوجی راهبردها

در نهایت مدل خطی، از تابع هدف، محدودیت بدیهی و غیر بدیهی شکل گرفت (رابطه ۱۶).

$$\begin{aligned} &MinB = \sum_{(A_K,A_L)\in S} (A_K, A_L) \\ &\sum_{j=1}^{n} W_j \left(x_{Lj}{}^2 - x_{Kj}{}^2\right) - 2\sum_{j=1}^{n} U_j \left(x_{Lj} - x_{Kj}\right) + \varphi(A_K, A_L) \ge 0 \\ &\sum_{j=1}^{n} W_j \sum_{(A_K,A_L)\in S}^{n} \left(x_{Lj}{}^2 - x_{Kj}{}^2\right) - 2\sum_{j=1}^{n} U_j \sum_{(A_K,A_L)\in S}^{n} \left(x_{Lj} - x_{Kj}\right) = 1 \\ &W_j \ge 0, \quad \varphi(A_K, A_L) \ge 0, (A_K, A_L) \in S \end{aligned} \qquad (۱۶)$$

MinB: کمینه کردن مجموع انحرافات، x_{Lj}: مقدار وزنی نرمال که راهبرد L با توجه به معیار J کسب می‌کند، x_{Kj}: مقدار وزنی نرمال که راهبرد K با توجه به معیار J کسب می‌کند، U_j: مجموع حاصلضرب مقدار وزنی شاخص jام در مقدار ایده‌آل شاخص jام، w_j: مقدار وزنی شاخص jام که طی محاسبات برآورد شد، $\varphi(A_K, A_L)$: مجموع انحراف‌ها برای تمامی مقایسه‌های زوجی راهبردها.

با حل مدل فوق در محیط نرم‌افزار لینگو وزن راهبردهای مختلف W_j^* و U_j^* برآورد شد و x_j^*ها با توجه به شروط ذیل بدست آمد.

$$if\ W_j^* > 0 \Rightarrow x_j^* = U_j^* / W_j^* \qquad (۱۷)$$

$$if\ W_j^* = 0\ and\ U_j^* = 0,\ define\ x_j^* = 0 \qquad (۱۸)$$

$$if\ W_j^* = 0\ and\ U_j^* > 0,\ then\ x_j^* = +\infty \qquad (۱۹)$$

$$if\ W_j^* = 0\ and\ U_j^* < 0,\ then\ x_j^* = -\infty \qquad (۲۰)$$

x_j^*: مقدار ایده‌آل شاخص jام که طی محاسبات برآورد شد، W_j^* : مقدار وزنی شاخص jام که به کمک نرم افزار برآورد شد، U_j^*: مجموع حاصلضرب مقدار وزنی شاخص jام در مقدار ایده‌آل شاخص jام به کمک نرم افزار برآورد شد.

سپس فاصله وزن هر راهبرد از مقدار ایده‌آل D_i، درصورتی که دو شرط اول برقرار باشد (روابط ۱۷ و ۱۸) از رابطه ۶ بدست آمد و در غیر اینصورت (رابطه۲۱) از

رابطه (۲۲) D_iها برآورد شد. و به ترتیب راهبردهایی که فاصله کمتری از ایده‌آل دارند به عنوان راهبردهای ارجح انتخاب شدند (۳، ۶، ۱۰، ۲۱، ۲۲، ۴۶، ۴۹، ۵۲).

$$j' = \left\{ j \middle| W_j^* = 0,\ U_j^* \neq 0 \right\} \qquad (۲۱)$$

j: شاخصی که مقدار وزنی شاخص آن صفر و مجموع حاصلضرب مقدار وزنی‌اش در مقدار ایده‌آل آن شاخص نامساوی صفر باشد، W_j^* : مقدار وزنی شاخص زام که به کمک نرم افزار برآورد شد، U_j^* : مجموع حاصلضرب مقدار وزنی شاخص زام در مقدار ایده‌آل شاخص زام که به کمک نرم افزار برآورد شد.

$$D_{i'} = -2 \sum_{j'=1}^{n} U_{j'}^* . x_{ij'} \qquad (۲۲)$$

$D_{i'}$: فاصله وزن هر راهبرد از مقدار ایده‌آل به شرط اینکه مقدار وزنی شاخص زام مساوی صفر و مجموع حاصلضرب مقدار وزنی شاخص زام در مقدار ایده‌آل شاخص زام نامساوی صفر باشد، U_j^* : مجموع حاصلضرب مقدار وزنی شاخص زام در مقدار ایده‌آل شاخص زام به کمک نرم افزار برآورد شد، $x_{ij'}$: مقدار وزنی نرمال که هر راهبرد با توجه به معیار مربوطه کسب می‌کند با این شرط که مقدار وزنی شاخص زام مساوی صفر و مجموع حاصلضرب مقدار وزنی شاخص زام در مقدار ایده‌آل شاخص زام نامساوی صفر باشد.

■ نتایج

مطابق آنچه در روش تحقیق بیان شد. به منظور دستیابی به معیارها و راهبردهای مهم و اولویت‌دار از روش دلفی استفاده شد و از میان ۱۶ معیار و ۴۰ راهبرد نهایی نظرخواهی‌شده به‌منظور مقابله با بیابان‌زایی (جدول ۳ و ۴)، راهبردها و معیارهای مهم و اولویت‌دار از نظر گروه انتخاب و به منظور ترسیم نمودار سلسله‌مراتب تصمیم‌گیری و تهیهٔ پرسش‌نامه مقایسات زوجی در نظر گرفته شدند(۴۲). سپس از روش مقایسه زوجی، ماتریس مقایسه‌های زوجی هر متخصص شکل گرفت.

جدول ۳. معیارهای پیشنهادی و میانگین اهمیت آنها ازنظرگروه

نشانه	C_1	C_2	C_3	C_4	C_5	C_6
معیار (Criteria)	هزینه- سود	**زمان**	مشارکت مردمی	زیبایی چشم‌انداز	**ابزارهای علمی و تکنولوژی در دسترس**	**منابع انسانی متخصص**
میانگین امتیازها	۵/۳۸	**۷/۱**	۵/۷۸	۵/۱	**۷/۱**	**۷/۵۳**
نشانه	C_7	C_8	C_9	C_{10}	C_{11}	C_{12}
معیار (Criteria)	**تناسب و سازگاری با محیط زیست (پایداری)**	مدیریت سنتی و دانش بومی	دولت سالاری در مقابله با بیابان‌زایی	درآمدهای نفتی دولت	مدیریت‌های موقتی	مشکلات مربوط به نوآوری و تغییر روش‌ها
میانگین امتیازها	**۸/۱۵**	۵/۲۳	۵/۲۸	۵/۷۲	۲/۳۹	۲/۸۴
نشانه	C_{13}	C_{14}	C_{15}	C_{16}		
معیار (Criteria)	راحت‌طلبی سیستم‌های اداری دولتی	فشارهای سیاسی و اجتماعی	مسائل ناشی از بیابان‌زایی که نیاز به اقدام فوری دارد	**تخریب منابع وخسارات محیطی و انسانی**		
میانگین امتیازها	۲/۲۹	۵/۳۵	۶/۳۴	**۷/۹۹**		

جدول ۴. راهبردهای پیشنهادی و میانگین اولویت آنها از نظر گروه

راهبردها	میانگین اولویت	راهبردها	میانگین اولویت
- اصلاح، ایجاد و تقویت زیرساخت‌های اقتصادی –اجتماعی مناطق حاشیه‌ای		A_{22} جلوگیری از بوته‌کنی و قطع اشجار	۶/۴۶
A_1 کاهش نرخ رشد جمعیت	۵	A_{23} توسعه و احیای پوشش گیاهی	۷/۵۶
A_2 فقر زدایی	۵/۶۸	A_{24} حفاظت از تاغ زارها (جوان سازی و زاد آوری تاغ ها)	۶/۷۶
A_3 ایجاد و تقویت سازمان‌های روستایی	۵/۳۷	**- حفاظت خاک**	
A_4 افزایش اشتغال	۶/۷	A_{25} حفاظت از سطوح سنگریزه ای در منطقه (رگ)	۶/۴۵
A_5 افزایش مشارکت مردمی و حمایت ازNGO ها	۶/۱	A_{26} جلوگیری و کاهش تردد ماشین الات سنگین کشاورزی و صنعتی	۵/۵۷
A_6 به کارگیری نیروهای بومی و تکنولوژی محلی در طرحها (دانش بومی)	۶/۵۶	A_{27} ایجاد بادشکن‌های زنده و غیرزنده دارای کاربری حفاظت خاک	۶/۸۶
A_7 آموزش مردم در بکارگیری روش‌های جدید و استفاده از دانش روز جهت کاربرد بهینه منابع	۶/۴۷	A_{28} - اصلاح بافت خاک	۴/۶۶
A_8 تصویب، تقویت واجرای قوانین وتناسب جرم با مجازات	۵/۷۳	**- توسعه کشاورزی پایدار**	
A_9 تأ مین نیازهای ساکنان بومی	۵/۸۹	A_{29} اصلاح روش‌های تناوب زراعی و آیش	۵/۴۲
A_{10} تعدیل الگوهای مصرف ناپایدار و تغییر و اصلاح شیوه‌های معیشتی مردم	۵/۶	A_{30} اصلاح روش‌های شخم زنی، کوددهی، سمپاشی	۵/۱
A_{11} توجه به نقش زنان و جوانان در مقابله با بیابان‌زایی	۴/۵	**- توسعه و مدیریت پایدار منابع آب (آبخوانداری)**	
A_{12} سازمان‌دهی نواحی شهری و جلوگیری از مهاجرت	۵/۲۳	A_{31} تعدیل در برداشت از منابع آب زیرزمینی	۷/۲۴
A_{13} ایجاد هماهنگی بین ادارات و سازمان‌های مسئول در امر مقابله با بیابان‌زایی و حفاظت محیط زیست	۶/۸۶	A_{32} کاهش مصرف آب (مصرف بهینه آب در مزارع)	۶/۶
A_{14} بالا بردن نرخ باسوادی	۴/۸	A_{33} تغییردر الگوی آبیاری و اجرای روشهای کم آبخواه	۷/۴۹
A_{15} توسعه طبیعت‌گردی بیابانی	۵/۳۲	A_{34} تبدیل سیستم‌های آبیاری از سنتی با بازده کم به مدرن و تحت فشار با بازده زیاد	۶/۵۳
A_{16} استفاده چند منظوره از بیابان به جای استفاده موردی در بخش دولتی	۵/۲۷	A_{35} جمع آوری و استحصال بهینه منابع آب (شامل: ایزوله نمودن انهار، مرمت و لایروبی قنات‌ها، استفاده از کانال‌ها و مجاری، و غیره)	۶/۶۴
A_{17} سپردن مسئله مقابله با بیابان‌زایی به بخش خصوصی (نظیر واگذاری عرصه‌های بیابانی جهت کشت گیاهان دارویی، زعفران، پرورش شتر و غیره به بخش خصوصی)	۳/۷۹	A_{36} تغذیه آبهای زیرزمینی	۶/۰۸
A_{18} جلوگیری از تبدیل و تغییر نامناسب کاربری اراضی	۷/۵	A_{37} احداث شبکه‌های پخش سیلاب و استفاده از آبرفت آن	۵/۳
A_{19} تهیه نقشه آمایش سرزمین و تعیین محدوده‌های بیابانی و حواشی کویرها و بیابان‌ها	۶/۴۴	A_{38} ایجاد بارشهای مصنوعی جهت تغذیه آبخوانه ها	۳/۴۷
- حفاظت از پوشش گیاهی		A_{39} ترویج و گسترش کشت گلخانه‌ای و تحت کنترل از نظر مصرف آب و تبخیر و تعرق	۶/۲
A_{20} کنترل چرای دام (تعادل دام و مرتع، تناسب نوع دام، جلوگیری از چرای خاج از فصل و غیره)	۷/۳۴	A_{40} معرفی ارقام گیاهی جدید و مقاوم به خشکی وتنش های کم آبی از طریق مهندسی ژنتیک	۶
A_{21} تولید علوفه و افزایش پتانسیل اقتصاد پایدار دامدار	۶/۶		

در ادامه اولویت راهبردهای مقابله با بیابان‌زایی بر حسب هر معیار در منطقه مطالعاتی از نظر گروه به‌دست آمد. در اینجا به منظور جلوگیری از طولانی‌تر شدن تنها ماتریس اولیه و نرمال شده زوجی گروهی اولویت راهبردها نسبت به معیار"تناسب وسازگاری با محیط زیست" ارائه شده است (جدول‌های ۵ و ۶). مطابق جدول‌های اوزان نسبی راهبردها (جدول۶) ملاحظه شد که بر حسب هر معیار راهبردهای انتخابی متفاوت می‌باشند. بدین معنی که از میان راهبردهای مورد بررسی، ارجح‌ترین راهبرد در برآورد معیار"تناسب وسازگاری با محیط زیست، C_7"، در منطقه

مطالعاتی، راهبرد "جلوگیری از تبدیل و تغییر نامناسب کاربری اراضی، $A_{۱۸}$" با ضریب اولویت P_i، ۰/۲۶۴ به‌دست آمد. در حالی که بر پایهٔ معیار "منابع انسانی متخصص، $C_۶$" راهبرد " توسعه و احیاء پوشش گیاهی، $A_{۲۳}$" با ضریب اولویتP_i ، ۰/۲۴۸ به عنوان ارجح‌ترین راهبرد ارزیابی شد. لذا، به منظور انتخاب نهائی راهبردها و درجه‌بندی اولویت آنها، از نتایج حاصل از ماتریس‌های نرمال شده اعداد جداول مقایسه‌های زوجی گروهی اولویت راهبردها نسبت به هر معیار (جدول۶)، ماتریس تصمیم‌گیری راهبردهای بهینه مقابله با بیابان‌زایی از نظر گروه شکل گرفت. در این ماتریس اولویت راهبردها بر مبنای تک تک معیارهای ارزیابی شده، ارائه شد (جدول۷). سپس ماتریس ارجحیت به‌دست آمد (جدول ۸). در این ماتریس، از دیدگاه متخصصان میدانی، راهبرد $A_{۱۸}$ نسبت به راهبردهای $A_{۲۰}$، $A_{۳۱}$ و $A_{۳۳}$، راهبرد $A_{۲۰}$ نسبت به راهبرد $A_{۳۳}$، راهبرد $A_{۲۳}$ نسبت به راهبرد $A_{۳۳}$، راهبرد $A_{۲۳}$ نسبت به راهبردهای $A_{۱۸}$ و $A_{۲۰}$ و راهبرد $A_{۳۱}$ نسبت به راهبرد $A_{۲۰}$، ارجح تشخیص داده شد.

جدول ۵. ماتریس زوجی گروهی اولویت راهبردها نسبت به معیار" تناسب وسازگاری با محیط زیست "

$A_{۳۳}$	$A_{۳۱}$	$A_{۲۳}$	$A_{۲۰}$	$A_{۱۸}$	$C_۷$
۲/۳۷۳۳	۱/۳۰۲۱	۰/۹۰۰۹	۱/۵۹۵۷	۱	$A_{۱۸}$
۰/۸۲۸۶	۰/۸۶۷۳	۰/۷۸۸۷	۱	۰/۶۲۶۷	$A_{۲۰}$
۱/۵۷۲۸	۰/۹۳۲۰	۱	۱/۲۶۷۹	۱/۱۱	$A_{۲۳}$
۰/۹۴۳۴	۱	۱/۰۷۳۰	۱/۱۵۳۰	۰/۷۶۸۰	$A_{۳۱}$
۱	۱/۰۵۹۹	۰/۶۳۵۸	۱/۲۰۶۹	۰/۴۲۱۳	$A_{۳۳}$

جدول ۶. ماتریس نرمال شده اعداد جدول مقایسات زوجی گروهی اولویت راهبردها نسبت به معیار" تناسب وسازگاری با محیط زیست"

(P_i)	**$A_{۳۳}$**	**$A_{۳۱}$**	**$A_{۲۳}$**	**$A_{۲۰}$**	**$A_{۱۸}$**	**$C_۷$**
۰/۲۶۴	۰/۳۵۳	۰/۲۵۲	۰/۲۰۴	۰/۲۵۶	۰/۲۵۴	$A_{۱۸}$
۰/۱۵۸	۰/۱۲۳	۰/۱۶۸	۰/۱۷۹	۰/۱۶۰	۰/۱۵۹	$A_{۲۰}$
۰/۲۲۵	۰/۲۳۴	۰/۱۸۰	۰/۲۲۷	۰/۲۰۳	۰/۲۸۲	$A_{۲۳}$
۰/۱۹۱	۰/۱۴۰	۰/۱۹۳	۰/۲۴۳	۰/۱۸۵	۰/۱۹۵	$A_{۳۱}$
۰/۱۵۹	۰/۱۴۸	۰/۲۰۵	۰/۱۴۴	۰/۱۹۳	۰/۱۰۷	$A_{۳۳}$

جدول ۷. ماتریس تصمیم گیری نرمال شده راهبردهای بهینه مقابله با بیابان‌زایی از نظر گروه

$C_{۱۶}$	$C_۷$	$C_۶$	$C_۵$	$C_۲$	(C) / (A)
۰/۲۳۸۳	۰/۲۶۴۳	۰/۱۹۸۳	۰/۱۶۳۵	۰/۱۹۶۰	$A_{۱۸}$
۰/۲۲۰۹	۰/۱۵۸۲	۰/۱۶۰۸	۰/۱۷۶۲	۰/۲۲۲۹	$A_{۲۰}$
۰/۱۸۰۵	۰/۲۲۵۷	۰/۲۴۸۸	۰/۲۳۸۷	۰/۲۵۰۹	$A_{۲۳}$
۰/۲۰۹۲	۰/۱۹۱۸	۰/۱۸۲۶	۰/۱۶۳۳	۰/۱۶۸۲	$A_{۳۱}$
۰/۱۵۱۰	۰/۱۵۹۹	۰/۲۰۹۳	۰/۲۵۶۵	۰/۱۶۲۰	$A_{۳۳}$

جدول ۸. ماتریس ارجحیت راهبردهای مقابله با بیابان‌زایی نسبت به هم

$A_{۳۳}$	**$A_{۳۱}$**	**$A_{۲۳}$**	**$A_{۲۰}$**	**$A_{۱۸}$**	**(A)**
۱	۱	-۱	۱	۰	$A_{۱۸}$
۱	-۱	-۱	۰		$A_{۲۰}$
۱	۱	۰			$A_{۲۳}$
۱	۰				$A_{۳۱}$
۰					$A_{۳۳}$

پس از شکل‌گیری ماتریس ارجحیت، مطابق رابطه ۴ مجموعه قضاوت‌های مقایسات زوجی راهبردها به صورت رابطه ۲۳ تهیه شد.

$$S=\begin{Bmatrix}(A_{18},A_{20}),(A_{18},A_{31}),(A_{18},A_{33}),(A_{23},A_{18}),(A_{23},A_{20}),\\(A_{23},A_{31}),(A_{31},A_{20}),(A_{20},A_{33}),(A_{23},A_{33}),(A_{31},A_{33})\end{Bmatrix} \quad (۲۳)$$

و به‌منظور تهیه مدل، تابع هدف بر مبنای رابطه ۱۰ شکل گرفت (رابطه ۲۴).

$$\text{Min}\varphi=\varphi_{A18,\,A20}+\varphi_{A18,\,A31}+\varphi_{A18,\,A33}+\varphi_{A23,\,A18}+\varphi_{A23,\,A20}+\varphi_{A23,\,A31}+\varphi_{A31,\,A20}+\varphi_{A20,\,A33}+\varphi_{A23,\,A33}+\varphi_{A31,\,A33} \quad (۲۴)$$

در ادامه محدودیت‌های بدیهی مدل به تعداد عضوهای S، مطابق رابطه ۱۵ محاسبه شد. برای مثال محدودیت بدیهی برای زوج $\varphi_{A18,\,A20}$ مطابق رابطه ۲۵ به دست آمد.

$$\sum_{j=1}^{5}\begin{bmatrix}W_{C_2}\left(r_{A_{20},C_2}^2-r_{A_{18},C_2}^2\right)+W_{C_5}\left(r_{A_{20},C_5}^2-r_{A_{18},C_5}^2\right)\\+W_{C_6}\left(r_{A_{20},C_6}^2-r_{A_{18},C_6}^2\right)+W_{C_7}\left(r_{A_{20},C_7}^2-r_{A_{18},C_7}^2\right)\\+W_{C_{16}}\left(r_{A_{20},C_{16}}^2-r_{A_{18},C_{16}}^2\right)\end{bmatrix}$$
$$-2\begin{bmatrix}U_{C_2}\left(r_{A_{20},C_2}-r_{A_{18},C_2}\right)+U_{C_5}\left(r_{A_{20},C_5}-r_{A_{18},C_5}\right)\\+U_{C_6}\left(r_{A_{20},C_6}-r_{A_{18},C_6}\right)+U_{C_7}\left(r_{A_{20},C_7}-r_{A_{18},C_7}\right)\\+U_{C_{16}}\left(r_{A_{20},C_{16}}-r_{A_{18},C_{16}}\right)\end{bmatrix} \quad (۲۵)$$
$$+Z_{A_{18},A_{20}}\geq 0\Rightarrow 0.011313W_{C2}+0.001023W_{C5}-0.012888W_{C6}-0.046731W_{C7}+0.008208W_{C16}-0.054U_{C2}-0.01U_{C5}+0.072U_{C6}+0.222U_{C7}+0.036U_{C16}+\phi_{A18,A20}>=0$$

دیگر مقایسه‌های زوجی برای هر مولفه از ماتریس S نیز بدین ترتیب حاصل شد و در ادامه محدودیت غیر بدیهی از رابطه ۱۴ به صورت رابطه ۲۶ بدست آمد.

$$-0.121098W_{C2}+0.040206W_{C5}-0.073752W_{C6}-0.198454W_{C7}-0.055728W_{C16}+0.558U_{C2}-0.145U_{C5}+0.424U_{C6}+0.881U_{C7}+0.486U_{C16}=1 \quad (۲۶)$$

سپس از رابطه ۱۶ اقدام به فرموله کردن مجموعه S شد (پیوست۱). با حل این مدل در نرم‌افزار لینگو، اوزان W*j و U*j برآورد شد و سپس x*jها با توجه به شروط مربوطه (روابط ۱۷ الی ۲) به‌دست آمد (جدول ۹). بنابراین مشاهده شد که هیچ اولویت وزنی وجود ندارد یا به عبارتی تصمیم گیران هیچ تناقضی[1] مرتکب نشده بودند و شرط تراگذاری[2] در قضاوت‌های آنها رعایت شده بود. در اینجا برای اینکه x*jها از حالت ابهام خارج شوند به W*jها به تفکیک معیارها، مساوی یا بزرگتر از ۰/۰۵ داده شد (۲۶) و سپس Diها برای هر راهبرد به تفکیک معیارها از رابطه ۶ برآورد شد. همانطور که قبلاً نیز بیان شد، نتایج حاصل از جدول ۹ بیانگر این موضوع بود که بر مبنای هر معیار، ارجحیت راهبردها به صورت متفاوت ارزیابی شد (جدول ۹) به صورتی که به عنوان مثال ارجح‌ترین راهبرد در برآورد معیار" تناسب وسازگاری با محیط زیست، C۷"، در منطقه مطالعاتی، راهبرد "جلوگیری از تبدیل و تغییر نامناسب کاربری اراضی، A۱۸" با فاصله، ۱۱/۵۷۱، بدست آمد. در حالی که در برآورد معیار "منابع انسانی متخصص، C۶" راهبرد "توسعه و احیاء پوشش گیاهی، A۲۳" با فاصله، ۰/۷۷۲ به عنوان ارجح‌ترین راهبرد برآورد شد. بنابراین از مجموع ردیفی فاصله‌ها به تفکیک شاخص‌ها (∑Di) اولویت نهایی راهبردها بدست آمد.

در نهایت نیز به منظور تعیین راهبردهای برتر، مطابق روش تحقیق، نتایج حاصل از مجموع ردیفی فاصله‌ها به تفکیک شاخص‌ها (∑Di) مورد مقایسه قرار گرفت. در این بخش هرچه فاصله هر راهبرد کمتر بود، راهبرد در رتبه بالاتری واقع شد. بنابراین رتبه‌بندی نهایی توسط رویکرد چند شاخصه لینمپ برای راهبردهای تصمیم موجود به این صورت به‌دست آمد که، راهبردهای توسعه و احیاء پوشش گیاهی ($A_{۲۳}$) با فاصله۱۶/۲۰، جلوگیری از تبدیل و تغییر نامناسب کاربری اراضی($A_{۱۸}$) با فاصله ۱۶/۲۲، تعدیل در برداشت از منابع آب زیرزمینی ($A_{۳۱}$) با فاصله ۱۶/۳۵، کنترل چرای دام ($A_{۲۰}$) با فاصله ۱۶/۳۷، تغییرالگوی آبیاری و اجرای روش‌های کم‌آب‌خواه ($A_{۳۳}$) با فاصله ۱۶/۴، به‌ترتیب به‌عنوان مهم‌ترین راهبردهای مقابله با بیابان‌زایی در منطقه تشخیص داده شدند.

■ بحث و نتیجه‌گیری

ارزیابی دقیق راهبردها و انتخاب راهبردهای بهینه عامل موثری در افزایش کارایی طرح‌های مقابله با بیابان‌زایی می‌باشد، در غیر اینصورت تلف شدن منابع همچون زمان، انرژی و سایر نهاده‌ها تاثیر جدی و مخربی بر حصول نتایج خواهد داشت. در این میان به منظور دستیابی به راهبردهای بهینه از مدل‌های تصمیم‌گیری مختلفی استفاده می‌شود.

1. Consist
2. Transduction

جدول ۹. اطلاعات بدست آمده از حل مدل لینمپ در محیط لینگو

	$C_۲$	$C_۵$	$C_۶$	$C_۷$	$C_{۱۶}$	$\sum D_i$	رتبه
W^*_j	۰/۰۵	۰/۰۵	۰/۰۵	۰/۰۵	۰/۰۵	-	-
U^*_j	۰/۴۴۸۱۹	۰	۰/۲۰۸۸۱	۰/۷۷۳۹۱	۰	-	-
x^*_j	۸/۹۶۳۸۵	۰	۴/۱۷۶۲۳	۱۵/۴۷۸۱۸	۰	-	-
$D_{A۱۸}$	۳/۸۴۳۷	۰/۰۰۱۴۳	۰/۷۹۱۷۱	۱۱/۵۷۰۵۲	۰/۰۰۲۸۱	۱۶/۲۱۵۵۸	۲
$D_{A۲۰}$	۳/۸۲۰۱۲	۰/۰۰۱۵۱۴	۰/۸۰۶۱۰۲	۱۱/۷۳۹۹۹	۰/۰۰۲۳۹۸	۱۶/۳۷۰۱۲۴	۴
$D_{A۲۳}$	۳/۷۰۶۵۶	۰/۰۰۲۸۰۸	۰/۷۷۲۳۳	۱۱/۶۲۹۹۳	۰/۰۰۱۶۳۸	۱۶/۲۰۳۲۷	۱
$D_{A۳۱}$	۳/۸۶۸۳۵	۰/۰۰۱۳۳	۰/۷۹۵۶۹۶	۱۱/۶۸۳۳۷	۰/۰۰۲۱۶	۱۶/۳۵۰۹۷	۳
$D_{A۳۳}$	۳/۸۷۲۷۵	۰/۰۰۳۲۸	۰/۷۸۶۱۵	۱۱/۷۳۳۸۷	۰/۰۰۱۱۸	۱۶/۳۹۷۲۳۴	۵

در پژوهش حاضر از مدل لینمپ به منظور رتبه‌بندی اولویت راهبردهای مطرح در فرایند مقابله با بیابان‌زایی، استفاده شد. از جمله مزایای مهم روش لینمپ تلفیق اطلاعات حاصل از ماتریس تصمیم‌گیری با نظر خبرگان و تصمیم‌گیرندگان در مورد ارجحیت راهبردها است، ارجحیت تصمیم‌گیرندگان در قالب بردار ارجحیت S در نظر گرفته شد و از تلفیق آنها با اطلاعات ماتریس تصمیم‌گیری، مدل برنامه‌ریزی خطی لینمپ نوشته شد. این مدل مقایسه زوجی تصمیم‌گیرنده‌ها از ارجحیت راهبردها را در نظر گرفت و از آنجا که به همه ابعاد برای ارزیابی راهبردها توجه شد، قابل تامل است. این امر موجب شد علیرغم نادیده گرفتن اهمیت معیارها در ارزیابی راهبردها همچنان نتایج حاصل شده با سایر مدل‌هایی همچون ارسته (۳۱)، الکترا (۳۴)، پرومته (۳۹)، تخصیص خطی (۴۱)، مجموع وزنی (۴۴)، بردا (۳۰، ۳۶) و تحلیل شبکه (۳۵) که اهمیت معیارها را در نظر می‌گیرند، همخوانی داشته باشد. در عین حال روش لینمپ نیز همانند روش‌های مذکور، واجد محدودیت نادیده انگاشتن قضاوت‌های فازی تصمیم‌گیران بود. همچنین بعضی از معیارها ساختار کیفی یا ساختار نامشخصی داشتند که نمی‌توانستند به دقت اندازه‌گیری شوند. در چنین مواردی به منظور دستیابی به ماتریس ارزشیابی می‌توان، از اعداد فازی استفاده کرد. بنابراین می‌توان روش‌های اولویت‌بندی لینمپ را با کاربرد اعداد فازی توسعه داد. برمبنای مدل لینمپ و در چارچوب روش‌های تصمیم‌گیری چند شاخصه به منظور مشارکت معیارها در فرایند تصمیم‌گیری و تعیین اولویت نهایی، اهمیت معیارها به منظور اثر در فرایند مقابله با بیابان‌زایی برآورد شد (جدول ۵). نتایج حاصله نشان داد که معیارهای" تناسب و سازگاری با محیط زیست" ($C_۷$) با ضریب اهمیت گروهی ۸/۱۵، در بالاترین درجه اهمیت قرار دارد و " تخریب منابع وخسارات محیطی وانسانی" ($C_{۱۶}$) با ضریب اهمیت گروهی ۷/۹۹، "منابع انسانی متخصص" ($C_۶$)، با ضریب اهمیت گروهی ۷/۵۳، "ابزارهای علمی و تکنولوژیکی" ($C_۵$) و زمان ($C_۲$) با ضریب اهمیت گروهی ۷/۱، به ترتیب در اولویت‌های بعدی قرار دارند که نشانگر اهتمام کارشناسان و صاحب‌نظران نسبت به مسائل محیط‌زیست و چالش‌های مطرح در زمینه تخریب محیط‌زیست می‌باشد. در ادامه با به‌دست آوردن اولویت راهبردهای مقابله با بیابان‌زایی بر حسب هر معیار مشاهده شد که بر حسب هر معیار راهبردهای انتخابی متفاوت می‌باشند. لذا به‌منظور برآورد اولویت راهبردها بر مبنای مجموعه معیارها، با نظر خواهی از متخصصان، ماتریس ارجحیت راهبردها شکل گرفت و متعاقب آن با شکل گیری رابطه خطی در چارچوب مدل لینمپ و حل آن در محیط نرم افزار لینگو رتبه‌بندی نهایی حاصل شد.

نتایج حاصله از رتبه‌بندی نهایی توسط رویکرد چند شاخصه لینمپ برای راهبردهای تصمیم موجود نشان داد که راهبرد "توسعه و احیاء پوشش گیاهی" ($A_{۲۳}$) موثرترین راهبرد در فرآیند مقابله با بیابان‌زایی می‌باشد. در این رابطه، بررسی‌های میدانی نشان داد که از مجموع اراضی منطقه، ۵۹٪ به اراضی مرتعی و ۱۴/۲۵٪ به اراضی تاغ‌کاری شده اختصاص دارد. تیپ قالب گیاهی مراتع منطقه را عمدتاً، درمنه- بوه‌شور (*Ar-sat: Artemisia- Salsolactomentosa*) و درمنه- کوزینیا (*Ar-Co: Artemisia- Cousinia*) با تراکم ۶٪ الی ۱۵٪ تشکیل می‌دهد که به شدت تحت تاثیر عملکردهای انسانی در قالب بوته‌کنی و چرای مفرط دام است، به طوری که ۴۰٪ تا ۵۰٪ پوشش گیاهی بر اثر

بوته‌کنی به منظور تالیف دام، سوخت و مصالح ساختمانی از بین می‌رود. در همین حال ۲۰٪ تا ۳۰٪ پوشش مراتع را گیاهان مهاجم با ارزش غذایی ناچیز همانند گیاه *Cousinia.sp* و سالسولا (*Salsola.spp*) اشغال نموده است. به طور کلی حدود ۵۹٪ از عرصه‌های منطقه مطالعاتی را مراتع درجه چهار و پنج (فقیر تا خیلی فقیر) شکل داده است این در حالی است که در اراضی مرتفع جنوبی ۵/۱ برابر بیشتر از ظرفیت قابل چرا (به طور 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 تالیف استفاده می‌کنند که فشاری معادل ۰/۲۷ را به عرصه‌های پست منطقه وارد می‌کنند از این رو مطابق ارزیابی‌های صورت گرفته وضعیت مراتع فقیر با گرایش منفی برآورد شده است که نشان از چرای شدید مرتع دارد (۲۸). بنابراین پیشنهاد می‌شود از گونه‌های بومی و مقاوم مرتعی استفاده شود، اقدام به کپه کاری یا بذرپاشی، مالچ پاشی، احداث بادشکن در اراضی حساس شود، از روند تخریب تاغزارها جلوگیری و نسبت به احیاء 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، به منظور 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 بوته کنی جهت تعلیف شبانه و همچنین زمستانه و یا تعلیف پس چر مزارع و باغات نکند.

همچنین نتایج حاصله نشان داد که راهبردهای جلوگیری از تبدیل و تغییر نامناسب کاربری اراضی ($A_{۱۸}$) و تعدیل در برداشت از منابع آب زیرزمینی ($A_{۳۱}$) به‌ترتیب پس از راهبرد "توسعه و احیاء پوشش گیاهی" ($A_{۲۳}$)، به عنوان راهبردهای مهم و موثر در فرایند مقابله با بیابان‌زایی می باشند. تغییر کاربری اراضی در نتیجه افزایش جمعیت، بیکاری، رشد صنایع و روحیه شهر نشینی به شدت در حال گسترش است. بیشتر کاربری اراضی به صورت تبدیل اراضی مرتعی به اراضی زراعی و باغی در اثر توسعه چاهای 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 (۲۸). در این مورد پیشنهاد می‌شود که آمایش سرزمین و برآورد توان طبیعی 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 زیر ساخت‌های صنعتی و کارگاهی در اراضی حساس و شکننده مناطق بیابانی و حاشیه‌ای خودداری شود.

افزایش برداشت از منابع آب زیرزمینی در سال‌های اخیر که با توسعهٔ 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٪ آب مصرفی هدر می‌رود و راندمان آبیاری در مزرعه و انتقال کمتر از ۴۰٪ برآورد می‌شود. از دیگر عوامل افزایش برداشت از منابع آب زیرزمینی در منطقه مطالعاتی می توان به وسعت کم اراضی زراعی (به طور متوسط کمتر از ۱۰ هکتار برای هر کشاورز)، فاصله طولانی منابع آب تا محل مصرف (۷۳٪ مابین ۱ الی ۳ کیلومتر)، عدم استفاده از وسائل مدرن تقسیم و توزیع آب مانند دریچه های تقسیم آب، سیفون‌های آبیاری، گسیلنده‌های سطحی، لوله‌ها و دریچه‌های سوراخ دار وغیره، افزایش صنایع با مصرف آب زیاد (آبخواه) همچون صنایع شن و ماسه و رنگرزی و نساجی، افزایش برداشت به منظور آبیاری مناطق کشت شده با گونه تاغ که در سال‌های اخیر به منظور کنترل فرسایش بادی در مناطق رسی و تپه‌های ماس‌های ارگ اشکذر توسعه زیادی یافته است، خشکسالی های رخ داده در سال‌های اخیر و غیره اشاره کرد. بررسی های میدانی نشان داد که در سیستم های آبیاری معمول در منطقه، به محض اینکه آب به ابتدای کرت وزمین کشاورزی می‌رسد، رها می‌گردد 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 و در

نتیجه با توجه به وضعیت اقلیمی وتبخیر زیاد، هدر رفت آب زیاد است (۲۸). بنابراین به منظور بهبود وضعیت منابع آب زیرزمینی پیشنهاد می‌شود توجه به آموزش و ترویج روش‌های آبیاری مناسب، به کار گیری روش های مدرن و تحت فشار، توجه به پوشش دار کردن جویها و کانال‌ها، تسطیح و یکپارچه‌سازی اراضی و به طور کلی تغییر نظام مدیریت آب و آبیاری درجهت مدیریت مطلوب، بهینه و پایدار آبیاری اقدام کرد.

نتیجه پژوهش حاضر به مدیران مناطق بیابانی این امکان را می‌دهد که امکانات و سرمایه‌های محدود اختصاص یافته به منظور کنترل روند بیابان‌زایی را به شیوه‌های صحیح و کارآمد به کار بندند تا ضمن دستیابی به نتایج بهتر، از هدر رفتن سرمایه‌های ملی جلوگیری کنند از این رو پیشنهاد می‌شود طرح‌های مقابله با بیابان‌زایی بر روی راهبردهای نتیجه شده از این پژوهش‌های سیستماتیک تأکید کنند تا از هدررفت سرمایه‌های محدود جلوگیری و بازدهی طرح‌های کنترل، احیاء و بازسازی بالا رود. در عین حال به منظور ارتقاء پژوهش به انجام رسیده لازم است در چارچوب یک مطالعه نظامند، راستی آزمایی موفقیت طرح‌های کنترل بیابان‌زایی در اجرای راهبردهای پیشنهادی از نظرگاه کاهش هزینه و زمان اجرای طرح، کاهش کمی و کیفی شاخص‌های توسعه بیابان، توسعه اراضی احیاء شده و غیره، صورت پذیرد.

■ **سپاسگزاری**

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 همهٔ این عزیزان تقدیر و تشکر می‌شود.

■ References

1. Ahmadi, H. (1998). Applied geomorphology, Desert and wind erosion. Tehran, Iran: Tehran University press. (in Farsi)
2. Akbari, M., Neamatollahi, E., & Neamatollahi, P.(2019). Evaluating land suitability for spatial planning in arid regions of eastern Iran using fuzzy logic and multi-criteria analysis. *Ecological Indicators, 98*, 587-598.
3. Asgharpour, M. J. (2017). Multi-Criteria Decision Making. Tehran, Iran: Publication of Tehran University. (In Farsi)
4. Azar, A., & Rajabzadeh, A. (2018). Applied decision making with an approach of Multi-Attribute Decision Making (MADM). Tehran, Iran: Negah Danesh. (In Farsi)
5. Azimi, M., Heshmati, Gh. A., Farahpour, M., Faramarzi, M., & Abbaspour, K.C. (2013). Modeling the impact of rangeland management on forage production of sagebrush species in arid and semi-arid regions of Iran. *Ecological Modeling, 250*, 1-14.
6. Bayat, M. (2017). Improvement of Methanol Synthesis Process through a Novel Sorption-Enhanced Fluidized-bed Reactor, Part II: Multiobjective Optimization and Decision-making Method. *Gas Processing Journal. 5*(1), 35-44.
7. Briassoulis, H. (2019). Combating land degradation and desertification: The Land-Use Planning Quandary. *Land. 8*(27), 1-26.
8. Bowyer, C., Withana, S., Fenn, I., Bassi, S., Lewis, M., Cooper, T., Benito, P., & Mudgal, S. (2009). Land degradation and desertification. European Parliament; Brussels, Belgium: Policy Department Economic and Scientific Policy.
9. D'Odorico, P., Bhattachan, A., Davis, K. F., Ravi, S., & Runyan, C.W. (2013). Global desertification: Drivers and feedbacks. *Advances in Water Resources. 51*, 326-344.
10. Esmaelian, M., Mohammady, S., Abdollahi, S. M., & Alimohammadi, M. (2014). Development and application of LINMAP, PROMETHEE IV, and FIS in continuous Multi-Criteria Decision-Making problems. *Industrial management perspective. 3*(4), 111-136.
11. Geist, H. (2017). The causes and progression of desertification. London, UK: Routledge.

12. Gharachelo, S., Ekhtesasi, M.R., Zareian Jahromi, M., & Samadi, M. B. (2010). Evaluation of current condition of desertification using I.C.D Model, case study: Khezrabad, Yazd. Iranian journal of Range and Desert Reseach, 17(3), 402-420. (in Farsi)

13. Ghodsipour, S. H. (2016). Analytical Hierarchical Process (AHP). Tehran, Iran: Amir Kabir University press. (in Farsi)

14. Ghorbani, M., & Avazpour, L. (2017). Analysis of structural characteristics of rural women network for establishment of collaborative management in desert areas (Pilot: Tajmir Village, carbon sequestration international project, South Khorasan province). *Range and Desert Research, 24*(2), 383-391. (in Farsi)

15. 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 (Argentine). *Biogeosciences Discussions, 7*, 2601–2630.

16. Hatami, M., & Shafieardekani, M. (2014). The effect of industrialization on land use changes; evidence from intermediate cities of Iran. *Current Life Sciences, 4*, 11899– 11902.

17. Intergovernmental Science-Policy Platform on Biodiversity and Ecosystem Services (IPBES). (2018). Summary for policymakers of the assessment report on land degradation and restoration of the intergovernmental science-policy platform on biodiversity and ecosystem services. Bonn, Germany: IPBES secretariat.

18. Mauerhofera, V., Ichinoseb, T., Blackwellc, B. D., Willigd, M.R., Flinte, C.G., Krausef, M.S., & Penkerg, M. (2018). Underuse of social-ecological systems: A research agenda for addressing challenges to biocultural diversity. *Land Use Policy, 72*, 57-64.

19. Mirdeilami, S, Z., Moradi, E., & Pessarakli, M. (2019). The role of local settlements in combating desertification of Isfahan's desert rangelands. *Rangeland Science, 9*(3), 202-218.

20. Mirhashemi, M. S., Mohseni, S., Hasanzadeh, M., & Pishvaee M. S. (2018). Moringa oleifera biomass-to-biodiesel supply chain design: An opportunity to combat desertification in Iran. *Cleaner Production, 203*, 313-327.

21. Mohammadian jazy, M. R., Rezaie, H., & Esmaelian, M. (2014). Evaluating and selecting the suitable strategies for after-sales services using LINMAP and TOWS mixed method. (After-sales service organization of CNG stations as a case study). MSc Thesis. Faculty of Virtual Learnings Deparatment of Management, University of Isfahan. (in Farsi)

22. Mullet, G. M., & Karson, M. J. (1986). Percentiles of LIN MAP conjoint indices of fit for various orthogonal arrays: a simulation study. *Marketing Research. 23*(3), 286-290.

23. National Action Program (NAP). (2004). The national action program to combat desertification and mitigate the effects of drought of Islamic Republic of Iran. Forest, Range and Watershed Management Organization. Tehran, Iran: Pooneh press. (in Farsi)

24. Razavi Hajiagha, S. H., Sadat Hashemi, S., Zavadskas E. K., & Akrami, H. (2012). Extensions of LINMAP model for multi criteria decision making with grey numbers. *Technological and Economic Development of Economy. 18*(4), 636-650.

25. Reynolds, J. F., Stafford-Smith, M., 2002. Global desertification: do humans cause deserts?. Berlin, Germany: Dahlem University Press.

26. Rezaei Dolatabadi, H., Esmailian, M., & Mohammadi Jazi, M. R. (2013). Evaluation and selection of appropriate after sales service strategy using combined TOWS and LINMAP techniques, case study: CNG post service organization, MSc Thesis. Faculty of Virtual Education, Department of Management, Isfahan University. (in Farsi)

27. Rezaei Moghaddam, M. H., Sedighi, A., Fasihi, S., & Karimi Firozjaei, M. (2018). Effect of environmental policies in combating aeolian desertification over Sejzy Plain of Iran. *Aeolian Research, 35*, 19-28.

28. Sadeghi Ravesh, M. H. (2008). Investigation of effective desertification factors on environmental degradation. Ph.D Thesis. Faculty of Environment, Department of Environmental Management, Science and Research Branch, Islamic Azad University. (in Farsi)

29. Sadeghi Ravesh, M. H. (2013). Assessment of combat desertification alternatives using Permutation method, case study: Khezrabad region, Yazd province. *Environmental Management and Planning, 3*(4), 5-14. (in Farsi)

30. Sadeghi Ravesh, M. H. (2014). Evaluation of combat desertification alternatives by using BORDA ranking model, Case study: Khezrabad region, Yazd province. *Environmental Management and Planning. 4*(2), 5-16. (in Farsi)

31. Sadeghi Ravesh, M. H. (2019). Evaluation of de-desertification alternatives In Ardekan- Khezr Abad plain by using Shannon Entropy method and ORESTE model. *Environmental Erosion Research. 4*(8), 19-40. (in Farsi)

32. Sadeghi Ravesh, M. H., Ahamadi, H., Zahtabian, G. H., & Tahmoures, M. (2010). Application of Analytical Hierarchy Process (AHP) in assessment of de-desertification alternatives. *Range and Desert Research, 17*(1), 35-50. (in Farsi)

33. Sadeghi Ravesh, M. H., & Jabalbarezi, B. (2019). Evaluation of combat desertification alternatives by using Multi-Attribute Utility Theory (MAUT), Case study of Khezerabad region in Yazd Province. *Environmental Technology and Sciences. 21*(8), 101-112. (in Farsi).

34. Sadeghi Ravesh, M. H., & Khosravi, H. (2014). Application of AHP and ELECTRE models for assessment of de-desertification alternatives in central Iran, *DESERT, 19-2*,141-153.

35. Sadeghi Rravesh, M. H., & Khosravi, H. (2015). Application of Network Analysis Process (ANP) in assessment of combating desertification alternatives. *Desert Ecosystem Engineerin Journal. 4*(8), 11-24. (in Farsi)

36. Sadeghi Ravesh, M. H., & Khosravi, H. (2016). Evaluation of combat desertification alternatives by using Individual Borda Ranking model. *Desert Ecosystem Engineering Journal. 5*(12), 109-121. (in Farsi)

37. Sadeghi Ravesh, M. H., & Khosravi, H. (2018). 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)

38. Sadeghi Ravesh, M. H., & Khosravi, H. (2020). Identifying the most appropriate of combat desertification alternatives by using the Eigenvector Method and the Vikor Model. *Natural Environmental Hazards, 9*(25), 25-44. (In Farsi)

39. Sadeghi Ravesh, M. H., Khosravi, H., Abolhasani, A., & Shekoohizadeghan, S. (2016). Evaluation of de-desertification alternatives by using PROMETHEE model in Khezrabad region. *Geography and Geology. 8*(2), 1-14.

40. Sadeghi Ravesh, M. H., Khosravi, H., & Ghasemian, S. (2015). Application of fuzzy analytical hierarchy process for assessment of combating-desertification alternatives in the central Iran. *Natural Hazard. 75*, 653-667.

41. Sadeghi Ravesh, M. H., Khosravi, H., & Ghasemian, S. (2016). Assessment of combating strategies using the Liner Assignment (LA) method. *Solid Earth. 7*, 673-683.

42. Sadeghi Ravesh, M. H., Zehtabian, G. R., Ahmadi, H., & Khosravi, H. (2012). Using analytic hierarchy prosess 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. Sadeghi Ravesh, M. H., & Tahmoures, M. (2014). Evaluation of alternatives to combat desertification using FTOPSIS model. *Environmental Engineering and Sciences Quarterly. 1*(3), 79-94. (in Farsi)

44. Sadeghi Ravesh, M. H., & Zehtabian, G. (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 (Pajouhesh & Sazandeghi), 100*, 1-11. (in Farsi)

45. Salvati, L., Kosmas, C., Kairis, O., Karavitis, C., Acikalin, S., Belgacem, A., Solé-Benet, A., Chaker, M., Fassouli, V., Gokceoglu, C. Gungor, H., Hessel, R., Khatteli, H., Kounalaki, A., & Carlucci, M. (2016). Assessing the effectiveness of sustainable land management policies for combating desertification: A data mining approach. *Environmental Management, 183*(3), 754-762.

46. Samaie, A., & Hosseini, S. H. (2016). Decision making analysis- Linmap method, decision making analysis course seminar, Faculty of Industrial Engineering, Khaje Nasireddin Toosi University of Technology. (in Farsi)

47. 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*(8), 71- 85. (in Farsi)

48. 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.

49. Sheibani Tezerji, A. R., & Keshtkar, M. M. (2016). Multi-objective optimization of compression refrigeration cycle of unit 132 south pars refineries. *Energy Equipment and Systems, 4*(2), 147-160.

50. Soltaninejad, M., Javari, M., Noroozi, A. A., & Javadi, S. A. (2019). Evaluation of vegetation changes in desertification projects using RS-GIS techniques. *Arid Biome*, 9 (1), 153-165. (in Farsi)

51. Srinivasan, V., & Shocker, A. D. (1973). Linear programming techniques for multidimensional analysis of preferences. *Psychometrika. 38*(3), 337-368.

52. Tzeng, G. H., & Huang, J. J. (2011). Multiple attributes decision making methods and applications. Boca Raton, USA: CRC Press, Taylor & Francis Group.

53. 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; New York, NY, USA: United Nations press.

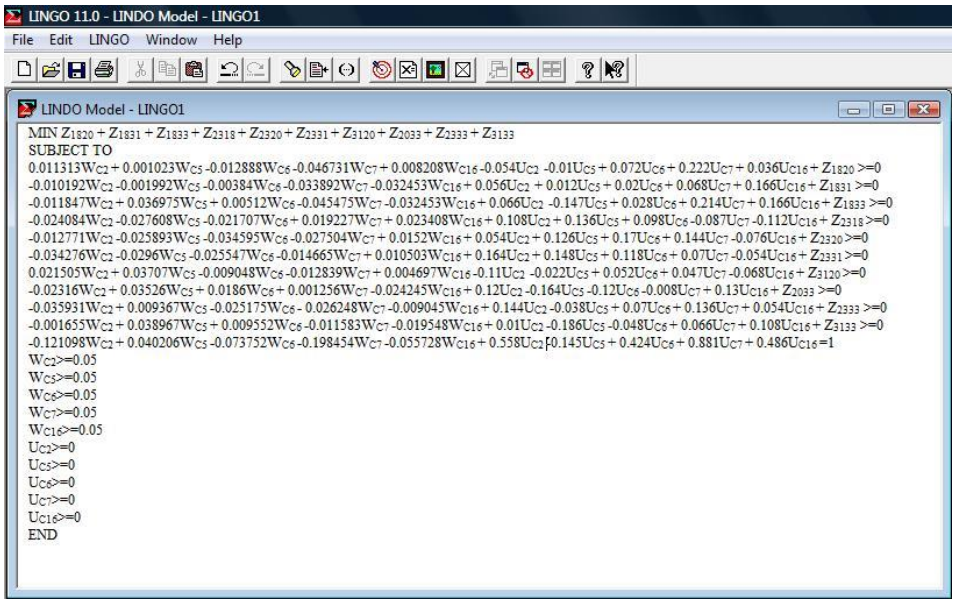
54. United Nations Convention to Combat Desertification (UNCCD). (1994). United Nations Convention to Combat Desertification. Paris, France: UNCCD.

55. 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, NY, USA.

56. Wang, W., & Liu, X. (2013). An extended LINMAP method for multi-attribute group decision making under interval-valued intuitionistic fuzzy environment. *Procedia Computer Science. 17*, 490-497.

57. Wang, X. M., Zhang, C. X., Hasi, E., & Dong, Z. B. (2010). Has the three norths forest shelterbelt program solved the desertification and dust storm problems in arid and semiarid China? *Arid Environment*, 74, 13–22.

58. Yang, L., & Wu, J. (2012). Knowledge-driven institutional change: An empirical study on combating desertification in northern china from 1949 to 2004. *Environmental Management, 110*, 254-266.



پیوست ۱. برنامه خطی نوشته شده به زبان لینگو در محیط نرم افزار برای انتخاب زیر مجموعه راهبردهای مهم

No. 16, Autumn & Winter, 2021, pp 57-76

Desert Management
www.isadmc.ir

Iranian Scientific Association of Desert Management and Control

Quantitative Analysis of Combating Desertification Strategies Using LINMAP Model

M.H. Sadeghi Ravesh[1], H. Khosravi[2]

1. Associate Professor, Department of Environment, College of Agriculture, Takestan Branch, Islamic Azad University, Takestan, Iran.
2. Associate Professor, Department of Arid and Mountainous Regions Reclamation, Faculty of Natural Resources, University of Tehran, Tehran, Iran.

* Corresponding Author: m.sadeghiravesh@tiau.ac.ir

Received date: 13/06/2020 **Accepted date: 27/12/2020**

Abstract

In order to increase efficiency and prevent the waste of limited capitals of combating desertification projects, there is always no a way that could consider different criteria, strategies and among them, based on a systematic structure and group perspective, offers the optimal solution. The aim of this study was to present a method to rank the optimal strategies to combat desertification in the Yazd-Khezrabad plain based on Multiple Attribute Decision Making model (MADM) using Linear Programming Techniques for Multidimensional Analysis of Preferences (LINMAP) model. In this method, by finding the Euclidean distance of the strategies with the best strategy, the most preferred strategy was selected. In this regard, the problem was transformed into a linear mathematical model, which after running the model in the LINGO software environment, the weight of each strategy, the distance from the ideal strategy and the ideal strategy were estimated. From a LINMAP evaluation model perspective, based on the preference results of five criteria surveyed including Environmental compatibility (C_7), environmental and human resource degradation (C_{16}), specialized human resources (C_6), scientific and technological tools (C_5) and time (C_2), the strategies of vegetation regeneration and rehabilitation " (A23), "prevention of inappropriate land uses change" (A18) and "adjustment in groundwater abstraction" (A31) with a distance of 16.20, 16.22 and 16.35 were selected as the most important strategies to combat desertification in the region, respectively. The results of present study enable the desert managers to utilize limited resources and budget dedicated to control desertification process in a correct and efficient manner. Therefore, the results of the mentioned ranking can increase the success rate of combating desertification and land reclamation projects in the study area.

Keywords: Inconsistency ratio; Multi-Criteria Decision Making (MCDM); Pair-wise comparisons; Positive ideal solution