

مجله علمی پژوهشی مخاطرات محیط طبیعی، دوره نهم، شماره ۲۵، پاییز ۱۳۹۹

تاریخ دریافت مقاله: ۱۳۹۸/۰۴/۲۴

تاریخ بازنگری نهایی مقاله: ۱۳۹۸/۱۱/۰۸

تاریخ پذیرش مقاله: ۱۳۹۸/۱۲/۲۱

صفحات: ۶۰ - ۴۱

مقاله علمی پژوهشی

شناسایی مناسب‌ترین راهبردهای بیابان‌زایی به روش بردار ویژه و مدل ویگور

محمدحسن صادقی روش*^۱، حسن خسروی^۲

*۱. دانشیار گروه محیط‌زیست، دانشکده کشاورزی، دانشگاه آزاد اسلامی واحد تاکستان

۲. دانشیار گروه احیاء مناطق خشک و کوهستانی، دانشکده منابع طبیعی دانشگاه تهران

چکیده

بیابان‌زایی عبارت است از تخریب اراضی در نواحی خشک، نیمه‌خشک و خشک نیمه مرطوب که در نتیجه‌ی عوامل گوناگون از جمله تنوع اقلیمی و فعالیت‌های انسانی حادث می‌شود. توسعه بیابان محدودیت‌های بسیاری از لحاظ کشاورزی، تأمین مواد غذایی، پرورش دام، توسعه صنعت و ارائه هزینه‌های خدماتی ایجاد می‌نماید. این پدیده فرایندی است که به تدریج توسعه و تشدید یافته و هزینه‌های اصلاح آن به شکل تصاعدی افزایش می‌یابد؛ بنابراین با توجه به محدودیت منابع و حساسیت مناطق بیابانی، ارائه راهبردهای بهینه مقابله با بیابانی شدن به صورت بومی از ضرورت‌های امر و شرط لازم دستیابی به موفقیت در کنترل و کاهش اثرهای این پدیده است. بنابراین این پژوهش باهدف ارائه راهبردهای بهینه به صورت نظام‌مند و در قالب یک مدل تصمیم‌گیری گروهی انجام گرفت. به این منظور در ابتدا در چارچوب روش تصمیم‌گیری چند شاخصه و با استفاده از تکنیک بردار ویژه، ارجحیت شاخص‌ها به دست آمد و سپس اولویت راهبردها با استفاده از مدل ویگور مورد ارزیابی قرار گرفت. با ارزیابی شروط انتخاب راهبردهای بهینه در چارچوب مدل یادشده ملاحظه شد که راهبردهای جلوگیری از تبدیل و تغییر نامناسب کاربری اراضی (A_{18}) با شاخص ویگور معادل صفر ($Q = 0$)، توسعه و احیاء پوشش گیاهی (A_{23}) با شاخص ویگور $Q = 0.3083$ و تعدیل در برداشت از منابع آب زیرزمینی (A_{31}) با شاخص ویگور $Q = 0.6241$ به ترتیب به‌عنوان مهم‌ترین راهبردهای بیابان‌زدائی در منطقه می‌باشند. بنابراین پیشنهاد شد که در طرح‌های کنترل و کاهش اثرهای بیابان‌زایی و احیاء اراضی تخریب یافته، نتایج و رتبه‌بندی به‌دست‌آمده مورد توجه قرار گیرد.

واژگان کلیدی: تکنیک بردار ویژه، تصمیم‌گیری چند معیاره، کنترل مخاطرات بیابان‌زایی، مدل ویگور، مقایسه زوجی.

مقدمه

مسائل مربوط به مدیریت مناطق بیابانی و از جمله ارزیابی راهبردهای مطرح و ارائه راهبردهای بهینه دارای ابعاد پیچیده و چندگانه می‌باشند. از طرفی راه‌حل‌های ارائه شده همیشه در محیط‌های عدم اطمینان و تحت تأثیر شدید قضاوت‌های مبهم و غیرصریح قرار می‌گیرند. بنابراین شیوه‌های تصمیم‌گیری چند معیاره^۱ که هدفشان انتخاب بهترین جواب از بین راه‌حل‌های مختلف می‌باشد، مورد توجه قرار گرفت. از این رو هدف از این پژوهش با توجه به محدودیت نهاده‌ها، ارزیابی راهبردهای بیابان‌زدایی به منظور دستیابی به راهبردهای بهینه در چارچوب مدیریت پایدار مناطق بیابانی می‌باشد. جهت دستیابی به این هدف، در چارچوب مدل‌های تصمیم‌گیری چند شاخصه، روش بهینه‌سازی چند معیاره و حل سازشی^۲ که بیان‌گر نتایج عالی نزدیک به واقعیت می‌باشد (چنگ^۳، ۲۰۰۴)، به منظور رتبه‌بندی راهکارهای بیابان‌زدائی مدنظر قرار گرفت.

بامطالعه منابع تحقیقاتی، پیشینه به‌کارگیری مدل‌های تصمیم‌گیری در ارائه راهبردهای بهینه در چارچوب مدیریت مناطق بیابانی به کارهای گرایو و همکاران، صادقی روش و همکاران و سپهر و پرویان محدود می‌شود. گرایو در پژوهش خود به منظور انتخاب راهبردهای بهینه به منظور ارائه طرحی یکپارچه جهت کنترل فرسایش و بیابان‌زایی از سه مدل تصمیم‌گیری، انتخاب حذفی در ترجمه به واقعیت^۴، فرایند تحلیلی سلسله مراتبی^۵ و روش ساختاریافته‌ی رتبه‌بندی ترجیحی برای غنی‌سازی ارزیابی‌ها^۶ استفاده کرد (گرایو^۷ و همکاران، ۲۰۱۰). نتایج حاصله نشان‌گر کارایی بالای این مدل‌ها در ارائه راهبردهای بهینه کنترل مخاطرات بیابان‌زایی بود و با وجود روش‌های پیچیده مورد استفاده در هر مدل، نتایج حاصله تا حدود زیادی یکسان بود. صادقی‌روش نیز با کاربرد مدل‌های فرایند تحلیل سلسله مراتبی (صادقی‌روش و همکاران، ۱۳۸۹)، فرایند تحلیلی سلسله مراتبی فازی^۸ (صادقی‌روش و همکاران، ۲۰۱۵)، تکنیک اولویت‌بندی ترجیحی بر اساس تشابه به پاسخ‌های ایده‌آل^۹ (صادقی‌روش و همکاران، ۲۰۱۲)، تکنیک اولویت‌بندی ترجیحی بر اساس تشابه به پاسخ‌های ایده‌آل فازی^{۱۰} (صادقی‌روش و طهمورث، ۱۳۹۳)، الکترا (صادقی‌روش و خسروی، ۲۰۱۴)، بردا^{۱۱} (صادقی‌روش، ۱۳۹۳؛ صادقی‌روش و خسروی، ۱۳۹۵)، مدل مجموع وزنی^{۱۲} (صادقی‌روش و زهتابیان، ۱۳۹۲)، مدل جای‌گشت^{۱۳} (صادقی‌روش، ۱۳۹۲)، روش ساختاریافته‌ی رتبه‌بندی ترجیحی برای غنی‌سازی ارزیابی‌ها^{۱۴} (صادقی‌روش و همکاران، ۲۰۱۶-a)، فرایند تحلیل شبکه^{۱۵} (صادقی‌روش و خسروی، ۱۳۹۴)، مدل تخصیص خطی^{۱۶} (صادقی‌روش و همکاران، ۲۰۱۶-b)، تحلیل عاملی^{۱۷} (صادقی‌روش و خسروی، ۱۳۹۷)،

¹ - Multi Attribute Decision Making(MADM)

² - Vlse Kriterijumsk Optimizacija Kompromisno Resenje(VIKOR)

³ - Cheng

⁴ - Elimination et Choice Translating Reality(ELECTRE)

⁵ - Analyzes Hierarchy Process(AHP)

⁶ - Preference Ranking Organization METHod For Enrichment Evaluation(PROMETHEE)

⁷ - Grau

⁸ - Fuzzy Analyzes Hierarchy Process(FAHP)

⁹ - Technique for Order Preference by Similarity to Ideal Solution(TOPSIS)

¹⁰ - Fuzzy Technique for Order Preference by Similarity to Ideal Solution(FTOPSIS)

¹¹ - BORDA

¹² - Weighted Sum Model(WSM)

¹³ - PERMUTATION

¹⁴ - Preference Ranking Organization METHod For Enrichment Evaluation(PROMETHEE)

¹⁵ - Analytical Network Process(ANP)

¹⁶ - Linear Assignment(LA)

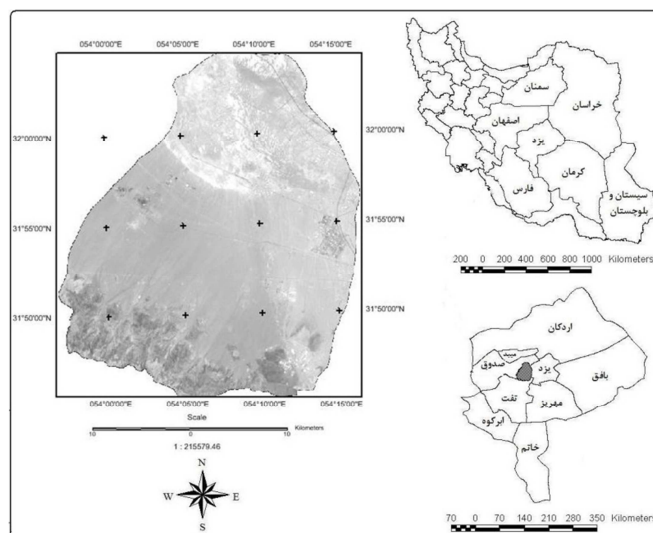
¹⁷ - Principal Factor Analysis(PFA)

تئوری مطلوبیت چند معیاره^۱ (صادقی روش و جبالبارزی، ۱۳۹۶) و مدل اورسته^۲ (صادقی روش، ۱۳۹۷) به اولویت-بندی راهبردهای کنترل مخاطرات بیابان‌زایی در منطقه خضرآباد پرداخت. نتایج حاصله از این مطالعه‌های یکسان و تا حدود زیادی مشابه نتایج حاصله از پژوهش انجام‌شده می‌باشد. سپهر و پرویان نیز با کاربرد مدل نارته‌ای پرومته ضمن پهنه‌بندی آسیب‌پذیری بیابان‌زایی در اکوسیستم‌های استان خراسان رضوی، اقدام به ارزیابی راهبردهای مقابله با بیابان‌زایی کردند (سپهر و پرویان، ۲۰۱۱). این در حالی است که هیچ سابقه‌ای از کاربرد مدل ویگور در حوزه مسائل مربوط به مدیریت مناطق بیابانی و از جمله انتخاب سیستماتیک راهبردهای بهینه در فرایند کنترل و کاهش شرایط بیابانی چه در داخل ایران و چه در خارج از ایران مشاهده نشد.

داده‌ها و روش‌ها

الف- منطقه مورد مطالعه

دشت یزد- خضرآباد با وسعتی معادل ۷۸۱۸۰ هکتار در ۱۰ کیلومتری غرب شهر یزد در موقعیت جغرافیایی $53^{\circ}55'$ الی $54^{\circ}20'$ طول شرقی و $31^{\circ}45'$ الی $32^{\circ}15'$ عرض شمالی قرار گرفته است (شکل ۱) که از نظر اقلیمی در شرایط خشک و سرد بیابانی طبقه‌بندی می‌شود. ۱۲۹۳۰ هکتار (۱۶/۵٪) از اراضی منطقه را تپه‌ها و پهنه‌های ماسه‌ای شکل داده که ارگ^۳ بزرگ اشکذر با وسعتی معادل ۸۹۲۳ هکتار در شمال منطقه با انواع رخساره‌های تخریبی و فرسایشی به چشم می‌خورد. 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 که نشان‌دهنده وضعیت کاملاً خاص از نظرگاه بیابان‌زایی در منطقه و بیان‌کننده لزوم پرداختن به راه‌حل‌های کنترل مخاطرات بیابان‌زایی در این حوزه است.



شکل ۱: موقعیت دشت یزد- خضر آباد

¹ - Multi-Attribute Utility Theory(MAUT)

² - Organisation Rangement Et Synthese de donnees Relationnelles(ORESTE)

³ - Erg

ب: روش تحقیق

به‌طور خلاصه مراحل به‌کارگیری این روش به ترتیب ذیل می‌باشد.

- تعیین اهمیت و اولویت معیارها و راهبردها و تشکیل ماتریس تصمیم‌گیری

- انتخاب معیارها و راهبردهای مؤثر

انتخاب معیارها و راهبردها از طیف وسیعی از معیارها و راهبردها را می‌توان از طریق طوفان مغزها، روش دلفی یا روش گروه اسمی^۱ به دست آورد. در این پژوهش با استفاده از تکنیک دلفی و با تهیه پرسشنامه از متخصصان آشنا به منطقه مطالعاتی خواسته شد که معیارها و راهبردهای مؤثر را بیان و در دامنه ۰ تا ۹ امتیازدهی کنند. درنهایت با به دست آوردن میانگین امتیازهای داده‌شده به هر معیار یا راهبرد، مواردی که دارای امتیازهای کمتر از ۷ بودند ($\bar{X} < 7$) حذف و معیارها و راهبردهای باقی‌مانده ($\bar{X} \geq 7$) به‌عنوان معیارها و راهبردهای مؤثر مدنظر قرار می‌گیرد (آذر و رجب‌زاده، ۱۳۹۶؛ آذر و معماربانی، ۱۳۸۲؛ صادقی روش وهمکاران، ۱۳۸۹).

- برآورد وزن نسبی معیارها و راهبردها و تشکیل ماتریس مقایسه‌های زوجی گروهی

در ادامه به‌منظور دستیابی به وزن نسبی^۲، پرسشنامه‌ای تهیه و از کارشناسان آشنا به منطقه مطالعاتی خواسته می‌شود که به ترتیب معیارها و راهبردهای مؤثر حاصل‌شده از مرحله قبل را از نظر اهمیت نسبت به هدف و اولویت نسبت به تک‌تک معیارها در مقیاس ۱ الی ۹ ساعتی (جدول ۱) مورد مقایسه‌های زوجی^۳ قرار دهند. پس از تشکیل ماتریس مقایسه‌های زوجی کارشناسان (جدول ۲)، از روش میانگین هندسی و با فرض اینکه نظرهای تمامی کارشناسان از درجه اهمیت یکسانی برخوردار است، از رابطه ۱ اقدام به تلفیق قضاوت‌ها کرده و ماتریس مقایسه‌های زوجی گروهی شکل داده می‌شود (آذر و رجب‌زاده، ۱۳۹۶؛ قدسی پور، ۱۳۹۵).

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

جدول ۱: درجه ارجحیت (مقیاس زوجی) ۹ گانه ساعتی (Saaty, 1977)

درجه اهمیت	تعریف
۱	اهمیت یکسان
۳	نسبتاً مرجح یا کمی مهم‌تر یا کمی مطلوب‌تر
۵	اهمیت شدید یا مطلوبیت قوی
۹	اهمیت فوق‌العاده زیاد یا کاملاً مرجح یا کاملاً
۲، ۴، ۶، ۸	ترجیحات بین فواصل فوق
۱/۳، ۱/۴، ۱/۵، ۱/۶، ۱/۷، ۱/۸، ۱/۹	ارزش‌های متقابل ارزیابی‌های انجام‌شده

1 - Nominal Group Technique

2 - Local Priority

3 - Pair wise

جدول ۲: ماتریس مقایسه‌های زوجی

A=	a ₁₁	a ₁₂	...	a _{1n}	A=[a _{ij} ⁺] , i = 1,2,...,m j = 1,2,...,n
	a ₂₁	a ₂₂	...	a _{2n}	
	:	:	:	:	
	a _{m1}	a _{m2}	...	a _{mn}	

- استخراج اوزان راهبردهای مؤثر بر مبنای جدول‌ها مقایسه‌های زوجی گروهی در این مرحله اعداد جدول‌ها ماتریس مقایسه‌های زوجی گروهی اولویت راهبردها نسبت به هر معیار بعد از نرمال سازی با استفاده از رابطه ۲، بر مبنای روش میانگین موزون یا میانگین هر سطح از ماتریس نرمال شده برآورد شد.

$$\bar{r}_{ij} = \frac{\bar{a}_{ij}}{\sum_{i=1}^m \bar{a}_{ij}} \quad (۲)$$

- تشکیل ماتریس تصمیم‌گیری نرمالیزه^۱

در این مرحله مقادیر وزنی اولویت راهبردها (P_{ij}) بر مبنای هر معیار، در قالب ماتریس کلی تصمیم‌گیری (جدول ۳) لحاظ می‌شود.

جدول ۳: ماتریس تصمیم‌گیری نرمالیزه

Alt	Criterion				
	C ₁	C ₂	C ₃	...	C _n
A ₁	P ₁₁	P ₁₂	P ₁₃	...	P _{1n}
A ₂	P ₂₁	P ₂₂	P ₂₃	...	P _{2n}
:	:	:	:	:	:
A _m	P _{m1}	P _{m2}	P _{m3}	...	P _{mn}

در این ماتریس m: تعداد گزینه‌ها یا راهبردها، n: تعداد معیارها C: عنوان معیار و P_{ij}: مقدار وزنی نرمال که هر گزینه با توجه به معیار مربوطه کسب می‌کند، می‌باشد.

- محاسبه اوزان معیارهای مؤثر با استفاده از تکنیک بردار ویژه

تکنیک‌هایی برای شناخت و دانستن اهمیت نسبی معیارهای مؤثر موجود وجود دارد؛ در این تکنیک‌ها، مجموع وزن هر مجموعه برابر با واحد (نرمالیزه) بوده و اهمیت نسبی درجه‌ی ارجحیت هر معیار را نسبت به بقیه معیارها برای تصمیم‌گیری درزمینه‌ی موردنظر می‌سنجند. در این زمینه چهار روش برای ارزیابی اوزان معیارها در تصمیم‌گیری وجود دارد که عبارتند از: روش آنتروپی شانون، روش لینمپ، روش کمترین مجذورهای وزین شده و تکنیک بردار ویژه (اصغرپور، ۱۳۹۴).

در این تحقیق از روش تکنیک بردار ویژه استفاده شده است. در این روش اگر ماتریس مقایسه‌های زوجی گروهی معیارها را A در نظر بگیریم (جدول ۲) و دترمینان ماتریس (A-λ) (جدول ۴) را برابر صفر قرار دهیم (که در آن λ مجهول و I ماتریس یک m×n است) مقادیر ویژه ماتریس A به دست می‌آید. همچنین اگر بزرگ‌ترین مقدار ویژه A

¹ - Normalized Decision Matrix (NDM)

را در ماتریس $((A - \lambda I)^* (W_1, W_2, \dots, W_n)^T)$ به جای λ قرار دهیم و حاصل را مساوی صفر فرض کنیم با حل معادله ایجادشده بردار ویژه ماتریس A که همان وزن‌های نسبی (W_1, W_2, \dots, W_n) است به دست خواهد آمد. با استفاده از این روش، ناسازگاری ماتریس در وزن‌ها اعمال و نتایج به واقعیت نزدیک‌تر می‌شود (رمضانی مهریان وهمکاران، ۱۳۹۰).

جدول ۴: دترمینان ماتریس $A - \lambda I$

$A - \lambda =$	$1 - \lambda$	a_{12}	a_{1n}
	a_{21}	$1 - \lambda$	a_{2n}
	:	:	:	:
	a_{m1}	a_{m2}	$1 - \lambda$

بردار ویژه، یکی از روش‌های مناسب در شرایط عدم ثبات کامل برای ماتریس مقایسه‌های زوجی است که اولین بار توسط ساعتی (ساعتی^۱، ۱۹۷۷) از تجزیه ماتریس مربع و عکس پذیر D به بردار ویژه^۲ به ازای عنصر ماکزیمم ویژه^۳ آن (λ) استفاده نمود (رابطه ۳).

$$D.W = \lambda_{\max} \times W \quad (۳)$$

یک طریقه محاسبه بردار ویژه W ، استفاده از توان‌افزایی (k) برای ماتریس D است و سپس نرمالیزه کردن نتایج حاصل از آن می‌باشد (رابطه ۴).

$$W_j = \frac{\lim_{k \rightarrow \infty} D^k \times e}{e^t \times D^k \times e} \quad (۴)$$

در این رابطه:

W_j = مقدار وزنی نرمال که هر معیار در ارتباط با هدف کسب می‌کند.

D = ماتریس مقایسه‌های زوجی گروهی ارجحیت معیارها نسبت به هدف است.

$$e = \begin{pmatrix} 1 \\ 1 \\ \vdots \\ 1 \end{pmatrix} \text{ به طوری که}$$

برمبنای این روش معیار واجد بیشترین وزن، بیشترین نقش در تصمیم‌گیری را نیز دارد (اصغریور، ۱۳۹۴).

– ارزیابی اولویت راهبردها با کاربرد مدل ویگور

روش ویگور یک روش تصمیم‌گیری چندمعیاره برای حل یک مسئله‌ی تصمیم‌گیری گسسته با معیارهای نامتناسب (واحدهای اندازه‌گیری مختلف) و متعارض می‌باشد که اولین بار توسط اپروکویچ (اپروکویچ^۱، ۱۹۹۸) ارائه شد؛ سپس

^۱ - Saaty

^۲ - Eigenvector

^۳ - Eigenvalue

توسط اپروکویچ و تزینگ در سال ۲۰۰۴ توسعه یافت و به صورت کاربردی در حل مسائل مدل‌های تصمیم‌گیری چند شاخصه به کار رفت (اپروکویچ و تزینگ^۱، ۲۰۰۴). مفهوم اساسی روش ویگور بر تعاریف نقاط ایده‌آل مثبت و منفی متکی است. کارایی این روش، در مواقعی بیشتر نمود پیدا می‌کند که تصمیم‌گیرنده قادر به بیان ترجیحات خود در شروع طراحی سیستم نیست. این روش از راه‌حل‌های توافقی برای حل مسائل استفاده می‌کند. راه‌حل توافقی، یک قرارداد سازشی دوطرفه است که با توجه به شکل ۲ و طی روابط ۵ و ۶ به جواب ایده‌آل نزدیک است (اپروکویچ و تزینگ، ۲۰۰۴). راه‌حل توافقی به علت آنکه حداکثر مطلوبیت گروهی و حداقل تأسّف فردی را در بردارد، مورد پذیرش تصمیم‌گیرندگان قرار می‌گیرد.

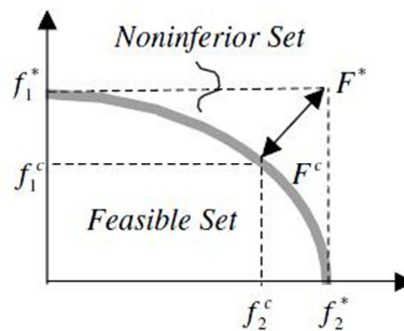
$$\Delta f_1 = f_1^* - f_1^c \quad (5)$$

$$\Delta f_2 = f_2^* - f_2^c \quad (6)$$

در این روابط:

F^c : یک جواب شدنی برای راه‌حل سازشی و

F^* : نزدیک‌ترین مقدار به ایده‌آل است.



شکل ۲: راه‌حل ایده‌آل و توافقی

الگوریتم رتبه‌بندی ویگور دارای مراحل ذیل است:

- تعیین بهترین و بدترین هر یک از معیارها در میان همه راهبردها

که به ترتیب به صورت f_j^* و f_j^- بیان می‌شود (رابطه ۷).

$$f_j^* = \max f_{ij} \quad i = 1, 2, \dots, m, j = 1, 2, \dots, n \quad (7)$$

$$f_j^- = \min f_{ij}$$

¹ - Opricoviz

² - Tzeng

در این رابطه:

$$f_j^* = \text{بهترین مقدار برای معیار } j \text{ام}$$

$$f_j^- = \text{بدترین مقدار برای معیار } j \text{ام}$$

اگر تمامی f_j^* را به هم پیوند بزنیم یک ترکیب بهینه با بیشترین امتیاز خواهد داد (نقطه ایده‌آل مثبت) و در مورد f_j^- نیز بدترین امتیاز (نقطه ایده‌آل منفی) شکل خواهد گرفت.

- محاسبه مقدار سودمندی^۱ (S_i) و تأسف^۲ (R_i) معیارها از روابط ۸ و ۹

$$L_{1,i} = S_i = \sum_{j=1}^n w_j \times \frac{f_j^* - f_{ij}}{f_j^* - f_j^-} \quad (۸)$$

$$L_{\infty,i} = R_i = \text{Max} \left\{ w_j \times \frac{f_j^* - f_{ij}}{f_j^* - f_j^-} \right\} \quad (۹)$$

در این روابط:

w_j : اوزان معیارها بیانگر اهمیت نسبی است.

S_i : بیانگر فاصله نسبی راهبرد i ام از راه‌حل ایده‌آل مثبت (بهترین ترکیب)

و R_i بیانگر حداکثر ناراحتی راهبرد i ام از دوری از راه‌حل ایده‌آل مثبت می‌باشد.

- محاسبه شاخص ویگور

برای هر گزینه شاخص ویگور (تابع ترکیب یا تابع مزیت) با رابطه ۱۰ محاسبه می‌شود:

$$Q_i = v \left[\frac{S_i - S^*}{S^- - S^*} \right] + (1-v) \left[\frac{R_i - R^*}{R^- - R^*} \right] \quad (۱۰)$$

$$S^- = \text{Max}_i S_i, \quad S^* = \text{Min}_i S_i$$

$$R^- = \text{Max}_i R_i, \quad R^* = \text{Min}_i R_i$$

در این رابطه $v \in [0,1]$ به‌عنوان وزنی است که بر اساس میزان حداکثر توافق گروه تعیین می‌گردد (وزنی برای استراتژی ماکسیمم مطلوبیت گروهی است).

-رتبه‌بندی راهبردها

راهبردها بر اساس مقادیر S ، R و Q و به‌صورت نزولی مرتب می‌شوند و نتایج به‌صورت سه لیست رتبه‌بندی به دست می‌آید.

^۱ - Utility measure

^۲ - Regret measure

اگر دو شرط زیر برقرار باشد می توان راه حل سازشی با راهبرد a' که با بهترین مقادیر Q رتبه بندی شده است، ارائه کرد.

شرط اول: وضعیت قابل قبول

زمانی که a'' دومین راهبرد در لیست رتبه بندی با مقادیر Q است، طبق رابطه ۱۱ شرط اول برآورد می شود.

$$Q(a'') - Q(a') \geq \frac{1}{i-1}, \quad i = \text{number of alternatives} \quad (11)$$

شرط دوم: ثبات قابل قبول در تصمیم گیری

راهبرد a' همچنین باید دارای بالاترین رتبه در لیست S یا R یا هر دو باشد. این راه حل سازشی ثبات درونی یک روند سازشی را نشان می دهد و عمدتاً اگر $V > 0.5$ باشد، قابل قبول است یا غیر قابل قبول است، اگر $V < 0.5$ یا $V \approx 0.5$ حالت توافقی ایجاد می کند. در واقع V یک وزن است که از استراتژی تصمیم گیری ها گرفته شده و اگر یکی از شروط راضی کننده نباشد، یک سری از راه حل های سازشی (توافقی) پیشنهاد می گردد:

۱- راهبردهای a' و a'' اگر فقط شرط دوم برقرار نباشد.

۲- راهبردهای $a', a'', a''', \dots, a^m$ اگر شرط اول برقرار نباشد و a^m به کمک رابطه ۱۲ برای بیشترین مقدار m تعیین می شود.

$$Q(a^m) - Q(a') < \frac{1}{i-1} \quad (12)$$

بهترین گزینه، رتبه بندی شده به وسیله Q ، گزینه ای است که مقدار حداقل Q را دارد (اپروکویچ و تزینگ، ۲۰۰۴؛ اپروکویچ و تزینگ، ۲۰۰۷؛ اپروکویچ و تزینگ، ۲۰۰۸؛ چانگ، ۲۰۱۰)

یافته ها و نتایج تحقیق

انتخاب معیارها و راهبردهای مهم و اولویت دار

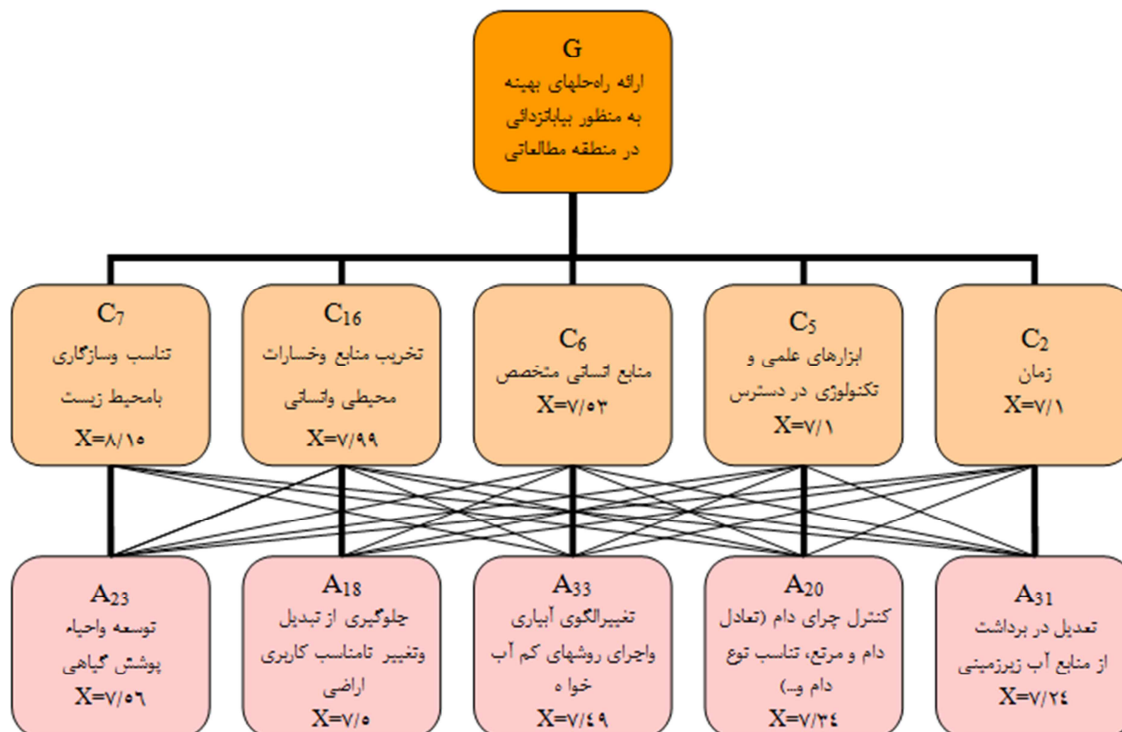
در فرایند ارزیابی راهبردهای بیابان زدایی در منطقه مطالعاتی، ابتدا به منظور دستیابی به معیارها و راهبردهای مهم و اولویت دار از نظر گروه، از روش دلفی استفاده شد (صادقی روش و همکاران، ۱۳۸۹؛ صادقی روش، ۱۳۸۷) و از میان ۱۶ معیار و ۴۰ راهبرد نهایی نظرخواهی شده، راهبردها و معیارهای مهم و اولویت دار انتخاب (جدول ۵ و ۶) و نمودار سلسله مراتب تصمیم گیری جهت ارائه راه حل های بهینه کنترل مخاطرات بیابان زایی ترسیم شد (شکل ۳).

جدول ۵: معیارهای پیشنهادی و میانگین اهمیت آنها از نظر گروه

نشانه	C _۱	C _۲	C _۳	C _۴	C _۵	C _۶
معیار (Criteria)	هزینه- سود	زمان	مشارکت مردمی	زیبایی چشم انداز	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 _۷	C _۸	C _۹	C _{۱۰}	C _{۱۱}	C _{۱۲}
معیار (Criteria)	تناسب و سازگاری با محیط زیست (پایداری)	مدیریت سنتی و دانش بومی	دولت سالاری در بیابان زدایی	درآمدهای نفتی دولت	مدیریت های موقتی	مشکلات مربوط به نوآوری و تغییر روش ها
میانگین امتیازها	۸/۱۵	۵/۲۳	۵/۲۸	۵/۷۲	۲/۳۹	۲/۸۴
نشانه	C _{۱۳}	C _{۱۴}	C _{۱۵}	C _{۱۶}		
معیار (Criteria)	راحت طلبی سیستم های اداری دولتی	فشارهای سیاسی و اجتماعی	مسائل اورژانسی ناشی از بیابان زایی	تخریب منابع و خسارت های محیطی و انسانی		
میانگین امتیازها	۲/۲۹	۵/۳۵	۶/۳۴	۷/۹۹		

جدول ۶: راهبردهای پیشنهادی و میانگین اولویت آنها از نظر گروه

میانگین اولویت	راهبردها	میانگین اولویت	راهبردها
			- اصلاح، ایجاد و تقویت زیرساخت‌های اقتصادی - اجتماعی مناطق حاشیه‌ای
۶/۴۶	A _{۲۲} - جلوگیری از بوته کنی و قطع اشجار		A _۱ - کاهش نرخ رشد جمعیت
	A _{۲۳} - توسعه و احیای پوشش گیاهی	۵	A _۲ - فقر زدایی
۷/۱۵۶	A _{۲۴} - حفاظت از تاغ زارها (جوان‌سازی و زادآوری تاغ‌ها)	۵/۶۸	A _۳ - ایجاد و تقویت سازمان‌های روستایی
۶/۷۶	- حفاظت خاک	۵/۳۷	A _۴ - افزایش اشتغال
	A _{۲۵} - حفاظت از سطوح سنگریزه‌ای در منطقه (رگ)	۶/۷	A _۵ - افزایش مشارکت مردمی و حمایت از NGOها
۶/۴۵	A _{۲۶} - جلوگیری و کاهش تردد ماشین‌آلات سنگین کشاورزی و صنعتی	۶/۱	A _۶ - به‌کارگیری نیروهای بومی و تکنولوژی محلی در طرح‌ها (دانش بومی)
۵/۱۵۷	A _{۲۷} - ایجاد بادشکن‌های زنده و غیرزنده دارای کاربری حفاظت خاک	۶/۱۵۶	A _۷ - آموزش مردم در به‌کارگیری روش‌های جدید و استفاده از دانش روز جهت کاربرد بهینه منابع
۴/۶۶	A _{۲۸} - اصلاح بافت خاک	۶/۴۷	A _۸ - تصویب، تقویت و اجرای قوانین متناسب جرم با مجازات
	- توسعه کشاورزی پایدار	۵/۷۳	A _۹ - تأمین نیازهای ساکنان بومی
۵/۴۲	A _{۲۹} - اصلاح روش‌های تناوب زراعی و آیش	۵/۱۸۹	A _{۱۰} - تعدیل الگوهای مصرف ناپایدار و تغییر و اصلاح شیوه‌های معیشتی مردم
۵/۱	A _{۳۰} - اصلاح روش‌های شخم‌زنی، کود دهی، سم‌پاشی	۴/۵	A _{۱۱} - توجه به نقش زنان و جوانان در بیابان‌زدایی
	- توسعه و مدیریت پایدار منابع آب (آبخوان‌داری)	۵/۲۳	A _{۱۲} - سازمان‌دهی نواحی شهری و جلوگیری از مهاجرت
۷/۲۴	A _{۳۱} - تعدیل در برداشت از منابع آب زیرزمینی	۶/۱۸۶	A _{۱۳} - ایجاد هماهنگی بین ادارات و سازمان‌های مسئول در امر بیابان‌زدایی و حفاظت محیط‌زیست
۶/۶	A _{۳۲} - کاهش مصرف آب (مصرف بهینه آب در مزارع)	۴/۸	A _{۱۴} - بالا بردن نرخ باسوادی
۷/۴۹	A _{۳۳} - تغییر در الگوی آبیاری و اجرای روش‌های کم آبخواه	۵/۳۲	A _{۱۵} - توسعه طبیعت‌گردی بیابانی
	A _{۳۴} - تبدیل سیستم‌های آبیاری از سنتی با بازده کم به مدرن و تحت‌فشار با بازده زیاد	۵/۲۷	A _{۱۶} - استفاده چندمنظوره از بیابان به‌جای استفاده موردی
۶/۱۵۳	A _{۳۵} - جمع‌آوری و استحصال بهینه منابع آب (شامل: ایزوله نمودن نهرها، مرمت و لایروبی قنات‌ها، استفاده از کانال‌ها و مجاری، تعبیه آبنبارها و استخرها، نمک‌زدایی از آب‌های لب‌شور و شور و غیره)	۳/۷۹	A _{۱۷} - سپردن مسئله بیابان‌زدایی به بخش خصوصی
۶/۰۸	A _{۳۶} - تغذیه آب‌های زیرزمینی	۷/۵	A _{۱۸} - جلوگیری از تبدیل و تغییر نامناسب کاربری اراضی
۵/۳	A _{۳۷} - احداث شبکه‌های پخش سیلاب و استفاده از آبرفت آن	۶/۴۴	A _{۱۹} - تهیه نقشه آمایش سرزمین و تعیین محدوده‌های بیابانی و حواشی کویرها و بیابان‌ها
	A _{۳۸} - ایجاد بارش‌های مصنوعی جهت تغذیه آبخوان‌ها		- حفاظت از پوشش گیاهی
۶/۲	A _{۳۹} - ترویج و گسترش کشت گلخانه‌ای و تحت کنترل	۷/۳۴	A _{۲۰} - کنترل چرای دام (تعادل دام و مرتع، تناسب نوع دام، جلوگیری از چرای خارج از فصل و غیره)
۶	A _{۴۰} - معرفی ارقام گیاهی جدید و مقاوم به خشکی و تنش‌های کم‌آبی از طریق مهندسی ژنتیک	۶/۶	A _{۲۱} - تولید علوفه و افزایش پتانسیل اقتصاد پایدار دامدار



شکل ۳: سلسله مراتب تصمیم‌گیری به منظور ارائه راه‌حل‌های بهینه در زمینه بیابان‌زدائی منطقه مطالعاتی

برآورد ماتریس مقایسه‌های زوجی گروهی

پس از مشخص شدن معیارها و راهبردهای مهم و اولویت‌دار از نظر گروه، از روش مقایسه‌های زوجی، ماتریس مقایسه‌های زوجی هر متخصص شکل گرفت و در ادامه از طریق رابطه میانگین هندسی، ماتریس مقایسه‌های زوجی اهمیت معیارها نسبت به هدف (جدول ۷) و اولویت راهبردها نسبت به تک‌تک معیارها (جدول ۸) از نظر گروه با استفاده از نرم‌افزار^۱ EC به دست آمد. به منظور جلوگیری از اطاله کلام فقط ماتریس اولویت راهبردها نسبت به معیار تناسب و سازگاری با محیط‌زیست (C_۷) ارائه شده است (جدول ۸).

جدول ۷: ماتریس زوجی گروهی معیارها نسبت به هدف "ارائه راهبردهای بهینه بیابان‌زدائی"

C _۲	C _۵	C _۶	C _{۱۶}	C _۷	G
۳/۳۸۹۵	۲/۵۵۳۸	۲/۵۵۸۸	۱/۲۴۵۱	۱	C _۷
۳/۰۸۰۲	۳/۰۷۷۳	۲/۳۳۵۵	۱	۰/۸۰۳۱	C _{۱۶}
۲/۰۴۴۷	۱/۷۴۲۰	۱	۰/۴۲۸۲	۰/۳۹۰۸	C _۶
۱/۳۱۷۸	۱	۰/۴۱۵۷	۰/۳۲۵۰	۰/۳۹۱۶	C _۵
۱	۰/۷۵۸۸	۰/۴۸۹۱	۰/۳۲۴۷	۰/۲۹۵۰	C _۲

^۱ - Expert Choice

جدول ۸: ماتریس زوجی گروهی راهبردها نسبت به معیار " تناسب و سازگاری با محیط زیست "

A_{r1}	A_{r2}	A_{r3}	A_{r4}	A_{r5}	C_V
۰/۹۳۲۰	۱/۲۶۷۹	۱/۵۷۲۸	۱/۱۱	۱	A_{r3}
۱/۳۰۲۱	۱/۵۹۵۷	۲/۳۷۳۳	۱	۰/۹۰۰۹	A_{r4}
۱/۰۵۹۹	۱/۲۰۶۹	۱	۰/۴۲۱۳	۰/۶۳۵۸	A_{r5}
۰/۸۶۷۳	۱	۰/۸۲۸۶	۰/۶۲۶۷	۰/۷۸۸۷	A_{r2}
۱	۱/۱۵۳۰	۰/۹۴۳۴	۰/۷۶۸۰	۱/۰۷۳۰	A_{r1}

محاسبه وزن نسبی راهبردها و تشکیل ماتریس تصمیم‌گیری^۱ گروهی

با انجام عمل نرمال‌سازی و محاسبه میانگین موزون، اولویت راهبردهای بیابان‌زدائی برحسب هر معیار در منطقه مطالعاتی از نظر گروه به دست آمد. جدول ۹ به‌عنوان نمونه ماتریس نرمال شده اعداد جدول مقایسه‌های زوجی گروهی اولویت راهبردها نسبت به معیار " تناسب و سازگاری با محیط‌زیست " ارائه شده است.

جدول ۹: ماتریس نرمال‌شده اعداد جدول مقایسه‌های زوجی گروهی اولویت راهبردها نسبت به معیار " تناسب و سازگاری با محیط‌زیست "

اولویت راهبردها (P _i)	A_{r1}	A_{r2}	A_{r3}	A_{r4}	A_{r5}	C_V
۰/۲۲۵۷	۰/۱۸۰۶	۰/۲۰۳۷	۰/۲۳۴۱	۰/۲۸۲۷	۰/۲۲۷۴	A_{r3}
۰/۲۶۴۳	۰/۲۵۲۳	۰/۲۵۶۴	۰/۳۵۳۳	۰/۲۵۴۷	۰/۲۰۴۸	A_{r4}
۰/۱۵۹۹	۰/۲۰۵۴	۰/۱۹۳۹	۰/۱۴۸۸	۰/۱۰۷۳	۰/۱۴۴۵	A_{r5}
۰/۱۵۸۲	۰/۱۶۸۰	۰/۱۶۰۷	۰/۱۲۳۳	۰/۱۵۹۶	۰/۱۷۹۳	A_{r2}
۰/۱۹۱۸	۰/۱۹۳۷	۰/۱۸۵۳	۰/۱۴۰۴	۰/۱۹۵۶	۰/۲۴۳۹	A_{r1}

مطابق جدول‌ها اوزان نسبی راهبردها (جدول ۹) ملاحظه شد که برحسب هر معیار راهبردهای انتخابی متفاوت می‌باشند. بنابراین، به‌منظور انتخاب نهایی راهبردها و درجه‌بندی اولویت آنها، ماتریس تصمیم‌گیری راهبردهای بهینه بیابان‌زدائی از نظر گروه (جدول ۱۰) شکل گرفت. سپس، اهمیت معیارهای مطرح در ارائه راهبردهای کنترل مخاطرات بیابان‌زایی از روش بردار ویژه طی مراحل ذیل برآورد شد و درنهایت بر مبنای مدل ویگور، اولویت نهایی راهبردها از نتایج حاصل از اهمیت معیارها و اولویت راهبردهای حاصل‌شده، تعیین شد.

جدول ۱۰: ماتریس تصمیم‌گیری راهبردهای بهینه کنترل مخاطرات بیابان‌زایی از نظر گروه

C_7	C_5	C_6	C_{16}	C_V	معیارها (C)
					راهبردها (A)
۰/۲۵۰۹	۰/۲۳۸۷	۰/۲۴۸۸	۰/۱۸۰۵	۰/۲۲۵۷	A_{r3}
۰/۱۹۶۰	۰/۱۶۳۵	۰/۱۹۸۳	۰/۲۳۸۳	۰/۲۶۴۳	A_{r4}
۰/۱۶۲۰	۰/۲۵۶۵	۰/۲۰۹۲	۰/۱۵۱۰	۰/۱۵۹۹	A_{r5}
۰/۲۲۲۹	۰/۱۷۶۲	۰/۱۶۰۸	۰/۲۲۰۹	۰/۱۵۸۲	A_{r2}
۰/۱۶۸۲	۰/۱۶۳۳	۰/۱۸۲۶	۰/۲۰۹۲	۰/۱۹۱۸	A_{r1}

¹ - Decision Matrix-DM

تعیین اهمیت معیارهای مطرح در فرایند کنترل مخاطرات بیابان‌زایی از روش بردار ویژه پس از تشکیل ماتریس مقایسه‌های گروهی معیارها (جدول ۷)، وزن هر کدام از معیارها با استفاده از تکنیک بردار ویژه (رابطه ۴) در نرم‌افزار MATLAB محاسبه و نتایج در جدول ۱۱ ارائه شد.

جدول ۱۱: اوزان معیارها در انتقالات یکم تا پنجم

معیارها (C)	C_1	C_2	C_3	C_4	C_5
W_1	۰/۳۲۶۰۰۱	۰/۳۱۲۳۱۸	۰/۱۷۰۰۴۱	۰/۱۰۴۶۵۴	۰/۰۸۶۹۸۴
W_2	۰/۳۳۹۸۹۸	۰/۳۱۱۱۵۹	۰/۱۵۷۱۰۵	۰/۱۰۳۰۶۴	۰/۰۸۸۷۷۱
W_3	۰/۳۳۸۶۷۵	۰/۳۱۱۲۷۳	۰/۱۵۷۰۷۲	۰/۱۰۳۹۳۳	۰/۰۸۹۰۴۵
W_4	۰/۳۳۸۶۷۷	۰/۳۱۱۲۶۲	۰/۱۵۷۰۶۸	۰/۱۰۳۹۴۹	۰/۰۸۹۰۴۱
W_5	۰/۳۳۸۶۷۷	۰/۳۱۱۲۶۲	۰/۱۵۷۰۶۸	۰/۱۰۳۹۴۹	۰/۰۸۹۰۴۱

همان‌طور که در جدول ۱۱ مشاهده می‌کنیم همگرایی فرایند انتقالات در انتقال پنجم رخ داده است، به طوری که W_5 اوزانی برابر با W_4 را نشان می‌دهند. بنابراین می‌توان W_5 را مشخص‌کننده بردار ویژه نهایی و تعیین‌کننده اوزان معیارهای تأثیرگذار در ارائه راهبردهای کنترل مخاطرات بیابان‌زایی دانست (جدول ۱۲).

جدول ۱۲: برآورد اوزان معیارهای مطرح در ارائه راهبردهای کنترل مخاطرات بیابان‌زایی

معیارها (C)	C_1	C_2	C_3	C_4	C_5
W_j	۰/۳۳۸۶۷۷	۰/۳۱۱۲۶۲	۰/۱۵۷۰۶۸	۰/۱۰۳۹۴۹	۰/۰۸۹۰۴۱

رتبه‌بندی نهایی اولویت راهبردهای بیابان‌زدایی

در ابتدا مطابق ادبیات تحقیق بهترین و بدترین مقادیر هر معیار بر مبنای راهبردهای مختلف طی رابطه ۷ از روی ماتریس تصمیم‌گیری راهبردها (جدول ۱۰) تعیین شد (جدول ۱۳).

جدول ۱۳: تعیین بهترین و بدترین مقادیر معیارها بر مبنای راهبردها

معیارها (C)	C_1	C_2	C_3	C_4	C_5	معیارها (A)
						راهبردها
						f_j^*
						f_j^-

با توجه به مقادیر تعیین‌شده در گام قبل، از روابط ۸ و ۹ مقدار سودمندی (S_i) و تأسف (R_i) معیارها به تفکیک هر راهبرد محاسبه شد (جدول ۱۴).

جدول ۱۴: محاسبه مقدار سودمندی (S_i)، تأسّف (R_i) و شاخص ویگور (Q)

Q(0.5)	R	S	C_r	C_d	C_e	C_{16}	C_v	معیارها(C) ◀
								راهبردها(A) ▼
۰/۳۰۸۳	۰/۲۰۶۱	۰/۳۴۹۱	۰	۰/۰۱۹۸	۰	۰/۲۰۶۱	۰/۱۲۳۲	A_{23}
۰	۰/۱۰۳۷	۰/۲۴۸۷	۰/۰۵۴۹	۰/۱۰۳۷	۰/۰۹۰۱	۰	۰	A_{18}
۰/۹۸۸۳	۰/۳۳۳۲	۰/۸۰۴	۰/۰۸۹۰	۰	۰/۰۷۰۵	۰/۳۱۱۳	۰/۳۳۳۲	A_{33}
۰/۸۸۴۲	۰/۳۳۸۷	۰/۶۷۵۴	۰/۰۲۸۰	۰/۰۸۹۶	۰/۱۵۷۱	۰/۰۶۲۰	۰/۳۳۸۷	A_2
۰/۶۲۴۱	۰/۲۳۱۴	۰/۶۴۰۱	۰/۰۸۲۸	۰/۱۰۴۰	۰/۱۱۸۲	۰/۱۰۳۷	۰/۲۳۱۴	A_{21}
	$R^* = 0/1037$	$S^* = 0/2487$						بهترین مقدار
	$R^- = 0/3387$	$S^- = 0/804$						بدترین مقدار

در ادامه شاخص ویگور با توجه به تابع ترکیبی Q (رابطه ۱۰)، مقدار سودمندی (S_i) و تأسّف (R_i) و میزان حداکثر توافق گروه (V) برآورد شد (جدول ۱۴).

شایان ذکر است که در جدول ۱۴ پارامتر Q بر اساس $V = 0.5$ ارائه شده است. ولی از آنجاکه شاخص ویگور برحسب درصد آرای اکثریت (V) مقادیر مختلفی را می پذیرد (وابستگی Q به مقادیر مختلف V)، در جدول ۱۵ شاخص ویگور برحسب مقادیر مختلف V در حدفاصل صفر و یک ارائه شد.

جدول ۱۵: شاخص ویگور برحسب مقادیر مختلف V

راهبردها(A)	۰	۰/۱	۰/۲	۰/۳	۰/۴	۰/۵	۰/۶	۰/۷	۰/۸	۰/۹	۱
A_{23}	۰/۴۳۵۷	۰/۴۱۰۲	۰/۳۷۴۸	۰/۳۵۹۳	۰/۳۳۳۸	۰/۳۰۸۳	۰/۲۸۲۸	۰/۲۵۷۳	۰/۲۳۱۸	۰/۲۰۶۳	۰/۱۸۰۸
A_{18}	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰
A_{33}	۰/۹۷۶۶	۰/۹۷۸۹	۰/۹۸۱۳	۰/۹۸۳۶	۰/۹۸۶۰	۰/۹۸۸۳	۰/۹۹۰۶	۰/۹۹۳۰	۰/۹۹۵۳	۰/۹۹۷۷	۱
A_2	۱	۰/۹۷۶۸	۰/۹۵۳۷	۰/۹۳۰۵	۰/۹۰۷۴	۰/۸۸۴۲	۰/۸۶۱۰	۰/۸۳۷۹	۰/۸۱۴۷	۰/۷۹۱۶	۰/۷۶۸۴
A_{21}	۰/۵۴۳۴	۰/۵۵۹۵	۰/۵۷۵۷	۰/۵۹۱۸	۰/۶۰۸۰	۰/۶۲۴۱	۰/۶۴۰۳	۰/۶۵۴۶	۰/۶۷۲۴	۰/۶۸۸۷	۰/۷۰۴۸

سپس پارامترهای S، R و Q به ترتیب نزولی مرتب شد (جدول ۱۶) و به منظور کنترل جدول و انتخاب راهبردهای بهینه، شروط انتخاب تست شد.

آزمون اول بر مبنای رابطه ۱۱، برای راهبرد A_{18} پوشش داده شده است (رابطه ۱۳)؛ بنابراین در این مرحله راهبرد A_{18} انتخاب می شود.

$$0/3083 - 0 \geq \frac{1}{5-1} \Rightarrow 0/3083 \geq 0/25 \quad (13)$$

در آزمون دوم که بر مبنای ثبات قابل قبول در تصمیم گیری می باشد، مطابق جدول ۱۴ مشاهده می شود که راهبرد A_{18} در پارامترهای S و R دارای کمترین مقدار یعنی بهترین رتبه بندی می باشند.

بنابراین با توجه به دو آزمون بالا، راهبرد "جلوگیری از تبدیل و تغییر نامناسب کاربری اراضی (A_{۱۸})" به عنوان بهترین راهبرد انتخاب می‌گردد. همین نتیجه‌گیری به ترتیب برای راهبردهای "توسعه و احیاء پوشش گیاهی (A_{۲۳})" و "تعدیل در برداشت از منابع آب زیرزمینی (A_{۳۱})" صادق است؛ به طوری که راهبردهای یادشده در رتبه‌های بعدی از نظر اهمیت قرار می‌گیرند و راهبردهای "تغییر الگوی آبیاری و اجرای روش‌های کم آب خواه (A_{۳۳})" و "کنترل چرای دام (A_{۲۰})" که دو شرط یادشده در آنها برقرار نبود، به صورت توافقی در رتبه‌های بعدی قرار گرفتند.

جدول ۱۶: مقادیر نزولی پارامترهای S، R و Q بر اساس $V = 0.5$

Q		R		S	
۰	A _{۱۸}	۰/۱۰۳۷	A _{۱۸}	۰/۲۴۸۷	A _{۱۸}
۰/۳۰۸۳	A _{۲۳}	۰/۲۰۶۱	A _{۲۳}	۰/۳۴۹۱	A _{۲۳}
۰/۶۲۴۱	A _{۳۱}	۰/۲۳۱۴	A _{۳۱}	۰/۶۴۰۱	A _{۳۱}
۰/۸۸۴۲	A _{۲۰}	۰/۳۳۳۲	A _{۲۳}	۰/۶۷۵۴	A _{۲۰}
۰/۹۸۸۳	A _{۳۳}	۰/۳۳۸۷	A _{۲۰}	۰/۸۰۴	A _{۳۳}

در این رابطه می‌توان بیان کرد که در منطقه مطالعاتی تغییر کاربری اراضی در نتیجه افزایش جمعیت، بیکاری، رشد صنایع و روحیه شهرنشینی به شدت در حال گسترش است. تنها 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.

تراکم تیپ‌های مرتعی ۶ الی ۱۵ درصد است که به شدت تحت تأثیر عملکردهای انسانی در قالب بوته کنی و چرای مفرط دام می‌باشد، به طوری که ۴۰ تا ۵۰ درصد پوشش گیاهی بر اثر بوته کنی به منظور تعلیف دام، سوخت و مصالح ساختمانی از بین می‌رود.

آبیاری در اراضی کشاورزی اغلب به صورت سنتی غرقابی و کرتی با استخرها و جوی‌های روباز و بسترهای با خلل و فرج زیاد صورت می‌گیرد؛ به صورتی که بیش از ۵۰ درصد آب مصرفی هدر می‌رود و راندمان آبیاری در مزرعه و انتقال کمتر از ۴۰ درصد برآورد می‌شود.

بنابراین در چارچوب راهبردهای کلان مطرح شده، پیشنهادهای اجرایی ذیل توصیه می‌شود.

- اهتمام به آمایش سرزمین و برآورد توان اکولوژیک در سطوح ملی، منطقه‌ای و محلی 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.

- در بحث توسعه و احیاء پوشش گیاهی سعی شود از گونه‌های بومی و مقاوم مرتعی و زراعی، سیستم‌های آبیاری دور کوتاه و کم‌آب خواه و غیره استفاده شود.

- از روند تخریب تاغ زارها جلوگیری و نسبت به احیاء و بازسازی آنها اهتمام لازم به عمل آید.
- تعادل تعداد دام و ظرفیت مراتع رعایت شود.
- تناسب نوع دام با وضعیت مراتع در نظر گرفته شود و در مراتع ضعیف سعی شود از تعداد بزها کاسته شود؛ زیرا این حیوان خود به عنوان عوامل بالقوه تشدیدکننده تخریب مراتع به شمار می‌رود.
- از چرای خارج از فصل (چرای دیررس و زودرس) به دلیل توان بالقوه تخریب پوشش گیاهی ضعیف، مراتع بیابانی جلوگیری 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 علاوه بر چرا، دامدار اقدام به بوته کنی جهت تغلیف شبانه و همچنین زمستانه و یا تغلیف پس چرا مزارع و باغات نکند که خود باعث تسریع در روند تخریب می‌شود.

نتیجه‌گیری

در این پژوهش، مدل ویگور را به منظور رتبه‌بندی اولویت راهبردهای مطرح در فرایند کنترل مخاطرات بیابان‌زایی بیان کردیم. از جمله مزایای مهم روش ویگور این است که علاوه بر اینکه همانند مدل‌های رتبه‌بندی تاپسیس و مدل مجموع وزنی بر اساس تابع یکی کننده است، نشان‌دهنده نزدیکی به مرجع ایده‌آل نیز می‌باشد و از روش ال‌پی‌متریک استفاده می‌کند (اسپیناس^۱ و همکاران، ۱۹۹۷؛ جابور و مارتل^۲، ۲۰۰۷). همانند روش تاپسیس قابلیت تعیین اولویت‌ها به وسیله وزن را دارد که انتخاب استراتژی‌های مناسب را آسان می‌کند (چو^۳ و همکاران، ۲۰۰۷)، همچنین از نرمالیزه کردن خطی استفاده می‌کند. در این صورت فرایند تبدیل برخلاف روش تاپسیس بر نرمالیزه کردن ویگور اثر ندارد (اسپیناس^۴ و همکاران، ۱۹۹۷؛ جابور و مارتل^۵، ۲۰۰۷)، درعین حال این روش قادر است تعادلی بین حداکثر مطلوبیت گروهی و حداقل تأسّف فردی ایجاد کند؛ درحالی‌که در روش الکترا راه‌حل بهینه بر مبنای حداقل تأسّف فردی پایه‌ریزی شده (اپروکوویچ و تزینگ، ۲۰۰۷) و در روش تاپسیس راه‌حل بهینه بر مبنای کمترین فاصله از راه‌حل ایده‌آل مثبت و دورترین فاصله را از راه‌حل ایده‌آل منفی مشخص می‌شود. بنابراین یک راه‌حل با روش تاپسیس و الکترا همیشه نزدیک‌ترین به ایده‌آل نمی‌باشد (ژیائوزانگ^۶ و همکاران، ۲۰۰۴)، به‌طور کلی می‌توان گفت که تفاوت اصلی این مدل با مدل‌های تصمیم‌گیری سلسله‌مراتبی یا شبکه‌ای این است که برخلاف آن مدل‌ها، در این مدل مقایسه‌های زوجی بین معیارها و گزینه‌ها صورت نمی‌گیرد و هر گزینه به‌طور مستقل توسط یک معیار سنجیده و ارزیابی می‌گردد. مزیت دیگر مدل ویگور در این است که ناگزیر در این مدل جهت ارزیابی راهبردها بر اساس معیارها، فقط نیازی به استفاده از نظرهای کارشناسان نیست بلکه می‌توان از داده‌های خام استفاده کرد. برای مثال در معیار "ابزار

¹ - Espinasse

² - Jabeur and Martel

³ - Chu

⁴ - Espinasse

⁵ - Jabeur and Martel

⁶ - Xiaozhan

علمی و تکنولوژی در دسترس " برای اینکه فرایند ارزیابی به انجام رسد، به جای نمره دهی توسط کارشناسان، می‌توان فراوانی ابزار یا نوع تکنولوژی را سنجید و آن را در مدل وارد کرد بدون اینکه نیازی به ارزیابی کارشناسی داشته باشد. این تفاوت اصلی این مدل با سایر روش‌های تصمیم‌گیری چند معیاره می‌باشد که تنها بر اساس مقایسه‌های زوجی معیارها و گزینه‌ها طراحی شده بودند. بنابراین این ارزیابی می‌تواند هم بر اساس داده‌های خام و هم بر اساس نظر کارشناس باشد. درعین حال روش ویگور نیز همانند روش‌های یادشده، واجد محدودیت نادیده انگاشتن قضاوت‌های فازی تصمیم‌گیران است. همچنین بعضی از معیارها ساختار کیفی یا ساختار نامشخصی دارند که نمی‌توانند به دقت اندازه‌گیری شوند. در چنین مواردی به منظور دستیابی به ماتریس ارزشیابی می‌توان همانند مدل‌های تحلیلی سلسله مراتبی فازی و تاپسیس فازی، از اعداد فازی استفاده کرد. بنابراین می‌توان روش‌های اولویت‌بندی ویگور را با کاربرد اعداد فازی توسعه داد.

به‌طور کلی با توجه به نتایج اولویت‌بندی نهایی راهبردها، می‌توان بیان داشت که در صورت اجرای راهبردهای جلوگیری از تبدیل و تغییر نامناسب کاربری اراضی (A_{۱۸})، توسعه و احیاء پوشش گیاهی (A_{۲۳}) و تعدیل در برداشت از منابع آب زیرزمینی (A_{۳۱})، می‌توان از بیابانی شدن اراضی منطقه جلوگیری و نسبت به احیاء اراضی تخریب یافته اقدام کرد.

نتایج این پژوهش 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.

تقدیر و تشکر

در خاتمه لازم است از کارشناسان مرکز ملی بیابان‌زدایی استان یزد و به‌ویژه از آقای مهندس کاظمی نژاد سپاس-گزاری شود.

منابع

- آذر، عادل؛ رجب‌زاده، علی (۱۳۹۶)، تصمیم‌گیری کاربردی، رویکرد MADM. انتشارات نگاه دانش. چاپ ششم، ۱۸۶ صفحه.
- آذر، عادل؛ معماریانی، عزیز اله (۱۳۸۲)، AHP تکنیکی نوین برای تصمیم‌گیری گروهی، دانش مدیریت، شماره ۲۸، صص ۲۲-۲۳.
- اصغرپور، محمدجواد (۱۳۹۴)، تصمیم‌گیری چند معیاره، انتشارات دانشگاه تهران. چاپ پانزدهم، ۳۹۸ صفحه.
- رضانی مهران، مجید؛ ملک محمدی، بهرام؛ جعفری، حمید رضا؛ رفیعی، یوسف (۱۳۹۰)، مکان‌یابی محل‌های انجام عملیات تغذیه مصنوعی آب‌های زیرزمینی با به‌کارگیری روش‌های تصمیم‌گیری چندمعیاره و سامانه اطلاعات جغرافیایی، مطالعه موردی: استان هرمزگان دشت شمیل و آشکارا، علوم و مهندسی آب‌خیزداری ایران، شماره ۱۴، صص ۱۰-۱.
- صادقی روش، محمد حسن (۱۳۸۷)، بررسی عوامل تأثیرگذار بیابان‌زایی در تخریب محیط‌زیست، رساله دکتری، دانشکده محیط‌زیست، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد علوم و تحقیقات تهران، ۳۹۵ صفحه.
- صادقی روش، محمد حسن (۱۳۹۲)، ارزیابی راهبردهای بیابان‌زدائی با کاربرد مدل پروموتاسیون مطالعه موردی: منطقه خضراآباد یزد، مجله مدیریت و برنامه‌ریزی محیط‌زیست، سال سوم، شماره ۴، صص ۱۴-۵.

- صادقی روش، محمد حسن (۱۳۹۳)، ارزیابی راهبردهای مقابله با بیابانی شدن با کاربرد مدل رتبه‌بندی بردار، مطالعه موردی: منطقه خضراآباد یزد، مجله مدیریت و برنامه‌ریزی محیط‌زیست، سال چهارم، شماره ۲، صص ۲۴-۱۳.
- صادقی روش، محمد حسن (۱۳۹۷)، رتبه‌بندی راهبردهای بیابان‌زدایی دشت اردکان - خضراآباد با استفاده از روش آنتروپی شانون و مدل ارسته، پژوهش‌های فرسایش محیطی، سال چهارم، شماره ۸، صص ۴۰-۱۹.
- صادقی روش، محمد حسن؛ احمدی، حسن؛ زهتابیان، غلامرضا؛ طهمورث، محمد (۱۳۸۹)، کاربرد فرایند تحلیلی سلسله مراتبی (AHP) در ارزیابی راهبردهای بیابان‌زدایی، فصلنامه تحقیقات مرتع و بیابان ایران، جلد ۱۷، شماره ۱، صص ۵۰-۳۵.
- صادقی روش، محمد حسن؛ جبالبارزی، بهاره (۱۳۹۶)، رتبه‌بندی راهبردهای بیابان‌زایی با استفاده از تئوری مطلوبیت چند معیاره (MAUT) مطالعه موردی، منطقه خضراآباد یزد، علوم و تکنولوژی محیط‌زیست (در نوبت چاپ)
- صادقی روش، محمد حسن؛ خسروی، حسن (۱۳۹۴)، کاربرد فرایند تحلیل شبکه‌ای (ANP) در ارزیابی راهبردهای بیابان‌زدایی، مهندسی اکوسیستم‌های بیابانی، سال چهارم، شماره ۸، صص ۲۴-۱۱.
- صادقی روش، محمد حسن؛ خسروی، حسن (۱۳۹۵)، ارزیابی راهبردهای بیابان‌زدایی با کاربرد روش رتبه‌بندی بردار فردی، مهندسی اکوسیستم‌های بیابانی، دوره ۵، شماره ۱۲، صص ۱۲۱ تا ۱۰۹.
- صادقی روش، محمد حسن؛ خسروی، حسن (۱۳۹۷) ارزیابی راهبردهای مقابله با بیابان‌زایی با کاربرد رویکردهای تصمیم‌گیری چندگانه و تحلیل عاملی، کاوش‌های جغرافیایی مناطق بیابانی، سال ۶، شماره ۱، صص ۲۵۵ تا ۲۲۹.
- صادقی روش، محمد حسن؛ زهتابیان، غلامرضا (۱۳۹۲)، رتبه‌بندی راهبردهای بیابان‌زدایی با استفاده از رویکرد MADM و مدل مجموع وزنی (WSM)، مطالعه موردی: منطقه خضراآباد یزد، مجله پژوهش‌های آبخیزداری، شماره ۱۰۰، صص ۱۱ تا ۲.
- صادقی روش، محمد حسن؛ طهمورث، محمد (۱۳۹۳)، ارزیابی راهبردهای بیابان‌زدایی با کاربرد مدل تاپسیس فازی (FTOPSIS)، علوم و مهندسی محیط‌زیست، سال ۱، شماره ۳، صص ۹۴ تا ۷۹.
- قدسی پور، سید حسن (۱۳۹۵)، فرایند تحلیل سلسله مراتبی (AHP)، انتشارات دانشگاه امیرکبیر. چاپ دوازدهم، ۲۲۲ صفحه.
- Chang, C. L., (2010). A modified VIKOR method for multiple criteria analysis, *Environmental Monitoring and Assessment*, Vol. 168, No.1-4, 339-344.
- Cheng, Ch. B., (2004). Group opinion aggregation based on a grading process: A method for constructing triangular Fuzzy numbers, *Computers, and Mathematics with Applications*, Vol. 48, No.10-11, 1619-1632.
- Chu, M. T., Shyu, J. Z., Tzeng, G. H., Khosla, R., (2007). Comparison among three analytical methods for knowledge communities group-decision analysis, *Expert Systems with Applications*, Vol. 33, No. 4, 1011-1024.
- Espinasse, B., Guy, P., Eugene C., (1997). Negotiation support systems: A multi-criteria and multi-agent approach, *European Journal of Operational Research*, Vol. 103, No.2, 389- 409.
- Grau, J. B., Anton, J. M., Tarquis, A. M., Colombo, F., Rios, L., Cisneros, J. M., (2010). Mathematical model to select the optimal alternative for an integral plan to desertification and erosion control for the Chaco Area in Salta Province (Argentina), *Journal of Biogeosciences Discussions*, Vol. 7, 2601-2630.
- Jabeur, K. h., Martel, J., (2007). A collective choice method based on individual preferences relational systems (p.r.s.), *European Journal of Operational Research*, Vol. 177, No. 3, 1549- 1565.
- Opricovic, S., (1998). Multi-criteria optimization of a civil engineering system, Faculty of Civil Engineering, University of Belgrade, Belgrade, 302 p.
- Opricovic, S., Tzeng, G. H., (2004). Compromise solution by MCDM methods: A comparative analysis of VIKOR and TOPSIS". *European Journal of Operational Research*, Vol.156, No. 2, 445-455.
- Opricovic, S., Tzeng, G. H., (2007). Extended VIKOR method in comparison with outranking methods, *European Journal of Operational Research*, Vol. 178: No.2, 514-529.
- Opricovic, S., Tzeng, G. H., (2008). A Comparative analysis of the DEA-CCR model and the VIKOR method, *Yugoslav Journal of Operations Research*, Vol. 18, No. 2, 187-203.
- Saaty, T. L., (1977). A scaling method for priorities in hierarchical structures, *Journal of Mathematical Psychology*, Vol. 15, No. 3, 234-281.
- Sadeghi Ravesh, M. H., Khosravi, H., (2014). Application of AHP and ELECTRE models for assessment of de-desertification alternatives in central Iran, *DESERT*, Vol. 19-2, 141-153.
- Sadeghi Ravesh, M. H., Khosravi, H., Abolhasani, A., (2016). Evaluation of combating desertification alternatives using PROMETHEE model, *Journal of Geography and Geology*, Vol. 8, No. 2, 1-14.
- Sadeghi Ravesh, M. H., Khosravi, H., Ghasemian, S., (2015). Application of Fuzzy Analytical Hierarchy Process (FAHP) for Assessment of combating-desertification alternatives in central Iran, *Journal of Natural Hazard*, Vol. 75, 653-667.

- Sadeghi Ravesh, M. H., Khosravi, H., Ghasemian, S., (2016). Assessment of combating strategies using the Liner Assignment (LA) method, *Journal of Solid Earth*, Vol.7, 773-683.
- Sadeghi Ravesh, M. H., Zehtabian, G. R., Ahmadi, H., Khosravi, H., (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*, Vol.7, No.3, 51-60.
- Sepehr, A., Peroyan, N., (2011). Vulnerability mapping of desertification and combat desertification alternative ranking in Korasan-e-Razavi province ecosystems with application PROMETHEE model, *Journal of Earth science researches*, Vol. 8, 58-71.
- Xiaozhan, Xu., Martel, J. M., Lamond, B. F., (2004). A multiple criteria ranking procedure based on a distance between partial preorders, *European Journal of Operational Research*, Vol. 133, No.1, 69-80.

Research Article

Identifying the most appropriate tactics of combat desertification alternatives by using the Eigenvector Method and the Vikor Model

Mohammad Hassan Sadeghi Ravesh^{1*}, Hassan Khosravi²

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

Received: 15-07-2019

Final Revised: 23-02-2020

Accepted: 11-03-2020

Abstract

Desertification is defined as land degradation in arid, semi-arid and dry sub-humid regions that are caused as a result of various factors including climatic variations and human activities. Desertification causes many restrictions in terms of agriculture, food security, livestock raising, industry and providing service costs. This phenomenon is a process that gradually developed and accelerated and its adjustment costs are increasing exponentially, so according to resource constraints and the desert area sensitivity, providing optimal combat desertification alternatives natively is necessary to achieve success in controlling and reducing the effects of this phenomenon among different regions. Therefore, this study was performed to provide a systematic and optimal alternative in a group decision-making model. To this aim, at first in the framework of Multiple Attribute Decision-Making (MADM), indices priority was determined using the Eigenvector model. Then, alternatives priority was evaluated by the VIKOR model. Assessing selecting conditions of optimal alternatives in the context of the mentioned model showed that Prevention of unsuitable land use changes (A18), vegetation cover development and reclamation (A23) and modification of groundwater harvesting (A31) with VIKOR index of =0, 0.3083 and 0.6241 were selected as the main desertification hazards control alternative in the study area, respectively. Therefore, it is suggested that the obtained results and ranking should be considered in projects of controlling and reducing the effects of desertification and rehabilitation of degraded land plans.

Keywords: Desertification Hazards control, Eigenvector Technique, Multi-Attribute Decision Making (MADM), Vikor Model, Pairwise comparison.

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

References

References (in Persian)

- Asgharpour, M. J., (2017). Multi-Criteria Decision Making. University of Tehran, 397 P. [In Persian]
- Azar, A., Memariani, A., (2003), AHP a new technique for group decision making, *Journal of Management Knowledge*, Vol. 27-28, 22-32. [In Persian]
- Azar, A., Rajabzadeh, A., (2014). Applied Decision Making with an Approach of Multi-Attribute Decision Making (MADM). *Negah Danesh*, 187 p. [In Persian]
- Ghodsipour, S. H., (2016). Analytical Hierarchical Process (AHP), University of Amir Kabir, 220 p. [In Persian]
- Sadeghi Ravesh, M. H., (2008). Investigation of effective desertification factors on environment degradation. Ph.D. Thesis, Islamic Azad University, Science and Research Branch, 395p. [In Persian].
- 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*, Vol. 3, No.4, 5-14. [In Persian]
- Sadeghi Ravesh, M. H., (2014). Evaluation of combat desertification alternatives by using the BORDA ranking model, Case study: Khezrabad region, Yazd province, *Journal of environmental management and planning*, Vol. 4, No.2, 13-24. [In Persian]
- Sadeghi Ravesh, M. H., (2019). Evaluation of de-desertification alternatives In Ardekan- Khezer Abad plain by using Shannon Entropy method and ORESTE model, *Quarterly Journal of Environmental Erosion Research*, Vol. 4, No.8, 19-40. [In Persian]
- Sadeghi Ravesh, M. H., Ahmadi, H., Zehtabian, G. H., Tahmores, M., (2010). Application of analytical hierarchy process (AHP) in assessment of de-desertification alternatives, case study: Khezrabad region, Yazd province, *Iranian Journal of Range and Desert Research*, Vol. 17, No.1, 35-50. [In Persian]
- Sadeghi Ravesh, M. H., Khosravi, H., (2015). Application of network analysis process (ANP) in the assessment of combating desertification alternatives, *Desert Ecosystem Engineering Journal (DEEJ)*, Vol. 4, No.8, 11-24. [In Persian]
- Sadeghi Ravesh, M. H., Khosravi, H., (2016). Evaluation of Combat Desertification Alternatives by using Individual Borda Ranking Model, *Desert Ecosystem Engineering Journal (DEEJ)*, Vol. 5, No. 12, 109-121. [In Persian]
- Sadeghi Ravesh, M. H., Khosravi, H., (2017). Rating the alternatives to combat desertification using Multi-Attribute Utility Theory (MAUT), case study: Khezerabad region of Yazd province, *Journal of Environmental Science and Engineering* (In press). [In Persian]
- Sadeghi Ravesh, M. H., Khosravi, H., (2018). Assessment of De-Desertification Approaches Using Multi-Attribute Decision Making and Principal Factor Analysis (PFA), *Journal of Geographic exploration in desert areas*, Vol. 6: No.1, 255-229. [In Persian]
- Sadeghi Ravesh, M. H., Tahmores, M., (2014). Assessment of Combat Desertification Alternatives Using Fuzzy Topsis Model (FTOPSIS), *Journal of Environmental Science and Engineering*, Vol 3, 79-94. [In Persian]
- Sadeghi Ravesh, M. H., Zehtabian, G., (2013). Combat desertification alternatives classification with using of Multi-Attribute Decision Making (MADM) viewpoint and Weighted Sum Model (WSM), Case study: Khezrabad region, Yazd province, *Journal of Pajouhesh & Sazandeghi*, Vol. 100, 1-11. [In Persian]
- Ramezani Mehriyan, M., Malek Mohammadi, B., Jafari, H. R., Rafiee, Y., (2011). Location of Artificial Nutrition Groundwater Operations Using Multi-Criteria Decision Making and Geographic Information Systems, Case Study: Hormozgan Province, Shamil and Ashekara plain, *Iranian Journal of Watershed Management Science and Engineering*, Vol. 5, No. 14, 1-10. [In Persian]

References (in English)

- Chang, C. L., (2010). A modified VIKOR method for multiple criteria analysis, *Environmental Monitoring and Assessment*, Vol. 168, No.1-4, 339-344.
- Cheng, Ch. B., (2004). Group opinion aggregation based on a grading process: A method for constructing triangular Fuzzy numbers, *Computers, and Mathematics with Applications*, Vol. 48, No.10-11, 1619-1632.
- Chu, M. T., Shyu, J. Z., Tzeng, G. H., Khosla, R., (2007). Comparison among three analytical methods for knowledge communities group-decision analysis, *Expert Systems with Applications*, Vol. 33, No. 4, 1011-1024.
- Espinasse, B., Guy, P., Eugene C., (1997). Negotiation support systems: A multi-criteria and multi-agent approach, *European Journal of Operational Research*, Vol. 103, No.2, 389- 409.
- Grau, J. B., Anton, J. M., Tarquis, A. M., Colombo, F., Rios, L., Cisneros, J. M., (2010). Mathematical model to select the optimal alternative for an integral plan to desertification and erosion control for the Chaco Area in Salta Province (Argentina), *Journal of Biogeosciences Discussions*, Vol. 7, 2601-2630.
- Jabeur, K. h., Martel, J., (2007). A collective choice method based on individual preferences relational systems (p.r.s.), *European Journal of Operational Research*, Vol. 177, No. 3, 1549- 1565.
- Oprićovic, S., (1998). Multi-criteria optimization of a civil engineering system, Faculty of Civil Engineering, University of Belgrade, Belgrade, 302 p.
- Oprićovic, S., Tzeng, G. H., (2004). Compromise solution by MCDM methods: A comparative analysis of VIKOR and TOPSIS". *European Journal of Operational Research*, Vol.156, No. 2, 445-455.
- Oprićovic, S., Tzeng, G. H., (2007). Extended VIKOR method in comparison with outranking methods, *European Journal of Operational Research*, Vol. 178: No.2, 514-529.
- Oprićovic, S., Tzeng, G. H., (2008). A Comparative analysis of the DEA-CCR model and the VIKOR method, *Yugoslav Journal of Operations Research*, Vol. 18, No. 2, 187-203.

- Saaty, T. L., (1977). A scaling method for priorities in hierarchical structures, *Journal of Mathematical Psychology*, Vol. 15, No. 3, 234-281.
- Sadeghi Ravesh, M. H., Khosravi, H., (2014). Application of AHP and ELECTRE models for assessment of de-desertification alternatives in central Iran, *DESERT*, Vol. 19-2,141-153.
- Sadeghi Ravesh, M. H., Khosravi, H., Abolhasani, A., (2016). Evaluation of combating desertification alternatives using PROMETHEE model, *Journal of Geography and Geology*, Vol. 8, No. 2, 1-14.
- Sadeghi Ravesh, M. H., Khosravi, H., Ghasemian, S., (2015). Application of Fuzzy Analytical Hierarchy Process (FAHP) for Assessment of combating-desertification alternatives in central Iran, *Journal of Natural Hazard*, Vol. 75, 653-667.
- Sadeghi Ravesh, M. H., Khosravi, H., Ghasemian, S., (2016). Assessment of combating strategies using the Liner Assignment (LA) method, *Journal of Solid Earth*, Vol.7, 773-683.
- Sadeghi Ravesh, M. H., Zehtabian, G. R., Ahmadi, H., Khosravi, H., (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*, Vol.7, No.3, 51-60.
- Sepehr, A., Peroyan, N., (2011). Vulnerability mapping of desertification and combat desertification alternative ranking in Korasan-e-Razavi province ecosystems with application PROMETHEE model, *Journal of Earth science researches*, Vol. 8, 58-71.
- Xiaozhan, Xu., Martel, J. M., Lamond, B. F., (2004). A multiple criteria ranking procedure based on a distance between partial preorders, *European Journal of Operational Research*, Vol. 133, No.1, 69-80.