

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 مناسب ترین راهبردهای بیابان زایی به روش بردار ویژه و مدل ویگور

محمد حسن صادقی روش^{۱*}، حسن خسروی^۲

۱. دانشیار گروه محیط زیست، دانشکده کشاورزی، دانشگاه آزاد اسلامی واحد تاکستان

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

چکیده

بیابان‌زایی عبارتست از تخریب اراضی در نواحی خشک، نیمه خشک و خشک نیمه مرطوب که در نتیجه 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 بشکل تصاعدی افزایش می‌یابد، لذا با توجه به محدودیت منابع و حساسیت مناطق بیابانی ارائه راهبردهای بهینه مقابله با بیابانی شدن به صورت بومی از ضروریات امر و شرط لازم دستیابی به موفقیت در کنترل و کاهش اثرات این پدیده است. بنابراین این پژوهش با هدف ارائه راهبردهای بهینه به صورت نظامند 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 بدست آمد. و سپس اولویت راهبردها با استفاده از مدل ویگور مورد ارزیابی قرار گرفت. با ارزیابی شروط انتخاب راهبردهای بهینه در چارچوب مدل مذکور ملاحظه شد که، راهبردهای جلوگیری از تبدیل و تغییر نامناسب کاربری اراضی (A₁₈) با شاخص ویگور معادل صفر (Q = ۰)، توسعه و احیاء پوشش گیاهی (A₂₃) با شاخص ویگور ۰/۳۰۸۳ و تعدیل در برداشت از منابع آب زیرزمینی (A₃₁) با شاخص ویگور ۰/۶۲۴۱ به ترتیب به عنوان مهمترین راهبردهای بیابانزدائی در منطقه می‌باشند. بنابراین پیشنهاد شد که در طرح‌های کنترل و کاهش اثرات بیابانزایی و احیاء اراضی تخریب یافته، نتایج و رتبه‌بندی به دست آمده 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. لذا شیوه‌های تصمیم‌گیری چند معیاره^۱ که هدفشان انتخاب بهترین جواب از بین راه‌حل‌های مختلف می‌باشد، مورد توجه قرار گرفت. از اینرو 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.

با مطالعه منابع تحقیقاتی پیشینه به کارگیری 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 ساختار یافته‌ی 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. صادقی روش نیز با کاربرد مدل‌های فرایند تحلیل سلسله مراتبی (صادقی روش و همکاران، ۱۳۸۹)، فرایند تحلیلی سلسله مراتبی فازی^۸ (صادقی روش و همکاران، ۲۰۱۵)، تکنیک اولویت‌بندی ترجیحی بر اساس تشابه به پاسخ‌های ایده‌آل^۹ (صادقی روش و همکاران، ۲۰۱۲)، تکنیک اولویت‌بندی ترجیحی بر اساس تشابه به پاسخ‌های ایده‌آل فازی^{۱۰} (صادقی روش و طهمورث، ۱۳۹۳)، الکترا (صادقی روش و خسروی، ۲۰۱۴)، بردا^{۱۱} (صادقی روش، ۱۳۹۳؛ صادقی روش و خسروی، ۱۳۹۵)، مدل مجموع وزنی^{۱۲} (صادقی روش و زهتابیان، ۱۳۹۲)، مدل جای‌گشت^{۱۳} (صادقی روش، ۱۳۹۲)، روش ساختار یافته‌ی رتبه‌بندی ترجیحی برای غنی‌سازی ارزیابی‌ها^{۱۴} (صادقی روش و همکاران، ۲۰۱۶-a)، فرایند تحلیل شبکه^{۱۵} (صادقی روش و خسروی، ۱۳۹۴)، مدل تخصیص خطی^{۱۶} (صادقی روش و همکاران، ۲۰۱۶-b)، تحلیل عاملی^{۱۷} (صادقی روش 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)

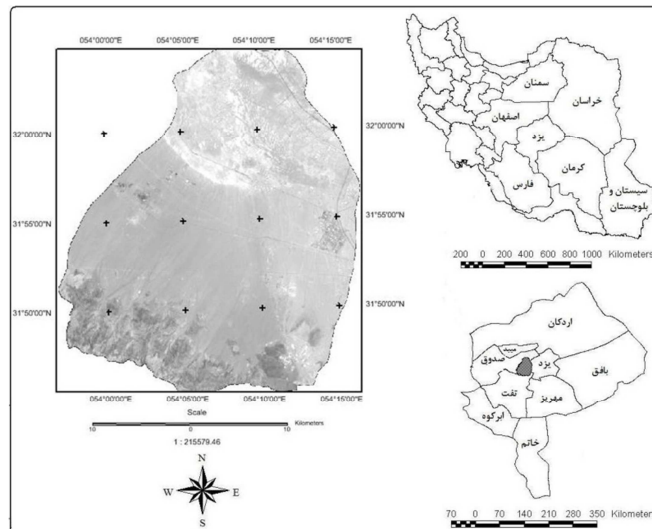
¹⁷ - Principal Factor Analysis(PFA)

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 مطالعات یکسان و تا حدود زیادی مشابه نتایج حاصله از پژوهش انجام شده، 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 ۵۳°۵۵' الی ۵۴°۲۰' طول شرقی و ۳۱°۴۵' الی ۳۲°۱۵' 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 فرایند های طبیعی تشکیل داده است که نشان دهنده وضعیت کاملاً خاص از نظرگاه بیابان‌زایی در منطقه و بیان کننده 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

به طور 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 طوفان مغزها، روش دلفی یا روش گروه اسمی^۱ بدست 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 موثر را بیان و در دامنه ۰ تا ۹ امتیازدهی کنند در نهایت با بدست آوردن میانگین امتیازات داده شده به هر معیار یا راهبرد، مواردی که دارای امتیازات کمتر از ۷ بودند ($\bar{X} < 7$) حذف و معیارها و راهبردهای باقی مانده ($\bar{X} \geq 7$) به عنوان معیارها و راهبردهای موثر مد نظر قرار می‌گیرد (آذر و رجب‌زاده، ۱۳۹۶؛ آذر و معماریانی، ۱۳۸۲؛ صادقی روش و همکاران، ۱۳۸۹).

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

در ادامه به منظور دستیابی به وزن نسبی^۲، پرسشنامه‌ای تهیه و از کارشناسان آشنا به منطقه مطالعاتی خواسته می‌شود 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 ۱ الی ۹ ساعتی (جدول ۱) مورد مقایسات زوجی^۳ قرار دهند. پس از تشکیل ماتریس مقایسات زوجی کارشناسان، (جدول ۲) 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 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 فوق العاده زیاد یا کاملاً مرجح یا کاملاً
۲، ۴، ۶، ۸	ترجیحات بین فواصل فوق
۱/۹، ۱/۸، ۱/۷، ۱/۶، ۱/۵، ۱/۴، ۱/۳	ارزشهای متقابل ارزیابی‌های انجام شده

1 - Nominal Group Technique
2 - Local Priority
3 - Pire wise

جدول ۲: ماتریس مقایسات 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 موثر بر مبنای جدولها مقایسات زوجی گروهی در این مرحله اعداد جدولها ماتریس مقایسات 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.

$$\bar{r}_{ij} = \frac{\bar{a}_{ij}}{\sum_{i=1}^m \bar{a}_{ij}} \quad (2)$$

- تشکیل ماتریس تصمیم گیری نرمالیزه^۱

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

جدول ۳: ماتریس تصمیم گیری 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 می کند، می باشد.

- محاسبه اوزان معیارهای موثر با استفاده از تکنیک بردار ویژه

تکنیک‌هایی برای شناختن 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 تصمیم گیری در زمینه‌ی مورد نظر می‌سنجند. در این زمینه چهار روش برای ارزیابی اوزان معیارها در تصمیم‌گیری وجود دارد که عبارتند از: روش آنتروپی شانون، روش لینمپ، روش کمترین مجذورات وزین شده، و تکنیک بردار ویژه (اصغرپور، ۱۳۹۴).

در این تحقیق از روش تکنیک بردار ویژه استفاده شده است. در این روش اگر ماتریس مقایسات 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 یکه m×n است) مقادیر ویژه ماتریس A به دست می‌آید. همچنین اگر بزرگترین مقدار ویژه A (λ_{max}) را در

¹ - Normalized Decision Matrix (NDM)

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 ایجاد شده 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 (رضانی مهربان و همکاران، 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 مقایسات 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).

$$D.W = \lambda_{\max} \times W \tag{۳}$$

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

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

در این رابطه:

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

D = ماتریس مقایسات 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 (اصغری‌پور، ۱۳۹۴).

– ارزیابی اولویت راهبردها با کاربرد مدل ویگور

روش ویگور یک روش تصمیم‌گیری چند معیاره برای حل یک مسأله‌ی تصمیم‌گیری گسسته با معیارهای نامتناسب (واحد‌های اندازه‌گیری مختلف) و متعارض می‌باشد که اولین بار توسط اپروکوویچ (اپروکوویچ^۴، ۱۹۹۸) ارائه شد. سپس

^۱ - Saaty
^۲ - Eigenvector
^۳ - Eigenvalue
^۴ - Opricoviz

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 تصمیم گیرنده 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 دو طرفه 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 آن که حداکثر مطلوبیت گروهی و حداقل تأسف فردی را در بردارد، مورد پذیرش تصمیم‌گیرندگان قرار می‌گیرد.

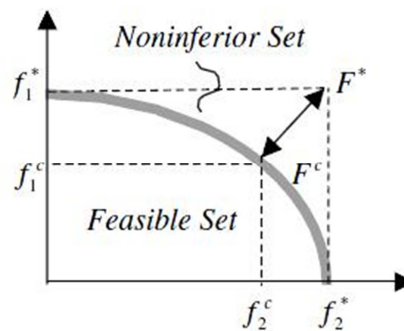
$$\Delta f_1 = f_1^* - f_1^c \quad (5)$$

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

در این روابط:

F^c : یک جواب شدنی برای راه‌حل سازشی و

F^* : نزدیک ترین 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 ب صورت f_j^* و f_j^- بیان می‌شود (رابطه ۷).

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

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

در این رابطه:

¹ - Tzeng

f_j^* = بهترین مقدار برای معیار λ ام

f_j^- = بدترین مقدار برای معیار λ ام

اگر تمامی f_j^* را به هم پیوند بزنیم یک ترکیب بهینه با بیشترین امتیاز خواهد داد (نقطه ایده‌آل مثبت) و درمورد 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 λ ام از راه‌حل ایده‌آل مثبت (بهترین ترکیب)

و R_i بیانگر حداکثر ناراحتی راهبرد λ 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 $v \in [0,1]$ به عنوان وزنی است که بر اساس میزان حداکثر توافق گروه تعیین می‌گردد (وزنی برای استراتژی ماکسیمم مطلوبیت گروهی است).

-رتبه بندی راهبردها

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

اگر دو شرط زیر برقرار باشد می‌توان راه‌حل سازشی با راهبرد a' که با بهترین مقادیر Q رتبه‌بندی شده است، ارائه کرد.

¹ - Utility measure

² - Regret measure

شرط اول: وضعیت قابل قبول

زمانیکه a'' دومین راهبرد در لیست رتبه‌بندی با مقادیر Q است، طبق رابطه ۱۱ شرط اول برآورد می‌شود.

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

شرط دوم: ثبات قابل قبول در تصمیم‌گیری

راهبرد a' همچنین باید دارای بالاترین رتبه در لیست S یا R یا هر دو باشد. این راه‌حل سازشی ثبات درونی یک روند سازشی را نشان می‌دهد و عمدتاً اگر $V > 0.5$ باشد، قابل قبول است یا غیرقابل قبول است، اگر $V < 0.5$ یا $V \approx 0.5$ حالت توافقی ایجاد می‌کند. در واقع V یک وزن است که از استراتژی تصمیم‌گیری‌ها گرفته شده و اگر یکی از شروط راضی کننده نباشد، یک سری از راه‌حل‌های سازشی (توافقی) پیشنهاد می‌گردد:

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 می‌شود.

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

بهترین گزینه، رتبه‌بندی شده بوسیله Q گزینه‌ای است که مقدار حداقل Q را دارد (اپروکویچ و تزینگ، ۲۰۰۴؛ اپروکویچ و تزینگ، ۲۰۰۷؛ اپروکویچ و تزینگ، ۲۰۰۸؛ چانگ، ۲۰۱۰)

یافته‌ها و نتایج تحقیق

انتخاب معیارها و راهبردهای مهم و اولویت‌دار

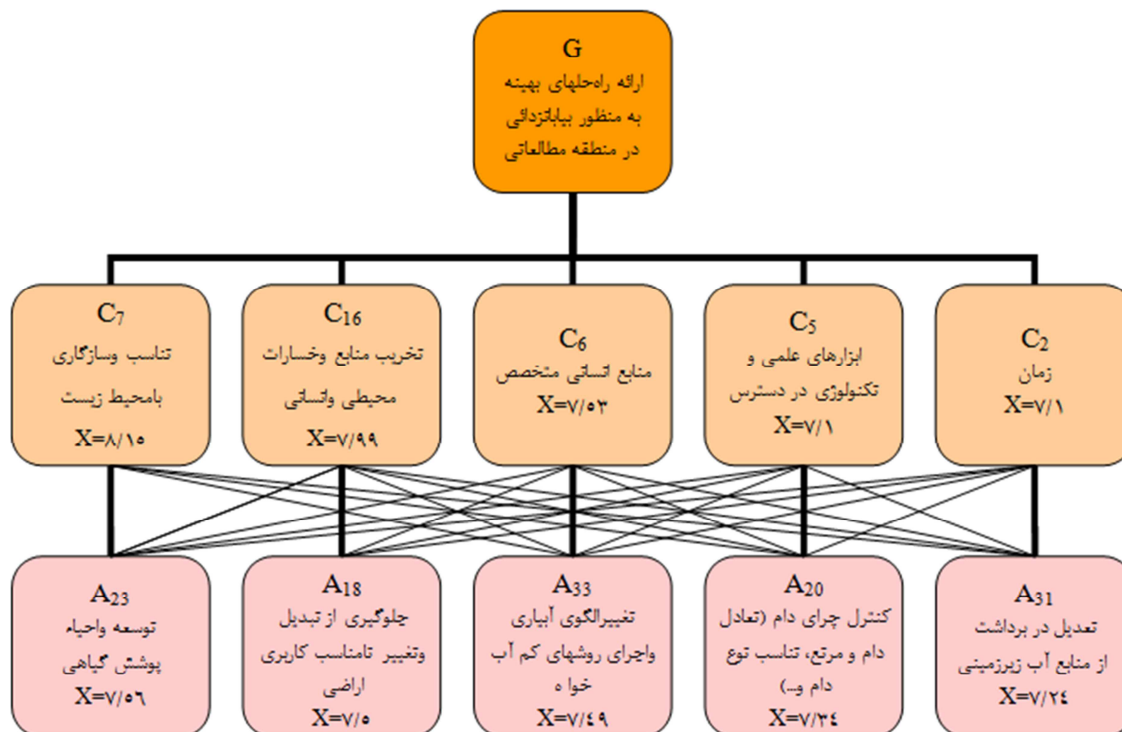
در فرایند ارزیابی راهبردهای بیابان‌زدایی در منطقه مطالعاتی، ابتدا به منظور دستیابی به معیارها و راهبردهای مهم و اولویت‌دار از نظر گروه، از روش دلفی استفاده شد (صادقی‌روش و همکاران، ۱۳۸۹؛ صادقی‌روش، ۱۳۸۷) و از میان ۱۶ معیار و ۴۰ راهبرد نهایی نظرخواهی شده، راهبردها و معیارهای مهم و اولویت‌دار انتخاب (جدول ۵ و ۶) و نمودار سلسله مراتب تصمیم‌گیری جهت ارائه راه‌حل‌های بهینه کنترل مخاطرات بیابان‌زایی 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 محیطزیست (پایداری)	مدیریت سنتی و دانش بومی	دولت سالاری در بیابان‌زدایی	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 _{۱۳}	C _{۱۴}	C _{۱۵}	C _{۱۶}		
معیار (Criteria)	راحت طلبی سیستم‌های اداری دولتی	فشارهای سیاسی واجتماعی	مسایل اورژانسی ناشی از بیابان‌زایی	تخریب منابع و خسارات محیطی وانسانی		
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
۶/۴۶	A _{۲۲} - جلوگیری از بوته‌کنی و قطع اشجار	۵	- اصلاح، ایجاد و تقویت زیرساخت‌های اقتصادی - اجتماعی مناطق حاشیه‌ای
۷/۱۵۶	A _{۲۳} - توسعه و احیای پوشش گیاهی	۵/۶۸	A _۱ - کاهش نرخ رشد جمعیت
۶/۷۶	A _{۲۴} - حفاظت از تاغ زارها (جوان‌سازی و زادآوری تاغ‌ها)	۵/۳۷	A _۲ - فقر زدایی
۶/۴۵	- حفاظت خاک	۶/۷	A _۳ - ایجاد و تقویت سازمان‌های روستایی
۵/۵۷	A _{۲۵} - حفاظت از سطوح سنگریزه‌ای در منطقه (رگ)	۶/۱	A _۴ - افزایش اشتغال
۶/۸۶	A _{۲۶} - جلوگیری و کاهش تردد ماشین‌آلات سنگین کشاورزی و صنعتی	۶/۱۵۶	A _۵ - افزایش مشارکت مردمی و حمایت از NGOها
۴/۶۶	A _{۲۷} - ایجاد بادشکن‌های زنده و غیرزنده دارای کاربری حفاظت خاک	۶/۴۷	A _۶ - به کارگیری نیروهای بومی و تکنولوژی محلی در طرحها (دانش بومی)
۵/۴۲	A _{۲۸} - اصلاح بافت خاک	۵/۷۳	A _۷ - آموزش مردم در بکارگیری روش‌های جدید و استفاده از دانش روز جهت کاربرد بهینه منابع
۵/۱	- توسعه کشاورزی پایدار	۵/۸۹	A _۸ - تصویب، تقویت و اجرای قوانین و تناسبات جرم با مجازات
۷/۲۴	A _{۲۹} - اصلاح روش‌های تناوب زراعی و آیش	۵/۶	A _۹ - تأمین نیازهای ساکنان بومی
۶/۶	A _{۳۰} - اصلاح روش‌های شخم زنی، کوددهی، سمپاشی	۴/۵	A _{۱۰} - تعدیل الگوهای مصرف ناپایدار و تغییر و اصلاح شیوه‌های معیشتی مردم
۷/۴۹	- توسعه و مدیریت پایدار منابع آب (آبخوانداری)	۵/۲۳	A _{۱۱} - توجه به نقش زنان و جوانان در بیابان‌زدایی
۶/۱۵۳	A _{۳۱} - تعدیل در برداشت از منابع آب زیرزمینی	۶/۱۸۶	A _{۱۲} - سازمان‌دهی نواحی شهری و جلوگیری از مهاجرت
۶/۶	A _{۳۲} - کاهش مصرف آب (مصرف بهینه آب در مزارع)	۴/۸	A _{۱۳} - ایجاد هماهنگی بین ادارات و سازمان‌های مسئول در امر بیابان‌زدایی و حفاظت محیط زیست
۷/۴۹	A _{۳۳} - تغییر در الگوی آبیاری و اجرای روش‌های کم آبخواه	۵/۳۲	A _{۱۴} - بالا بردن نرخ باسوادی
۶/۱۵۳	A _{۳۴} - تبدیل سیستم‌های آبیاری از سنتی با بازده کم به مدرن و تحت فشار با بازده زیاد	۵/۲۷	A _{۱۵} - توسعه طبیعت‌گردی بیابانی
۶/۶۴	A _{۳۵} - جمع‌آوری و استحصال بهینه منابع آب (شامل: ایزوله نمودن آنها، مرمت و لایروبی قنات‌ها، استفاده از کانال‌ها و مجاری، تعبیه آب انبارها و استخرها، نمک‌زدایی از آب‌های لب‌شور و شور و غیره)	۳/۷۹	A _{۱۶} - استفاده چند منظوره از بیابان به جای استفاده موردی
۶/۱۰۸	A _{۳۶} - تغذیه آب‌های زیرزمینی	۷/۵	A _{۱۷} - سپردن مسئله بیابان‌زدایی به بخش خصوصی
۵/۳	A _{۳۷} - احداث شبکه‌های پخش سیلاب و استفاده از آبرفت آن	۶/۴۴	A _{۱۸} - جلوگیری از تبدیل و تغییر نامناسب کاربری اراضی
۶/۱۵۳	A _{۳۸} - ایجاد بارش‌های مصنوعی جهت تغذیه آبخوانه‌ها	۶/۴۴	A _{۱۹} - تهیه نقشه آمایش سرزمین و تعیین محدوده‌های بیابانی و حواشی کویرها و بیابان‌ها
۶/۲	A _{۳۹} - ترویج و گسترش کشت گلخانه‌ای و تحت کنترل از نظر مصرف آب و تبخیر و تعرق	۷/۳۴	- حفاظت از پوشش گیاهی
۶	A _{۴۰} - معرفی ارقام گیاهی جدید و مقاوم به خشکی و تنش‌های کم آبی از طریق مهندسی ژنتیک	۶/۶	A _{۲۰} - کنترل چرای دام (تعادل دام و مرتع، تناسب نوع دام، جلوگیری از چرای خاج از فصل و غیره)
			A _{۲۱} - تولید علوفه و افزایش پتانسیل اقتصاد پایدار دامدار



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

برآورد ماتریس مقایسات زوجی گروهی

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

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

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	۰/۳۹۵۰	C _۲

^۱ - Expert Choice

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

A_{n1}	A_{r1}	A_{r2}	A_{18}	A_{r3}	C_v
۰/۹۳۲۰	۱/۲۶۷۹	۱/۵۷۲۸	۱/۱۱	۱	A_{r3}
۱/۳۰۲۱	۱/۵۹۵۷	۲/۳۷۳۳	۱	۰/۹۰۰۹	A_{18}
۱/۰۵۹۹	۱/۲۰۶۹	۱	۰/۴۲۱۳	۰/۶۳۵۸	A_{r3}
۰/۸۶۷۳	۱	۰/۸۲۸۶	۰/۶۲۶۷	۰/۷۸۸۷	A_{r1}
۱	۱/۱۵۳۰	۰/۹۴۳۴	۰/۷۶۸۰	۱/۰۷۳۰	A_{n1}

محاسبه وزن نسبی راهبردها و تشکیل ماتریس تصمیم‌گیری^۱ گروهی

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

جدول ۹: ماتریس نرمال شده اعداد جدول مقایسات زوجی گروهی اولویت راهبردها نسبت به معیار " تناسب وسازگاری با محیط‌زیست "

اولویت راهبردها (P _i)	A_{n1}	A_{r1}	A_{r2}	A_{18}	A_{r3}	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_{18}
۰/۱۵۹۹	۰/۲۰۵۴	۰/۱۹۳۹	۰/۱۴۸۸	۰/۱۰۷۳	۰/۱۴۴۵	A_{r3}
۰/۱۵۸۲	۰/۱۶۸۰	۰/۱۶۰۷	۰/۱۲۳۳	۰/۱۵۹۶	۰/۱۷۹۳	A_{r1}
۰/۱۹۱۸	۰/۱۹۳۷	۰/۱۸۵۳	۰/۱۴۰۴	۰/۱۹۵۶	۰/۲۴۳۹	A_{n1}

مطابق جدول‌ها اوزان نسبی راهبردها (جدول ۹) ملاحظه شد که بر حسب هر معیار راهبردهای انتخابی متفاوت می‌باشند. لذا، به منظور انتخاب نهائی 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 در نهایت بر مبنای مدل ویگور، اولویت نهایی راهبردها از نتایج حاصل از اهمیت معیارها و اولویت راهبردهای حاصل شده، تعیین شد.

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

C_r	C_d	C_f	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_{18}
۰/۱۶۲۰	۰/۲۵۶۵	۰/۲۰۹۳	۰/۱۵۱۰	۰/۱۵۹۹	A_{r3}
۰/۲۲۲۹	۰/۱۷۶۲	۰/۱۶۰۸	۰/۲۲۰۹	۰/۱۵۸۲	A_{r1}
۰/۱۶۸۲	۰/۱۶۳۳	۰/۱۸۲۶	۰/۲۰۹۲	۰/۱۹۱۸	A_{n1}

^۱ - Decision Matrix-DM

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

جدول ۱۱: اوزان معیارها در انتقالات یکم تا پنجم

معیارها(C)◀	C_7	C_{16}	C_6	C_5	C_2
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

همان طور 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 مشخص کننده بردار ویژه نهایی و تعیین کننده اوزان معیارهای تاثیرگذار در ارائه راهبردهای کنترل مخاطرات بیابان‌زایی دانست (جدول ۱۲).

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

معیارها(C)◀	C_7	C_{16}	C_6	C_5	C_2
W_j	۰/۳۳۸۶۷۷	۰/۳۱۱۲۶۲	۰/۱۵۷۰۶۸	۰/۱۰۳۹۴۹	۰/۰۸۹۰۴۱

رتبه بندی نهایی اولویت راهبردهای بیابان‌زایی

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_7	C_{16}	C_6	C_5	C_2	راهبردها(A)▼
						f_j^*
	۰/۲۶۴۳	۰/۲۳۸۳	۰/۲۴۸۸	۰/۲۵۶۵	۰/۲۵۰۹	
	۰/۱۵۸۲	۰/۱۵۱۰	۰/۱۶۰۸	۰/۱۶۳۳	۰/۱۶۲۰	
						f_j^-

با توجه به مقادیر تعیین شده 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 مقدار سودمندی (S_i)، تأسّف (R_i) و شاخص ویگور (Q)

Q(0.5)	R	S	C_2	C_5	C_6	C_{16}	C_7	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	۰/۱۱۵۷۱	۰/۰۶۲۰	۰/۳۳۸۷	A_2
۰/۶۲۴۱	۰/۲۳۱۴	۰/۶۴۰۱	۰/۰۸۲۸	۰/۱۰۴۰	۰/۱۱۸۲	۰/۱۰۳۷	۰/۲۳۱۴	A_{31}
	$R^* = 0/1037$	$S^* = 0/2487$						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).

لازم به ذکر است که در جدول ۱۴ پارامتر Q بر اساس $V = 0.5$ ارائه شده است. ولی از آنجا که شاخص ویگور بر حسب درصد آزادی اکثریت (V) مقادیر مختلفی را می‌پذیرد (وابستگی Q به مقادیر مختلف V)، در جدول ۱۵ شاخص ویگور بر حسب مقادیر مختلف V در حد فاصل صفر و یک ارائه شد.

جدول ۱۵: شاخص ویگور بر حسب 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_{31}	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.

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

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

در تست دوم که بر مبنای ثبات قابل قبول در تصمیم‌گیری می‌باشد، مطابق جدول ۱۴ مشاهده می‌شود که راهبرد A_{18} در پارامترهای S و R دارای کمترین مقدار یعنی بهترین رتبه‌بندی می‌باشند.

بنابراین با توجه به دو تست فوق 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_{۳۳})" و "تعدیل دربرداشت از منابع آب زیر زمینی (A_{۳۱})" صادق است به طوری که راهبردهای ذکر شده در رتبه‌های بعدی از نظر اهمیت قرار می‌گیرند و راهبردهای "تغییرالگوی آبیاری و اجرای روش‌های کم آب خواه (A_{۳۳})" و "کنترل چرای دام (A_{۲۰})" که دو شرط فوق 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 _{۳۳}	۰/۲۰۶۱	A _{۳۳}	۰/۳۴۹۱	A _{۳۳}
۰/۶۲۴۱	A _{۳۱}	۰/۲۳۱۴	A _{۳۱}	۰/۶۴۰۱	A _{۳۱}
۰/۸۸۴۲	A _{۲۰}	۰/۳۳۳۲	A _{۳۳}	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. عمدتاً 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 تپه‌های مرتعی ۶ الی ۱۵ درصد می‌باشد که به شدت تحت تاثیر عملکردهای انسانی در قالب بوته‌کشی و چرای مفرط دام می‌باشد به طوری که ۴۰ تا ۵۰ درصد پوشش گیاهی بر اثر بوته‌کشی به منظور تالیف 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، پیشنهادات 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 زیر ساخت‌های 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 کم‌آبخواه 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 تشدید کننده تخریب مراتع به شمار می‌رود.
- از چرای خارج از فصل (چرای دیرس 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 چر مزارع و باغات نکند که خود باعث تسریع در روند تخریب می‌شود.

نتیجه گیری

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، نشان دهنده 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 بوسیله 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 بر خلاف روش تاپسیس بر نرمالیزه کردن ویگور اثر ندارد (اسپیناس^۴ و همکاران، ۱۹۹۷؛ جابور و مارتل^۵، ۲۰۰۷)، در عین حال این روش قادر است تعادلی بین حداکثر مطلوبیت گروهی و حداقل تاسف فردی ایجاد کند، در حالی که در روش الکترا راه‌حل بهینه بر مبنای حداقل تاسف 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. لذا یک راه‌حل با روش تاپسیس و الکترا همیشه نزدیکترین به ایده‌آل نمی‌باشد (ژیائوزانگ^۶ و همکاران، ۲۰۰۴) به طور کلی می‌توان گفت که تفاوت اصلی این مدل با مدل‌های تصمیم‌گیری سلسله مراتبی یا شبکه‌ای این است که بر خلاف آن مدل‌ها، در این مدل مقایسات زوجی بین معیارها و گزینه‌ها صورت نمی‌گیرد و هر گزینه مستقلاً توسط یک معیار سنجیده و ارزیابی می‌گردد. مزیت دیگر مدل ویگور در این است که الزاماً در این مدل جهت ارزیابی راهبردها بر اساس معیارها، صرفاً نیازی به استفاده از نظرات کارشناسان نیست بلکه می‌توان از داده‌های خام استفاده کرد. برای مثال در معیار "بزار علمی و

¹ - Espinasse

² - Jabeur and Martel

³ - Chu

⁴ - Espinasse

⁵ - Jabeur and Martel

⁶ - Xiaozhan

تکنولوژی در دسترس " برای اینکه فرایند ارزیابی به انجام رسد، به جای نمره‌دهی توسط کارشناسان، می‌توان فراوانی ابزار یا نوع تکنولوژی را سنجید و آنرا 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 صرفاً بر اساس مقایسات زوجی معیارها و گزینه‌ها طراحی شده بودند. بنابراین این ارزیابی می‌تواند هم بر اساس داده‌های خام باشد و هم بر اساس نظر کارشناس. در عین حال روش ویگور نیز همانند روش‌های مذکور، 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.

به طور کلی با توجه به نتایج اولویت بندی نهائی راهبردها می‌توان بیان داشت که در صورت اجرای راهبردهای جلوگیری از تبدیل و تغییر نامناسب کاربری اراضی (A_{۱۸})، توسعه واحیاء پوشش گیاهی (A_{۲۳}) و تعدیل دربرداشت از منابع آب زیر زمینی (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 بیابان‌زائی را به شیوه‌های صحیح و کارآمد به کاربندند 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 به ویژه از آقای مهندس کاظمی نژاد سپاسگزاری 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.
- اصغری‌پور، 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 بکارگیری روش‌های تصمیم‌گیری چند معیاره 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 بیابانزدایی در تخریب محیط زیست، رساله دکتری، دانشکده محیط زیست، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد علوم و تحقیقات تهران، ۳۹۵ صفحه.
- صادقی روش، محمد حسن (۱۳۹۲)، ارزیابی راهبردهای بیابانزدایی با کاربرد مدل پروموتاسیون مطالعه موردی: منطقه خضرآباد یزد، مجله مدیریت و برنامه ریزی محیط زیست، سال سوم، شماره ۴، صص ۱۴-۵.

- صادقی روش، محمد حسن (۱۳۹۳)، ارزیابی راهبردهای مقابله با بیابانی شدن با کاربرد مدل رتبه بندی بردار، مطالعه موردی: منطقه خضراآباد یزد، مجله مدیریت و برنامه ریزی محیط زیست، 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 محیط زیست (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 محیط زیست، 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 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 that caused as a result of various factors including climatic variations and human activities. Desertification causes many restrictions in terms of agriculture, food security, livestock rising, industry and providing service costs. This phenomenon is a process that gradually developed and accelerated and 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 the 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 $Q=0, 0.3083$ 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 Rravesh, 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 Rravesh, 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 Rravesh, 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 Rravesh, 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.