کاوش‌های جغرافیایی مناطق بیابانی
سال ششم، شماره یک، بهار و تابستان ۱۳۹۷
تاریخ دریافت: ۱۳۹٦/۰٤/۰۹ تاریخ تأیید نهایی: ۱۳۹٦/۱۰/۲٦
صص: ۲۵۵-۲۲۹

ارزیابی راهبردهای مقابله با بیابان‌زایی با کاربرد رویکردهای تصمیم‌گیری چندگانه و تحلیل عاملی

محمدحسن صادقی روش[۱]، استادیار محیط زیست، دانشکده کشاورزی، دانشگاه آزاد اسلامی واحد تاکستان، ایران
حسن خسروی، دانشیار احیا مناطق خشک و کوهستانی مهندسی، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه تهران، ایران

چکیده

بیابان‌زایی از مهم‌ترین مسائل بیوم‌های خشک و نیمه خشک در جهان است. رشد سریع جمعیت سبب تشدید اثرات منفی این پدیده شده است، به منظور کنترل و کاهش بیابان‌زایی ارائه راهبردهای مهم با توجه به کلّیه معیارهای موثر، امری ضروری است. این پژوهش با هدف ارائه راهبردهای بهینه به صورت نظامند در قالب یک مدل تصمیم‌گیری چند متغییره ارائه شده است. به این منظور در ابتدا در چارچوب روش تصمیم‌گیری چند شاخصه[۲] و با استفاده از مدل دلفی[۳]، ماتریس تصمیم‌گیری به دست آمد، سپس اولویت راهبردها از روش تحلیل عاملی مورد ارزیابی قرار گرفت. بر مبنای نتایج حاصل شده، از میان ٤٠ راهبرد و ١٦ معیار بررسی شده راهبردهای توسعه و احیاء پوشش گیاهی ($A_{۳۳}$) با ضریب اولویت ٦١٢٢/.، تغییرالگوی آبیاری و اجرای روش‌های کم آب خواه ($A_{۳۳}$) با ضریب اولویت ۰/۵۱۰۲ و جلوگیری از تبدیل و تغییر نامناسب کاربری اراضی ($A_{۱۸}$) با ضریب اولویت ۰/٤۳۹۱، به ترتیب به عنوان مهم‌ترین راهبردهای مهم مقابله با بیابان‌زایی در منطقه تشخیص داده شدند. 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.

کلمات کلیدی: بیابان‌زدایی، تصمیم‌گیری چند شاخصه، تحلیل داده‌های چند متغییره، مدل تحلیل عاملی، مقایسه زوجی.

---

[۱] – نویسنده مسئول: m.sadeghiravesh@tiau.ac.ir

[2] Multi Attribute Decision Making (MADM)
[3] Delphi

مقدمه

مدیریت اکوسیستم‌های بیابانی مجموعه‌ای از اقدامات متعدد مدیریتی است که با هدف کنترل بهینه پدیده بیابان‌زایی و کاهش خسارات اقتصادی، اجتماعی و زیست محیطی صورت می‌گیرد. مسائل تصمیم‌گیری مدیریت مناطق بیابانی به دلیل وجود معیارها و شاخص‌های متعدد تصمیم‌گیری، مسائل پیچیده‌ای هستند و برای دستیابی به یک هدف مشخص راه‌حل‌های متعددی وجود دارد که هر یک ارجحیت‌های مختلفی را برای مسائل مختلف زیست محیطی، اجتماعی، سیاسی و اقتصادی و سازمانی تأمین می‌کند. این الزامات موجب استفاده از روش‌های تصمیم‌گیری چند شاخصه می‌شود که هدف آن انتخاب بهترین جواب از بین راه‌حل‌های مختلف می‌باشد. 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 تحلیل عاملی[1] که یکی از روش‌های تحلیل داده‌های چند متغیره[2] می‌باشد، به منظور رتبه‌بندی راهکارهای مقابله با بیابان‌زایی مد نظر قرار گرفت. این روش یک روش فرا تحلیلی بر اساس داده‌های ثانویه محاسبه شده در منطقه مطالعاتی است که در عین داشتن یک الگوریتم ساده، توانایی دخالت دادن معیارهای کمّی و کیفی را به تعداد زیاد و به طور همزمان در فرآیند تصمیم‌گیری دارد. همچنین قادر است در بازه‌های زمانی و مکانی مختلف اطلاعات ورودی را تغییر داده و ارزیابی‌های جدیدی بر اساس این تغییر ارائه کند. از این رو مطالعات تطبیقی به سهولت به انجام می‌رسد (اصغرپور، ۱۳۸۹; وانش[3]، ۲۰۰۶).

[1]Principal Factor Analysis (PFA)
[2]Multivariate Data Analysis (MDA)
[3]Wunesch

نخستین کاربرد تکنیک عاملی توسط کارل پیرسن[۱] و چارلز اسپیرمن[۲] در سال ۱۹۰٤ میلادی صورت گرفت (زارع چاهوکی، ۱۳۸۹; اثنی عشری، ۱۳۸۷). بسیاری از پژوهش‌های اولیه به روش تکنیک تحلیل عاملی در طول سال‌های ۱۹۰۰ تا ۱۹۳۰ میلادی به کاربرد مدل اسپیرمن در بسیاری از مسائل علمی و بررسی شرایط مناسب برای استفاده از مدل او اختصاص یافت. در طول این دوره علاوه بر اسپیرمن، پژوهشگران دیگری از جمله سیرل برت[۳]، کارل هولزینگر[٤]، ترومن کلی[٥]، کارل پیرسون[٦]،گارفری تامسون[۷]، ال ال ترستون[۸]، اچ هوتلینگ[۹]، جی پی گیلفورد[۱۰]، ار بی کاتل[۱۱]و لاولی[۱۲] کمک‌های موثری به توسعه مفاهیم تکنیک عاملی کردند (وانش، ۲۰۰٦).

با مطالعه منابع تحقیقاتی پیشینه به کارگیری مدل‌های تصمیم‌گیری در ارائه راهبردهای بهینه در چارچوب مدیریت مناطق بیابانی به کارهای گرایو[۱۳] و همکاران، صادقی‌روش 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 (الکترا)[۱٤]، فرآیند تحلیلی سلسله مراتبی(ای اچ پی)[۱٥] و روش ساختار یافته‌ی رتبه‌بندی ترجیحی

[1]Karl Pearson
[2]Charles Speaman
[3]Cyril Burt
[4]Karl Heolzinger
[5]Truman Kelly
[6]Karl Pearson
[7]Godfry H Thomson
[8]L. L. Thurstone
[9]H. Hotelling
[10]J. P. Guliford
[11]R. B. Cattel
[12]Laawly
[13]Grau, J. B.
[14]Elimination et Choice Translating Reality (ElCTRE)
[15]Analytical Hierarchy Process (AHP)

برای غنی‌سازی ارزیابی‌ها (پرومته)[1] استفاده کرد (گرایو و همکاران، ۲۰۱۰). نتایج حاصله حاصله نشانگر کارائی بالای این مدل‌ها در ارائه راهبردهای بهینه مقابله با بیابان‌زایی بود و با وجود روش‌های پیچیده مورد استفاده در هر مدل نتایج حاصله تا حدود زیادی یکسان بود. صادقی‌روش نیز با کاربرد مدل‌های فرآیند تحلیلی سلسله مراتبی (صادقی-روش و همکاران، ۱۳۸۹)، تکنیک اولویت‌بندی ترجیحی بر اساس تشابه به پاسخ‌های ایده‌آل (تاپسیس)[2] (صادقی‌روش و همکاران، ۲۰۱۲)، مدل مجموع وزنی(وی اس ام)[3] ام)[3] (صادقی‌روش و زهتابیان، ۱۳۹۲)، جای گشت (پرموتاسیون)[4] (صادقی‌روش، ۱۳۹۲)، تکنیک اولویت‌بندی ترجیحی بر اساس تشابه به پاسخ‌های ایده‌آل فازی(اف تاپسیس)[5] (صادقی‌روش و طهمورث، ۱۳۹۳)، الکترا (صادقی‌روش و خسروی، ۲۰۱٤)، ۲۰۱٤)، بردا[6] (صادقی‌روش، ۱۳۹۳; صادقی‌روش و خسروی، ۱۳۹۵)، روش تحلیلی سلسله مراتبی فازی (اف ای اچ پی)[7] (صادقی‌روش و همکاران، ۲۰۱۵)، روش ساختار یافته‌ی رتبه‌بندی ترجیحی برای غنی‌سازی ارزیابی‌ها (پرومته)[8] (صادقی‌روش و همکاران، ۲۰۱٦a) فرآیند تحلیل شبکه[9] (صادقی‌روش و خسروی، ۱۳۹٤) و مدل تخصیص خطی[10] (صادقی‌روش و همکاران، ۲۰۱٦b) به اولویت‌بندی راهبردهای مقابله با 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 نارتبه‌ای پرومته ضمن پهنه‌بندی آسیب‌پذیری بیابان‌زایی در اکوسیستم‌های

[1]Preference Ranking Organization METHod For Enrichment Evaluation (PROMETHEE)
[2]Technique for Order Preference by Similarity to Ideal Solution (TOPSIS)
[3]Weighted Sum Model (WSM)
[4]PERMUTATION
[5]Fuzzy Technique for Order Preference by Similarity to Ideal Solution (FTOPSIS)
[6]BORDA
[7]Fuzzy Analyzes Hierarchy Process (FAHP)
[8]Preference Ranking Organization METHod For Enrichment Evaluation (PROMETHEE)
[9]Analytical Network Process (ANP)
[10]Linear Assignment (LA)

استان خراسان رضوی، اقدام به ارزیابی راهبردهای مقابله با بیابان‌زایی کردند (سپهر و پرویان[۱]، ۲۰۱۱).

به منظور رتبه‌بندی سیستماتیک گزینه‌ها در حوزه مسائل تصمیم‌گیری، هر چند سابقه‌ای در زمینه کاربرد روش تحلیل عاملی در ارزیابی راهبردهای بهینه کنترل و کاهش شرایط بیابانی چه در داخل ایران و چه در خارج از ایران مشاهده نشده است، ولی در سایر زمینه‌های علمی، پژوهش‌هایی صورت پذیرفته است. از جمله این پژوهش‌ها می‌توان به اختصار به بررسی متغییرهای هواشناسی(موهان و آراموگام[۲]، ۱۹۹٦)، مطالعه شرایط هیدرولوژیکی (ودوریس[۳] و همکاران، ۱۹۹۷)، ارزیابی کیفیت آب‌های زیرزمینی (لیو[٤] و همکاران، ۲۰۰۳)، ارزیابی پتانسیل خطر در توسعه تجارت الکترونیکی (وات و نگی[٥]، ۲۰۰۵)، ارزیابی کیفیت آب‌های سطحی (وارول و سن[٦]، ۲۰۰۹; شریستا[۷] و ناکامورا[۸]، ۲۰۰۸) و کاهش آلاینده‌های انسان ساخت (مولر و ایناکس[۹]، ۲۰۱۵)، اشاره کرد.

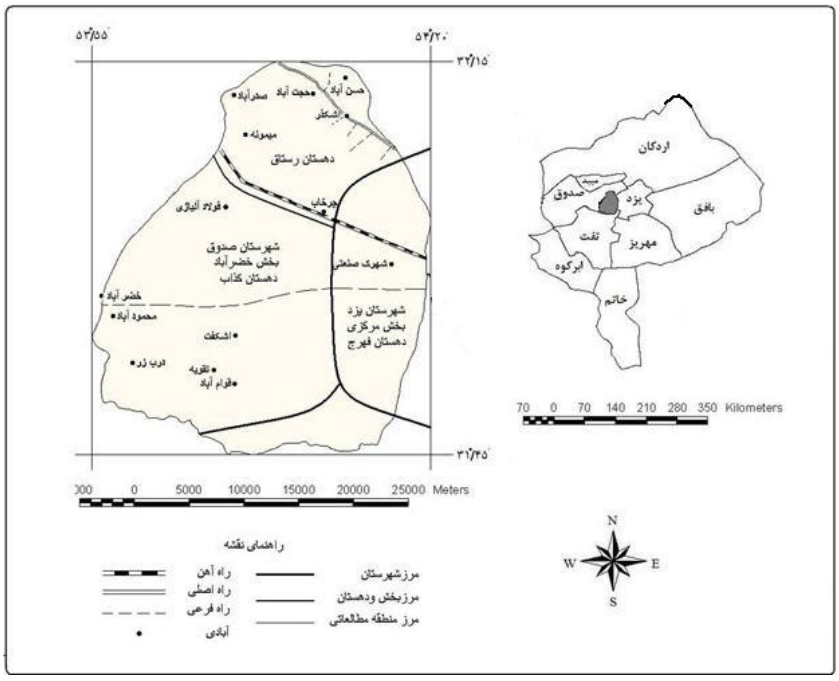
همچنین در سال‌های اخیر، تحقیقاتی در این چارچوب در کشور مورد توجه قرار گرفته که از جمله می‌توان به رتبه‌بندی و سطح‌بندی فعالیت‌های صنعتی (اثنی عشری، ۱۳۸۷)، انتخاب عوامل موثر بر تقاضای سفر (افندی‌زاده و رحیمی، ۱۳۸۹)، انتخاب متغییرهای اصلی در تبخیر و تعرق مرجع (سیفی و همکاران، ۱۳۸۹)، سطح بندی و سنجش درجه توسعه یافتگی مناطق (تقوایی و بهاری، ۱۳۹۱)، تعیین مولفه‌های مدیریتی تاثیرگذار بر کیفیت آموزش عالی (غنچی و همکاران، ۱۳۹۱)، تعیین عوامل

[1]Sepehr and Peroyan
[2]Mohan and Arumugam
[3]Voudouris
[4]Liu
[5]Wat and Ngai
[6]Varol and Sen
[7]Shrestha
[8]Nakamura
[9]Moller and Einax

موثر بر میزان رضایتمندی از ارائه مراقبت‌های درمانی (دیرکوند مقدم و همکاران، ۱۳۹۲)، شناسایی بافت‌های فرسوده شهری (زبردست و همکاران، ۱۳۹۲)، بررسی متغییرهای مهم اندازه‌گیری و گروه‌بندی شکل بدن (شمسایی و همکاران، ۱۳۹۲) و پهنه‌بندی آب و هوایی (نظم فر و گلدوست، ۱۳۹۳) اشاره کرد.

منطقه مورد مطالعه

منطقه خضرآباد با وسعتی معادل ۷۸۱۸۰ هکتار در ۱۰ کیلومتری غرب شهر یـزد در موقعیت جغرافیایی َ۵۵، ْ۵۳ الـی َ۲۰، ْ٥٤ طـول شـرقی و َ ٤٥، ْ۳۱ الـی َ ۱۵، ْ۳۲ عـرض شمالی قرار گرفته است. (شکل۱)،



شکل ۱. موقعیت منطقه خضرآباد

ارتفاع متوسط منطقه ۱۳۹۷ متر و ۸٤/۷۹ درصد منطقه (٦٦۳ کیلومترمربع) شـیبی کمتـر از ۱۰درصد دارد. بنابراین، قسمت اعظم منطقه را اراضی پسـت بـا شـیب متوسـط ۹/٤۱

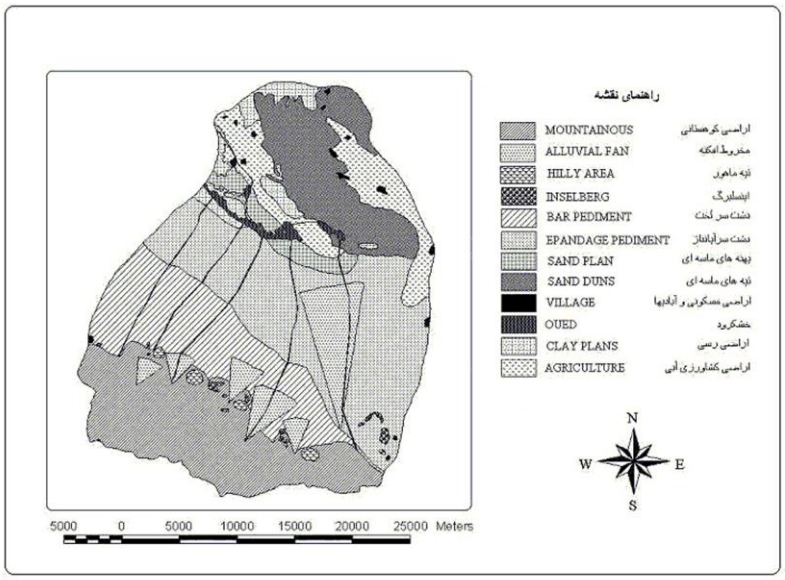
درصد تشکیل می‌دهد. منابع خاک منطقه عمدتاً از خاک‌های نارس بیابانی (آنتی سول[۱۰]) دارای رژیم حرارتی ترمیک[۱] و رژیم رطوبتی آریدیک[۲] و تحت تأثیر فرآیند تخریب فیزیکی شکل گرفته و حاوی گچ و نمک می‌باشد و به شدت تحت تأثیر فرآیند فرسایش آبی و بادی و تخریب قرار دارد. از نظر اقلیمی بر مبنای اقلیم نمای آمبرژه در شرایط خشک و سرد بیابانی طبقه‌بندی می‌شود. متوسط بارندگی سالیانه ۱۲۱ میلیمتر و جهت باد غالب شمال غربی با فراوانی وقوع ۱٦/۹٤درصد و با حداکثر سرعت ۱٦/۳کیلومتر در ساعت می‌باشد. حدود ۱۳۰ کیلومتر مربع (۱٦/۵ درصد) از اراضی منطقه را تپه‌ها و پهنه‌های ماسه‌ای شکل داده است. ارگ[۳] بزرگ اشکذر با وسعتی معادل ۸۹ کیلومترمربع در شمال منطقه با انواع رخساره‌های تخریبی و فرسایشی به چشم می‌خورد که قلمرو وقوع طوفان‌های ماسه‌ای با فراوانی بیش از ۱۰ تکرار در سال با جهت غالب غربی و شمال‌غربی می‌باشد. در عین حال از کل اراضی زراعی منطقه ۱۹۹۵ هکتار (۲٦/۵٪) را اراضی مخروبه حاصل از عملیات انسانی و فرآیند های طبیعی تشکیل داده است (شکل۲) (صادقی روش، ۱۳۸۷)، ، مجموع این ویژگی‌ها بیانگر وضعیت کاملاً تیپیک از نظرگاه بیابان‌زائی در منطقه و بیان کننده لزوم پرداختن به راه‌حل‌های بیابان‌زدایی در این حوزه است.

روش تحقیق

روش تحلیل عاملی یا تجزیه عامل‌ها، روش توسعه یافته تحلیل مولفه‌های اصلی است، که می‌توان از آن برای کاهش پیچیدگی تحلیل متغیرهای اولیه مسئله در مواردی که با حجم زیادی از اطلاعات روبرو هستیم و همچنین برای تفسیر بهتر اطلاعات استفاده کرد (کامدیرن[٤] و همکاران، ۲۰۰۵). با این روش، متغیرهای اولیه به مولفه‌های

[1]Thermic
[2]Aridic
[3]Erg
[4]Camdevyren

جدید و مستقل (با ضرایب همبستگی صفر برای هر دو مولفه) تبدیل می‌شوند و سپس از این مولفه‌ها به جای متغیرهای اولیه استفاده می‌گردد.



شکل ۲. نقشه ژئومرفولوژی منطقه خضرآباد

مولفه‌های جدید، ترکیبی خطی از متغیرهای اولیه هستند (مانلی ، ۱۳۷۳; لیو و همکاران، ۲۰۰۳). به علاوه چون در تشکیل مولفه‌ها از تمام متغیرها استفاده می‌گردد، در نتیجه اطلاعات متغیرهای اولیه با کمترین تلفات به وسیله مولفه‌های حاصل ارائه می‌شود و باعث از دست دادن جنبه‌های اطلاعاتی داده‌های اصلی نمی‌شود (موهان و اراموگام، ۱۹۹۶; کیم و مولر[1]، ۱۳۸۳). در این پژوهش به منظور ارزیابی راهبردهای بیابان‌زدایی در چارچوب روش تحلیل عاملی (PFA) اقدام به انتخاب معیارها و راهبردهای موثر، تعیین وزن نسبی، بی‌مقیاس‌سازی (نرمال‌سازی) داده‌ها و تشکیل ماتریس تصمیم‌گیری راهبردها شد. سپس به منظور تعیین ارجحیت معیارها اقدام به

[1]Kim and Mouler

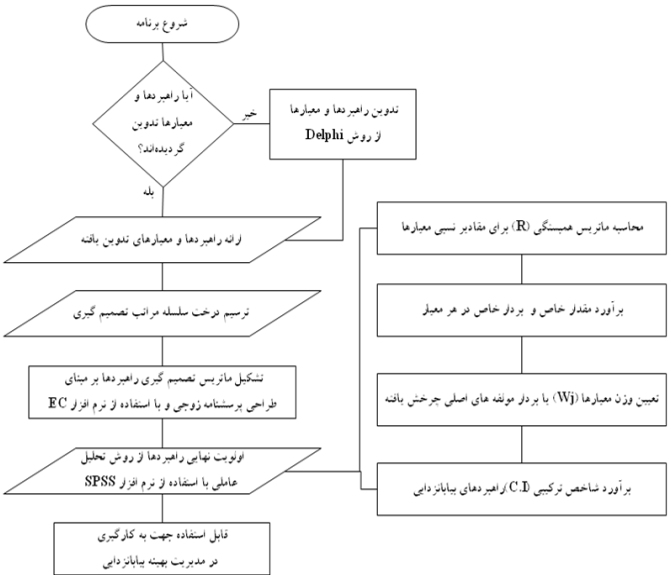
محاسبه همبستگی و تعیین مقدار ویژه برای آنها کردیم و به منظور دستیابی به نتایج بهتر اقدام به چرخش مناسب بر روی ماتریس ضرائب معیارها کرده و بردار حاصل از مولفه‌های اصلی چرخش یافته (دارای بیشترین واریانس) را که بر مبنای مقادیر ویژه معیارها حاصل شده به عنوان اوزان ارجحیت معیارها در نظر گرفته و از ضریب اوزان معیارها و ارزش هر راهبرد در ارتباط با هر معیار، شاخص ترکیبی ارزش راهبردها بر مبنای مجموع معیارهای بیابان‌زدایی به دست آمد (عبدی و ویلیامز[1]، ۲۰۱۰; کلانتری، ۱۳۹۰).

به طور خلاصه مراحل به کارگیری این روش بر طبق فلورچارت[2] یا تصویر کلی منطق برنامه اولویت‌بندی راهبردهای بهینه، در شکل ۳ ارائه گردیده است.

انتخاب معیارها و راهبردهای موثر

انتخاب معیارها و راهبردها از طیف وسیعی از معیارها و راهبردهای مطرح در فرآیند مقابله با بیابان‌زایی به صورت بومی، هم می‌تواند به صورت انفرادی با توجه به تجربه کارشناس، منابع اطلاعاتی، یا مطالعات میدانی صورت پذیرد و یا با استفاده از تکنیک دلفی[3] و با تهیه پرسشنامه از متخصصان آشنا به منطقه مطالعاتی خواسته شود که معیارها و راهبردهای موثر را بیان و در دامنه ۰ تا ۹ امتیازدهی کنند در نهایت با به دست آوردن میانگین امتیازات داده شده به هر معیار یا راهبرد، مواردی که دارای امتیازات کمتر از ۷ بودند ($\overline{X} < ۷$) حذف و معیارها و راهبردهای باقی مانده ($\overline{X} \geq ۷$) به عنوا ن معیارها و راهبردهای موثر در ترسیم درخت سلسله مراتب تصمیم گیری مدنظر قرار می‌گیرد. (آذر و رجب زاده ۱۳۸۲; آذر و معماریانی، ۱۳۸۲)

[1] Abdi and Williams
[2] Flow chart
[3] Delphi



شکل۳. تصویرمنطق برنامه تدوین و اولویت‌بندی راهبردها

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

در ادامه به منظور دستیابی به وزن نسبی[1]، 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 مورد مقایسات زوجی[2] قرار دهند. پس از تشکیل ماتریس مقایسات زوجی کارشناسان، 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 رجب زاده ۱۳۸۲; قدسی پور، ۱۳۸۱)

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

[1]Local Priority
[2]Pire wise

استخراج اوزان راهبردهای موثر بر مبنای جداول مقایسات زوجی گروهی

در این مرحله اعداد جداول ماتریس مقایسات زوجی گروهی اهمیت معیارها و 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.

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

تشکیل ماتریس تصمیم گیری نرمالیزه[1]

در این مرحله مقادیر وزنی اولویت راهبردها (P_{ij}) بر مبنای هر معیار، در قالب ماتریس کلی تصمیم‌گیری (جدول۱) لحاظ می‌شود.

جدول۱. 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 گزینه ها یاراهبردها،n = تعداد معیارها C = عنوان معیار و P_{ij} = مقدار وزنی نرمال که هرگزینه با توجه به معیار مربوطه کسب می کند، می باشد.

ارزیابی اولویت راهبردها با کاربرد مدل تحلیل عاملی

- محاسبه ماتریس همبستگی (R) برای متغیرهای اولیه (مقادیر نسبی معیارها)

این ماتریس، که ماتریسی متقارن است، میزان تغییرات در نمونه و میزان همبستگی N متغیر را با هم نشان می‌دهد. عضوهای روی قطر اصلی این ماتریس، واریانس متغیرهای ورودی و بقیه درایه‌های این ماتریس، کوواریانس بین متغیرهای

[1]Normalized Decision Matrix (NDM)

ورودی است. چون برای تشکیل این ماتریس از داده‌های بی‌مقیاس شده (ماتریس مقایسات زوجی گروهی معیارها(a_{ij})) استفاده شده است، به همین دلیل این ماتریس، معادل ماتریس همبستگی بین متغیرهای ورودی است (نوری و همکاران، ۱۳۸۷; کیم و مولر، ۱۳۸۳).

- محاسبه مقدار خاص (ویژه) (λ) و بردار خاص (ویژه) از ماتریس همبستگی

بدین منظور رابطه زیر حل می شود:

$$\left|R-\lambda I_N\right|=0 \qquad (۳)$$

در این رابطه I_N یک ماتریس واحد با بعد $N\times N$ است. بنابراین می‌توان N مقدار ویژه مرتب شده $\lambda_1 \geq \lambda_2 \geq ....\lambda_P$ را به دست آورد، به طوری که مجموع مقادیر ویژه برابر با N باشد. هر مقدار ویژه با اطلاعات مربوط به آن (بردارهای ویژه) ویژگی‌های یک مولفه را ارائه می‌دهد. هر مولفه نیز درصدی از اطلاعاتی که توسط متغیرهای اولیه بیان می‌شود را در برمی‌گیرد و معادل با بخشی از اطلاعات مسئله است که به صورت عدد و رقم در متغیرهای اولیه نهفته است. هرچه کمیّت عددی مقادیر ویژه بزرگتر باشد، بیانگر این است که مولفه ایجادی از آن نیز درصد بیشتری از اطلاعات متغیرهای اولیه را در بر می‌گیرد (نوری و همکاران، ۱۳۸۷ ; کیم و مولر، ۱۳۸۳). اولین مولفه بیشترین واریانس و آخرین آن کمترین مقدار واریانس را نشان می‌دهد.

- اجرای چرخش مناسب روی ماتریس ضرایب مولفه‌ها و برآورد اوزان شاخص ها

چون در تشکیل هر مولفه از تمام متغیرهای اولیه استفاده می‌شود، تفسیر مولفه‌ها مشکل خواهد بود. به این دلیل، روش‌هایی برای تفسیر ساده‌تر مولفه‌ها به وجود آمده است. این روش‌ها، همان چرخش مولفه‌ها هستند که به دو نوع چرخش عمودی و مایل تقسیم می‌شوند. به دلیل اینکه در روش چرخش عمودی، استقلال بین مولفه‌ها

حفظ می‌شود، این نوع چرخش بیشتر مورد استفاده قرار می‌گیرد. در مطالعات علمی بیشتر از چرخش وریماکس استفاده می‌شود که یکی از روش‌های چرخش عمودی است (سیمونوف[1] و همکاران، ۲۰۰۳). این روش نسبت به بقیه روش‌ها نتایج بهتری را ایجاد می‌کند و به عنوان چرخش استاندارد توصیه می‌گردد. استفاده از چرخش وریماکس برای تفسیر بهتر نتایج می‌باشد (اویانگ[2]، ۲۰۰۵). بنابراین برای دستیابی به نتایج بهتر، بردار حاصل از مولفه‌های اصلی چرخش‌یافته به عنوان وزن شاخص‌ها در نظر گرفته می‌شود (عبدی و ویلیامز، ۲۰۱۰; سیفی و همکاران، ۱۳۸۹). برای اجرای تحلیل عاملی از نرم‌افزارهای آماری مختلفی می‌توان بهره گرفت. در این پژوهش به منظور دستیابی سریع و دقیق نتایج ار نرم افزار $SPSS_{V20}$ استفاده شد.

- محاسبه شاخص ترکیبی (CI) و تهیه نقشه

به منظور ارزیابی راهبردهای بیابان‌زدایی از شاخص ترکیبی (CI) استفاده شد. این شاخص در واقع ترکیبی از بردار مولفه‌های اصلی چرخش یافته یا اوزان معیارها (W_j) (جدول۸) و ارزش هر راهبرد بیابان‌زدایی در ارتباط با هر شاخص (r_{ij}) (جدول۷) است و بر مبنای رابطه خطی ٤ محاسبه شد (عبدی و ویلیامز، ۲۰۱۰; کلانتری، ۱۳۹۰) (جدول ۹).

$$C.I = \sum_{i=1}^{n} r_{ij} \times W_j \qquad (٤)$$

بر طبق مدل تحلیل عاملی، ارزش‌های شاخص ترکیبی برآورد شده از رابطه ٤، بیانگر ضریب اولویت راهبردهای بیابان‌زدایی هستند. از این رو راهبردهایی که بیشترین ضریب اولویت را دارا باشند. از ارجحیت بیشتری برخوردارند و بالعکس.

[1] Simeonov
[2] Ouyang

نتایج و بحث

انتخاب معیارها و راهبردهای مهم واولویت‌دار از نظر گروه و ترسیم درخت سلسله مراتب تصمیم گیری

به منظور دستیابی به معیارها و راهبردهای مهم و اولویت‌دار از میان تعداد بیشمار معیارها و راهبردها در ابتدا با تاکید بر سنجش‌پذیری و قابلیت اندازه‌گیری و سهولت به روزآوری در چارچوب دو فاکتور هزینه و زمان، مواردی از متون معتبر داخلی و خارجی مربوط به مدیریت مناطق بیابانی استخراج شد (جداول۲ و ۳)، سپس طبق مدل دلفی، پرسشنامه‌ای در دو بخش معیارها و راهبردها تنظیم شد. در نهایت با به دست آوردن میانگین امتیازات داده شده به هر معیار یا راهبرد مواردی که دارای امتیازات کمتر از ۷ بودند، حذف و مابقی جهت ترسیم نمودار سلسله مراتب تصمیم گیری به کار رفت (شکل٤).

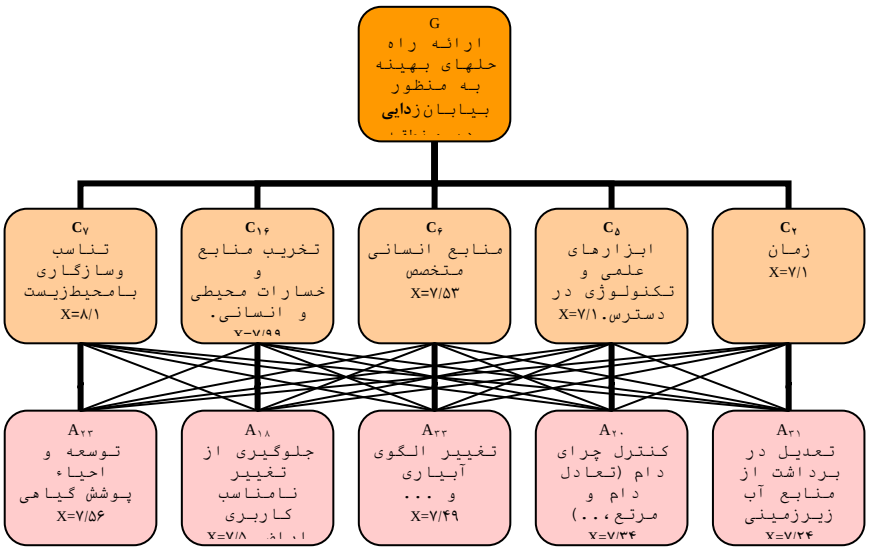
جدول ۲. معیارهای پیشنهادی موثر در ارائه راهبردها به منظور دستیابی به هدف بیابان-زدایی

	معیارها	میانگین ارجحیت		معیارها	میانگین ارجحیت
C_1	هزینه- سود	۵/۳۸	C_9	دولت سالاری در بیابانزدائی	۵/۲۸
C_2	**زمان**	۷/۱	C_{10}	درآمدهای نفتی دولت	۵/۷۲
C_3	مشارکت مردمی	۵/۷۸	C_{11}	مدیریت‌های موقتی	۹/۳۹
C_4	زیبائی چشم انداز	۵/۱	C_{12}	مشکلات مربوط به نوآوری و تغییر روش‌ها	۲/۸٤
C_5	ابزارهای علمی وتکنولوژی دردسترس	۷/۱	C_{13}	راحت طلبی سیستم‌های اداری دولتی	۲/۲۹
C_6	منابع انسانی متخصص	۷/۵۳	C_{14}	فشارهای سیاسی واجتماعی	۵/۳۵
C_7	تناسب و سازگاری با محیطزیست (پایداری)	۸/۱۵	C_{15}	مسائل اورژانسی ناشی ازبیابانزائی	٦/۳٤
C_8	مدیریت سنتی ودانش بومی	۵/۲۳	C_{16}	تخریب منابع وخسارات محیطی وانسانی	۷/۹۹

جدول ۳. راهبردهای پیشنهادی به منظور بیابان‌زدایی

راهبردها	میانگین اولویت	راهبردها	میانگین اولویت
- اصلاح، ایجاد وتقویت زیرساخت‌های اقتصادی – اجتماعی مناطق حاشیه‌ای	۵	$A_{۲۲}$- جلوگیری از بوته‌کنی و قطع اشجار	
A_1 - کاهش نرخ رشد جمعیت	۵/۶۸	$A_{۲۳}$ - توسعه و احیای پوشش گیاهی	۶/۴۶
A_2 - فقر زدایی	۵/۳۷	$A_{۲۴}$ - حفاظت از تاغ زارها (جوان سازی و زاد آوری تاغ‌ها)	۷/۵۶
A_3 - ایجاد و تقویت سازمان‌های روستایی	۶/۷	**- حفاظت خاک**	۶/۷۶
A_4 - افزایش اشتغال	۶/۱	$A_{۲۵}$ - حفاظت از سطوح سنگریزه ای در منطقه (رگ)	۶/۴۵
A_5 - افزایش مشارکت مردمی و حمایت ازNGO ها	۶/۵۶	$A_{۲۶}$ - جلوگیری و کاهش تردد ماشین الات سنگین کشاورزی و صنعتی	۵/۵۷
A_6 - به کارگیری نیروهای بومی و تکنولوژی محلی در طرحها (دانش بومی)	۶/۴۷	$A_{۲۷}$ - ایجاد بادشکن‌های زنده و غیرزنده دارای کاربری حفاظت خاک	۶/۸۶
A_7 - آموزش مردم در بکارگیری روش‌های جدید و استفاده ازدانش روز جهت کاربرد بهینه منابع	۵/۷۳	$A_{۲۸}$ - اصلاح بافت خاک	۴/۶۶
A_8 - تصویب،تقویت واجرای قوانین وتناسب جرم با مجازات	۵/۸۹	**- توسعه کشاورزی پایدار**	۵/۴۲
A_9 - تأمین نیازهای ساکنان بومی	۵/۶	$A_{۲۹}$ - اصلاح روش‌های تناوب زراعی و آیش	۵/۱
A_{10} - تعدیل الگوهای مصرف ناپایدار و تغییر و اصلاح شیوه های معیشتی مردم	۴/۵	$A_{۳۰}$ - اصلاح روش‌های شخم زنی، کوددهی، سمپاشی	۷/۲۴
A_{11} - توجه به نقش زنان و جوانان در بیابان‌زدایی	۵/۲۳	**- توسعه و مدیریت پایدار منابع آب (آبخوانداری)**	۶/۶
A_{12} – سازماندهی نواحی شهری و جلوگیری از مهاجرت	۵/۳۲	$A_{۳۱}$- تعدیل در برداشت از منابع آب زیرزمینی	۷/۴۹
A_{13} - ایجاد هماهنگی بین ادارات و سازمان‌های مسئول در امر بیابان-زدایی و حفاظت محیط زیست	۵/۲۷	$A_{۳۲}$- کاهش مصرف آب (مصرف بهینه آب در مزارع)	۶/۶۴
	۳/۷۹	$A_{۳۳}$ - تغییردر الگوی آبیاری و اجرای روش‌های کم آبخواه	۶/۰۸
	۷/۵	$A_{۳۴}$ - تبدیل سیستم های آبیاری از سنتی با بازده کم به مدرن و تحت فشار با بازده زیاد	۵/۳
	۶/۴۴	$A_{۳۵}$ - جمع آوری و استحصال بهینه منابع آب (شامل: ایزوله نمودن انهار، مرمت و لایروبی قنات ها، استفاده از کانال‌ها و مجاری، تعبیه آب انبارها و استخرها ، نمک زدایی از آب‌های لب شور و شور و غیره)	۳/۴۷
	۷/۳۴	$A_{۳۶}$ - تغذیه آبهای زیرزمینی	۶/۲
	۶/۶	$A_{۳۷}$ - احداث شبکه‌های پخش سیلاب و استفاده از آبرفت آن	۶
		$A_{۳۸}$ - ایجاد بارشهای مصنوعی جهت تغذیه آبخوانه‌ها	
		$A_{۳۹}$ - ترویج و گسترش کشت گلخانه‌ای و تحت کنترل از	

A_{14}- بالا بردن نرخ باسوادی A_{15}- توسعه طبیعت‌گردی بیابانی A_{16}- استفاده چند منظوره از بیابان به جای استفاده موردی A_{17} – سپردن مسئله بیابان‌زدایی به بخش خصوصی A_{18} – جلوگیری از تبدیل و تغییر نامناسب کاربری اراضی A_{19} – تهیه نقشه آمایش سرزمین و تعیین محدوده‌های بیابانی و حواشی کویرها و بیابان‌ها **- حفاظت از پوشش گیاهی** A_{20} – کنترل چرای دام (تعادل دام و مرتع، تناسب نوع دام، جلوگیری از چرای خاج از فصل و غیره) A_{21} – تولید علوفه و افزایش پتانسیل اقتصاد پایدار دامدار		نظر مصرف آب و تبخیر و تعرق A_{4}. – معرفی ارقام گیاهی جدید و مقاوم به خشکی وتنش های کم آبی از طریق مهندسی ژنتیک	



شکل٤. درخت سلسله مراتب تصمیم گیری به منظور ارائه راه حل‌های 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 (جدول٤) و اولویت راهبردها نسبت به تک تک معیارها (جدول٥) از نظر گروه با استفاده از نرم افزار EC به دست آمد.

جدول ٤. ماتریس مقایسات زوجی گروهی معیارها نسبت به هدف " ارائه راهبردهای بهینه بیابان‌زدایی"

G	$C_{۷}$	$C_{۱٦}$	$C_{٦}$	$C_{٥}$	$C_{۲}$
$C_{۷}$	۱	۱/۲٤٥۱	۲/٥٥۸۸	۲/٥٥۳۸	۳/۳۸۹٥
$C_{۱٦}$	۰/۸۰۳۱	۱	۲/۳۳٥٥	۳/۰۷۷۳	۳/۰۸۰۲
$C_{٦}$	۰/۳۹۰۸	۰/٤۲۸۲	۱	۱/۷٤۲۰	۲/۰٤٤۷
$C_{٥}$	۰/۳۹۱٦	۰/۳۲٥۰	۰/٤۱/٥۷	۱	۱/۳۱۷۸
$C_{۲}$	۰/۲۹٥۰	۰/۳۲٤۷	۰/٤۸۹۱	۰/۷٥۸۸	۱

جدول ٥. ماتریس مقایسات زوجی گروهی راهبردها نسبت به معیار " تناسب وسازگاری با محیط زیست "

$C_{۷}$	$A_{۳۳}$	$A_{۱۸}$	$A_{۳۳}$	$A_{۲۰}$	$A_{۳۱}$
$A_{۳۳}$	۱	۱/۱۱	۱/٥۷۲۸	۱/۲٦۷۹	۰/۹۳۲۰
$A_{۱۸}$	۰/۹۰۰۹	۱	۲/۳۷۳۳	۱/٥۹٥۷	۱/۳۰۲۱
$A_{۳۳}$	۰/٦۳٥۸	۰/٤۲۱۳	۱	۱/۲۰٦۹	۱/۰٥۹۹
$A_{۲۰}$	۰/۷۸۸۷	۰/٦۲٦۷	۰/۸۲۸٦	۱	۰/۸٦۷۳
$A_{۳۱}$	۱/۰۷۳۰	۰/۷٦۸۰	۰/۹٤۳٤	۱/۱٥۳۰	۱

محاسبه وزن نسبی راهبردها و تشکیل ماتریس تصمیم‌گیری گروهی(DM[1])

با انجام عمل نرمال‌سازی و محاسبه میانگین موزون، اولویت راهبردهای بیابان‌زدایی بر حسب هر معیار در منطقه مطالعاتی از نظر گروه به دست آمد(جدول٦).

جدول ٦. ماتریس نرمال شده اعداد جدول مقایسات زوجی گروهی اولویت راهبردها نسبت به معیار " تناسب وسازگاری با محیط زیست"

اولویت ر اهبردها (P_i)	$A_{۳۱}$	$A_{۲۰}$	$A_{۳۳}$	$A_{۱۸}$	$A_{۲۳}$	$C_۷$
۰/۲۲۵۷	۰/۱۸۰٦	۰/۲۰۳۷	۰/۲۳٤۱	۰/۲۸۲۷	۰/۲۲۷٤	$A_{۲۳}$
۰/۲٦٤۳	۰/۲۵۲۳	۰/۲۵٦٤	۰/۳۵۳۳	۰/۲۵٤۷	۰/۲۰٤۸	$A_{۱۸}$
۰/۱۵۹۹	۰/۲۰۵٤	۰/۱۹۳۹	۰/۱٤۸۸	۰/۱۰۷۳	۰/۱٤٤۵	$A_{۳۳}$
۰/۱۵۸۲	۰/۱٦۸۰	۰/۱٦۰۷	۰/۱۲۳۳	۰/۱۵۹٦	۰/۱۷۹۳	$A_{۲۰}$
۰/۱۹۱۸	۰/۱۹۳۷	۰/۱۸۵۳	۰/۱٤۰٤	۰/۱۹۵٦	۰/۲٤۳۹	$A_{۳۱}$

مطابق جداول اوزان نسبی راهبردها (جدول٦) ملاحظه شد که بر حسب هر معیار راهبردهای انتخابی متفاوت هستند، از این رو به منظور انتخاب نهائی راهبردها و درجه‌بندی اولویت آنها، ماتریس تصمیم‌گیری راهبردهای بهینه بیابان‌زدایی از نظر گروه (جدول۷) شکل گرفت. سپس، اهمیت معیارهای مطرح در ارائه راهبردهای بیابان‌زدایی از روش بردار ویژه طی مراحل ذیل برآورد شد و در نهایت بر مبنای مدل تحلیل عاملی، اولویت نهایی راهبردها از نتایج حاصل از اهمیت معیارها و اولویت راهبردهای حاصل شده، تعیین شد.

[1]Decision Matrix

جدول ۷. ماتریس تصمیم گیری راهبردهای بهینه بیابان‌زدایی از نظر گروه

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

رتبه بندی نهایی اولویت راهبردهای بیابان‌زدایی

مطابق ادبیات تحقیق با استفاده از نرم افزار $SPSS_{V20}$ مقدار خاص و بردار خاص را برای معیارهای مدنظر به دست آوردیم. مقدار ویژه هر معیار برابر واریانس محاسبه شده برای آن معیار است. این مقادیر ویژه بر اساس روند نزولی استخراج می شوند (جانسون و همکاران، ۱۳۷۸). هر چه کمیت عددی مقادیر ویژه بزرگتر باشد بیانگر این است که معیارهای ایجادی از آن نیز درصد بیشتری از اطلاعات را دربر می‌گیرند. بنابراین در اینجا بردار حاصل از مولفه‌های اصلی دارای بیشترین واریانس چرخش‌یافته را که بر مبنای مقادیر ویژه حاصل شد به عنوان وزن معیارها در نظر گرفتیم (جدول ۸) (عبدی و ویلیامز، ۲۰۱۰; کلانتری ، ۱۳۹۰).

پس از تعیین بردار حاصل از مولفه‌های اصلی چرخش یافته یا وزن شاخص‌ها، شاخص ترکیبی (CI) که بیانگر اولویت راهبردهاست. از مجموع سطری اولویت هر راهبرد در رابطه با هر معیار از لحاظ بیابان‌زدایی(r_{ij}) یا ماتریس تصمیم‌گیری (جدول ۷) در ضریب اوزان شاخص‌ها موثر در ارائه راهبردهای بیابان‌زدایی در مقایسه با هم (W_j) (جدول۸) و بر مبنای رابطه ۲ به تفکیک هر راهبرد محاسبه شد (جدول۹) (عبدی و ویلیامز، ۲۰۱۰; کلانتری ، ۱۳۹۰).

جدول ۸. مقدار خاص و بردار حاصل از مولفه های چرخش‌یافته معیارهای موثر در ارائه راهبردها

شاخص‌های موثر در بیابان-زایی	مقدار ویژه	درصد واریانس	واریانس تجمعی (٪)	بردار مولفه های اصلی
$C_{۷}$	۲/۵۰٦	۵۰/۱۲۲	۵۰/۱۲۲	۰/۸٤٤
$C_{۱٦}$	۱/۷۲۰	۳٤/٤۰۸	۸٤/۵۳۰	-۰/۹٦۱
$C_{٦}$	۰/۷۳۲	۱٤/٦۳۰	۹۹/۱٦۱	۰/۷۲۱
$C_{۵}$	۰/۰٤۲	۰/۸۳۹	۱۰۰/۰۰	۰/۹۸۷
$C_{۲}$	$-۱/٤۲۳^{-۱٦}$	$-۲/۸٤۷^{-۱۵}$	۱۰۰/۰۰	۰/۷۱۸

جدول۹. اولویت راهبردهای بیابان‌زدایی

راهبردها(A) ▼	شاخص ترکیبی (C.I)
$A_{۲۳}$	۰/٦۱۲۲
$A_{۱۸}$	۰/٤۳۹۱
$A_{۳۳}$	۰/۵۱۰۲
$A_{۲۰}$	۰/۳۷۱۱
$A_{۳۱}$	۰/۳۷٤٤

نگاهی به این جدول نشان می‌دهد که راهبرد توسعه و احیاء پوشش گیاهی($A_{۲۳}$) با ضریب اولویت ۰/٦۱۲۲ ارجحترین راهبرد و راهبردهای تغییردر الگوی آبیاری و اجرای روش‌های کم آبخواه ($A_{۳۳}$) و جلوگیری از تبدیل و تغییر نامناسب کاربری اراضی($A_{۱۸}$) به ترتیب با ضرائب اولویت ۰/۵۱۰۲ و ۰/٤۳۹۱، در رده‌های بعدی قرار می‌گیرند.

نتیجه‌گیری

این پژوهش در چارچوب تکنیک‌های آماری چند متغییره[1]، مدل تحلیل عاملی را ارئه کردیم که در آن راهبردهای بیابان‌زدایی در چارچوب روش‌های تصمیم گیری چند معیاره و بر پایه نظرسنجی از خبرگان مورد ارزیابی و رتبه‌بندی اولیه قرار گرفتند، سپس به منظور تعیین اهمیت معیارها از روش تحلیل عاملی استفاده شد. از آنجا که مطابق ادبیات پژوهش ارجحیت معیارها (W_j) با نظرخواهی از صاحب‌نظران برآورد شد، از این رو نتایج نهایی به دست آمده، بر خلاف پژوهش‌های انجام شده همانند ارزیابی راهبردها با کاربرد مدل مجموع وزنی که صرفا اهمیت معیارها بر مبنای آنتروپی و بدون نظر خواهی گروهی برآورد می‌شد، از صحت بیشتری برخوردار بوده و نتایج حاصله مطابق مدل‌های فرآیند تحلیلی سلسله مراتبی، تاپسیس، الکترا، پرومته، بردا و پرموتاسیون در ارزیابی راهبردهاست که ارزیابی معیارها را بر مبنای مقایسات زوجی و نظر خواهی گروهی انجام می‌دادند. همچنین از آنجا که در این روش در تشکیل مولفه‌ها از تمام متغیرها استفاده می‌گردد، در نتیجه اطلاعات متغیرهای اولیه با کمترین تلفات به وسیله مولفه‌های حاصل ارائه می‌شود و باعث از دست دادن جنبه‌های اطلاعاتی داده‌های اصلی نمی‌شود که خود بر صحت نتایج می‌افزاید.

به طور کلی با توجه به نتایج اولویت‌بندی نهائی راهبردها می‌توان بیان داشت که در صورت اجرای راهبردهای، توسعه و احیاء پوشش گیاهی($A_{۲۳}$)، جلوگیری از تبدیل و تغییر نامناسب کاربری اراضی($A_{۱۸}$)، تغییردر الگوی آبیاری و اجرای روش‌های کم آبخواه ($A_{۳۳}$) و جلوگیری از تبدیل و تغییر نامناسب کاربری اراضی($A_{۱۸}$)، می‌توان به طور جدی از بیابانی شدن اراضی منطقه جلوگیری و نسبت به احیاء اراضی تخریب یافته اقدام کرد.

[1]Multivariate Statistical Techniques (MST)

نتایج این پژوهش به مدیران مناطق بیابانی این امکان را می دهد 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.

منابع

اثنی عشری، ابوالقاسم، (۱۳۸۷)، رتبه بندی و سطح بندی فعالیتهای صنعتی، پیک نور، سال پنجم، شماره چهارم، صص ۱٤۸ تا ۱٦۳.

آذر، عادل و عزیز اله معماریانی، (۱۳۸۲)، AHP تکنیکی نوین برای تصمیم‌گیری گروهی، مجله دانش مدیریت، شماره ۲۸، صص ۲۲ تا ۳۲.

آذر، عادل و علی رجب زاده، (۱۳۸۲)، تصمیم گیری کاربردی رویکرد (MADM)، نشرنگاه دانش، چاپ اول، تهران، ۱۸۳ صفحه.

اصغرپور، محمد جواد، (۱۳۸۹)، تصمیم‌گیری‌های چند معیاره، انتشارات دانشگاه تهران، چاپ هشتم، تهران، ٤۰۰ صفحه.

افندی زاده، شهریار و امیر مسعود رحیمی، (۱۳۸۹)، انتخاب عوامل موثر بر تقاضای سفر با اتوبوس‌های بین شهری، پژوهش‌های حمل و نقل، سال ۷، شماره اول، صص ۱ تا۱۰.

تقوایی، مسعود و عیسی بهاری، (۱۳۹۱)، سطح‌بندی و سنجش درجه توسعه یافتگی شهرستان‌های استان مازندران با استفاده از مدل تحلیل عاملی و تحلیل خوشه‌ای، جغرافیا و برنامه ریزی محیطی، سال ۲۳، پیاپی ٤۸، شماره ٤، صص ۱۵ تا ۳۸.

دیرکوند مقدم، اشرف، عطاء الله هاشمیان، کورش سایه میری و فرناز سهیلی، (۱۳۹۲)، عوامل موثر بر میزان رضایتمندی از ارائه مراقبت های درمانی با استفاده از تحلیل عاملی در مراجعین بخش اورژانس بستری بیمارستان‌های دولتی شهر ایلام در سال

۸۹. مجله علمی سازمان نظام پزشکی جمهوری اسلامی ایران، دوره ۳۱، شماره ۱، صص ۳٤ تا ۳۹.

زارع چاهوکی، محمد علی، (۱۳۸۹)، روش‌های تحلیل چند متغیره در نرم افزار SPSS، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه تهران، ۳٦ صفحه.

زبردست، اسفندیار، احمد خلیلی و مصطفی دهقانی، (۱۳۹۲)، کاربرد روش تحلیل عاملی در شناسایی بافتهای فرسوده شهری، نشریه هنرهای زیبا- معماری و شهر سازی، دوره ۱۸، شماره ۲، صص ۲۷ تا ٤۲.

شمسایی، رضا، پدرام پیوندی، سعید فتاحی، (۱۳۹۲)، روش‌های تحلیل عاملی و خوشه بندی K-Means برای استخراج متغییرهای مهم اندازه گیری و گروه بندی شکل بدن، علوم و فناوری نساجی، سال سوم، شماره ۳، پیاپی۸، صص ۱۱ تا ۱٦.

صادقی‌روش، محمد حسن، (۱۳۸۷)، بررسی عوامل تأثیرگذار بیابان‌زایی در تخریب محیط زیست، احمدی، حسن، زهتابیان، غلامرضا، رساله دکتری رشته محیط زیست،. دانشگاه آزاد، واحد علوم وتحقیقات تهران، گروه مدیریت محیط زیست.

صادقی‌روش، محمد حسن، (۱۳۹۲)، ارزیابی راهبردهای بیابان‌زدایی با کاربرد مدل پروموتاسیون مطالعه موردی: منطقه خضرآباد یزد، مجله مدیریت و برنامه‌ریزی محیط‌زیست، سال سوم، شماره۱۰، صص ۱ تا ۱۰.

صادقی‌روش، محمد حسن، (۱۳۹۳)، ارزیابی راهبردهای مقابله با بیابانی شدن با کاربرد مدل رتبه‌بندی بردا، مطالعه موردی: منطقه خضرآباد یزد، مجله مدیریت و برنامه‌ریزی محیط‌زیست، شماره ۱، صص ۱۳ تا ۲٤.

صادقی‌روش، محمد حسن، حسن احمدی، غلامرضا زهتابیان و محمد طهمورث، (۱۳۸۹)، کاربرد فرآیند تحلیلی سلسله مراتبی (AHP) در ارزیابی راهبردهای بیابان‌زدایی. فصلنامهٔ علمی پژوهشی تحقیقات مرتع و بیابان ایران، جلد۱۷، شماره ۱، صص ۳۵ تا۵۰.

صادقی‌روش، محمد حسن، و حسن خسروی، (۱۳۹٤)، کاربرد فرآیند تحلیل شبکه‌ای(ANP) در ارزیابی راهبردهای بیابانزدایی، مهندسی اکوسیستم‌های بیابانی، سال چهارم، شماره ۸، صص ۱۱ تا ۲٤.

صادقی‌روش، محمد حسن، و حسن خسروی، (۱۳۹۵)، ارزیابی راهبردهای بیابان‌زدایی با کاربرد روش رتبه‌بندی بردای فردی، مهندسی اکوسیستم های بیابانی، سال ۵، شماره ۱۲. صص ۱۰۹ تا ۱۲۱.

صادقی‌روش، محمد حسن و غلامرضا زهتابیان، (۱۳۹۲)، رتبه‌بندی راهبردهای بیابان‌زدایی با استفاده از رویکرد MADM و مدل مجموع وزنی (WSM) مطالعه موردی: منطقه خضرآباد یزد، مجله پژوهش‌های آبخیزداری. شماره ۱۰۰، صص ۲ تا ۱۱.

صادقی‌روش، محمد حسن، غلامرضا زهتابیان و محمد طهمورث، (۱۳۹۱)، ارزیابی آسیب‌پذیری زیست محیطی نسبت به خطر بیابان‌زایی مطالعه موردی منطقه خضرآباد یزد. مجله پژوهش‌های آبخیزداری (پژوهش و سازندگی)، شماره ۹٦، صص ۷۵ تا ۸۷.

صادقی‌روش، محمد حسن و محمد طهمورث، (۱۳۹۳)، ارزیابی راهبردهای بیابان‌زدایی با کاربرد مدل تاپسیس فازی (FTOPSIS)، فصلنامه علوم و مهندسی محیط زیست، سال اول، شماره۳، صص ۷۹ تا ۹٤.

غنچی، مستانه، سید محمود حسینی و یوسف حجازی، (۱۳۹۱) تحلیل عاملی مولفه‌های مدیریتی تاثیرگذار بر کیفیت آموزش عالی از دیدگاه اعضای هیات علمی پردیس های کشاورزی دانشگاه تهران، پژوهش‌های ترویج و آموزش کشاورزی، سال پنجم، شماره ۲، صص ۱ تا ۱۸.

قدسی پور، سید حسن، (۱۳۸۱)، فرآیند تحلیل سلسله مراتبی(AHP)، انتشارات دانشگاه امیرکبیر، چاپ دوم، تهران، ۲۲۰ صفحه.

کلانتری، خلیل، (۱۳۹۰)، برنامه‌ریزی و توسعه منطقه‌ای، تئوری‌ها و تکنیک‌ها، انتشارات خوشبین، تهران، ۲۸۸ صفحه.

کیم، جی آن و چارلز مولر(۱۳۸۳) مقدمه ای بر تحلیل عاملی و شیوه بکارگیری آن، ترجمه صادق بختیاری و هوشنگ طالبی، انتشارات دانشگاه اصفهان، چاپ اول، اصفهان، ۱۲۰ صفحه.

مانلی، بی. اف. جی (۱۳۷۳)، آشنایی با روش‌های آماری چند متغییره، ترجمه محمد مقدم، ابوالقاسم محمدی شوطی و مصطفی آقایی سربرزه، انتشارات پیشتاز علم، ۲۰۸ صفحه.

نظم فر، حسین و اکبر گلدوست، (۱۳۹۳)، پهنه‌بندی آب و هوایی شمال و شمال غرب ایران با استفاده از تحلیل عاملی و تحلیل خوشه‌ای، فضای جغرافیایی، سال چهادرهم، شماره ٤٨، صص ١٤٧ تا ١٦١.

نوری، روح الله، خسرو اشرفی و ابوالفضل اژدرپور، (۱۳۸۷)، مقایسه کاربرد روش‌های شبکه عصبی مصنوعی و رگرسیون خطی چند متغیره بر اساس تحلیل مولفه‌های اصلی برای پیش‌بینی غلظت میانگین روزانه کربن مونوکسید: بررسی موردی شهر تهران، مجله فیزیک زمین و فضا، شماره ٣٤، صص ١٥٢ تا ١٣٥.

Abdi, H., and Williams, L. J. (2010). Principal component analysis, Interdisciplinary Reviews: Computational Statistics, Jhon Wiley & Sons, 2nd ed: 433–459. doi:10.1002/wics.101.

Camdevyren, H. Demyr, N., Kanik, A., and Keskyn, S. (2005). Use of principal component scores in multiple linear regression models for prediction of Chlorophyll-a in reservoirs, Ecological Modelling. 181, 581-589.

Grau. J. B., Anton, J. M., Tarquis, A. M., Colombo, F., Rios, L., and Cisneros, J. M. (2010). Mathematical model to select the optimal alternative for an integral plan to desertification and erosion control for the Chaco Area in Salta Province (Argentine). Journal of Biogeosciences Discuss, 7, 2601–2630.

Liu, C. W., Lin, K. H., and Kuo, Y. M. (2003). Application of factor analysis in the assessment of groundwater qualityy in a blackfoot disease area in Taiwan. The Science of the Total Environment, 313, 77-89.

Mohan, S., and Arumugam, N. (1996). Relative importance of meteorological variables in evapotranspiration: Factor analysis approach, Journal of Water Resource Management, 10, 1-20.

Moller, S., and Einax, J. W. (2015). Significance of the factor analysis due to decreasing anthropogenic pollution-exemplified by river sediments. Environmental Monitoring and Assessment. 187 (266), 2-8.

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

Sadeghi Ravesh, M. H., Khosravi, H., and Abolhasani, A. (2016a). Evaluation of Combating Desertification Alternatives using PROMETHEE Model, Journal of Geography and Geology, 8 (2) (In Press).

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

Sadeghi Ravesh, M. H., Khosravi, H., and Ghasemian, S., (2016 b). Assessment of combating strategies using the Liner Assignment method, Journal of Solid Earth, 7, 673-683.

Sadeghi Ravesh, M. H., Zehtabian, G. R., Ahmadi, H., and 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, 7(3), 51-60.

Sepehr. A., and 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, 8, 58-71.

Shrestha, K. F., and Nakamura, T. (2008). Use of principal component analysis, factor analysis and discriminate analysis to evaluate spatial and temporal variations in water quality of the Mekong River, Journal of Hydro-informatics, 10, 43-56.

Varol, M., and Sen, B. (2009). Assessment of surface water quality using multivariate statistical techniques: a case study of Behrimaz steream, Turky. Environmental Monitoring AssessmentT 159, 543-553.

Voudouris, K. S., Lambrikis, N. J., Papatheodorou, G., and Daskalaki, P. (1997). An application of factor analysis for the study of the hydrological conditions in Pilo-Pleistocene aquifers of NW Achaia (NW Peloponnesus, Greece). Journal of Mathematical Geology, 29(1), 43-59.

Wat, F. K. T., and Ngai, T. C. E. (2005). Potential risks to e-commerce development using exploratory factor analysis. International Journal of Services Technology and Management, Vol. 6, No.1, pp. 55-71.

Wunesch, K. L. (2006). Factor analysis, Department of Psychology, East Carolina University, United States.