

کاربرد فرایند تحلیل شبکه‌ای (ANP) در ارزیابی راهبردهای بیابان‌زدایی

محمد حسن صادقی‌روش^{۱*}، حسن خسروی^۲

تاریخ دریافت: ۹۴/۶/۷

تاریخ پذیرش: ۹۴/۸/۲۰

چکیده

انتخاب بهترین راهبردهای بیابان‌زدایی براساس معیارهای مؤثر، تأثیر بسزایی در تصمیم‌سازی مدیران مناطق بیابانی دارد. لذا مطالعه حاضر به دنبال مهم‌ترین راهبردهای بیابان‌زدایی بر مبنای روش‌های کمی و وزنی است. اغلب روش‌های مطرح در ارزیابی راهبردهای بیابان‌زدایی به وابستگی و ارتباط بین معیارها و راهبردها در سطوح تصمیم‌گیری نمی‌پردازد، بلکه فقط معیارها و راهبردها را با ساختار سلسله‌مراتبی و از بالا به پایین سطح‌بندی و اوزان آن‌ها را مشخص می‌کند، اما روابط داخلی پیچیده بین معیارها و راهبردها و تأثیر آن‌ها بر دستیابی به هدف نهایی الزاماً تحلیل شبکه‌ای را می‌طلبد. در این مطالعه برای رفع این نیاز از مدل فرایند تحلیل شبکه‌ای (ANP) استفاده شد. در روش مذکور برای مدل‌سازی و تجزیه و تحلیل داده‌ها، ماتریس وابستگی‌های درونی و بیرونی راهبردها و معیارها محاسبه شد و با استفاده از مدل شبکه طراحی شده، راهبردها تعیین وزن و مهم‌ترین راهبردها ارزیابی شدند. در نتیجه ارزیابی‌های به‌عمل‌آمده مشخص شد که از میان ۱۶ معیار و ۴۰ راهبرد نهایی نظرخواهی شده، راهبرد توسعه و احیاء پوشش گیاهی (A_{33})، با مطلوبیت کلی $D_i = 0/2249$ ، مهم‌ترین راهبرد در فرایند بیابان‌زدایی منطقه است و راهبردهای جلوگیری از تبدیل نامناسب کاربری اراضی (A_{18}) با مطلوبیت کلی $D_i = 0/2245$ و تعدیل در برداشت از منابع آب زیرزمینی (A_{31})، با مطلوبیت کلی $D_i = 0/1852$ ، به ترتیب در اولویت‌های بعدی قرار می‌گیرند. بنابراین پیشنهاد شد که در طرح‌های کنترل و کاهش اثرات بیابان‌زایی و احیاء اراضی تخریب‌یافته، نتایج و رتبه‌بندی به‌دست‌آمده مورد توجه قرار گیرد.

کلمات کلیدی: بیابان‌زدایی، تصمیم‌گیری چند معیاره، فرایند تحلیل شبکه‌ای، مقایسه زوجی.

۱. استادیار گروه محیط زیست، دانشکده کشاورزی، دانشگاه آزاد اسلامی واحد تاکستان، ایران / Email: m.sadeghiravesh@tiau.ac.ir

۲. استادیار گروه بیابان‌زدایی، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه تهران، ایران

مقدمه

سرعت روند بیابان‌زایی و تخریب آشیان‌های اکولوژیک اکوسیستم‌های طبیعی یکی از دغدغه‌های اساسی مدیران و برنامه‌ریزان عرصه‌های منابع طبیعی کشور در دهه اخیر مطرح شده است. بنابراین با توجه به محدودیت منابع و نهاده‌ها، افزایش ضریب موفقیت در اجرای طرح‌های کنترل و کاهش اثرات بیابان‌زایی و احیاء اراضی تخریب‌یافته و حساسیت اکوسیستم‌های مناطق بیابانی، امروزه جای بحثی درباره این موضوع که ارزشیابی راهبردهای بیابان‌زدایی باید به‌عنوان عامل تعیین‌کننده در پروژه‌های اجرایی بیابان‌زدایی مد نظر قرار گیرد، نگذارده است. لذا از آنجاکه ارزیابی راهبردهای مطرح در کنترل پدیده بیابان‌زایی و ارائه راهبردهای بهینه دارای ابعاد پیچیده و چندگانه می‌باشند، شیوه‌های تصمیم‌گیری چندمعیاره (MADM^۱) که هدفشان انتخاب بهترین جواب از بین راه‌حل‌های متنوع و با توجه به معیارهای کمی و کیفی مختلف است، مورد توجه قرار گرفت. از این‌رو هدف از این پژوهش، ارزیابی راهبردهای بیابان‌زدایی به‌منظور دستیابی به راهبردهای بهینه در چارچوب مدیریت پایدار مناطق بیابانی است. برای دستیابی به این هدف، در چارچوب مدل‌های تصمیم‌گیری چندمعیاره، روش تحلیلی شبکه‌ای (ANP^۲) (ساعتی، ۱۹۹۶)، به‌منظور رتبه‌بندی راهکارهای بیابان‌زدایی مدنظر قرار گرفت.

با مطالعه منابع تحقیقاتی پیشینه به‌کارگیری مدل‌های تصمیم‌گیری در ارائه راهبردهای بهینه در چارچوب مدیریت مناطق بیابانی به کارهای گرایو^۳ و همکاران، صادقی‌روش و همکاران و و سپهر و پرویان محدود می‌شود. Grau در پژوهش خود به‌منظور انتخاب راهبردهای بهینه به‌منظور ارائه طرحی یکپارچه جهت کنترل فرسایش و بیابان‌زایی از سه

مدل تصمیم‌گیری، انتخاب حذفی در ترجمه به واقعیت (ELECTRE^۴)، فرایند تحلیلی سلسله‌مراتبی (AHP^۵) و روش ساختاریافته رتبه‌بندی ترجیحی برای غنی‌سازی ارزیابی‌ها (PROMETHEE^۶) استفاده کرد (گرایو و همکاران، ۲۰۱۰). نتایج حاصل نشانگر کارایی بالای این مدل‌ها در ارائه راهبردهای بهینه بیابان‌زدایی بود و با وجود روش‌های پیچیده مورد استفاده در هر مدل، نتایج حاصل تا حدود زیادی یکسان بود. صادقی‌روش نیز با کاربرد مدل‌های AHP (صادقی‌روش و همکاران، ۲۰۱۲)، تکنیک اولویت‌بندی ترجیحی براساس تشابه به پاسخ‌های ایدئال (TOPSIS^۷) (Sadeghi Ravesh et al, 2012)، مدل مجموع وزنی (WSM^۸) (صادقی‌روش و همکاران، ۲۰۱۳)، جای گشت^۹ (صادقی‌روش، ۲۰۱۳)، تکنیک اولویت‌بندی ترجیحی براساس تشابه به پاسخ‌های ایدئال فازی (FTOPSIS^{۱۰}) (صادقی‌روش و طهمورث، ۲۰۱۴)، ELECTRE (Sadeghi Ravesh and Khosravi, 2014)، بردا^{۱۱} (صادقی‌روش، ۲۰۱۴)، روش تحلیلی سلسله‌مراتبی فازی (FAHP^{۱۲}) (صادقی‌روش و همکاران، ۲۰۱۵) و روش تخصیص خطی (LA^{۱۳}) (صادقی‌روش و همکاران، ۲۰۱۶) به اولویت‌بندی راهبردهای بیابان‌زدایی در منطقه خضرآباد پرداخت. نتایج حاصل از این مطالعات یکسان و تا حدود زیادی مشابه نتایج حاصل از پژوهش انجام‌شده است. سپهر و پرویان نیز با کاربرد مدل نارتبه‌ای PROMETHEE ضمن پهنه‌بندی آسیب‌پذیری بیابان‌زایی در اکوسیستم‌های استان خراسان

4. Elimination et Choice Translating Reality
5. Analytical Hierarchy Process
6. Preference Ranking Organization METHod For Enrichment Evaluation
7. Technique for Order Preference by Similarity to Ideal Solution
8. Weighted Sum Model
9. PERMUTATION
10. Fuzzy Technique for Order Preference by Similarity to Ideal Solution
11. BORDA
12. Fuzzy Analyzes Hierarchy Process
13. Linear Assignment

1. Multi Attribute Decision Making
2. Analytical Network Process
3. Grau

رضوی، به ارزیابی راهبردهای مقابله با بیابانزایی اقدام کردند (سپهر و پرویان^۱، ۲۰۱۱).

فرض اصلی در تمامی این مدل‌ها وجود استقلال زیرمعیارها یا معیارها با هم است. در این روش‌ها ساختار سلسله‌مراتبی برای تمام مسائل در نظر گرفته می‌شود و روابط درونی بین معیارها و همچنین میان معیارها و گزینه‌ها در نظر گرفته نمی‌شود (شفابخش و همکاران، ۲۰۱۲). این در حالی است که در بسیاری از موارد تنها معیارها و راهبردها از هم مستقل نیستند، بلکه گاهی اوقات میان بعضی از عوامل روابط و وابستگی‌هایی وجود دارد (ملکی و همکاران، ۲۰۱۰). از این رو برآورد اولویت راهبردها بدون در نظر گرفتن وابستگی‌های درونی، منجر به دستیابی به نتایج غیرواقعی خواهد شد. بنابراین در این پژوهش به منظور دستیابی به نتایج دقیق‌تر و دارای ضریب اطمینان بیشتر از روش فرایند تحلیل شبکه‌ای به منظور ارزیابی راهبردها استفاده شده است.

ارزیابی خطر در تولید انرژی تجدیدپذیر از زیست توده‌های کشاورزی (ریوزا^۷ و همکاران، ۲۰۱۳) اشاره کرد.

همچنین در سال‌های اخیر، تحقیقاتی در این چارچوب در کشور مورد توجه قرار گرفته که از جمله می‌توان به مکان‌یابی محل دفن پسماند (افضلی و ولی‌سامانی، ۲۰۱۱)، رتبه‌بندی شعب بانکی (جبل‌عاملی و رسولی‌نژاد، ۲۰۱۰)، تعیین عرصه‌های مناسب برای تغذیه مصنوعی (فرجی سبکبار و همکاران، ۲۰۱۰)، تدوین استراتژی یکپارچه محیط‌زیستی پارک جنگلی صفارود (گیلعسگر و همکاران، ۲۰۱۱)، ارزیابی اولویت‌های منظر فضاهای عمومی شهر عسویه (کیانی و سالاری، ۲۰۱۱)، مکان‌یابی مراکز اسکان موقت با استفاده از ANP و GIS (داداش‌پور و همکاران، ۲۰۱۲)، شناسایی و اولویت‌بندی نقاط حادثه‌خیز (شفابخش و همکاران، ۱۳۹۱) اشاره کرد.

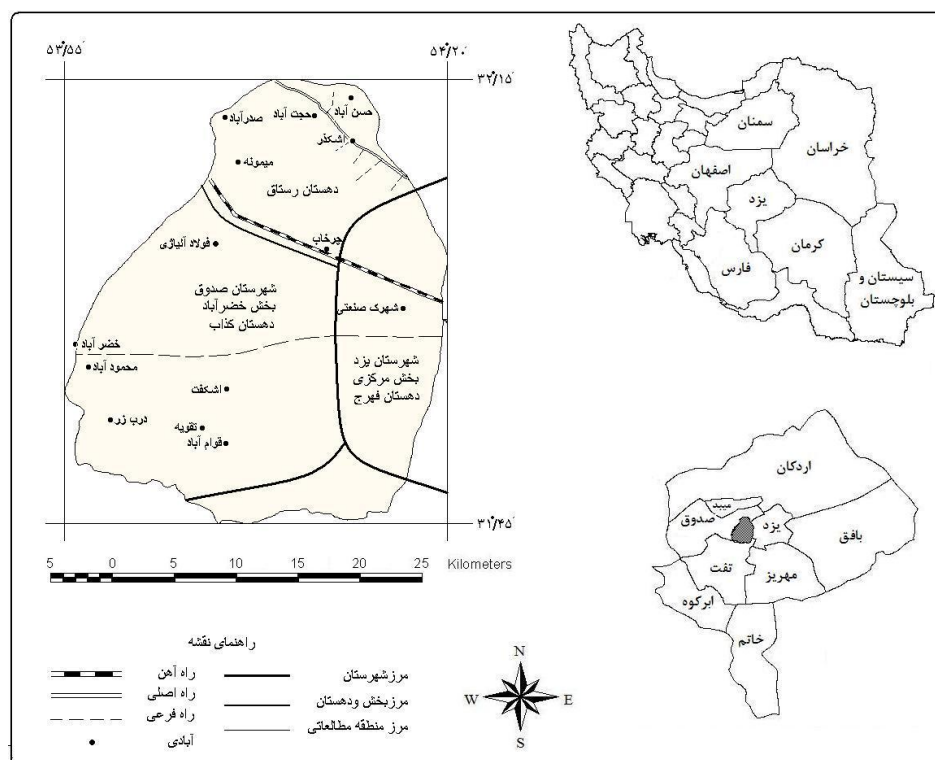
مواد و روش‌ها

منطقه مورد مطالعه

منطقه خضرآباد با وسعتی معادل ۷۸۱۸۰ هکتار در ۱۰ کیلومتری غرب شهر یزد در موقعیت جغرافیایی ۵۵°، ۵۳° الی ۲۰°، ۵۴° طول شرقی و ۴۵°، ۳۱° الی ۱۵°، ۳۲° عرض شمالی قرار گرفته است. (شکل ۱) و از نظر اقلیمی در وضعیت خشک و سرد بیابانی طبقه‌بندی می‌شود. ۱۲۹۳۰ هکتار (۱۶/۵٪) از اراضی منطقه را تپه‌ها و پهنه‌های ماسه‌ای شکل داده که ارگ 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 تپیک از نظرگاه بیابان‌زایی در منطقه و بیان‌کننده لزوم پرداختن به راه‌حل‌های بیابان‌زدایی در این حوزه است.

برای اولین نمونه‌های تحقیقاتی در سطح جهانی می‌توان به مطالعات ساعتی (ساعتی و تاکیزاوا^۲، ۱۹۸۶)، به عنوان یکی از پیشروان علمی در زمین ANP اشاره کرد. ساعتی موفق به ارائه آثار مختلف علمی شده است، به طوری که آثار ایشان به عنوان منبع تحقیقات مرتبط با ANP در سراسر دنیا مورد استفاده قرار می‌گیرد. از موارد کاربردهای اخیر ANP می‌توان به طراحی مدل‌های اجرایی سیستم‌های هوش تجاری (لین^۳ و همکاران، ۲۰۰۹)، بهبود کاربرد انرژی در حمل‌ونقل ریلی (چانگ^۴ و همکاران، ۲۰۰۹)، انتخاب بازار جدید صادراتی (ساعتی، ۲۰۰۹؛ بوئیتراگو و لسمس^۵، ۲۰۱۰)، پیش‌بینی فروش خودرو (میموویک^۶، ۲۰۱۲) و

1. Sepehr and Peroyan
2. Saaty and Takizawa
3. Lin
4. Chang
5. Buitrago and Lesmes
6. Mimovic



شکل (۱): موقعیت منطقه خضرآباد

روش تحقیق

فرایند تحلیل شبکه‌ای (ANP) اولین بار از سوی ساعتی و تاکی‌زاوا در سال ۱۹۸۶ مطرح شد و توسعه یافت. از آنجا که فرایند تحلیل شبکه‌ای (ANP) شکل توسعه‌یافته‌ی فرایند تحلیل سلسله‌مراتبی است، مزیت‌های این روش از جمله دخالت دادن معیارهای کمی و کیفی به‌طور هم‌زمان در فرایند تصمیم‌گیری، سهولت و سادگی کاربرد، انعطاف‌پذیری و قابلیت بررسی سازگاری قضاوت‌ها را دارد. همچنین این روش قادر است ارتباط پیچیده (وابستگی متقابل و بازخورد) بین و میان عناصر تصمیم را با به‌کارگیری ساختار شبکه‌ای به‌جای سلسله‌مراتبی در نظر گیرد (شکل ۲) (ساعتی و تاکی‌زاوا، ۱۹۸۶؛ ساعتی، ۲۰۰۸). بنابراین در مواردی که عناصر تصمیم مستقل از هم نبوده و روابطی مابین آن‌ها وجود دارد (همانند مسائل محیطی) این قابلیت، امکان در نظر گرفتن وابستگی‌های متقابل بین عناصر را فراهم آورده و در نتیجه، امکان ارائی راهبردهای مناسب برای مسائل پیچیده با معیارهای متعدد و متنوع فرایندهای محیطی را فراهم می‌آورد.

مراحل فرایند تحلیل شبکه‌ای در ذیل ارائه می‌شود:

– ساخت مدل و تبدیل مسئله به یک ساختار شبکه‌ای
در اینجا مسئله باید به‌طور آشکار و روشن به یک سیستم منطقی همانند یک شبکه تبدیل شود. این ساختار شبکه‌ای را می‌توان از طریق طوفان مغزها، روش دلفی یا روش گروه اسمی^۱ به‌دست آورد. در این پژوهش از روش دلفی به‌منظور انتخاب معیارها و راهبردهای مهم و اولویت‌دار و تشکیل ساختار شبکه‌ای همانند روش AHP استفاده کردیم (آذر و رجب‌زاده، ۱۳۸۱؛ صادقی‌روش و همکاران، ۱۳۸۹). در این مرحله، مسئله مورد نظر به یک ساختار شبکه‌ای که در آن سطوح تصمیم‌گیری (همانند هدف تصمیم‌گیری، شاخص‌های تصمیم‌گیری و گزینه‌های ممکن) به‌عنوان خوشه‌ها^۲ مطرح هستند، تبدیل می‌شود. در صورتی که عناصر درون خوشه‌ها با عناصر خوشه‌های دیگر ارتباط داشته باشند (تحت تأثیر

۱. روش گروه اسمی (Nominal Group Technique) روشی است که در آن اعضای گروه بدون اینکه فردی بخواهد نظر خود را تحمیل کند درباره موضوع مورد نظر بحث کرده و به اجماع می‌رسند.

2. Clusters

میانگین موزون یا میانگین هر سطر از ماتریس نرمال‌شده قابل ارائه است و اهمیت نسبی عناصر براساس مقیاس ۹ کمیته ساعتی سنجیده می‌شود. در این قسمت، ماتریس اهمیت داخلی^۴ محاسبه می‌شود که نشانگر اهمیت نسبی (ضریب اهمیت) عناصر است.

نکته مهم در قضاوت‌ها و مقایسه‌های زوجی، کنترل سازگاری^۵ آن‌هاست. این مهم به‌ویژه در تصمیم‌گیری‌های کلان، اهمیت فراوانی دارد، زیرا افراد ممکن است در قضاوت‌های خود به‌صورت ضد و نقیض عمل کنند. سازوکاری که این مدل برای بررسی ناسازگاری در قضاوت‌ها در نظر می‌گیرد، محاسبه ضریبی به نام نرخ ناسازگاری^۶ (IR) است که از تقسیم شاخص سازگاری^۷ (C.I) به شاخص تصادفی بودن^۸ (I.I.R) حاصل می‌شود (رابطه ۱).

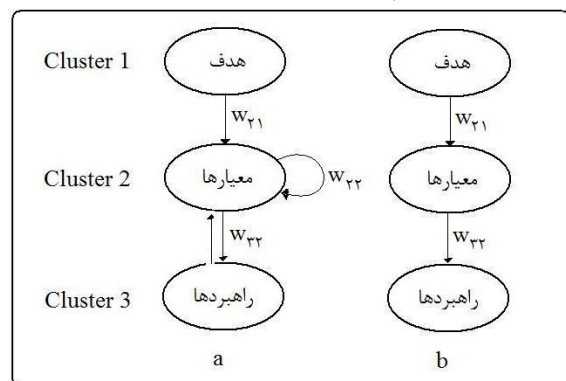
$$IR = \frac{C.I}{I.I.R} \quad (1)$$

نرخ ناسازگاری توسط نرم‌افزار برای هر ماتریس مقایسه زوجی محاسبه و ارائه می‌شود که اگر از ۰/۱ فراتر رود، آن قضاوت ناسازگار است و در نحوه قضاوت باید تجدیدنظر شود (صادقی‌روش و همکاران، ۲۰۱۲؛ قدس‌پور، ۲۰۰۲؛ آذر و رجب‌زاده، ۲۰۰۲؛ ساعتی، ۲۰۰۸).

– تشکیل سوپرماتریس و تبدیل آن به سوپرماتریس حد

برای دستیابی به اولویت‌های کلی^۹ در یک سیستم با تأثیرات متقابل یا به عبارتی برای تجزیه و تحلیل وابستگی‌های داخلی میان اجزای سیستم، پس از محاسبه ماتریس اولویت داخلی (یعنی w های محاسبه‌شده)، این ماتریس‌ها در ستون‌های مناسب یک سوپرماتریس وارد می‌شوند (سوپرماتریس ناموزون^{۱۰}). در نتیجه، یک سوپرماتریس (درواقع یک ماتریس طبقه‌بندی‌شده) که هر بخش از این

آن‌ها بوده یا بر آن‌ها اثرگذار باشند) در این صورت ارتباطی بین دو خوشه ایجاد می‌شود که آن را وابستگی بیرونی^۱ می‌نامیم. این ارتباط‌ها با پیکان (فلش) نشان داده می‌شوند. وابستگی دوسویه بین دو خوشه به‌عنوان چرخه بازخورد بیان می‌شود و هنگامی که عناصر به عناصر درون خوشه خودشان مرتبط می‌شوند (ارتباط متقابل داشته باشند)، وابستگی درونی^۲ وجود دارد. که این‌گونه ارتباط‌ها به‌وسیله یک کمان متصل به آن خوشه^۳ نشان داده می‌شود (شکل ۲) (ساعتی، ۱۹۹۶؛ ساعتی، ۱۹۹۹). کاربرد وابستگی‌های درونی و بیرونی درحقیقت بهترین روشی است که می‌توان در شناسایی و معرفی مفاهیم تأثیرگذاری یا تأثیرپذیری در میان خوشه‌ها و عوامل با توجه به یک عامل خاص، مورد استفاده قرار داد (احمدی‌زاده و کریم‌زاده مطلق، ۲۰۱۴).



شکل (۲): مقایسه ساختار سلسله‌مراتبی و شبکه‌ای

– تشکیل ماتریس مقایسه دو دویی و تعیین ماتریس‌های اولویت داخلی

پس از مشخص شدن خوشه‌ها (C_i)، و عناصر تصمیم (e_{ij})، در مرحله مدل‌سازی، مشابه مقایسه زوجی که در AHP انجام می‌شود (شکل ۲)، عناصر تصمیم در هریک از خوشه‌ها (C_i)، براساس میزان اهمیت و اولویت آن‌ها در ارتباط با هدف و معیارهای و زیرمعیارهای کنترلی خوشه‌های دیگر دو به دو توسط تصمیم‌گیران مقایسه می‌شوند. علاوه بر این، وابستگی‌های متقابل بین عناصر یک خوشه نیز باید دو به دو مورد مقایسه قرار گیرند. تأثیر هر عنصر بر روی عنصر دیگر همانند روش AHP، از طریق

4. Local priority vector
5. Consistency
6. Inconsistency Ratio
7. Consistency Index
8. Random Inconsistency Index
9. Global priorities
10. Unweighted supermatrix

1. Outer dependence
2. Inner dependence
3. Looped arc

موضوع بیابان‌زدایی بی‌معنی است، مقایسه زوجی وابستگی‌های درونی راهبردهای بیابان‌زدایی به انجام نرسید (ماتریس W_{33}). از این رو به منظور ارزیابی اولویت نهایی راهبردها بر مبنای ارجحیت معیارها از شاخص مطلوبیت (D_i) استفاده شد. این شاخص در واقع ترکیبی از اهمیت نسبی (وزن) معیارها در مقایسه با هم (W_j) و ارزش هر راهبرد در هر معیار (E_{ij}) است و بر مبنای رابطه خطی ۳ به تفکیک هر راهبرد محاسبه می‌شود. (وانگ^۴ و همکاران، ۲۰۰۸؛ استمن^۵ و همکاران، ۱۹۹۵؛ لین و همکاران، ۲۰۰۹).

$$D_i = \sum_{j=1}^n W_j E_{ij} \quad (3)$$

که در آن: D_i = شاخص مطلوبیت راهبرد i
 W_j = اهمیت نسبی معیار j
 E_{ij} = ارزش راهبرد i در معیار j
 راهبردی که بیشترین اولویت کلی را داشته باشد، ارجح‌ترین راهبرد است و سایر راهبردها بر مبنای اولویتشان طبقه‌بندی می‌شوند.

ماتریس ارتباط بین دو خوشه (سطح تصمیم‌گیری) در یک سیستم (مسئله تصمیم‌گیری) را نشان می‌دهد، به دست می‌آید. هر ارزش غیر صفر در ستون سوپرماتریس، نشانگر اهمیت نسبی وزن حاصل شده از ماتریس‌های مقایسات زوجی وابستگی‌های درونی است (ساعتی، ۱۹۹۹). فرم استاندارد یک سوپرماتریس که توسط ساعتی معرفی شده، در جدول (۱) قابل مشاهده است که C بیانگر خوشه‌ها و e بیانگر عناصر درون خوشه‌هاست. ماتریس‌های W درون سوپرماتریس نیز ماتریس‌های وزنی حاصل از مقایسات زوجی عناصر خوشه‌ها با یکدیگر است (ساعتی، ۱۹۹۶).

پس از تشکیل سوپرماتریس ناموزون در نتیجه وارد کردن ماتریس‌های حاوی اولویت‌ها (W_{ij}) که از مقایسات دو دویی به دست آمده، سوپرماتریس موزون^۱ از ضرب عناصر سوپرماتریس ناموزون در ماتریس خوشه‌ای (وزن خوشه‌ها) به دست می‌آید. سپس از طریق نرمالیزه کردن سوپرماتریس موزون، سوپرماتریس از نظر ستونی به حالت تصادفی^۲ تبدیل می‌شود. در نهایت سوپرماتریس حد^۳ با به توان رساندن تمامی عناصر سوپرماتریس موزون تا زمانی که واگرایی حاصل شود یا به عبارتی تا زمانی که همه عناصر برابر شوند و به پاسخ برسد (رابطه ۲)، به دست می‌آید (ساعتی، ۱۹۹۹).

$$\lim_{k \rightarrow \infty} w^{2k+1} \quad (2)$$

– انتخاب گزینه‌های برتر

اگر سوپرماتریس حد تشکیل شده کل شبکه را در نظر گرفته باشد، یعنی معیارها، زیر معیارها و راهبردها در سوپرماتریس لحاظ شده باشند، اولویت کلی گزینه‌ها از ستون مربوط به آن‌ها در سوپرماتریس حد نرمالیزه شده قابل حصول است. اگر سوپرماتریس، فقط بخشی از شبکه را که وابستگی متقابلی دارند، شامل شود و مثلاً راهبردها به دلایل مختلف، در نظر گرفته نشوند، محاسبات بعدی لازم است صورت گیرد تا اولویت کلی راهبردها به دست آید. در این پژوهش از آنجاکه وابستگی درونی راهبردها در ارتباط با

4. Wang
5. Eastman

1. Weighted supermatrix
2. Cluster matrix
3. Limit supermatrix

جدول (۲): ساختار کلی سوپرماتریس

		C ₁				C ₂				...	C _N			
		e ₁₁	e ₁₂	...	e _{1N}	e ₂₁	e ₂₂	...	e _{2N}		e _{N1}	e _{N2}	...	e _{NN}
C ₁	e ₁₁	W ₁₁				W ₁₂				...	W _{1N}			
	e ₁₂													
	...													
	e _{1N}													
C ₂	e ₂₁	W ₂₁				W ₂₂				...	W _{2N}			
	e ₂₂													
	...													
	e _{2N}													
⋮				
C _N	e _{N1}	W _{N1}				W _{N2}				...	W _{NN}			
	e _{N2}													
	...													
	e _{NN}													

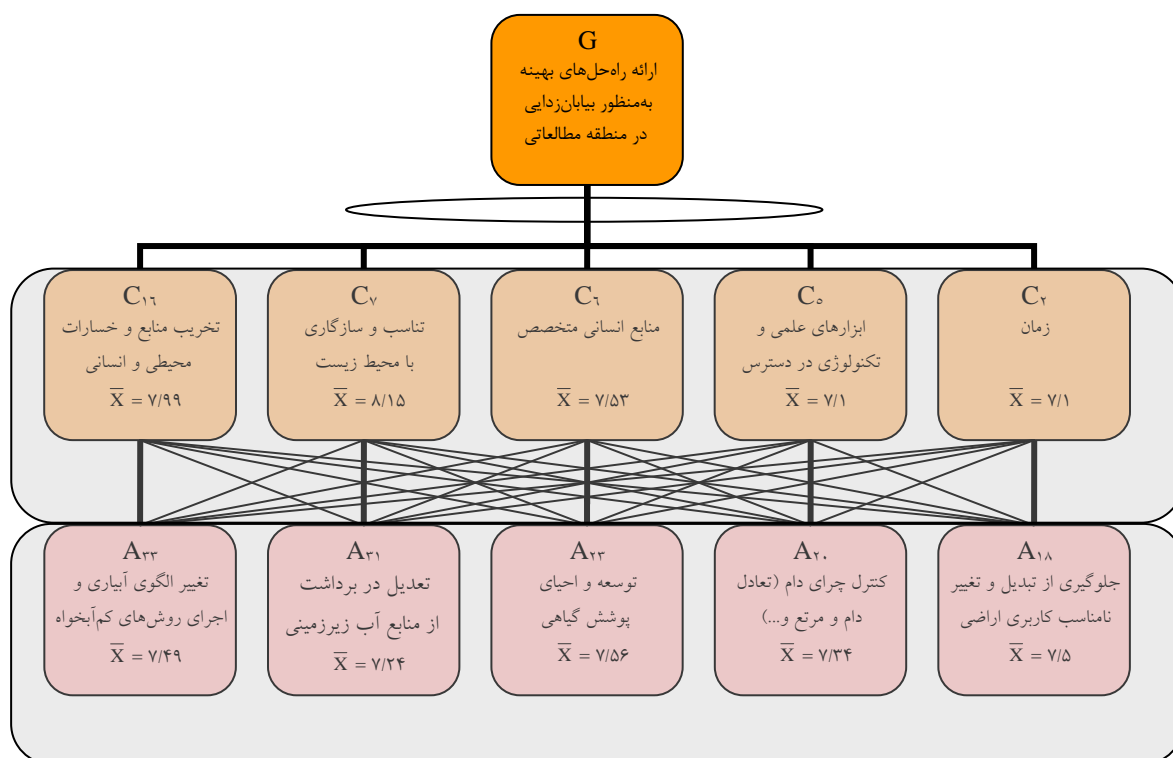
نتایج

تبیین مدل و تشکیل ساختار شبکه‌ای

- انتخاب معیارها و راهبردهای مؤثر

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 ($\bar{X} < 7$)، حذف و معیارها و راهبردهای باقی‌مانده ($\bar{X} \geq 7$) به عنوان معیارها و راهبردهای مؤثر برای ترسیم نمودار سلسله‌مراتبی تصمیم‌گیری در سه سطح یا خوشه به ترتیب هدف، معیارها و راهبردها مد نظر قرار گرفت (شکل ۳) (صادقی‌روش و همکاران، ۲۰۱۲).

انتخاب معیارها و راهبردها از طیف وسیعی از معیارها و راهبردهای مطرح در فرایند بیابان‌زدایی به صورت بومی، با استفاده از تکنیک دلفی به انجام رسید. در این رابطه با تهیه پرسشنامه‌ای از متخصصان آشنا به منطقه مطالعاتی خواسته شد که معیارها و راهبردهای مؤثر را بیان و در دامنه ۰ تا ۹



شکل (۳): مدل ANP راهبردهای بیابان‌زدایی در ارتباط با معیارها

سپس در این مرحله اعداد ماتریس اهمیت معیارها (جدول ۳) و اولویت راهبردها بر مبنای هر معیار، وارد نرم افزار Superdecision شد و با انجام عمل نرمال سازی و محاسبه میانگین موزون، اهمیت معیارها (W_{21}) و اولویت راهبردهای بیابانزدایی در منطقه مطالعاتی از نظر گروه، به صورت نمودارهای میله ای و بر مبنای ضریب اهمیت به دست آمد (شکل ۴).

همچنان که در شکل (۴) ملاحظه می شود، نسبت سازگاری در تمامی جداول و مقایسات زوجی کمتر از ۰/۱ ساعتی برآورد شده که نشان از سازگاری مقایسات دارد.

مقایسه زوجی وابستگی های درونی معیارهای اصلی (ماتریس W_{22})

به منظور برآورد وابستگی های میان معیارها، مقایسه زوجی گروهی بین معیارها برای دستیابی به عناصر ماتریس W_{22} و براساس مقیاس نه گانه ساعتی انجام شد و ماتریس های اهمیت نسبی زوجی معیارها در صورت کنترل کردن هر معیار به دست آمد (جدول ۴). سپس با محاسبه ضرایب اهمیت معیارها در هر ماتریس از روش میانگین موزون، ماتریس W_{22} شکل گرفت (جدول ۵).

در اینجا تنها ماتریس مقایسه زوجی معیارها با توجه به وابستگی درونی آنها با کنترل تناسب و سازگاری با محیط زیست (C7) ارائه شده (جدول ۴) و مقایسات چهار ماتریس دیگر در رابطه با مقایسات زوجی معیارها بدین نحو برآورد شد.

جدول (۴): ماتریس مقایسه زوجی گروهی معیارها با توجه به وابستگی درونی آنها با کنترل تناسب و سازگاری با محیط زیست

	(C_7)				
معیار	C_7	C_5	C_6	C_{16}	C_4
C_{16}	۰/۳۶۱۳۵۰	۲	۱/۵	۱/۸	۱
C_6	۰/۲۵۷۹۸۷	۲/۵	۱	۱	
C_5	۰/۲۴۲۶۱۴	۱/۶	۱		
C_4	۰/۱۳۸۰۴۹	۱			

ضریب سازگاری (CR)=۰/۰۱

جدول (۵): ماتریس گروهی اهمیت زوجی معیارها نسبت به هم (W_{22})

معیار	C_7	C_5	C_6	C_{16}	C_4
C_7	۰/۵۴۱۸۷۳	۰/۴۶۰۳۹۹	۰/۴۷۶۴۱۵	۰/۵۰۰۳۱۳	۰/۰۰۰۰
C_{16}	۰/۲۷۹۴۹۸	۰/۳۲۱۸۶۶	۰/۲۸۵۵۶۱	۰/۰۰۰۰	۰/۳۶۱۳۵۰
C_6	۰/۱۰۹۴۵۹	۰/۱۰۷۴۶۰	۰/۰۰۰۰	۰/۲۲۴۷۸۶	۰/۲۵۷۹۸۷
C_5	۰/۰۶۹۱۷۰	۰/۰۰۰۰	۰/۱۰۶۵۳۷	۰/۱۹۱۹۰۶	۰/۲۴۲۶۱۴
C_4	۰/۰۰۰۰	۰/۱۱۰۲۷۵	۰/۱۳۱۴۸۸	۰/۰۸۹۹۹۵	۰/۱۳۸۰۴۹

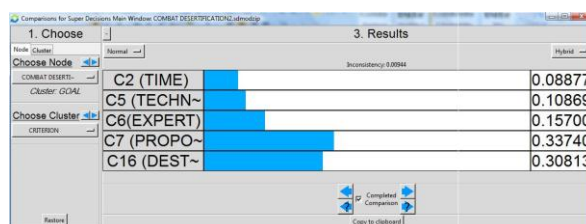
در این نمودار مشخص است که علاوه بر اینکه اولویت معیارها نسبت به هدف و ارجحیت راهبردها نسبت به هر معیار، به صورت دو دویی و به طور یک طرفه و سلسله مراتبی مورد بررسی قرار خواهند گرفت، در عین حال عناصر موجود در خوشه معیارها دارای وابستگی درونی هستند که ارجحیت آنها نسبت به هم به صورت زوجی در ارتباط با هر معیار همان خوشه مورد بررسی قرار می گیرد.

تشکیل ماتریس مقایسات زوجی گروهی و کنترل سازگاریها - به منظور برآورد وزن نسبی یا اهمیت معیارها و ارجحیت راهبردها اقدام به تهیه پرسشنامه مقایسات زوجی و توزیع آن بین متخصصان شد و از آنها خواسته شد که وابستگی بیرونی معیارها و راهبردها را در مقیاس ۱ تا ۹ ساعتی مورد مقایسات زوجی^۱ قرار دهند. در ادامه، با اخذ نظریات متخصصان و تلفیق نظریات آنها از طریق میانگین هندسی (رابطه ۴)، ماتریس مقایسات زوجی گروهی اهمیت معیارها نسبت به هدف (W_{21}) و اولویت راهبردها نسبت به تک تک معیارها شکل گرفت. در اینجا برای جلوگیری از اطاله کلام تنها ماتریس اهمیت معیارها ارائه شده است (جدول ۳) و اولویت راهبردها نسبت به سایر معیارها نیز به این صورت محاسبه شد.

$$\bar{a}_{ij} = \left(\prod_{k=1}^N a_{ij}^k \right)^{\frac{1}{N}} \quad (4)$$

جدول (۳): ماتریس مقایسات زوجی گروهی اهمیت معیارها نسبت به هدف ارائه راهبردهای بهینه بیابانزدایی در منطقه

معیار	C_7	C_5	C_6	C_{16}
C_7	۳/۴	۲/۵	۲/۵	۱/۲
C_{16}	۳/۱	۳/۱	۲/۳	
C_6	۲	۱/۷		
C_5	۱/۳			



شکل (۴): مقایسه اهمیت معیارهای پیشنهادی به منظور دستیابی به هدف (W_{21})

– مقایسه زوجی ارجحیت راهبردها

در این مرحله، ارجحیت هر یک از راهبردها در ارتباط با هر یک از معیارها مورد بررسی و قضاوت گروهی قرار گرفت. مبنای این قضاوت همان مقیاس ۹ کمیته‌ی ساعتی است. برای مثال در جدول (۶) مقایسه ارجحیت راهبردهای بیابان‌زدایی در ارتباط با معیار «تناسب و سازگاری با محیط‌زیست (C7)» ارائه شده است. برای تعیین میزان ارجحیت راهبردها در ارتباط با سایر معیارها نیز چنین ماتریس‌هایی تشکیل شد و اوزان آن‌ها از روش میانگین موزون برآورد شد و ماتریس «ارجحیت راهبردها در ارتباط با معیارها (E_{ij})» شکل گرفت (جدول ۸).

جدول (۸): ماتریس ارجحیت راهبردها در ارتباط با معیارها (E_{ij})

معیار	A _{۱۱}	A _{۱۲}	A _{۱۳}	A _{۱۴}	A _{۱۵}
C _۷	۰/۲۶۶	۰/۲۳۲	۰/۱۸۵	۰/۱۵۹	۰/۱۵۸
C _۶	۰/۲۳۸	۰/۱۸۱	۰/۲۰۹	۰/۱۵۱	۰/۲۲۱
C _۶	۰/۱۹۸	۰/۲۴۹	۰/۱۸۳	۰/۲۰۹	۰/۱۶۰
C _۵	۰/۱۶۵	۰/۲۳۹	۰/۱۶۳	۰/۲۵۷	۰/۱۷۶
C _۲	۰/۱۹۶	۰/۲۵۱	۰/۱۶۸	۰/۱۶۲	۰/۲۲۳

– محاسبه سوپر ماتریس حد

به منظور اولویت‌بندی نهایی راهبردها لازم است سوپر ماتریس حد از ماتریس‌های مقایسات زوجی حاصل شده در مراحل قبل به دست آید. در این رابطه به دلیل حجم زیاد داده‌ها و سرعت، سهولت و دقت در دستیابی به نتایج، از نرم‌افزار Superdecision استفاده شد.

با توجه به اینکه ماتریس‌های مقایسه‌ای گروهی W₂₁ و W₂₂ (شکل ۴ و جدول ۵) محاسبه شده و سازگاری آن‌ها نیز کنترل شده است، می‌توان با جایگزینی این ماتریس‌ها در سوپر ماتریس اولیه (جدول ۲) سوپر ماتریس ناموزون به شرح جدول (۹) به دست آمد. در ادامه، سوپر ماتریس ناموزون با استفاده از مفهوم نرمال‌سازی به سوپر ماتریس موزون (جدول ۱۰)، یعنی ماتریسی که جمع اجزای ستون آن ۱ است (آنچه ساعتی آن را ماتریس تصادفی می‌نامند) تبدیل شد.

جدول (۶): ماتریس مقایسات زوجی گروهی اولویت راهبردها نسبت به معیار تناسب و سازگاری با محیط زیست

راهبرد	A _{۱۱}	A _{۱۲}	A _{۱۳}	A _{۱۴}	A _{۱۵}	W
A _{۱۱}	(۱/۱)	۱/۳	۲/۴	۱/۶	۰/۲۶۵۶۵۰	
A _{۱۲}	(۱/۱)	۱/۶	۱/۳	۰/۲۳۲۲۲۲		
A _{۱۳}	(۱/۱)	۱/۲	۰/۱۸۵۱۵۱			
A _{۱۴}		۱/۲	۰/۱۵۹۰۳۵			

ضریب سازگاری (CR)=۰/۰۲

جدول (۹): سوپر ماتریس ناموزون در ارزیابی راهبردهای بیابان‌زدایی

هدف	معیارها					راهبردها					هدف		
	G	C _۲	C _۵	C _۷	C _۶	C _۶	A _{۱۱}	A _{۱۲}	A _{۱۳}	A _{۱۴}		A _{۱۵}	
•	•	۰/۲۲۲۹۱۰	۰/۱۷۵۸۹۱	۰/۱۵۷۹۴۲	۰/۱۶۰۴۳۳	۰/۲۲۰۷۷۲	•	•	•	•	•	A _{۱۱}	راهبردها
•	•	۰/۱۶۷۹۸۸	۰/۱۶۳۳۴۵	۰/۱۸۵۱۵۱	۰/۱۸۲۶۶۷	۰/۲۰۹۳۱۹	•	•	•	•	•	A _{۱۲}	
•	•	۰/۱۶۱۸۲۸	۰/۲۵۶۷۹۷	۰/۱۵۹۰۳۵	۰/۲۰۹۲۳۴	۰/۱۵۰۹۹۱	•	•	•	•	•	A _{۱۳}	
•	•	۰/۱۹۶۲۲۱	۰/۱۶۵۱۹۳	۰/۲۶۵۶۵۰	۰/۱۹۸۱۶۳	۰/۲۳۸۲۷۷	•	•	•	•	•	A _{۱۴}	
•	•	۰/۲۵۱۰۵۴	۰/۲۳۸۷۷۴	۰/۲۳۱۲۲۲	۰/۲۴۹۵۰۳	۰/۱۸۰۶۴۲	•	•	•	•	•	A _{۱۵}	
•	•	۰/۳۰۸۱۳۱	۰/۲۷۹۴۹۸	۰/۳۲۱۸۶۶	۰/۳۶۱۳۵۰	۰/۲۸۵۵۶۱	•	•	•	•	•	C _۶	معیارها
•	•	۰/۱۵۷۰۰۱	۰/۱۰۹۴۵۹	۰/۱۰۷۴۶۰	۰/۲۵۷۹۸۷	۰/۲۲۴۷۸۶	•	•	•	•	•	C _۵	
•	•	۰/۳۳۷۴۰۵	۰/۵۴۱۸۷۳	۰/۴۶۰۳۹۹	•	۰/۴۷۶۴۱۴	•	•	•	•	•	C _۷	
•	•	۰/۱۰۸۶۹۱	۰/۰۶۹۱۷۰	•	۰/۲۴۲۶۱۴	۰/۱۰۶۵۳۷	•	•	•	•	•	C _۲	
•	•	۰/۰۸۸۷۷۲	•	۰/۱۱۰۲۷۵	۰/۱۳۸۰۴۹	۰/۱۳۱۴۸۸	•	•	•	•	•	C _۲	
•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	G	هدف

جدول (۱۰): سوپر ماتریس موزون در ارزیابی راهبردهای بیابان‌زدایی

هدف	معیارها					راهبردها							
	G	C _۲	C _۵	C _۷	C _۶	C _{۱۶}	A _{۲۲}	A _{۲۳}	A _{۲۴}	A _{۲۱}		A _{۲۰}	
•	۰/۱۱۱۴۵۵	۰/۰۸۷۹۴۶	۰/۰۷۸۹۷۱	۰/۰۸۰۲۱۶	۰/۱۱۰۳۸۶	•	•	•	•	•	A _{۲۰}	راهبردها	
•	۰/۰۸۳۹۹۴	۰/۰۸۱۶۷۳	۰/۰۹۲۵۷۶	۰/۰۹۱۳۳۴	۰/۱۰۴۶۵۹	•	•	•	•	•	A _{۲۱}		
•	۰/۰۸۰۹۱۴	۰/۱۲۸۳۹۸	۰/۰۷۹۵۱۸	۰/۱۰۴۶۱۷	۰/۰۷۵۴۹۵	•	•	•	•	•	A _{۲۲}		
•	۰/۰۹۸۱۱۰	۰/۰۸۲۵۹۷	۰/۱۳۲۸۲۵	۰/۰۹۹۰۸۲	۰/۱۱۹۱۳۸	•	•	•	•	•	A _{۱۸}		
•	۰/۱۲۵۵۲۷	۰/۱۱۹۳۸۷	۰/۱۱۶۱۱۱	۰/۱۲۴۷۵۱	۰/۰۹۰۳۲۱	•	•	•	•	•	A _{۲۳}		
•	۰/۳۰۸۱۳۱	۰/۱۳۹۷۴۹	۰/۱۶۰۹۳۳	۰/۱۸۰۶۷۵	۰/۱۴۲۷۸۰	•	•	•	•	•	C _{۱۶}	معیارها	
•	۰/۱۵۷۰۰۱	۰/۰۵۴۷۲۹	۰/۰۵۳۷۳۰	۰/۱۲۸۹۹۴	•	•	•	•	•	•	C _۶		
•	۰/۳۳۷۴۰۵	۰/۲۷۰۹۳۷	۰/۲۳۰۱۹۹	•	۰/۲۳۸۲۰۷	۰/۲۵۰۱۵۷	•	•	•	•	C _۷		
•	۰/۱۰۸۶۹۱	۰/۰۳۴۵۸۵	•	۰/۱۲۱۳۰۷	۰/۰۵۳۲۶۹	۰/۰۹۵۹۵۳	•	•	•	•	C _۵		
•	۰/۰۸۸۷۷۲	•	۰/۰۵۵۱۳۸	۰/۰۶۹۰۲۴	۰/۰۶۵۷۴۴	۰/۰۴۱۴۹۸	•	•	•	•	C _۲		
•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	G	هدف

از این رو هریک از ضرایب اهمیت عناصر ماتریس موزون به توان K، رسیده تا اینکه همه عناصر سوپر ماتریس با هم برابر شوند. در مطالعه حاضر ماتریس موزون، در توان ۵۰۰، به حد رسید.

پس از برآورد سوپر ماتریس موزون (جدول ۱۰)، سوپر ماتریس حد به دست آمد (جدول ۱۱). در واقع هدف از به حد رساندن سوپر ماتریس موزون این است که تأثیر نسبی درازمدت هریک از عناصر آن در یکدیگر حاصل شود.

جدول (۱۱): سوپر ماتریس حد در ارزیابی راهبردهای بیابان‌زدایی

هدف	معیارها					راهبردها							
	G	C _۲	C _۵	C _۷	C _۶	C _{۱۶}	A _{۲۲}	A _{۲۳}	A _{۲۴}	A _{۲۱}		A _{۲۰}	
•	۰/۰۹۱۶۵۷	۰/۰۹۱۶۵۷	۰/۰۹۱۶۵۷	۰/۰۹۱۶۵۷	۰/۰۹۱۶۵۷	۰/۰۹۱۶۵۷	•	•	•	•	•	A _{۲۰}	راهبردها
•	۰/۰۹۲۷۷۳	۰/۰۹۲۷۷۳	۰/۰۹۲۷۷۳	۰/۰۹۲۷۷۳	۰/۰۹۲۷۷۳	۰/۰۹۲۷۷۳	•	•	•	•	•	A _{۲۱}	
•	۰/۰۹۰۳۳۴	۰/۰۹۰۳۳۴	۰/۰۹۰۳۳۴	۰/۰۹۰۳۳۴	۰/۰۹۰۳۳۴	۰/۰۹۰۳۳۴	•	•	•	•	•	A _{۲۲}	
•	۰/۱۱۲۵۱۵	۰/۱۱۲۵۱۵	۰/۱۱۲۵۱۵	۰/۱۱۲۵۱۵	۰/۱۱۲۵۱۵	۰/۱۱۲۵۱۵	•	•	•	•	•	A _{۱۸}	
•	۰/۱۱۲۷۲۰	۰/۱۱۲۷۲۰	۰/۱۱۲۷۲۰	۰/۱۱۲۷۲۰	۰/۱۱۲۷۲۰	۰/۱۱۲۷۲۰	•	•	•	•	•	A _{۲۳}	
•	۰/۱۲۲۶۸۴	۰/۱۲۲۶۸۴	۰/۱۲۲۶۸۴	۰/۱۲۲۶۸۴	۰/۱۲۲۶۸۴	۰/۱۲۲۶۸۴	•	•	•	•	•	C _{۱۶}	معیارها
•	۰/۰۸۴۰۱۱	۰/۰۸۴۰۱۱	۰/۰۸۴۰۱۱	۰/۰۸۴۰۱۱	۰/۰۸۴۰۱۱	۰/۰۸۴۰۱۱	•	•	•	•	•	C _۶	
•	۰/۱۶۴۸۲۴	۰/۱۶۴۸۲۴	۰/۱۶۴۸۲۴	۰/۱۶۴۸۲۴	۰/۱۶۴۸۲۴	۰/۱۶۴۸۲۴	•	•	•	•	•	C _۷	
•	۰/۰۷۶۱۰۵	۰/۰۷۶۱۰۵	۰/۰۷۶۱۰۵	۰/۰۷۶۱۰۵	۰/۰۷۶۱۰۵	۰/۰۷۶۱۰۵	•	•	•	•	•	C _۵	
•	۰/۰۵۲۳۷۵	۰/۰۵۲۳۷۵	۰/۰۵۲۳۷۵	۰/۰۵۲۳۷۵	۰/۰۵۲۳۷۵	۰/۰۵۲۳۷۵	•	•	•	•	•	C _۲	
•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	G	هدف

تصادفی / احتمالی (جمع عناصر ستونی یک می‌باشد) حاصل شد (جدول ۱۲).

پس از برآورد سوپر ماتریس حد (جدول ۱۱)، بردار اهمیت نهایی (W_{ANP}) از نرمالیزه کردن عناصر سوپر ماتریس حد به دست آمد. در این صورت، سوپر ماتریس حد به صورت

جدول (۱۲): بردار اهمیت نهایی معیارهای مؤثر در بیابان‌زایی

(W_{ANP})		
معیار	W	
PROPORTION	C_7	۰/۳۲۹۶۴۸
DESTRUCTION	C_{16}	۰/۲۴۵۳۶۸
EXPERT	C_6	۰/۱۶۸۰۲۲
TECHNOLOGY	C_5	۰/۱۵۲۲۱۰
TIME	C_7	۰/۱۰۴۷۵۰
۱		

اهمیت و در نتیجه، بیشترین تأثیر را در اولویت‌بندی راهبردهای بیابان‌زایی خواهند داشت.

انتخاب راهبرد مناسب بیابان‌زایی

به‌منظور انتخاب راهبرد مناسب بیابان‌زایی از شاخص مطلوبیت (D_i) بر مبنای رابطه (۳) استفاده شد. در این رابطه، W_j اهمیت نسبی معیارها بیابان‌زایی در مقایسه با هم (جدول ۱۲) و E_{ij} ارزش هر راهبرد بیابان‌زایی در ارتباط با هر معیار (جدول ۸) در نظر گرفته شد و ارزش نهایی هر راهبرد مطابق جدول (۱۳) به‌دست آمد.

براساس بردار اهمیت نهایی (W_{ANP})، معیار «تناسب و سازگاری با محیط زیست (PROPORTION)» ($C_7=0.33$) و «تخریب منابع و خسارات محیطی و انسانی (DESTRUCTION)» ($C_{16}=0.245$) به‌ترتیب بیشترین

جدول (۱۳): مطلوبیت راهبردهای بیابان‌زایی منطقه خضرآباد

$W_j E_{ij}$					E_{ij}					W_j	معیارها
A_{20}	A_{23}	A_{31}	A_{33}	A_{18}	A_{20}	A_{23}	A_{31}	A_{33}	A_{18}		
۰/۰۵۲۰	۰/۰۵۲۳	۰/۰۶۹۰	۰/۰۷۶۳	۰/۰۸۷۵	۰/۱۵۸	۰/۱۵۹	۰/۱۸۵	۰/۲۳۲	۰/۲۶۶	۰/۳۲۹۶۴۸	C_7
۰/۰۵۴۱	۰/۰۳۷۰	۰/۰۵۱۳	۰/۰۴۴۳	۰/۰۵۸۳	۰/۲۲۱	۰/۱۵۱	۰/۲۰۹	۰/۱۸۱	۰/۲۳۸	۰/۲۴۵۳۶۸	C_{16}
۰/۰۲۶۹	۰/۰۳۵۲	۰/۰۳۰۷	۰/۰۴۱۸	۰/۰۳۳۳	۰/۱۶۰	۰/۲۰۹	۰/۱۸۳	۰/۲۴۹	۰/۱۹۸	۰/۱۶۸۰۲۲	C_6
۰/۰۲۶۷	۰/۰۳۹۰	۰/۰۲۴۸	۰/۰۳۶۳	۰/۰۲۵۱	۰/۱۷۶	۰/۲۵۷	۰/۱۶۳	۰/۲۳۹	۰/۱۶۵	۰/۱۵۲۲۱۰	C_5
۰/۰۲۳۲	۰/۰۱۶۸	۰/۰۱۷۵	۰/۰۲۶۱	۰/۰۲۰۴	۰/۲۲۳	۰/۱۶۲	۰/۱۶۸	۰/۲۵۱	۰/۱۹۶	۰/۱۰۴۷۵۰	C_7
۰/۱۸۲۹	۰/۱۸۰۳	۰/۱۸۵۲	۰/۲۲۴۹	۰/۲۲۴۵	$D_i = \sum_{j=1}^n W_j E_{ij}$						

مطلوبیت راهبردهای بیابان‌زایی با استفاده از رابطه (۳) محاسبه و نتایج پس از تعیین رتبه راهبردها در ردیف آخر جدول ارائه شد. نگاهی به این جدول نشان می‌دهد که راهبرد توسعه و احیاء پوشش گیاهی (A_{23}) مطلوب‌ترین راهبرد و راهبردهای جلوگیری از تبدیل و تغییر نامناسب کاربری اراضی (A_{18}) و تعدیل در برداشت از منابع آب زیرزمینی (A_{31}) در رده‌های بعدی قرار می‌گیرند.

بحث و نتیجه‌گیری

در این پژوهش در چارچوب روش‌های تصمیم‌گیری چندمعیاره (MADM)، روشی نوین را به‌منظور رتبه‌بندی اولویت راهبردهای مطرح در فرایند بیابان‌زایی بیان کردیم. اولویت‌بندی راهبردها از روش ANP، همانند روش‌های WSM, ELECTERE, TOPSIS, AHP

روش‌های BORDA و PERMUTATION و غیره واجد ویژگی‌های انعطاف‌پذیری، کارایی بالا و سهولت کاربرد، امکان استفاده از نرم‌افزار، همانند نرم‌افزار Superdecision، و ارزیابی راهبردها بر مبنای مجموعه معیارهای طبیعی و انسانی مؤثر است. از این‌رو نتایج حاصل از مدل ANP نیز تا حدود زیادی نتایج حاصل از سایر مدل‌های ارزیابی راهبردهای بیابان‌زایی را مورد تأکید قرار داد. به این معنی که راهبردهای A_{23} ، A_{18} و A_{31} ، به‌ترتیب در رتبه اول تا سوم قرار گرفته‌اند. در عین حال، ارزش‌های عددی به‌دست‌آمده در این روش، متفاوت از سایر روش‌هاست که این امر به ساختار روش برمی‌گردد. در مدل ANP برخلاف سایر روش‌های ارزیابی راهبرد که مقایسات را به‌صورت سلسله‌مراتبی و از بالا به پایین انجام می‌دهد و به

بیشترین اهمیت و در نتیجه، بیشترین تأثیر را در اولویت‌بندی راهبردهای بیابان‌زدایی دارند که نشانگر اهتمام کارشناسان و صاحب‌نظران نسبت به مسائل محیط‌زیست و چالش‌های مطرح در زمینه تخریب محیط‌زیست است. در نهایت به‌منظور انتخاب نهایی راهبردها و درجه‌بندی اولویت آن‌ها عمل تجمیع با استفاده از شاخص مطلوبیت (D_i) به انجام رسید و رتبه‌بندی نهایی راهبردها شکل گرفت (جدول ۱۳).

به‌طور کلی، با توجه به نتایج اولویت‌بندی نهایی راهبردها می‌توان بیان کرد که راهبرد توسعه و احیای پوشش گیاهی (A_{23})، با مطلوبیت کلی $D_i = 0/2249$ ، مهم‌ترین راهبرد در فرایند بیابان‌زدایی منطقه مطالعاتی است و راهبردهای جلوگیری از تبدیل و تغییر نامناسب کاربری اراضی (A_{18}) با مطلوبیت کلی $D_i = 0/2245$ و تعدیل برداشت از منابع آب زیرزمینی (A_{31})، با مطلوبیت کلی $D_i = 0/1852$ ، به‌ترتیب در اولویت‌های بعدی قرار می‌گیرند.

وابستگی‌های درونی معیارها یا زیرمعیارها توجهی نمی‌شود، با کاربرد ساختار شبکه‌ای روابط بین عناصر هر خوشه را هم در نظر گرفته از این جهت نتایج به‌دست‌آمده صحیح‌تر و دارای ضریب اطمینان بیشتری است.

بر مبنای مدل ANP و در چارچوب روش‌های تصمیم‌گیری چند شاخصه (MADM) نتایج حاصل به‌صورت سوپرماتریس موزون ارائه شد (جدول ۱۰). همان‌گونه که از جدول (۱۰) استنباط می‌شود، برحسب هر معیار راهبردهای انتخابی متفاوت‌اند، لذا به‌منظور مشارکت اهمیت همه معیارها در فرایند تصمیم‌گیری و تعیین اولویت نهایی، سوپرماتریس حد شکل گرفت و بردار اهمیت نهایی (W_{ANP}) از نرمالیزه کردن عناصر سوپرماتریس حد به‌دست‌آمد (جدول ۱۲). نتایج حاصل نشان داد که معیارهای تناسب و سازگاری با محیط زیست (PROPORTION) و تخریب منابع و خسارات محیطی و انسانی (DESTRUCTION) به‌ترتیب

منابع

1. Afzali, A., Samani, M. M., 2011. Landfill site selection for municipal solid waste of Esfahan city using Analytical Network Process considering the importance of water resources protection. Iranian Journal of Iran-Water Resources Research, Vol 7, Issue 1:67-76.
2. Ahmadizadeh, S. S., Karimzadeh motlagh, Z., 2014. Evaluating the development of South Khorasan province using network analysis process (ANP). Journal of Environmental Research, Vol 1: 11-22.
3. Azar, A. & Rajabzadeh, A., 2002. Applied decision making, Tehran, Negahe Danesh.
4. Buitrago, L., Lesmes, D., 2010. Application of analytical network process (ANP) to select new foreign markets to export software services: study of colombian firms. Escenarios, Vol 8, Issue 1: 25-36.
5. Chang, Y. H., Way, W. M., Tseng, H. Y., 2009. Using ANP priorities with goal programming for revitalization strategies in historic transport: a case study of the Alishan forest railway. Journal of Expert Systems and Application, Vol. 36: 8682-8690.
6. Dadashpor, H., Khodabakhsh, H., Rafiian, M., 2012. Locating temporary housing centers using a combination of spatial analysis and network analysis process (ANP) and geographic information systems (GIS). Journal of Geography and Environmental Hazards, Vol 1, Issue 1:111-131.
7. Eastman, R., Jin, W., Kyem, P. A., Toledano, J., 1995. Raster procedures for multi-criteria/multi-objective decisions. Photogrammetric Engineering & Remote Sensing, Vol 61: 539-547.
8. Faraji Sabokbar, H. A., Nasiri, H., Hamze, M., Talebi, S., Rafiee, E., 2012. Identification of suitable areas for artificial groundwater recharge using integrated ANP and pair wise comparison methods in GIS environment, case study: Garbaygan Plain of Fasa. Journal of Geography and Environmental Planning Journal, Vol 22, Issue 4: 143-166.
9. Ghodsipour, S. H., 2002. Analytical Hierarchy Process (AHP), Tehran, Amirkabir University.
10. Gilasgar, R., Saeb, K., Arjomandi, R., Khorasani, N., 2011. Formulation of integrated environmental strategy at Forest Park Safaroud by ANP Method. Journal of Sciences and Techniques in Natural Resources, Vol 6, Issue 1: 111-125.
11. Grau, J. B., Anton, J. M., Tarquis, A. M., Colombo, F., Rios, L., Cisneros, J. M., 2010. Mathematical model to select the optimal alternative for an integral plan to

- desertification and erosion control for the Chaco Area in Salta Province (Argentine). *Journal of Biogeosciences Discuss*, Vol 7: 2601–2630.
12. Jabal Ameli, F., Rasolinejad, E., 2010. The use of analytical network process (ANP) model in the ranking of bank branches, case study: Saderat bank. *Quarterly Journal of Economic Research and Policies*, Vol 18, Issue 55:107-124.
 13. Kiani, A., Salari Sardari, F., 2011. Studying priorities for designing urban landscape of public spaces in assalouyeh using ANP model. *Journal of Bagh-I-Nazar*, Vol 8, Issue 18: 25-38.
 14. Lin, Y. H., Tsai, K. M., Shiang, W. J., Kuo, T. C., Tsai, C. H., 2009. Research on using ANP to Establish a performance assessment model business intelligence systems. *Journal of Expert System and Applications*, Vol.36, Issue2: 4135-4146.
 15. Maleki, M. H., Mohaghar, F., Karimi Dastjerdi, D., 2010. Formulation and evaluate organizational strategies using SWOT and analytical network process (ANP) models. *Journal of Organizational Culture Management*, Vol 8, Issue 21: 159-176.
 16. Mimovic, P., 2012. Application of analytical network process in forecasting automobile sales of FIAT 500L. *Economic Horizons*, Vol. 14, N: 3: 169-179.
 17. Rivza, S., Pilvere, I., Rivza, P., Rivza, B., 2013. The use of analytical network process for risk assessment in production of renewable energy from agriculture biomass in Latvia. *Journal of Systemic, Cybernetics and Informatics*. Vol.11, No: 1: 66-72.
 18. Saaty, T. L., 1996. *Decision making with dependence and feedback: the analytical network process*, RWS publications, Pittsburgh.
 19. Saaty T. L., 1999. *Fundamentals of the analytical network process*, Proceedings of ISAHP 1999, Kobe, Japan.
 20. Saaty T. L., 2008. The analytical hierarchy and analytical network measurement processes: application to decisions under risk. *European Journal of Pure and Applied Mathematics*. Vol. 1, No: 1: 122-196.
 21. Saaty T. L., 2009. Applications of analytical network process in entertainment. *Iranian Journal of Operations Research*, Vol. 1, No: 2: 41-55.
 22. Saaty T. L., Takizawa, M., 1986. *Dependence and independence: From linear hierarchy to nonlinear networks*, *European Journal of Operational Research*, Vol. 26, Issue. 2: 229-237.
 23. Sadeghiravesh, M. H., 2013. Assessment of Combat Desertification Alternatives Using Permutation method, case study: Khezrabad region, Yazd province. *Journal of environmental management and planning*, Vol 10: 1-10.
 24. Sadeghiravesh, M. H., 2014. Evaluation of combat desertification alternatives by using BORDA ranking model, Case study: Khezrabad region, Yazd province. *Journal of environmental management and planning*, Vol 1: 13-24.
 25. Sadeghiravesh, 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, Issue 1: 35-50.
 26. 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.
 27. Sadeghi Ravesh, M. H., Khosravi, H., Ghasemi, S., 2015. Application of fuzzy analytical hierarchy process for Assessment of combating-desertification alternatives in the central Iran. *Journal of Natural Hazard*, Vol 75: 653-667.
 28. Sadeghi Ravesh, M. H., Khosravi, H., Ghasemian, S., 2016. Assessment of combating strategies using the liner assignment method. *Journal of Solid Earth*.(In Press). Available from: <http://www.solid-earth-disscuss.net/se-2015-133/>
 29. Sadeghiravesh, 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.
 30. Sadeghi Ravesh, M. H., Zehtabian, G., 2013. Combat desertification alternatives classification with using of Multi Attribute Decision Making (MADM) view point and Weighted Sum Model (WSM), Case study: Khezrabad region, Yazd province. *Journal of Pajouhesh & Sazandeghi*, Vol 100: 1-11.
 31. Sadeghi Ravesh, M. H., Zehtabian, G. R., Ahmadi, H., Khosravi, H., 2012. Using analytic hierarchy process method and

- ordering technique to assess desertification alternatives, case study: Khezrabad, YAZD, IRAN. *Carpathian journal of earth and environmental sciences*, Vol 7, N: 3: 51-60.
32. Sadeghiravesh, M. H., Zehtabian, G. R., Tahmoures, M., 2012. Vulnerability assessment of environmental issues to desertification risk, Case Study: Khezrabad Region, Yazd. *Journal of Watershed Management Research*, Vol 96: 75-87.
33. 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.
34. Shafabakhsh, G. A., Alizadeh, H., Akbari, M., 2012. Identify and prioritize the Sensitive areas in terms of accidentusing network analysis process (ANP). *Journal of Traffic Management Studies*. Vol 7, Issue 24: 1-18.
35. Wang, X. D., Zhong, X. H., Liu, S. Z., Wang, Z. Y., Li, M. H., 2008. Regional assessment of environmental vulnerability in the Tibetan Plateau: Development and application of a new method. *Journal of Arid Environment*, Vol 72, Issue10: 1929-1939.

Application of network analysis process (ANP) in assessment of combating desertification alternatives

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

Received: Aug/29/2011

Accepted: Nov/11/2015

Abstract

Selecting appropriate alternatives considering effective criteria are useful to decision making for arid areas managers. The present study tries to present the main desertification strategies based on quantitative method. Other methods of the assessment of desertification strategies do not study the dependency and the relationship between criteria and alternatives in decision-making level. These methods only rank criteria and alternatives with the hierarchical structure, from up to down, and specify their weights. But complex internal relations between criteria and alternatives and their effects to achieve the ultimate goal requires a network analyzer. So in this study network analysis process (ANP) model were used. For modeling and analysis the data, internal and external dependencies matrix between alternatives and criteria were calculated. Alternatives were weighted using the designed network model and the main alternatives were evaluated and prioritized. The results showed that among 16 criteria and 40 final alternative surveyed, the results showed that the alternative of vegetation cover development and reclamation (A_{23}) with general rating ($D_i = 0.2249$) is the most important alternative in combating desertification process in the study area, and alternatives of prevention of unsuitable land use changes (A_{18}) and modification of ground water harvesting (A_{31}) were in the next priority with general rating of 0.2245 and 0.1852, respectively. Therefore, it was suggested that the results and ranking obtained should be considered in controlling and reducing the effects of desertification and rehabilitating degraded lands plans.

Key words: combating desertification, multi-criteria decision making, network analysis process, pairwise comparison.

1. Assistant Professor, Department of Environment, College of Agriculture, Takestan Branch, Islamic Azad University, Takestan, Iran, Email: m.sadeghiravesh@tiau.ac.ir

2. Assistant Professor, Department of Desertification, Faculty of Natural Resources, Tehran University, Tehran, Iran