**علوم و تکنولوژی محیط زیست، دوره بیست و یکم، شماره هشت، آبان ماه ۹۸**

# رتبه‌بندی راهبردهای بیابان‌زدایی با استفاده از تئوری مطلوبیت چند معیاره (MAUT) (مطالعه موردی: منطقه خضرآباد یزد)

**محمد حسن صادقی روش[1*]**

*m.sadeghiravesh@tiau.ac.ir*

**بهاره جبالبارزی[2]**

**تاریخ دریافت: ۹۵/۱۱/۱۱** **تاریخ پذیرش:۹۶/۳/۲۴**

**چکیده**

**زمینه و هدف:** در حال حاظر بیابان‌زایی به عنوان یک معضل گریبان‌گیر بسیاری از کشورهای جهان از جمله کشورهای درحال توسعه می‌باشد. علیرغم اثرات جدی زیست‌محیطی، اقتصادی و اجتماعی این پدیده، کوشش‌های اندکی در زمینه ارایه راهبردهای بهینه صورت پذیرفته است. از این‌رو هدف از این پژوهش، ارزیابی راهبردهای بیابان‌زدایی به منظور دست‌یابی به راهبردهای بهینه در چارچوب مدیریت پایدار مناطق بیابانی می‌باشد.

**روش بررسی:** جهت دست‌یابی به این هدف، در چارچوب مدل‌های تصمیم‌گیری چند شاخصه، تئوری مطلوبیت چند معیاره (MAUT)، استفاده شد. در این روش برای تعیین وزن معیارها و راهبردها از تکنیک دلفی (Delphi) و آنتروپی شانون تعدیل شده ( Modify Shannon Entropy) استفاده گردید و برای رتبه‌بندی نهایی راهبردها نیز از تابع مطلوبیت چند معیاره (MAUT) استفاده شد. این مدل به منظور ارزیابی کارایی در ارایه راهبردهای بهینه، در منطقه خضرآباد یزد مورد استفاده قرار گرفت.

**یافته‌ها:** بر مبنای نتایج حاصل شده، راهبردهای جلوگیری از تبدیل و تغییر نامناسب کاربری اراضی ($A_{۱۸}$) با ضریب مطلوبیت ۰/۷۴۲۹، توسعه و احیاء پوشش گیاهی ($A_{۲۳}$) با ضریب مطلوبیت ۰/۶۵۷۳ و تعدیل در برداشت از منابع آب زیرزمینی ($A_{۳۱}$) با ضریب مطلوبیت ۰/۳۱۸۴، به ترتیب به عنوان مهم‌ترین راهبردهای بیابان‌زدایی در منطقه تشخیص داده شدند.

**بحث و نتیجه گیری:** نتایج این پژوهش به مدیران مناطق بیابانی این امکان را می‌دهد که امکانات و سرمایه‌های محدود اختصاص یافته به منظور کنترل روند بیابان‌زایی را به شیوه‌های صحیح و کارآمد به کاربندند تا ضمن دستیابی به نتایج بهتر، از هدر رفتن سرمایه‌های ملی جلوگیری کنند.

**واژه‌های کلیدی:** آنتروپی‌شانون، بیابان‌زدایی، تئوری مطلوبیت چند معیاره (MAUT)، مدل‌های تصمیم‌گیری چند شاخصه (MADM)، مقایسه زوجی.

---

۱ - دانشیار گروه محیط زیست، واحد تاکستان، دانشگاه آزاد اسلامی، تاکستان، ایران* (مسوول مکاتبات)

۲ - دانشجوی دکتری مدیریت مناطق بیابانی، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه تهران. تهران، ایران

*J. Env. Sci. Tech., Vol 21, No.8, October, 2019*

# Evaluation of Combat Desertification Alternatives by Using Multi-Attribute Utility Theory (MAUT)
## (Case study of Khezerabad region in Yazd Province)

**Mohammad Hassan Sadeghi Ravesh[1*]**
*m.sadeghiravesh@tiau.ac.ir*
**Bahare Jabalbarezi[2]**

Admission Date:June 14, 2017 Date Received: January 30, 2017

**Abstract**

**Background and Objective:** Today, desertification is considered as a severe problem in most countries of the world, including the developing ones. Despite the serious environmental, social and economical impact of desertification phenomenon, few studies have been done to provide optimal alternatives. The aim of this study was to evaluate the alternatives for combating desertification in order to achieve optimal alternatives in the context of the sustainable management of deserts.

**Method:** To achieve this goal, the Multi-Attribute Utility Theory (MAUT) has been applied in the context of Multi-Attribute Decision-making (MADM) models. In order to determine the weights of criteria and alternatives, it was used the modified Delphi and Shannon entropy techniques, while the final rating of alternatives was performed using the Multi-Attribute Utility Theory (MAUT) function. The model was applied to evaluate the efficiency in providing the optimal alternatives in Khezerabad Region of Yazd Province.

**Findings:** The results showed that, the alternatives of prevention of unsuitable land use changes ($A_{18}$) by a utility factor of 0.7429, vegetation cover development and reclamation ($A_{23}$) by a utility factor of 0.6573 and modification of ground water harvesting ($A_{31}$) by a utility factor of 0.3184 respectively were identified as the most important alternatives for combating desertification in the region.

**Discussion and Conclusion:** These results might able the managers to properly and efficiently use the limited available facilities and funds in order to control the desertification. In addition, achieveing better results, this might prevent the waste of national resources.

**Keywords:** Combating Desertification; Multi-Attribute Decision Making (MADM) models; Multi-Attribute Utility Theory (MAUT); Pair-wise comparison.

1- Associate Professor, Department of Environment, Takestan Branch, Islamic Azad University, Takestan, Iran *(Corresponding Author)
2- Ph.D student, Department of Desertification, Faculty of Natural Resources, Tehran University, Tehran, Iran.

**مقدمه**

در حال حاظر بیابان‌زایی به عنوان یک معضل گریبان‌گیر بسیاری از کشورهای جهان از جمله کشورهای در حال توسعه می‌باشد که نتیجه آن از بین رفتن منابع تجدید شونده در هر یک از کشورهاست (۱). در این زمینه می‌توان با ارایه راهکارها و روش‌های مدیریتی مناسب از شدت پدیده بیابان‌زایی کاسته و نیز از گسترش و پیش‌روی آن جلوگیری به عمل آورد. در این راه شناخت فرایندهای بیابان‌زایی و عوامل به وجود آورنده و تشدید کننده آن و همچنینی آگاهی از شدت و ضعف این فرایندها، امری مهم و ضروری است که باید مورد بررسی و ارزیابی قرار گیرد(۲). این الزامات موجب استفاده از روش‌های تصمیم‌گیری چند شاخصه[۱] می‌شودکه هدف آن انتخاب بهترین جواب از بین راه‌حل‌های مختلف و معیارهای متنوع و متعدد می‌باشد،از این‌رو هدف از این‌پژوهش، ارزیابی‌راهبردهای بیابان-زدایی به منظور دست‌یابی به راهبردهای بهینه در چارچوب مدیریت پایدار مناطق بیابانی می‌باشد. جهت دست‌یابی به این هدف، در چارچوب مدل‌های تصمیم‌گیری چند شاخصه، تئوری مطلوبیت‌چندمعیاره[۲]،به منظور ارایه راهکارهای بهینه در بیابان-زدایی استفاده شد.

با مطالعه‌منابع تحقیقاتی پیشینه به کارگیری مدل‌های تصمیم-گیری در ارایه راهبردهای بهینه در چارچوب مدیریت مناطق بیابانی به کارهای Grauو دیگران، صادقی‌روش و دیگران و سپهر و پرویان محدود می‌شود. گرایو در پژوهش خود به منظور انتخاب راهبردهای بهینه به منظور ارایه طرحی یکپارچه جهت کنترل فرسایش و بیابان‌زایی از سه مدل تصمیم‌گیری، الکترا[۳]، فرایندتحلیلی‌سلسله‌مراتبی[۴]و روش‌ساختاریافتۀرتبه‌بندی ترجیحی برای غنی‌سازی ارزیابی‌ها یا پرومته[۵] استفاده کرد (۳). نتایج حاصله نشان‌گرکارایی بالای این مدل‌هادر ارایه راهبردهای بهینه بیابان‌زدایی 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 تحلیلی سلسله مراتبی (۴)، فرایند تحلیلی سلسله مراتبی فازی[۶](۵)، تکنیک اولویت‌بندی ترجیحی براساس‌تشابه به پاسخ‌های ایده‌ال[۷](۶)، تکنیک اولویت‌بندی ترجیحی براساس تشابه به پاسخ‌های ایده‌ال فازی[۸] (۷)، الکترا (۸)، مدل مجموع وزنی[۹](۹)، بردا[۱۰] (۱۰، ۱۱)، جای-گشت[۱۱](۱۲)، پرومته(۱۳)، فرایند تحلیل شبکه[۱۲](۱۴)، تخصیص‌خطی[۱۳](۱۵)، تحلیل‌عاملی[۱۴](۱۶)و مدل اورسته[۱۵](۱۷) به اولویت‌بندی راهبردهای بیابان‌زدایی در منطقه خضرآباد پرداخت، نتایج حاصله از این مطالعات یکسان‌و تا حدود زیادی مشابه نتایج حاصله از پژوهش انجام شده، می‌باشد. سپهر و پرویان نیز با کاربردمدل‌نارتبه‌ای پرومته ضمن‌پهنه‌بندی آسیب-پذیری بیابان‌زایی‌در اکوسیستم‌های استان‌خراسان رضوی، اقدام به ارزیابی راهبردهای مقابله با بیابان‌زایی کردند (۱۸).

از آنجا که قضاوت در مورد راهبردهای بیابان‌زدایی غیردقیق و احتمالی است، و اصولاً راهبرد بهینه بیابان‌زدایی به عنوان یک امر نادقیق و غیر قطعی در نظر گرفته شده است. لذا به اقتضای این پژوهش از تکنیک دلفی و آنتروپی شانون برای تعیین اوزان معیارها و راهبردها براساس هر معیار، استفاده شده و به منظور رتبه‌بندی راهبردها بر مبنای مجموعه معیارها از تکنیک تئوری مطلوبیت چند معیاره استفاده شده است.

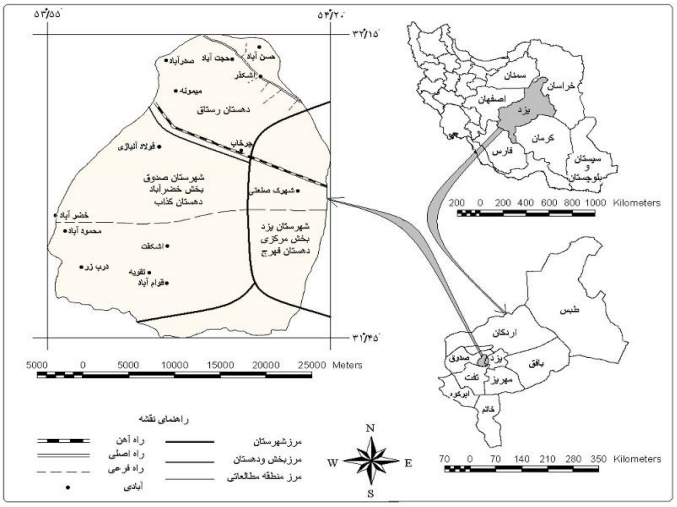
**مواد و روش‌ها**

**منطقه مورد مطالعه**

منطقه خضرآباد با وسعتی معادل ۷۸۱۸۰ هکتار در۱۰ کیلومتری غرب شهر یزد در موقعیت َ۵۵، ْ۵۳ الی َ۲۰، ْ۵۴ طول شرقی و َ ۴۵، ْ۳۱ الی َ ۱۵، ْ۳۲ عرض شمالی قرار گرفته است

1- Multi Attribute Decision Making (MADM)
2- Multi Attribute Utility Theory (MAUT)
3-Elimination et Choice Translating Reality (ELECTRE)
4- Analyzes Hierarchy Process (AHP)
5- Preference Ranking Organization METHod For Enrichment Evaluation (PROMETHEE)
6- Fuzzy Analyzes Hierarchy Process (FAHP)
7- Technique for Order Preference by Similarity to Ideal Solution (TOPSIS)
8-Fuzzy Technique for Order Preference by Similarity to Ideal Solution (FTOPSIS)
9- Weighted Sum Model (WSM)
10- BORDA
11- Permutation
12- Analytical Network Process (ANP)
13- Linear Assignment (LA)
14- Principal Factor Analysis (PFA)
15-Organisation Rangement Et Synthese de donnees Relationnelles (ORESTE)

(شکل۱). ۱۶/۵ درصد از اراضی منطقه را تپه‌ها و پهنه‌های ماسه‌ای با انواع رخساره‌های تخریبی و فرسایشی شکل داده که نشان دهنده وضعیت کاملاً مشهود از نظرگاه بیابان‌زائی در منطقه و بیان کننده لزوم پرداختن به راه حل‌های بیابان‌زدایی در این حوزه است (۱۹).




**شکل ۱- موقعیت منطقه خضرآباد**

Figure1. Location of the study area

**روش تحقیق**

تئوری مطلوبیت چند معیاره (MAUT) یکی از مهم‌ترین روش‌های رتبه‌بندی و تصمیم‌گیری چند معیاره کلاسیک[1] در مکتب آمریکایی می‌باشد (۲۰، ۲۱) مفهوم مطلوبیت به میزان تمایل هر یک از تصمیم‌گیرندگان برای دست‌یابی به گزینه مورد نظر اشاره دارد (۲۵) این مفهوم در قالب تابع مطلوبیت اولین بار توسط Keeney و Raiffa در سال ۱۹۷۶ ارایه شد (۲۲، ۲۳، ۲۴). ساختار این روش بر مبنای تعیین تابع مطلوبیت هر معیار شکل گرفته و مطلوبیت نهایی هر گزینه از ترکیب وزنی مقادیر این توابع به ازای هر گزینه حاصل می‌شود. تئوری مطلوبیت طی مراحل ذیل به انجام می‌رسد.

**- انتخاب معیارها و راهبردهای موثر**

انتخاب معیارها و راهبردها از طیف وسیعی از معیارها و راهبردهای را می‌توان از طریق طوفان مغزها یا روش دلفی بدست آورد. در این پژوهش از روش دلفی و تشکیل ساختار سلسله مراتبی به منظور انتخاب معیارها و راهبردهای مهم و اولویت‌دار استفاده کردیم (۴، ۲۵).

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

در ادامه به منظور دستیابی به وزن نسبی[2]، پرسش‌نامه‌ای تهیه و از کارشناسان آشنا به منطقه مطالعاتی خواسته شد که راهبردهای موثر حاصل شده را از نظر اولویت نسبت به تک تک معیارها در مقیاس ۱ الی ۹ ساعتی مورد مقایسات زوجی[3] قرار دهند. پس از تشکیل ماتریس مقایسات زوجی کارشناسان، از روش میانگین هندسی اقدام به تلفیق قضاوت‌ها کرده و ماتریس مقایسات زوجی گروهی شکل گرفت. (۲۵، ۲۶)

**-استخراج اوزان راهبردهای موثر بر مبنای جداول مقایسات زوجی گروهی**

در این مرحله اعداد جداول ماتریس مقایسات زوجی گروهی اولویت راهبردها نسبت به هر معیار وارد نرم افزار EC شد. بعد از نرمال‌سازی از روش میانگین موزون، اولویت‌ها ارایه شد (۲۷).

**- تشکیل ماتریس تصمیم گیری نرمالیزه (NDM[4])**

در این مرحله مقادیر وزنی اولویت راهبردها ($P_{ij}$) بر مبنای هر معیار، در قالب ماتریس کلی تصمیم گیری(جدول۱) لحاظ می-شود.

1- Classic Model

2- Local Priority

3- Pire wise

4 -Normalized Decision Matrix

**جدول۱- ماتریس تصمیم گیری نرمالیزه (NDM)( ۳۱)**

Table 1. Normalized Decision Matrix (NDM) (29)

| 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 راهبردها ،$n$ = تعداد معیارها $C$ = عنوان معیار و $P_{ij}$ = مقدار وزنی نرمال که هر راهبرد با توجه به معیار مربوطه کسب می-کند، می‌باشد.

**-تعیین اهمیت معیارها با استفاده از روش آنتروپی شانون[1]**

زمانی که داده‌های یک ماتریس تصمیم‌گیری به طور کامل مشخص شده باشد، روش آنتروپی برای ارزیابی اوزان معیارها مناسب است (۲۸) از این رو پس از تشکیل ماتریس تصمیم-گیری که یک ماتریس نرمالیزه است، آنتروپی راهبردها نسبت به معیارها از رابطه ۱ محاسبه شده و ماتریس دو بعدی آن شکل می‌گیرد (جدول ۲).

$$E_{ij} = P_{ij} \times \ln P_{ij} \quad ; \forall_j \qquad (۱)$$

که در آن: $E_{ij}$ = آنتروپی هر راهبرد نسبت به هر معیار، $P_{ij}$ = مقدار وزنی نرمال هر راهبرد نسبت به هر معیار و $\ln P_{ij}$ = لگاریتم نپرین مقدار وزنی نرمال هر راهبرد نسبت به هر معیار

**جدول ۲- ماتریس آنتروپی راهبردها نسبت به معیارها**

Table.2. Alternatives entropy matrix relating to criteria

| Alt | Criterion | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | $C_1$ | $C_2$ | $C_3$ | ... | $C_N$ |
| $A_1$ | $E_{11}$ | $E_{12}$ | $E_{13}$ | ... | $E_{1N}$ |
| $A_2$ | $E_{21}$ | $E_{22}$ | $E_{23}$ | ... | $E_{2N}$ |
| : | : | : | : | : | : |
| $A_M$ | $E_{M1}$ | $E_{M2}$ | $E_{M3}$ | : | $E_{MN}$ |

در ادامه آنتروپی معیارها ($E_j$) از رابطه (۲) محاسبه می‌شود.

$$E_j = -K \sum_{i=1}^{m} \left( P_{ij} \times \ln P_{ij} \right) \qquad (۲)$$

در این رابطه: $E_j$ = آنتروپی هر معیار، $K$ = ضریب ثابت و $K$ به عنوان مقدار ثابت از رابطه (۳) محاسبه می‌شود.

$$K = \frac{1}{\ln M} \qquad (۳)$$

در این رابطه: $K$ = ضریب ثابت، $\ln M$ = لگاریتم نپرین تعداد راهبردها($M$) می‌باشد.

و مقدار $d_j$ (درجه انحراف)[2] از رابطه (۴) محاسبه می‌شود که بیان می‌کند معیار مربوطه ($j$) چه میزان اطلاعات مفید برای تصمیم‌گیری در اختیار تصمیم‌گیرنده قرار می‌دهد. هر چه مقادیر اندازه‌گیری شده معیاری به صفر نزدیک باشد، نشان دهنده آن است که گزینه های رقیب از نظر آن شاخص تفاوت چندانی با یکدیگر ندارند. لذا نقش آن شاخص در تصمیم‌گیری باید به همان اندازه کاهش یابد.

$$d_j = 1 - E_j \quad ; \forall_j \qquad (۴)$$

سپس مقدار اوزان معیارها از رابطه (۵) محاسبه می شود.

$$W_j = \frac{d_j}{\sum_{j=1}^{n} d_j}; \quad \forall_j \qquad (۵)$$

بر مبنای این روش معیاری که بیش‌ترین وزن را دارد بیش‌ترین نقش در تصمیم گیری را نیز دارد (۲۶، ۲۹).

در نهایت با بکارگیری قضاوت شخصی خبرگان، برای معیارها، ضرایب ارجحیت ( $\lambda_j$ ) را به دست آورده و در تعدیل وزن نهایی معیارها از رابطه ۶ استفاده شد (۳۰).

1 - Shannon Entropy

2 -Degree of Diversification

$$W'_j = \frac{\lambda_j W_j}{\sum_{j=1}^{n} \lambda_j W_j}; \quad \forall_j \qquad (۶)$$

**- تعیین مقادیر $U_H$ و $U_L$ برای کلیه معیار های تصمیم گیری ($y_i$)**

در این مرحله با در نظر گرفتن ماتریس تصمیم‌گیری در فرایند تحلیلی سلسله مراتبی (جدول۲) مقادیر حداکثر ($U_H$) و حداقل ($U_L$) مطلوبیت هر معیار تعیین می‌شود. به طور کلی $U_H$ نشان دهنده مقداری است که در آن درجه مطلوبیت به بیش‌ترین حد خود یعنی ۱ می‌رسد (رابطه۷)، در حالیکه $U_L$نشان دهنده مقداری است که در آن درجه مطلوبیت به کم-ترین حد خود یعنی صفر می‌رسد (رابطه ۸).

$$u_i(U_H) = 1.0 \qquad (۷)$$

$$u_i(U_L) = 0.0 \qquad (۸)$$

این دو مقدار در دو سر یک طیف قرار می‌گیرند که مطلوب‌ترین و نامطلوب‌ترین میزان از یک موضوع (مثلا معیارهای مطرح و موثر در ارایه راهبردهای بیابان‌زدایی) را از نظر تصمیم‌گیرندگان مشخص می‌نمایند. در واقع مقادیر مطلوبیت بدست آمده در مسایل تصمیم‌گیری مابین دو مقدار $U_H$ و $U_L$ (۰,۰ و ۱,۰ ) تغییر می‌کند.

**- محاسبه معادله مطلوبیت هر یک از معیارها**

تابع مطلوبیت را می‌توان به عنوان مبنایی برای تشریح نظرات یک تصمیم‌گیرنده نسبت به ریسک به کاربرد، نوع تابع مطلوبیت به نوع دیدگاه ریسک تصمیم‌گیرنده برمی‌گردد. دیدگاه ریسک تصمیم‌گیرنده به سه دسته ریسک‌گریز[1]، ریسک-پذیر[2] و خنثی در ریسک[3] تقسیم شده، برای دیدگاه رسیک‌پذیر و ریسک‌گریز شکل توابع مطلوبیت به صورت نمایی و برای دیدگاه ریسک خنثی (دیدگاه بی‌تفاوت نسبت به ریسک) که ما نیز از این طرز تلقی به مسأله می‌نگریم، به صورت خطی می-باشد (رابطه۹).

$$U_i(y_i) = c_i y_i + d_i \qquad (۹)$$

$c_i$ و $d_i$ اعداد ثابتند

به منظور تعیین مقادیر ثابت $c_i$ و $d_i$ برای کلیه معیارهای تصمیم‌گیری و توابع مطلوبیت هر یک از معیارها، از تابع ریسک خنثی (رابطه۹) و مقادیر $U_H$ و $U_L$ برای کلیه معیارهای تصمیم‌گیری استفاده می‌شود. تابع مطلوبیت به ازای حد بالایی مقدار یک و به ازای حد پایینی مقدار صفر را اختیار می کند.

**- تعیین مقدار مطلوبیت برای هر معیار در هر راهبرد با استفاده از معادله مطلوبیت تک معیاره**

پس از برآورد تابع مطلوبیت برای همه معیارها با کمک ماتریس تصمیم‌گیری (جدول ۱) مقادیر مطلوبیت متعلق به هر یک از معیارها در

رابطه با هر راهبرد را استخراج کرده و حاصل $U_i(y_i)$ را برای تمام معیارها و راهبردها محاسبه و ماتریس مطلوبیت راهبردهای بیابان‌زدایی را شکل می‌دهیم ( جدول۳).

1- Risk- Averse
2- Risk-Seek
3- Risk- Neutral

**جدول ۳- مقادیر مطلوبیت راهبردهای بیابان‌زدایی ($U_i(y_i)$)**

Table 3. The utility values for alternatives to combat desertification ($U_i(y_i)$)

| Alt | Criterion | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | $C_1$ | $C_2$ | $C_3$ | ... | $C_N$ |
| $A_1$ | $U_1(P_{11})$ | $U_2(P_{12})$ | $U_3(P_{13})$ | ... | $U_3(P_{1N})$ |
| $A_2$ | $U_1(P_{21})$ | $U_2(P_{22})$ | $U_3(P_{23})$ | ... | $U_3(P_{2N})$ |
| : | : | : | : | | : |
| $A_M$ | $U_1(P_{M1})$ | $U_2(P_{M2})$ | $U_3(P_{M3})$ | ... | $U_3(P_{MN})$ |

در این جدول: Alt: راهبرد، C: معیار و $U_i(y_i)$: مقادیر مطلوبیت متعلق به هر یک از معیارها در رابطه با هر راهبرد می‌باشند.

**-تشکیل تابع مطلوبیت چند معیاره برای هر راهبرد**

مقادیر $U_i(y_i)$ بدست آمده در بخش قبل (جدول ۳) و نیز اوزان معیارهای تعدیل شده، در معادله تابع مطلوبیت با معیارهای چندگانه هر راهبرد (رابطه ۱۰) قرار داده شد. این عمل برای تمام راهبردها به انجام رسید و در نتیجه تابع مطلوبیت با معیارهای چندگانه برای تمامی راهبردها محاسبه گردید.

$$U_i(y_1, y_2, \ldots y_n) = w'_1 u_1(y_1) + w'_2 u_2(y_2) + \ldots + w'_n u_n(y_n) \qquad (۱۰)$$

در این رابطه، $U_i(y_i)$ یک تابع مطلوبیت تک معیاره برای معیار $i$ بوده و مقدار آن از ۰,۰ تا ۱,۰ تغییر می‌کند، $y_i$ دامنه‌ای از مقادیر است که معیار $i$ اختیار می‌کند و $W'_j$ وزن (اهمیت نسبی) تعدیل شده معیار را نشان می‌دهد. وزن‌ها مقادیر مثبتی هستند که مجموع آن‌ها عدد ۱ را حاصل می‌کند ( رابطه ۱۱).

$$\sum_{i=1}^{m} w'_i = 1 \qquad (۱۱)$$

**- مقایسه توابع مطلوبیت چند معیاره راهبردها و تعیین راهبردهای بهینه**

پس از بدست آمدن نتایج، می‌توان اولویت نسبی هر راهبرد را مشخص کرد در این رابطه از آنجا که مفهوم بیابان‌زدایی هم ارز مفهوم مطلوبیت است از این رو راهبردهایی که از ضریب مطلوبیت بیش‌تری برخوردار باشند از نظر بیابان‌زدایی در اولویت قرار می‌گیرند و بالعکس. (۲۰، ۲۸، ۲۹، ۳۱، ۳۲).

**یافته‌ها**

**- انتخاب معیارها و راهبردهای مهم واولویت دار**

در فرایند ارزیابی راهبردهای بیابان‌زدایی در منطقهٔ مطالعاتی، ابتدا به‌منظور شناخت معیارها و راهبردهای مهم و اولویت‌دار از نظر گروه، از روش دلفی و تهیهٔ پرسش‌نامه استفاده شد (۴) و از میان ۱۶ معیار و ۴۰ راهبرد نهایی نظرخواهی‌شده به‌منظور بیابان‌زدایی، راهبردها و معیارهای مهم و اولویت‌دار از نظر گروه انتخاب و به منظور ترسیم نمودار سلسله‌مراتب تصمیم‌گیری و تهیهٔ پرسش‌نامه مقایسات زوجی در نظر گرفته شدند.

**- محاسبه وزن نسبی راهبردها و تشکیل ماتریس تصمیم گیری گروهی([1]DM)**

پس از مشخص شدن معیارها و راهبردهای مهم و اولویت دار از نظر گروه، از روش مقایسات زوجی، و در قالب کلی ماتریس تصمیم‌گیری در فرایند تحلیلی سلسله مراتبی (جدول۱)، ماتریس تصمیم‌گیری راهبردهای بهینه بیابان‌زدایی از نظر گروه (جدول۴) شکل گرفت و اولویت راهبردها بر مبنای هر معیار تعیین شد.

1- Decision Matrix

**جدول۴- ماتریس تصمیم گیری راهبردهای بهینه بیابان‌زدایی از نظر گروه**

Table4. Decision matrix of optimal de-desertification alternatives according to group

| معیارها(C) ◄ / راهبردها(A) ▼ | $C_7$ | $C_{16}$ | $C_6$ | $C_5$ | $C_2$ |
|---|---|---|---|---|---|
| $A_{۲۳}$ | 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 |

**- تعیین اهمیت معیارهای مطرح در فرایند بیابان‌زدایی از روش آنتروپی شانون**

پس از تشکیل ماتریس تصمیم‌گیری نرمالیزه شده (جدول۴)، آنتروپی راهبردهای بیابان‌زدایی نسبت به معیارهای مطرح از رابطه ۱ محاسبه شد و ماتریس دو بعدی آن شکل گرفت و در ادامه آنتروپی معیارهای مطرح در بیابان‌زدایی($E_j$) از رابطه ۲ محاسبه شد و با محاسبه درجه انحراف ($d_j$) و اوزان معیارها ($W_j$) از روابط ۴ و ۵، اوزان معیارها، با نظر خواهی از متخصصان آشنا به منطقه (کل جامعه آماری ۲۵ نفر) طی رابطه ۶ تعدیل شد و اهمیت تعدیل شده معیارهای مطرح در انتخاب راهبردهای بیابان‌زدایی در منطقه خضرآباد مطابق جدول ۵ برآورد شد.

**جدول ۵- برآورد آنتروپی، درجه انحراف و اوزان تعدیل شده معیارهای مطرح در ارایه راهبردهای بیابان‌زدایی**

Table.5. Famous criteria entropy, deviation and weight for providing de- desertification alternatives

| معیارها(C) ◄ | $C_7$ | $C_{16}$ | $C_6$ | $C_5$ | $C_2$ |
|---|---|---|---|---|---|
| $E_j$ | ۰/۹۸۷۴ | ۰/۹۹۲۲ | ۰/۹۹۳۲ | ۰/۹۸۷۲ | ۰/۹۹۱۳ |
| $d_j$ | ۰/۰۱۲۶ | ۰/۰۰۷۸ | ۰/۰۰۶۸ | ۰/۰۱۲۸ | ۰/۰۰۸۷ |
| $W_j$ | ۰/۲۵۸۷ | ۰/۱۶۰۲ | ۰/۱۳۹۶ | ۰/۲۶۲۸ | ۰/۱۷۸۶ |
| $\lambda_j$ | ۰/۳۳ | ۰/۳۱ | ۰/۱۶ | ۰/۱۱ | ۰/۰۹ |
| $\lambda_j \times w_j$ | ۰/۰۸۵۳۷ | ۰/۰۴۹۶۶ | ۰/۰۲۲۳۴ | ۰/۰۲۸۹۱ | ۰/۰۱۶۰۷ |
| $w'_j$ | ۰/۴۲ | ۰/۲۵ | ۰/۱۱ | ۰/۱۵ | ۰/۰۸ |

**- رتبه بندی نهایی اولویت راهبردهای بیابان‌زدایی**

در این مرحله با استفاده از ماتریس تصمیم‌گیری (جدول ۴) و اوزان معیارهای برآورد شده به روش آنتروپی شانون (جدول۶)، از روش تئوری مطلوبیت چند معیاره، برای رتبه‌بندی اولویت راهبردهای بیابان‌زدایی به شرح ذیل استفاده شد سپس مقادیر حداکثر ($U_H$) و حداقل ($U_L$) مطلوبیت هر معیار بیابان‌زدایی با در نظر گرفتن ماتریس تصمیم‌گیری درفرایند تحلیلی سلسله مراتبی ( جدول۴ ) بدست آمد ( جدول ۶).

**جدول ۶- مقادیر حداکثر ($U_H$) و حداقل ($U_L$) مطلوبیت هر معیار بیابان‌زدایی**

Table.6. The maximum ($U_H$) and minimum ($U_L$) utility values of criteria to combat desertification

| | $y_7$ | $y_{16}$ | $y_6$ | $y_5$ | $y_2$ |
|---|---|---|---|---|---|
| $U_H$ | ۰/۲۶۴۳ | ۰/۲۳۸۳ | ۰/۲۴۸۸ | ۰/۲۵۶۵ | ۰/۲۵۰۹ |
| $U_L$ | ۰/۱۵۸۲ | ۰/۱۵۱۰ | ۰/۱۶۰۸ | ۰/۱۶۳۳ | ۰/۱۶۲۰ |

با استفاده از رابطه ۹ دستگاه معادلاتی برای تمام معیارها تشکیل شد تا مقادیر ثابت $c_i$ و $d_i$ بدست آید. پس از مشخص شدن مقادیر ثابت $c_i$ و $d_i$ برای همه معیارها، توابع مطلوبیت مجزایی برای معیارهای موثر در فرایند بیابان‌زدایی محاسبه شد. پس از بدست آمدن تابع مطلوبیت برای همه معیارها و با کمک ماتریس تصمیم‌گیری (جدول۴) مقادیر مطلوبیت متعلق به هر یک از معیارها در رابطه با هر راهبرد استخراج و حاصل $U_i(y_i)$ برای تمام معیارها و راهبردها محاسبه شد و ماتریس مطلوبیت واحدهای کاری از دیدگاه بیابان‌زدایی شکل گرفت (جدول ۷).

**جدول ۷- ماتریس مطلوبیت واحدهای کاری از دیدگاه بیابان‌زدایی**

Table.7. The utility matrix of action units from de- desertification viewpoint

| معیارها(C) ◄ / راهبردها(A) ▼ | $C_7$ | $C_{16}$ | $C_6$ | $C_5$ | $C_2$ |
|---|---|---|---|---|---|
| $A_{23}$ | ۰/۶۳۶۱ | ۰/۳۳۶۷ | ۱ | ۰/۸۱۱۲ | ۱ |
| $A_{18}$ | ۱ | ۱ | ۰/۴۲۲۷ | ۰/۰۰۴۴ | ۰/۳۸۵ |
| $A_{33}$ | ۰/۰۱۶۳ | ۰ | ۰/۵۴۷۶ | ۱ | ۰ |
| $A_{20}$ | ۰ | ۰/۷۹۹۳ | ۰ | ۰/۱۴۰۶ | ۰/۶۸۷۶ |
| $A_{31}$ | ۰/۳۱۶۸ | ۰/۶۲۳۵ | ۰/۲۴۴۳ | ۰ | ۰/۰۷۲۳ |

با تعیین $U_i(y_i)$ و اوزان محاسبه شده معیارها، معادله تابع مطلوبیت با معیارهای چندگانه در رابطه با هر راهبرد با توجه به رابطه خطی ۱۰، از مجموع سطری مقادیر مطلوبیت $U_i(y_i)$ (جدول۷) در ضریب اهمیت نسبی معیارها ( $w'_j$ ) (جدول۵) به تفکیک هر راهبرد بیابان‌زدایی محاسبه شد (جدول ۸).

**جدول ۸- ضریب مطلوبیت راهبردهای بیابان‌زدایی به تفکیک واحدهای کاری در منطقه خضرآباد**

Table.8. The utility coefficient of de-desertification alternative of action units in the Khezrabad area.

| | A23 | A18 | A33 | A20 | A31 |
|---|---|---|---|---|---|
| ضریب مطلوبیت | ۰/۶۵۷۳ | ۰/۷۴۲۹ | ۰/۲۱۲۱ | ۰/۲۷۱۲ | ۰/۳۱۸۴ |
| رتبه | ۲ | ۱ | ۵ | ۴ | ۳ |

با توجه به نتایج حاصله از جدول ضریب مطلوبیت راهبردها (جدول۸)، می‌توان بیان داشت راهبردی برتر است که مطلوبیت مورد انتظار بدست آمده از آن بیشتر باشد. راهبرد جلوگیری از تبدیل و تغییر نامناسب کاربری اراضی($A_{۱۸}$)، مهمترین راهبرد در فرایند بیابان‌زدایی می‌باشد و راهبردهای توسعه واحیاء پوشش گیاهی($A_{۲۳}$)، تعدیل در برداشت ازمنابع آب زیر زمینی($A_{۳۱}$)، کنترل چرای دام ($A_{۲۰}$) و تغییرالگوی آبیاری و اجرای روش‌های کم آب‌خواه ($A_{۳۳}$) به ترتیب در اولویت های بعدی قرار گرفته‌اند.

A18>> A23>> A31>> A20>> A33

**بحث و نتیجه گیری**

در این پژوهش در چارچوب روش‌های تصمیم‌گیری چند معیاره، مدل تئوری مطلوبیت چند معیاره را ارایه نمودیم که در آن راهبردهای بیابان‌زدایی بر پایه نظرسنجی از خبرگان مورد ارزیابی و رتبه‌بندی قرار گرفتند در چارچوب این روش به منظور تعیین اهمیت معیارها از روش آنتروپی شانون اصلاح شده استفاده شد. از آنجا که مطابق ادبیات پژوهش ارجحیت معیارها ($W_j$) با نظرخواهی از صاحب‌نظران تعدیل شد ( $W'_j$ ) لذا نتایج نهایی بدست آمده، بر خلاف پژوهش‌های انجام شده همانند ارزیابی راهبردها با کاربرد مدل مجموع وزنی که صرفا اهمیت معیارها بر مبنای آنتروپی و بدون نظرخواهی گروهی برآورد می‌شد، از صحت بیشتری برخوردار بوده و نتایج حاصله

مطابق مدل‌های فرایند تحلیلی سلسله مراتبی، الکترا، تاپسیس، بردا، پرومته، جایگشت و تخصیص خطی در ارزیابی راهبردها می‌باشد که ارزیابی معیارها را بر مبنای مقایسات زوجی و نظر خواهی گروهی انجام می‌دادند، به این معنی که راهبردهای $A_{۱۸}$، $A_{۲۳}$ و $A_{۳۱}$ ، به ترتیب در رتبه اول تا سوم قرار گرفته‌اند. در عین حال روش MAUT 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 از اعداد فازی استفاده کرد. بنابراین می‌توان روش‌های اولویت-بندی را با کاربرد اعداد فازی توسعه داد.

به طور کلی با توجه به نتایج اولویت بندی نهایی راهبردها می-توان بیان داشت که در صورت اجرای راهبردهای، جلوگیری از تبدیل و تغییر نامناسب کاربری اراضی($A_{۱۸}$) با ضریب مطلوبیت ۰/۷۴۲۹، توسعه واحیاء پوشش گیاهی($A_{۲۳}$) با ضریب مطلوبیت ۰/۶۵۷۳ و تعدیل دربرداشت ازمنابع آب زیر زمینی($A_{۳۱}$) ۰/۳۱۸۴ ، می‌توان به میزان قابل توجهی از بیابانی شدن اراضی منطقه جلوگیری و نسبت به احیاء اراضی تخریب یافته اقدام کرد.

در نهایت پیشنهاد می‌شود طرح‌های بیابان‌زدایی در منطقه مطالعاتی بر روی این راهبردها تأکید کنند تا از هدر رفت سرمایه‌های محدود جلوگیری و بازدهی طرح‌های کنترل، احیاء و بازسازی بالا رود. نتایج این پژوهش به مدیران مناطق بیابانی این امکان را می دهد که امکانات و سرمایه‌های محدود اختصاص یافته به منظور کنترل روند بیابان‌زایی را به شیوه‌های صحیح و کارآمد به کاربندند تا ضمن دست‌یابی به نتایج بهتر، از هدر رفتن سرمایه‌های ملی جلوگیری کنند.

**Reference**


1. Ahmadi, H., 2004. Study of effective factors on desertification. Forest and Pasture Journal, Vol. 62, pp. 66-70. (In Persian).
2. Giordano, L., Giordano, F., Grauso, S., Lannetta, M., Scicortino, M., Bonnati, G., Borfecchia, F., 2002. Desertification vulnerability in Sicily, Proc. Of the 2nd Int. Conf. On New Trend in Water and Environmental Engineering for Safety and Life:Eco-compatible solutions for Aquatic Environmental, June 24-28, Capri, Italy. pp: 85-98. Available from: http://www.Capri2002.com.
3. 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, pp. 2601–2630.
4. Sadeghi Ravesh, M. H., Ahamadi, H., Zahtabian, G. H., Tahmoures, M., 2010. Application of Analytical Hierarchy Process (AHP) in assessment of de-desertification alternatives. Iranian Journal of Range and Desert Research, Vol. 17(1), pp. 35-50. (In Persian).
5. 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, pp. 653-667.
6. Sadeghi Ravesh, M. H., Zehtabian, G. R., Ahmadi, H., Khosravi, H., 2012. Using analytic hierarchy prosess method and ordering technique to assess de-desertification alternatives, case study: Khezrabad, Yazd, IRAN, Carpathian journal of earth and environmental sciences, Vol. 7, pp. 51-60.

7. Sadeghi Ravesh, M. H., Tahmoures, M., 2014. Evaluation of alternatives to combat desertification using FTOPSIS model. Environmental Engineering and Sciences Quarterly. Vol. 1(3), pp. 79-94. (In Persian).
8. 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, pp.141-153.
9. 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, pp.1-11. (In Persian).
10. Sadeghi Ravesh, 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. 4(2), pp. 5-16. (In Persian).
11. 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(12), pp. 109-121. (In Persian)
12. 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(4), pp. 5-14. (In Persian).
13. Sadeghi Ravesh, M, H., Khosravi, H., Abolhasani, A., Shekoohizadeghan, S., 2016. Evaluation of de-desertification alternatives by using PROMETHEE model in Khezrabad region, Journal of Geography and Geology, Vol 8(2), pp. 1-14.
14. Sadeghi Rravesh, M. H., Khosravi, H., 2015. Application of Network Analysis Process (ANP) in assessment of combating desertification alternatives. Desert Ecosystem Engineering Journal (DEEJ), Vol. 4(8), pp.11-24. (In Persian).
15. Sadeghi Ravesh, M, H., Khosravi, H., Ghasemian, S., 2016. Assessment of combating strategies using the Liner Assignment method, Journal of Solid Earth, Vol. 7, pp. 673-683.
16. Sadeghi Ravesh, M. H., Khosravi, H., 2018. Assessment of de-desertification approaches using Multi Attribute Decision Making (MADM) and Principal Factor Analysis (PFA). Geographical Explorations of Desert Areas, Vol. 6(1), pp.229-255. (In Persian)
17. Sadeghi Ravesh, M. H., 2019. Evaluation of de-desertification alternatives In Ardekan- Khezr Abad plain by using Shannon Entropy method and ORESTE model, Quarterly journal of Environmental Erosion Research, (In Press) (In Persian).
18. Shafiei Nik Abadi, M., Jafarian, A., 2012. Application of the Multi-Attribute Utility Theory (MAUT) to evaluate the performance of electronic businesses. Management Quarterly. Vol. 9 (26), pp. 57-68. (In Persian).
19. Sadeghi Ravesh, M. H., 2008. Investigation of effective

desertification factors on environmental degradation. Azad University Ph.D Thesis.395 p. (In Persian).

20. Maged, E. G., Chang, L. M., Zang, L., 2005. Utility- Function Model for Engineering performance assessment, journal of construction engineering and management, Vol 131, no. 5, pp. 558-565.
21. Ayhan, M. B., 2013. A FUZZY and approach for supplier selection problem: a case study in a Gearmotor company, International Journal of Managing Value and Supply Chains(IJMVSC), Vol. 4, No. 3, pp. 11-23.
22. Keeney, R. L., 1992. Value – focused thinking: A path to creative decision-making, Harvard university press, London.UK.
23. Keeney, R. L., Raiffa, H., 1993. Decisions with Multiple Objectives: Perferences and value trade-Offs, Cambridge university press, Cambridge, UK.
24. Keeney, R. L., 1976. A group preference axiomatization with cardinal utility, Management Science, Vol 23, pp.140-145.
25. Azar, A., Rajabzadeh, A., 2014. Applied decision making with an approach of Multi-Attribute Decision Making (MADM). 6nd edition. Tehran, Publication of Negah Danesh. 183 pp. (In Persian).
26. Ghodsipour, S. H., 2016. Analytical Hierarchical Process (AHP). 12nd edition, Amir Kabir University press, 220 pp. (In Persian).
27. Azar, A., Memariani, A., 2003. AHP a new technique for group decision making. Journal of Management Knowledge, Vol. 27-28, pp. 22-32. (In Persian).
28. Asgharpoutr, M. J., 2017. Multi-Criteria Decision Making. 15nd edition, Publication of Tehran University, 400 pp. (In Persian).
29. Zak. J., 2005. The comparison of multi-objective ranking methods applied to solve the mass transit systems decision problems, proceeding of 16th mini Euro conference and 10th meeting of the Euro working group of transportation (EWGT), September 13-16, 2005, Poznan, Poland.
30. Limon, G. A., Martinez, Y., 2006. Multi criteria modeling of irrigation water marked at basin level: A Spanish case study, Eropiangeornal of Operational Reserch, Vol. 173, pp. 313-336
31. Wallenius, J., Dyer, J. S., Fishburn, P. C., Steuer, R. E., Zionts, S., Deb, K., 2008. Multiple Criteria Decision Making, Multi- Attribute Utility Therory: Recent accomplishments and what lies ahead, Management Science, Vol. 54, Issue. 7, pp. 1335-1349.
32. Momeni, M., 2006. Modern Research Subjects in Practice. Publications of Management Faculty of University of Tehran.