رتبه‌بندی راهبردهای بیابان‌زدایی دشت اردکان - خضرآباد با استفاده از روش آنتروپی‌شانون و مدل ارسته

محمدحسن صادقی‌روش*: *گروه محیط زیست، دانشکده‌ی کشاورزی، دانشگاه آزاد اسلامی واحد تاکستان، تاکستان، ایران.*

تاریخچه مقاله (تاریخ دریافت: ۱۳۹۷/۴/۳۰ تاریخ پذیرش:۹۷/۱۱/۲۸)

چکیده

بیابان‌زایی یک از بزرگ‌ترین چالش‌های زیست محیطی زمان ما به شمار می‌رود. این پدیده مسئله‌ای جهانی است و پیامدهای جدی آن بر تنوع زیستی، ایمنی محیط‌زیست، ریشه‌کنی فقر، ثبات اجتماعی- اقتصادی و توسعه‌ی پایدار در سراسر جهان تأثیرگذار است. علی‌رغم اثرات جدی زیست‌محیطی، اقتصادی و اجتماعی این پدیده، کوشش‌های اندکی در زمینه‌ی ارائه‌ی راهبردهای بهینه کنترل و کاهش آن صورت گرفته‌است؛ بنابراین، مقاله‌ی حاضر با هدف ارائه‌ی راهبردهای بهینه‌ی بیابان‌زدایی به صورت نظام‌مند و در قالب یک مدل تصمیم‌گیری گروهی انجام شد. به این منظور در ابتدا در چارچوب روش تصمیم‌گیری چند شاخصه و با استفاده از تکنیک آنتروپی شانون، ارجحیت شاخص‌ها برآورد شد. سپس با ایجاد ساختار رجحانی و رتبه‌بندی معیارها و راهبردها با کاربرد روش میانگین رتبه‌های بس‌سون، به رتبه‌بندی فواصل و تعیین اولویت راهبردها با استفاده از مدل ارسته پرداخته شد. نتایج حاصل نشان داد که معیارهای «ابزارهای علمی و تکنولوژیکی» (C_5) و «تناسب و سازگاری با محیط زیست» (C_7) به ترتیب با ضریب اهمیت ۰/۲۶۲۸ و ۰/۲۵۸۷، در بالاترین درجه‌ی اهمیت قرار دارد و از میان راهبردها، راهبرد توسعه و احیای پوشش‌گیاهی ($A_{۲۳}$) با رتبه‌ی کلی $R(m)=46/5$ مهم‌ترین راهبرد در فرایند بیابان‌زدایی منطقه‌ی مطالعاتی است و راهبردهای جلوگیری از تبدیل و تغییر نامناسب کاربری اراضی ($A_{۱۸}$) با رتبه‌ی کلی $R(m)=53/5$ و کنترل چرای دام ($A_{۲۰}$) با رتبه‌ی کلی $R(m)=69$ به ترتیب در اولویت‌های بعدی قرار می‌گیرد؛ از این رو، پیشنهاد شد که در طرح‌های کنترل و کاهش اثرات بیابان‌زایی و احیای اراضی تخریب یافته، نتایج و رتبه‌بندی به دست آمده قابل توجه قرار گیرد.

واژگان کلیدی: تصمیم‌گیری چند شاخصه، تصمیم‌گیری گروهی، مقایسه‌ی زوجی، میانگین رتبه‌های بس‌سون، وزن نسبی.

۱- مقدمه

بیابان‌زایی عبارت است از تخریب اراضی در نواحی خشک، نیمه‌خشک و خشک نیمه مرطوب (نسبت بارندگی به تبخیر و تعرق پتانسیل یا P/EPT بین ۰/۰۵ و ۰/۶۵) که در نتیجه‌ی عوامل گوناگون از جمله تنوع اقلیمی و فعالیت‌های انسانی به وجود می‌آید (Glantz and Orlovsky, 1983 & ALI, 1998). این پدیده به سرعت، امنیت غذایی و زیست‌محیطی را با بحران مواجه کرده و عامل اصلی از دست رفتن کیفیت خاک در جهان است (FAO, 1979). در دشت

* نویسنده مسئول: m.sadeghiravesh@tiau.ac.ir

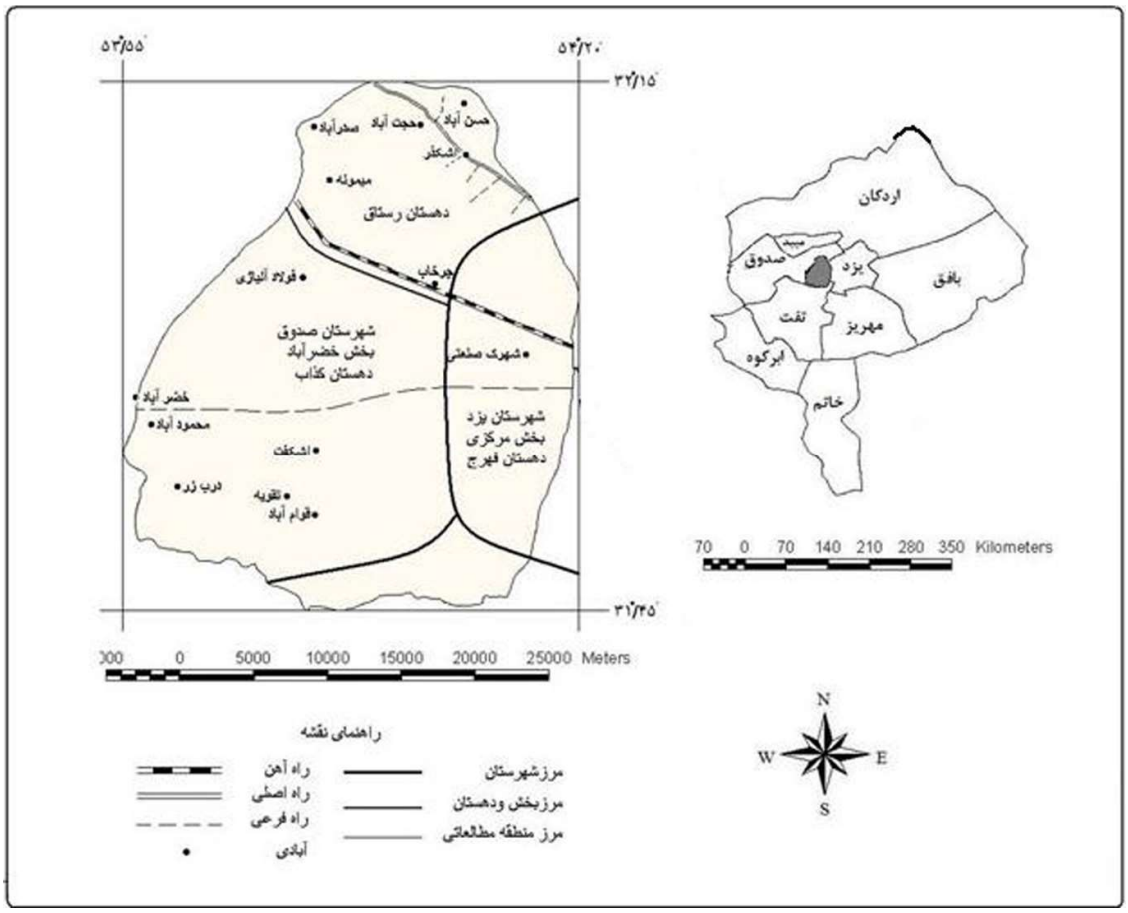
اردکان ـــ خضـرآباد نیز با توجه به اینکه بیش از ۱۶ درصـد از اراضـی منطقه را تپه‌ها و پهنه‌های ماسـه‌ای با انواع رخساره‌های تخریبی و فرسایشی شکل می‌دهد و کل اراضی، تحت‌تأثیر بیابان‌زایی با شدت متوسط تا شدید است (صادقی روش، ۱۳۹۳)؛ بنابراین لزوم پرداختن به راهکارهای بهینه به منظور جلوگیری از بیلبانی شـدن یا احیاء و ترمیم مناطق تخریب‌یافته، ضـروری به نظر می‌رسـد تا ضـمن جلوگیری از هدر رفتن سـرمایه‌های محدود، بازدهی طرح‌های کنترل و احیای عرصه‌های طبیعی افزایش یابد.

با مطالعه‌ی منابع تحقیقاتی، پیشـینه‌ی به کارگیری مدل‌های تصـمیم‌گیری در ارائه‌ی راهبردهای بهینه در چارچوب مدیریت مناطق بیابانی به کارهای گرایو و همکاران، صادقی‌روش و همکاران و سپهر و پرویان محدود می‌شود. گرایو در پژوهش خود به منظور انتخاب راهبردهای بهینه و ارائه‌ی طرحی یکپارچه برای کنترل فرسـایش و بیابان‌زایی، از سـه مدل تصـمیم‌گیری الکترا[1]، فرایند تحلیل سـلسـله مراتبی[2] و پرومته[3] اسـتفاده کرد (Grau et al, 2010). نتایج حاصـل، کارایی بالای این مدل‌ها را در ارائه‌ی راهبردهای بهینه‌ی بیابان‌زدایی نشـان می‌دهد و با وجود روش‌های پیچیده‌ی مورد استفاده در هر مدل، نتایج حاصل تا حدود زیادی یکسان بود. صادقی‌روش نیز با کاربرد مدل‌های فرایند تحلیل سلسله مراتبی (صـادقی‌روش و همکاران، ۱۳۸۹)، تاپسـیس[4] (Sadeghi Ravesh et al, 2012)، الکترا (Sadeghi Ravesh and Khosravi, 2014)، بردا[5] (صـادقی‌روش، ۱۳۹۳؛ صـادقی‌روش و خسـروی، ۱۳۹۵)، مجموع وزنی[6] (صـادقی‌روش و زهتابیان، ۱۳۹۲)، جای‌گشت[7] (صادقی‌روش، ۱۳۹۲)، روش ساختاریافته‌ی رتبه‌بندی ترجیحی برای غنی‌سازی ارزیابی‌ها[8] (Sadeghi Ravesh et al, 2016a)، فرایند تحلیل شـبکه[9] (صـادقی‌روش و خسـروی، ۱۳۹۴)، مدل تخصـیص خطی[10] (Sadeghi Ravesh et al, 2016b) و تحلیل عاملی[11] (صـادقی‌روش و خسـروی، ۱۳۹۷)، به اولویت‌بندی راهبردهای بیابان‌زدایی در منطقه‌ی خضـرآباد پرداخت. نتایج حاصل از این مطالعات، یکسان و تا حدود زیادی مشابه نتایج حاصل از پژوهش انجام شده‌است. سپهر و پرویان نیز با کاربرد مدل نارتبه‌ای پرومته ضـمن پهنه‌بندی آسـیب‌پذیری بیابان‌زایی در اکوسـیستم‌های اسـتان خراسـان رضـوی، به ارزیابی راهبردهای مقابله با بیلبان‌زایی پرداختند (Sepehr and Peroyan, 2011). با توجه به محدودیت مطالعات انجام شـده، لزوم پرداختن به روش‌هایی که بتواند راه‌حل‌های بهینه را بر مبنای منطق و اصـول قوی و مبانی نظری مسـتدل ارائه دهد، در حوزه‌ی مدیریت مناطق بیابانی ضـروری به نظر می‌رسـد؛ از این رو، هدف از این پژوهش ارائه‌ی مدلی مناسب و راستی‌آزمایی این مدل در عرصه به منظور ارائه‌ی راه‌حل‌های بهینه است.

[1] Elimination et Choice Translating Reality (ELECTRE)
[2] Analyzes Hierarchy Process (AHP)
[3] Preference Ranking Organization METHod For Enrichment Evaluation (PROMETHE)
[4] Technique for Order Preference by Similarity to Ideal Solution (TOPSIS)
[5] BORDA
[6] Weighted Sum Model (WSM)
[7] Permutation
[8] Preference Ranking Organization METHod for Enrichment Evaluation (PROMETHEE)
[9] Analytical Network Process (ANP)
[10] Linear Assignment (LA)
[11] Principal Factor Analysis (PFA)

۲- منطقه‌ی مورد مطالعه

دشت اردکان ـــــ خضرآباد با وسعتی معادل ۷۸۱۸۰ هکتار، در ۱۰ کیلومتری غرب شهر یزد در موقعیت جغرافیایی ´۵۵ °۵۳ تا ´۲۰ °۵۴ طول شرقی و ´۴۵ °۳۱ تا ´۱۵ °۳۲ عرض شمالی قرار دارد (شکل ۱) و از نظر اقلیمی، در شرایط خشک و سرد بیابانی طبقه‌بندی می‌شود. متوسط بارندگی سالیانه، ۱۲۱ میلی‌متر و جهت باد غالب، شمال غربی با فراوانی وقوع ۱۶/۹۴ درصد و با حداکثر سرعت ۱۶/۳ کیلومتر در ساعت است. ۱۲۹۳۰ هکتار (۱۶/۵٪) از اراضی منطقه را تپه‌ها و پهنه‌های ماسه‌ای شکل تشکیل می‌دهد که ارگ بزرگ اشکذر با وسعتی معادل ۸۹۲۳ هکتار در شمال منطقه با انواع رخساره‌های تخریبی و فرسایشی دیده می‌شود که قلمرو وقوع طوفان‌های ماسه‌ای با فراوانی بیش از ۱۰ تکرار در سال با جهت غالب غربی و شمال‌غربی است. در عین حال از کل اراضی زراعی منطقه، ۱۹۹۵ هکتار (۲۶/۵٪) را اراضی مخروبه‌ی حاصل از عملیات انسانی و فرایندهای طبیعی تشکیل می‌دهد که بیانگر وضعیت کاملاً خاص بیابان‌زایی در منطقه و لزوم پرداختن به راه‌حل‌های بیابان‌زدایی در این حوزه است (صادقی‌روش، ۱۳۸۷).



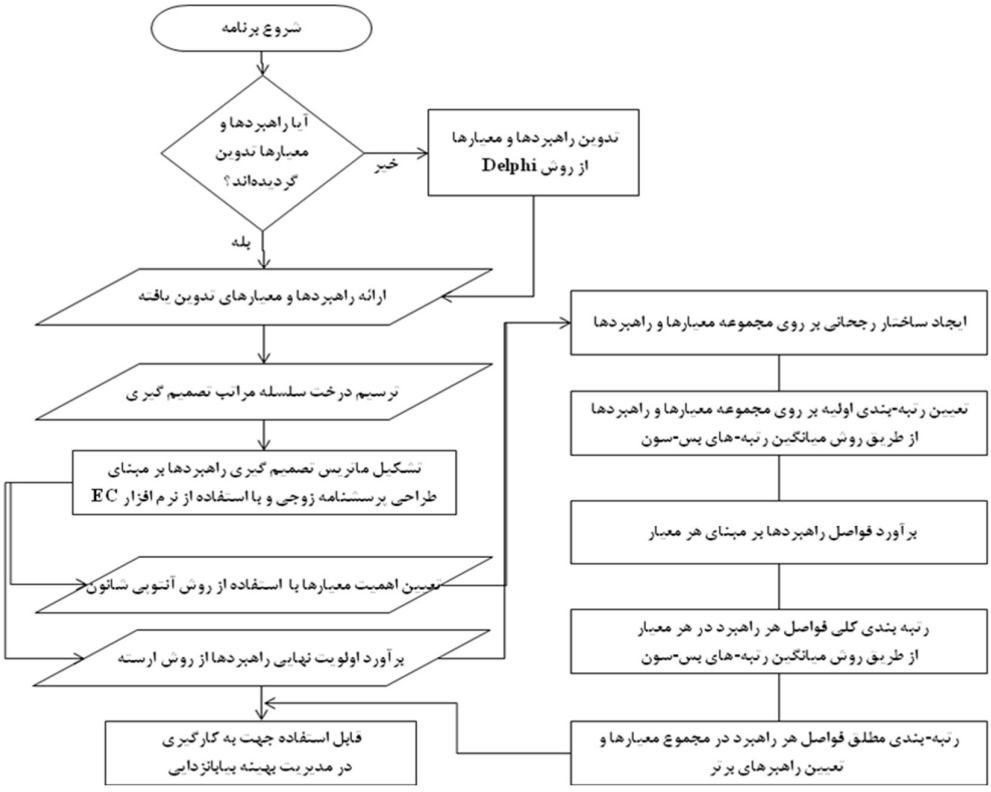
شکل ۱: موقعیت دشت اردکان ـ خضرآباد.

۳- مواد و روش

مدل ارسته[1] برای اولین بار در سال ۱۹۷۹ میلادی و در کنفرانسی که درباره‌ی مباحث تصمیم‌گیری‌های چندشاخصه برگزار شد، توسط پروفسور مارک روبنز استاد دانشگاه پلی تکنیک بلژیک با عنوان «روش رتبه‌بندی جمعی برای مقایسه‌ی ارزیابی‌های ترتیبی گزینه‌ها بر اساس شاخص‌ها» ارائه شد و تا سال ۱۹۸۲ به توسعه و تشریح این روش پرداخت (Pastijn and Leysen, 2009 & Roubens, 1982 & Jafari, 2013).

مهم‌ترین مزیت‌های این روش به طور خلاصه عبارتند از: ۱- دخالت دادن معیارهای کمی و کیفی به طور همزمان در فرایند تصمیم‌گیری؛ ۲- سهولت و سادگی کاربرد؛ ۳- در نظر گرفتن تعداد زیادی معیار در فرایند تصمیم‌گیری؛ ۴- امکان تغییر اطلاعات ورودی و ارزیابی پاسخگویی سیستم بر اساس این اطلاعات؛ ۵- نتایج حاصل به صورت رتبه‌های مطلقی بیان می‌شود که این کمیت‌ها، وزن نهایی راهبردها در اولویت‌بندی است.

به طور خلاصه، مراحل به‌کارگیری این روش بر طبق فلورچارت[2] یا تصویر کلی منطق برنامه‌ی اولویت‌بندی راهبردهای بهینه ــ که در شکل ۲ ارائه شده ــ به شرح ذیل است:



شکل۲:ت صویرمنطق برنامه‌ی تدوین و اولویت‌بندی راهبردها از روش ارسته

[1] Organisation Rangement Et Synthese de donnees Relationnelles (ORESTE)
[2] Flow chart

۳-۱- انتخاب معیارها و راهبردهای مؤثر مورد توافق گروه

انتخاب معیارها و راهبردها از طیف وسیعی از معیارها و راهبردهای مطرح در فرایند بیابان‌زدایی به صورت بومی، می‌تواند به صورت انفرادی با توجه به تجربه‌ی کارشناس، منابع اطلاعاتی یا مطالعات میدانی صورت پذیرد، یا با استفاده از تکنیک دلفی و تهیه‌ی پرسشنامه از متخصصان آشنا به منطقه‌ی مطالعاتی خوبسته شود که معیارها و راهبردهای مؤثر را بیان و در دامنه‌ی 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 ($\overline{X} < 7$)، حذف و معیارها و راهبردهای باقی‌مانده ($\overline{X} \geq 7$) به منظور ترسیم نمودار سلسله مراتبی تصمیم‌گیری در سه سطح به ترتیب هدف، معیارها و راهبردها به کار رفت (شکل ۲) (آذر و رجب‌زاده، ۱۳۹۳؛ آذر و معماریانی، ۱۳۸۲).

۳-۲- برآورد وزن نسبی معیارها و راهبردها و تشکیل ماتریس مقایسات زوجی گروهی

در ادامه به منظور دستیابی به وزن نسبی[1] راهبردها، با استفاده از روش دلفی، پرسشنامه‌ی دوم با عنوان «پرسشنامه‌ی مقایسات زوجی» شکل گرفت و از متخصصان خواسته شد که راهبردهای مهم حاصل شده از نتایج پرسشنامه‌ی اول را از نظر اولویت نسبت به تک تک معیارها بر مبنای درجه‌ی ارجحیت ۹ گانه ساعتی (ترجیح یکسان تا بی‌نهایت مرجح) مورد مقایسات زوجی[2] قرار دهند. پس از تشکیل ماتریس مقایسات زوجی کارشناسان، (جدول ۱) از روش میانگین هندسی و با فرض اینکه نظرات تمامی کارشناسان از درجه‌ی اهمیت یکسانی برخوردار است، از رابطه‌ی ۱ به تلفیق قضاوت‌ها پرداخته و ماتریس مقایسات زوجی گروهی شکل داده شد (آذر و رجب‌زاده، ۱۳۹۳؛ قدسی‌پور، ۱۳۹۵).

رابطه‌ی ۱

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

در این رابطه a_{ij}^{k} مؤلفه‌ی مربوط به شخص kام برای مقایسه‌ی i با j است.

جدول۱: ماتریس مقایسات زوجی

$$A=\begin{vmatrix} a_{11} & a_{12} & \ldots\ldots\ldots & a_{1n} \\ a_{21} & a_{22} & \ldots\ldots\ldots & a_{2n} \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ a_{m1} & a_{m2} & \ldots\ldots\ldots & a_{mn} \end{vmatrix} \qquad A=[a_{ij}^{\dagger}] \;,\; i = 1,2,\ldots..m \quad j = 1,2,\ldots..n$$

۳-۳- استخراج اوزان راهبردهای مؤثر بر مبنای جداول مقایسات زوجی گروهی

در این مرحله، اعداد جداول ماتریس مقایسات زوجی گروهی اولویت راهبردها نسبت به هر معیار (جدول ۱) در نرم‌افزار EC^3 وارد شد (قدسی‌پور، ۱۳۹۵). بعد از نرمال‌سازی با استفاده از رابطه‌ی ۲ و استخراج اولویت‌ها بر مبنای روش

[1] Local Priority
[2] Pire Wise
[3] Expert Choice

میانگین موزون یا میانگین، هر سطح از ماتریس نرمال شده به صورت نمودارهای میله‌ای و بر مبنای درصد نمایش داده شد.

رابطه‌ی ۲

$$P_{ij} = \frac{\overline{a_{ij}}}{\sum_{i=1} \overline{a_{ij}}}$$

که در آن:

P_{ij} = مؤلفه‌ی نرمال؛

$\bar{a}_{ij}$ = مؤلفه‌ی مقایسه‌ی زوجی گروهی i نسبت به j؛

$\sum \bar{a}_{ij}$ = مجموع ستونی مقایسات زوجی گروهی

۳-۴- تشکیل ماتریس تصمیم‌گیری نرمالیزه (NDM[1])

در این مرحله، مقادیر وزنی اولویت راهبردها (P_{ij}) بر مبنای هر معیار در قالب ماتریس کلی تصمیم‌گیری (جدول ۲) شکل گرفت.

جدول ۲: ماتریس تصمیم‌گیری نرمالیزه (NDM)

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

در این ماتریس M= تعداد گزینه‌ها یا راهبردها، N = تعداد معیارها، C = عنوان معیار و P_{ij} = مقدار وزنی نرمال است که هر گزینه با توجه به معیار مربوطه کسب می‌کند.

۳-۵- تعیین اهمیت معیارها با استفاده از روش آنتروپی‌شانون

مدل آنتروپی‌شانون ــ که برگرفته شده از تئوری اطلاعات است ــ اولین بار توسط کلود ال وود شانون (Shannon, 1948) ارائه شد. آنتروپی، معیار سنجش بی‌نظمی در یک سیستم است (Bednarik et al, 2010) و در تئوری، اطلاعات معیاری است برای مقدار عدم اطمینان بیان شده توسط یک توزیع احتمال گسسته (P_i) به طوری که این عدم اطمینان در صورت پخش بودن توزیع، بیش از مواردی است که توزیع فراوانی تیزتر باشد (اصغرپور، ۱۳۹۶؛ Soleimani-damaneh and Zarepisheh, 2009).

به منظور تعیین اهمیت معیارها پس از تشکیل ماتریس تصمیم‌گیری (جدول ۲) که یک ماتریس نرمالیزه است، آنتروپی راهبردها نسبت به معیارها از رابطه‌ی ۳ محاسبه شد و ماتریس دو بعدی آن شکل گرفت (جدول ۳).

[1] Normalized Decision Matrix

جدول ۳: ماتریس آنتروپی راهبردها نسبت به معیارها

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}

رابطه‌ی ۳

$$E_{ij} = P_{ij} \times \ln P_{ij} \quad ; \forall_j$$

که در آن:

E_{ij} = آنتروپی هر راهبرد نسبت به هر معیار؛

P_{ij} = مقدار وزنی نرمال هر راهبرد نسبت به هر معیار؛

$\ln P_{ij}$ = لگاریتم نپرین مقدار وزنی نرمال هر راهبرد نسبت به هر معیار.

در ادامه آنتروپی معیارها (E_j) از رابطه‌ی (۴) محاسبه شد.

رابطه‌ی ۴

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

در این رابطه:

E_j = آنتروپی هر معیار؛

K = ضریب ثابت؛

و K به عنوان مقدار ثابت، از رابطه‌ی (۵) محاسبه شد.

رابطه‌ی ۵

$$K = \frac{1}{\ln M}$$

در این رابطه:

K = ضریب ثابت؛

$\ln M$ = لگاریتم نپرین تعداد راهبردها (M).

در ادامه، مقدار d_j (درجه انحراف)[1] از رابطه‌ی (۶) محاسبه شد که بیان می‌کند معیار مربوطه (j) چه میزان اطلاعات مفید برای تصمیم‌گیری را در اختیار تصمیم‌گیرنده قرار می‌دهد. هر چه مقادیر اندازه‌گیری شده معیاری به صفر نزدیک باشد، نشان‌دهنده‌ی آن است که گزینه‌های رقیب از نظر آن شاخص تفاوت چندانی با یکدیگر ندارند. لذا نقش آن شاخص در تصمیم‌گیری باید به همان اندازه کاهش یابد.

[1] Degree of Diversification

رابطه‌ی ۶

$$d_j = 1 - E_j \quad ; \forall j$$

سپس مقدار اوزان معیارها از رابطه‌ی (۷) محاسبه شد.

رابطه‌ی ۷

$$W_j = \frac{d_j}{\sum_{j=1}^{n} d_j}; \quad \forall j$$

بر مبنای این روش، معیاری که دارای بیشترین وزن است، بیشترین نقش را نیز در تصمیم‌گیری برعهده دارد (آذر و رجب‌زاده، ۱۳۹۳؛ اصغرپور، ۱۳۹۶).

۶-۳- تعیین وزن نهایی راهبردها با استفاده از مدل ارسته[1]

اگر در یک مسأله‌ی تصمی گیری چندمعیاره، هدف، رتبه‌بندی m راهبرد براساس k معیار باشد و برای هر یک از معیارها، یک ترتیب ضعیف[2] روی مجموعه راهبردها تعریف و اهمیت نسبی (وزن) هر معیار نیز با یک ترتیب ضعیف دیگر بیان شود، مبانی اولیه‌ی یکی از روش‌های برتری داشتن MADM به نام ارسته، پی‌ریزی می‌شود. این روش، ابزاری را فراهم می‌کند که قادر است درنهایت راهبردهای تصمیم را به طور کامل رتبه‌بندی کند و تعارضات میان راهبردها را نشان دهد (Pastijn and Leysen, 1989)

از آنجا که در طی مراحل رتبه‌بندی راهبردها با استفاده از ارسته، نیازمند کاربرد میانگین رتبه‌های بس‌سون می‌باشیم قبل از پرداختن به سایر مراحل این مدل، این مفهوم بیان می‌شود.

- میانگین رتبه‌های بس‌سون (Besson)

در ارسته اهمیت نسبی هر معیار یا راهبرد با اوزان آنها داده نشده‌است، بلکه با ایجاد ساختاری ترجیحی روی مجموعه معیارها ــ که باعنوان ترتیب ضعیف تعریف می‌شوند ــ و راهبردها از نظر هر یک از معیارها ($j = 1,\ldots,k$) ارائه می‌شود. این ساختار ترجیح، به صورت رابطه‌های کامل و انتقالی و مجموعه روابط I و P بیان شده‌است. رابطه‌ی P ترجیح و رابطه‌ی I بی‌تفاوتی میان معیارها و راهبردها را به ازای هر معیار نشان می‌دهد.

پس از تشکیل دو نوع ساختار رجحانی، معیارها و مجموعه راهبردها براساس تک تک معیارها به تمامی معیارها یا راهبردها اعداد ۱ تا k برابر با تعداد معیارها یا ۱ تا m برابر با تعداد راهبردها، اختصاص می‌یابد. سپس از بیشترین کمترین عدد اختصاص یافته ــ که دارای رابطه‌ی I هستند ــ میانگین گرفته می‌شود؛ به عنوان مثال، اگر ترتیب معیار n ام، ۱ و ترنیب معیار k ام، ۲ و هر دو در سطح ترجیحی یکسانی باشند، رتبه‌ی میانگین برای هر یک از آنها مطابق رابطه‌ی ۸ برآورد می‌شود.

رابطه‌ی ۸

$$\frac{۱+۲}{۲} = ۱/۵$$

[1] ORESTE
[2] Weak Order

این بدان معنی است که به جای اختصاص رتبه‌های ۱ و ۲ به دو معیار مذکور، به هر دو رتبه، رتبه‌ی ۱/۵ داده شد؛ بنابراین، با این روش اولویت‌ها به رتبه‌ها تبدیل می‌شود. برای اختصار، رتبه‌ی به دست آمده برای معیارها را با r_k و رتبه‌ی به دست آمده برای هر راهبرد در هر معیار را با $r_k(m)$ نمایش می‌دهیم.

روش ارسته برای رتبه‌بندی، سه مرحله‌ی اساسی دارد که به شرح زیر است:

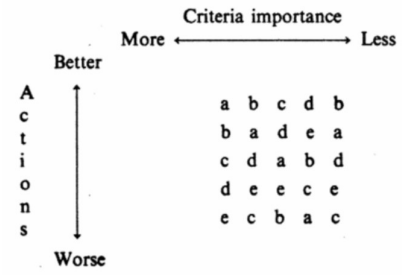
۱-۶-۳- مرحله‌ی برآورد[1] فواصل گزینه‌ها ($d(0,m_k)$)

برآوردکردن در روش ارسته، بر کاربرد ماتریسی فرضی با نام ماتریس موقعیت[2] استوار است که در هر ستون این ماتریس بر اساس شاخص‌ها، گزینه‌های تصمیم از بهترین به بدترین رتبه‌بندی و ستون‌ها نیز خود برمبنای رتبه‌ی شاخص‌ها مرتب شده‌اند (جدول ۴). با تصویرکردن اعضای ماتریس حاصل بر قطر اصلی آن، موقعیت‌های بهتر در سمت چپ قطر اصلی و موقعیت‌های بدتر در سمت راست آن تصویر می‌شود. سپس یک مبدأ صفر در منتهی‌الیه سمت چپ قطر اصلی و تمامی تصاویر ایجاد شده در نظر گرفته و $d(0,m_k)$ نشان داده شده، تعیین می‌شود به طوری که داریم:

$$if \quad a\ P_k\ b \quad then \quad d(0,a_k) < d(0,b_k)$$ رابطه‌ی ۹

$$if \quad r_1(a) = r_2(b) \quad and \quad 1\ p\ 2 \quad then \quad d(0,a_1) < d(0,b_2)$$ رابطه‌ی ۱۰

جدول٤: نمونه‌ای از ماتریس موقعیت



عمل برآورد فواصل $d(0,m_k)$ ــ که مفهوم آن در فوق بیان شد ــ برای حالت‌های مختلفی انجام می‌شود که عبارتند از:

الف- برآورد خطی مستقیم:

در این حالت به منظور برآورد فاصله $d(0,m)$ ، از r_k و $r_k(m)$ برای گزینه‌ی m در شاخص k، از رابطه‌ی ۱۱ پیروی می‌کنیم:

$$d(o,m_k) = \tfrac{1}{2}[r_k + r_k(m)]$$ رابطه‌ی ۱۱

ب- برآورد خطی نامستقیم:

در این حالت، فواصل تصاویر از نقطه‌ی مبدأ به صورت رابطه‌ی (۱۲) محاسبه می‌شود:

[1] Projection
[2] Position-matrix

$$d'(o,m_k)=\alpha\ r_k+(1-\alpha)r_k(m)$$ رابطه‌ی ۱۲

ج- برآورد غیرخطی:

در حالت تصویرکردن غیرخطی برای تعیین فاصله‌ی تصاویر از مبدأ موردنظر از رابطه‌ی ۱۳ استفاده می‌شود:

$$d''(o,m_k)=\sqrt[2]{\left(r_k{}^2+r_k(m)^2\right)}$$ رابطه‌ی ۱۳

برای دستیابی به شرایط عمومی‌تر، رابطه به شکل رابطه‌ی ۱۴ تغییر می‌یابد:

رابطه‌ی ۱۴

$$d''(o,m_k)=\sqrt[R]{\left(r_k{}^R+r_k(m)^R\right)}$$

که در نهایت اگر اوزان نرمال شده‌ی α و (1-α) به آن اضافه شود، رابطه‌ی ۱۵ حاصل می‌شود:

$$d''(o,m_k)=\sqrt[R]{\left(\alpha.r_k{}^R+(1-\alpha).r_k(m)^R\right)}$$ رابطه‌ی ۱۵

در این راستا با توجه به برخی از مقادیر R، فاصله‌ی d به صورت زیر تعریف می‌شود:

میانگین هندسی: $R=-1\rightarrow d''$

میانگین حسابی موزون: $R=1\rightarrow d''$

میانگین مربعات: $R=2\rightarrow d''$

$$R=-\infty\rightarrow d'':\min(r_k,r_k(m))$$ رابطه‌ی ۱۶

$$R=+\infty\rightarrow d'':\max(r_k,r_k(m))$$ رابطه‌ی ۱۷

۲-۶-۳- مرحله‌ی رتبه‌بندی کلی[1] فواصل گزینه‌ها ($r(m_k)$)

با تعیین فاصله‌ی تصاویر تک تک اعضای ماتریس موقعیت از مبدأ از طریق یکی از حالت‌های فوق، رتبه‌بندی کلی فواصل انجام می‌شود. به طور کلی، انتخاب هر یک از حالت‌های فوق یا مقادیر مختلف R برای تصویرکردن و تعیین فواصل $d(0,mk)$ ، تنها با هدف تأثیرگذاری بر موقعیت آنها نسبت به هم بود که در ادامه، فواصل با کمک روش میانگین رتبه‌های بس‌سون[2] رتبه‌بندی می‌شود (محامدپور و اصغریزاده، ۱۳۸۷؛ Pastijn and Leysen, Jafari, 2013 & 1989).

نتیجه‌ی این رتبه‌بندی برابر با اختصاص رتبه‌ی به دست آمده از روش بس‌سون به فواصل ($d(0,mk)$ به صورت $r(m_k)$ است؛ به نحوی که به عنوان مثال داریم:

[1] Global ranking
[2] Besson

$$R(a_1) \le R(a_2) \quad if \quad d(o,a_1) \le d(o,b_2)$$ رابطه‌ی ۱۸

رتبه‌های به دست آمده، رتبه‌های کلی نامیده می‌شود و همگی در محدوده‌ی زیر واقع می‌شود:

$$1 \le R(m_k) \le m.k$$ رابطه‌ی ۱۹

در این رابطه m تعداد گزینه‌ها، k تعداد شاخص‌ها و $R(m_k)$ رتبه‌های مطلق است.

۳-۶-۳- مرحله‌ی تجمیع[1]

پس از محاسبه و تعیین همه‌ی رتبه‌های کلی، این رتبه‌ها در هرکدام از شاخص‌ها برای تمام گزینه‌ها به طور جداگانه جمع می‌شود؛ یعنی برای هر گزینه‌ای مانند m تجمیع نهایی محاسبه می‌شود (رابطه‌ی ۲۰).

$$R(m) = \sum_{k=1}^{k} R(m_k)$$ رابطه‌ی ۲۰

بدین ترتیب یک ساختار ترتیبی افزایشی براساس $R(m)$ و با در نظر گرفتن روابط ۲۱ و ۲۲ تعریف می‌شود:

$$if \quad R(a) < R(b) \quad then \quad a\ P\ b$$ رابطه‌ی ۲۱

$$if \quad R(a) = R(b) \quad then \quad a\ I\ b$$ رابطه‌ی ۲۲

گزینه‌ای که $R(m)$ مربوط به آن کوچک‌تر است، مناسب‌تر و رتبه‌ی بهتری بدان اختصاص داده می‌شود؛ یعنی گزینه‌ای برتر است که جمع رتبه‌های مطلق آن در هم شاخص‌ها از سایر گزینه‌ها کمتر باشد (Roubens, 1982).

۴- یافته‌ها (نتایج)

۴-۱- انتخاب معیارها و راهبردهای مهم و اولویت‌دار

در فرایند ارزیابی راهبردهای بیلبان‌زدایی در منطقه‌ی مطالعاتی، ابتدا به‌منظور شناخت معیارها و راهبردهای مهم و اولویت‌دار از نظر گروه، از میان مجموع معیارها و راهبردهای پیشنهادی از روش دلفی و تهیه‌ی پرسشنامه استفاده شد (صادقی‌روش و همکاران، ۱۳۸۹) و از میان ۱۶ معیار و ۴۰ راهبرد نهایی نظرخواهی‌شده به‌منظور بیلبان‌زدایی، راهبردها و معیارهای مهم و اولویت‌دار از نظر گروه انتخاب و به‌منظور ترسیم نمودار سلسله‌مراتب تصمیم‌گیری و تهیه‌ی پرسشنامه‌ی مقایسات زوجی در نظر گرفته شد.

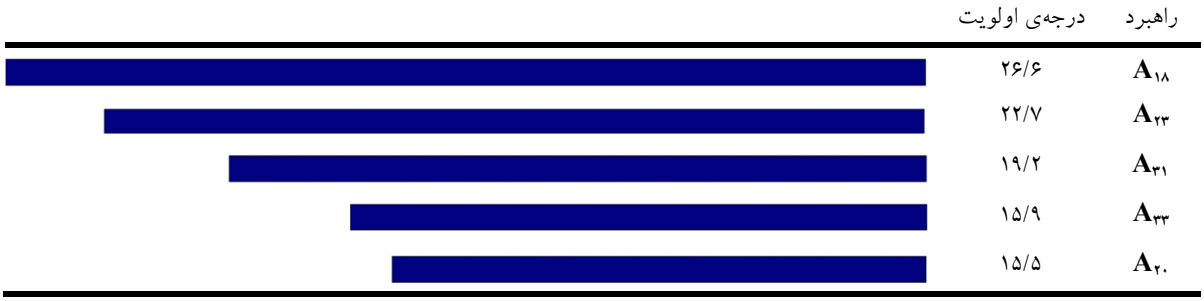
۴-۲- محاسبه‌ی وزن نسبی راهبردها و تشکیل ماتریس تصمیم‌گیری گروهی (DM^2)

[1] Aggregation
[2] Decision Matrix

پس از مشـــخص شـــدن معیارها و راهبردهای مهم و اولویت‌دار از نظر گروه، از روش مقایســـات زوجی به منظور برآورد وزن نسبی[1] یا اولویت راهبردها به منظور دستیابی به هدف «ارائه‌ی بهینه‌ترین راهبردهای بیابان‌زدایی»، استفاده شد. در این رابطه، ماتریس‌ها و نمودارهای مقایسات زوجی گروهی اولویت راهبردها نسبت به تک تک معیارها شکل گرفت. در اینجا تنها ماتریس و نمودار اولویت راهبردها نسبت به معیار «تناسب و سازگاری با محیط زیست» ارائه شده‌است (جدول ۵ و شکل ۳).

جدول ۵ : ماتریس مقایسات زوجی گروهی اولویت راهبردها نسبت به معیار «تناسب و سازگاری با محیط زیست»

راهبرد	$A_{۲۳}$	$A_{۳۱}$	$A_{۳۳}$	$A_{۲۰}$
$A_{۱۸}$	(۱/۱)	۱/۳	۲/۴	۱/۶
$A_{۲۳}$		(۱/۱)	۱/۶	۱/۳
$A_{۳۱}$			(۱/۱)	۱/۲
$A_{۳۳}$				۱/۲



شکل ۳: مقایسه‌ی اولویت راهبردها با توجه به معیار «تناسب وسازگاری با محیط زیست» ($C_۷$)

مطابق شـکل (۲) ملاحظه شـد که بر حسـب هر معیار، راهبردهای انتخابی متفاوت اسـت؛ لذا به منظور انتخاب نهایی راهبردها و درجه‌بندی اولویت آنها در قالب کلی ماتریس تصـمیم‌گیری در فرآیند تحلیل سـلسـله مراتبی (جدول ۲)، ماتریس تصمیم‌گیری راهبردهای بهینه‌ی بیابان‌زدایی از نظر گروه (جدول ۶) شکل گرفت و اولویت راهبردها بر مبنای هر معیار تعیین شـد. سـپس اهمیت معیارهای مطرح در ارائه‌ی راهبردهای بیابان‌زدایی از طریق روش آنتروپی‌شـانون طی مراحل ذیل انجام شـد و در نهایت بر مبنای مدل ارسـته، اولویت نهایی راهبردها از نتایج حاصـل از اهمیت معیارها و اولویت راهبردهای حاصل شده، تعیین شد.

جدول ۶: ماتریس تصمیم‌گیری راهبردهای بهینه‌ی بیابان‌زدایی از نظر گروه

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

[1] Local Priority

$A_{۳۳}$	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

۳-۴- تعیین اهمیت معیارهای مطرح در فرایند بیابان‌زدایی از روش آنتروپی‌شانون

پس از تشکیل ماتریس تصمیم‌گیری نرمالیزه شده (جدول ۶)، آنتروپی راهبردهای بیابان‌زدایی نسبت به معیارهای مطرح از رابطه‌ی ۳ محاسبه شد و ماتریس دو بعدی آن شکل گرفت (جدول ۷).

جدول۷: ماتریس آنتروپی راهبردهای بیابان‌زدایی نسبت به معیارهای مطرح (E_{ij})

معیارها(C) ◄ / راهبردها(A) ▼	C_7	C_{16}	C_6	C_5	C_2
$A_{۲۳}$	-۰/۳۳۵۹	-۰/۳۰۹۰	-۰/۳۴۶۱	-۰/۳۴۱۹	-۰/۳۴۶۹
$A_{۱۸}$	-۰/۳۵۱۷	-۰/۳۴۱۷	-۰/۳۲۰۸	-۰/۲۹۶۱	-۰/۳۱۹۴
$A_{۳۳}$	-۰/۲۹۳۱	-۰/۲۸۵۴	-۰/۳۲۷۳	-۰/۳۴۹۰	-۰/۲۹۴۸
$A_{۲۰}$	-۰/۲۹۱۷	-۰/۳۳۳۵	-۰/۲۹۳۸	-۰/۳۰۵۹	-۰/۳۳۴۵
$A_{۳۱}$	-۰/۳۱۶۷	-۰/۳۲۷۳	-۰/۳۱۰۵	-۰/۲۹۵۹	-۰/۲۹۹۸
جمع	-۱/۵۸۹۲	-۱/۵۹۶۹	-۱/۵۹۸۵	-۱/۵۸۸۸	-۱/۵۹۵۴

در ادامه، آنتروپی معیارهای مطرح در بیابان‌زدایی (E_j) از رابطه‌ی ۴ محاسبه و با محاسبه‌ی درجه انحراف (d_j) و اوزان معیارها (W_j) از روابط ۶ و ۷ اهمیت معیارها در انتخاب راهبردهای بیلبان‌زدایی در منطقه‌ی خضرآباد مطابق جدول ۸ برآورد شد.

جدول ۸: برآورد آنتروپی، درجه‌ی انحراف و اوزان معیارهای مطرح در ارائه‌ی راهبردهای بیابان‌زدایی در منطقه‌ی خضرآباد

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

۴-۴- رتبه‌بندی نهایی اولویت راهبردهای بیابان‌زدایی

۴-۴-۱- ایجاد ساختار رجحانی بر روی مجموعه معیارها و راهبردها

به منظور رتبه‌بندی نهایی با کمک روش ارسته، نخست باید دو نوع ساختار رجحانی برای مجموعه معیارها و راهبردها ایجاد کرد. به منظور ایجاد ساختار رجحانی برای معیارها، از اوزان به دست آمده از روش آنتروپی‌شانون (جدول ۸) استفاده شد و ساختار ذیل بدست آمد.

$$C_5\ P\ C_7\ P\ C_2\ P\ C_{16}\ P\ C_6$$

به طریق مشـــابه برای مجموعه‌ی راهبردها و براســـاس تک تک معیارها و با بهره‌گیری از داده‌های ماتریس تصمیم‌گیری، ساختار رجحانی ایجاد شد. بدین ترتیب به تعداد معیارهای موجود بر روی مجموعه راهبردها، ساختارهای فرعی زیر تشکیل شد.

$$C_7 = A_{18}\ P\ A_{23}\ P\ A_{31}\ P\ A_{33}\ P\ A_{20}$$

$$C_{16} = A_{18}\ P\ A_{20}\ P\ A_{31}\ P\ A_{23}\ P\ A_{33}$$

$$C_6 = A_{23}\ P\ A_{33}\ P\ A_{18}\ P\ A_{31}\ P\ A_{20}$$

$$C_5 = A_{33}\ P\ A_{23}\ P\ A_{20}\ P\ A_{18}\ P\ A_{31}$$

$$C_2 = A_{23}\ P\ A_{20}\ P\ A_{18}\ P\ A_{31}\ P\ A_{33}$$

۲-۴-۴- تعیین رتبه‌بندی اولیه بر روی مجموعه معیارها و راهبردها

با داشتن روابط و ساختارهای فوق و از طریق روش میانگین رتبه‌های بس‌سون، رتبه‌بندی اولیه‌ی مجموعه معیارها و راهبردها محاسبه شد. بدین ترتیب به تمام معیارها اعداد ۱ تا ۵ اختصاص یافت و رتبه‌بندی اولیه برای معیارها (r_k) به ترتیب زیر بدست آمد.

$$r_5 = 1,\ r_7 = 2,\ r_2 = 3,\ r_{16} = 4,\ r_6 = 5$$

عملیات فوق برای ساختارهای فرعی ایجاد شده برای راهبردها نیز انجام و خلاصه‌ی محاسبات در جدول ۹ ارائه شد.

جدول ۹: رتبه‌بندی اولیه‌ی راهبردها بر مبنای تک تک معیارها ($r_k(m)$)

معیارها(C) ◄ راهبردها(A) ▼	C_7	C_{16}	C_6	C_5	C_2
$A_{۲۳}$	۲	۴	۱	۲	۱
$A_{۱۸}$	۱	۱	۳	۴	۳
$A_{۳۳}$	۴	۵	۲	۱	۵
$A_{۲۰}$	۵	۲	۵	۳	۲
$A_{۳۱}$	۳	۳	۴	۵	۴

۳-۴-۴- برآورد فواصل $d(o,m_k)$

در این بخش، از روش برآورد مستقیم خطی (رابطه‌ی ۱۱) برای بدست آوردن برآورد فواصل $d(o,m_k)$ استفاده شـد؛ بدین منظور، رابطه‌ای به کار گرفته شـد که در آن میانگین حسـابی میان رتبه معیارها r_k و رتبه راهبردها در هر

معیار $r_k(m)$ محاسبه و حاصل به عنوان مقدار فاصله از نقطه‌ی مبدأ برای هر یک از راهبردها نسبت به هر یک از معیارها نشان داده شد (جدول ۱۰)؛ به عنوان مثال، فواصل راهبردها در معیار اول از مبدأ به صورت ذیل برآورد شد:

$$d(o,A_{23})=\frac{[r_7+r_7(A_{23})]}{2}=\frac{2+2}{2}=2$$

$$d(o,A_{18})=\frac{[r_7+r_7(A_{18})]}{2}=\frac{2+1}{2}=1.5$$

$$d(o,A_{33})=\frac{[r_7+r_7(A_{33})]}{2}=\frac{2+4}{2}=3$$

$$d(o,A_{20})=\frac{[r_7+r_7(A_{20})]}{2}=\frac{2+5}{2}=3.5$$

$$d(o,A_{31})=\frac{[r_7+r_7(A_{31})]}{2}=\frac{2+3}{2}=2.5$$

جدول ۱۰: برآورد فواصل $d(o,m_k)$ برای تمام راهبردها بر اساس همه معیارها

معیارها(C) ◄ / راهبردها(A) ▼	C_7	C_{16}	C_6	C_5	C_2
$A_{۲۳}$	۲	۴	۳	۱/۵	۲
$A_{۱۸}$	۱/۵	۲/۵	۴	۲/۵	۳
$A_{۳۳}$	۳	۴/۵	۳/۵	۱	۴
$A_{۲۰}$	۳/۵	۳	۵	۲	۲/۵
$A_{۳۱}$	۲/۵	۳/۵	۴/۵	۳	۳/۵

۴-۴-۴- رتبه‌بندی کلی فواصل هر راهبرد در هر معیار $R(m_k)$

در این مرحله نتایج به دست آمده از بخش قبل (جدول ۱۰) با روش میانگین رتبه‌های بس‌سون رتبه‌بندی شد تا رتبه‌های کلی هر راهبرد در هر معیار $R(m_k)$ از رابطه‌ی ۱۹ بین یک و بیست و پنج برآورد شد (جدول ۱۱).

$$m.k=5\times5=25\rightarrow1\le R(m_k)\le25$$

جدول ۱۱: رتبه‌بندی مطلق فواصل هر راهبرد در هر معیار $R(m_k)$ و رتبه‌بندی مطلق فواصل هر راهبرد در مجموع معیارها $R(m)$

معیارها(C) ◄ / راهبردها(A) ▼	C_7	C_{16}	C_6	C_5	C_2	$R(m)$
$A_{۲۳}$	۵	۲۱	۱۳	۲/۵	۵	۴۶/۵
$A_{۱۸}$	۲/۵	۸/۵	۲۱	۸/۵	۱۳	۵۳/۵
$A_{۳۳}$	۱۳	۲۳/۵	۱۷/۵	۱	۲۱	۷۶

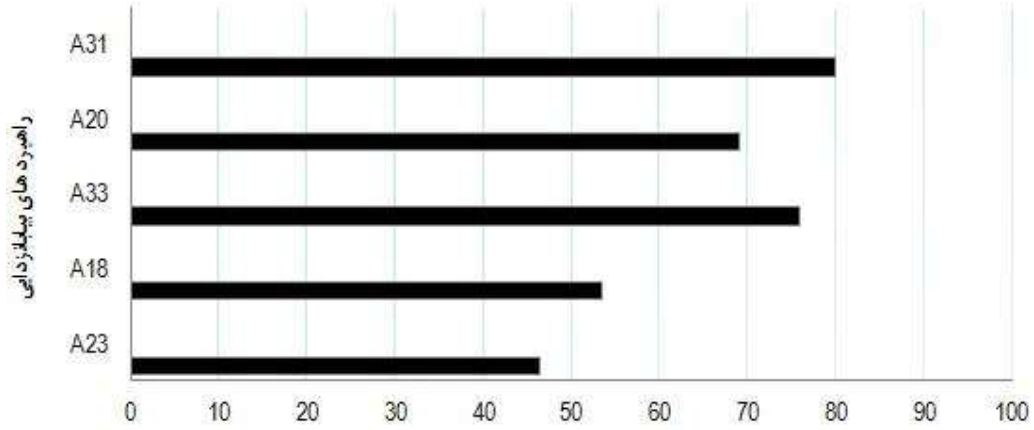
A_{20}	۱۷/۵	۱۳	۲۵	۵	۸/۵	۶۹
A_{31}	۸/۵	۱۷/۵	۲۳/۵	۱۳	۱۷/۵	۸۰

۵-۴-۴- تجمیع یا رتبه‌بندی مطلق فواصل هر راهبرد در مجموع معیارها $R(m)$

با بدست آمدن $R(m_k)$ برای هر راهبرد در هر معیار (جدول ۱۱)، باید مرحله‌ی تجمیع انجام شود؛ یعنی رتبه‌بندی مطلق فواصل هر راهبرد در مجموع معیارها $R(m)$ محاسبه شود که مقدار آن طی رابطه‌ی ۲۰، معادل با مجموع $R(m_k)$ محاسبه شده برای هر یک از راهبردها با ملاحظه‌ی هر یک از معیارها است (جدول ۱۱).

۶-۴-۴- مقایسه‌ی نتایج و تعیین راهبردهای برتر در روش ارسته

در نهایت به منظور تعیین راهبردهای برتر مطابق روش تحقیق، نتایج حاصل از رتبه‌بندی مطلق فواصل هر راهبرد در مجموع معیارها $R(m)$ مورد مقایسه قرار گرفت. در این بخش هر چه فاصله‌ی هر راهبرد کمتر باشد، راهبرد در رتبه‌ی بالاتری واقع می‌شود؛ بنابراین، رتبه‌بندی نهایی توسط رویکرد چندشاخصه ارسته برای راهبردهای تصمیم موجود به این صورت است که راهبردهای توسعه و احیای پوشش گیاهی (A_{23}) با رتبه مطلق $R(m)=۴۶/۵$، جلوگیری از تبدیل و تغییر نامناسب کاربری اراضی (A_{18}) با رتبه‌ی مطلق $R(m)=۵۳/۵$، کنترل چرای دام (A_{20}) با رتبه‌ی مطلق $R(m)=۶۹$، تغییرالگوی آبیاری و اجرای روش‌های کم آب خواه (A_{33}) با رتبه‌ی مطلق $R(m)=۷۶$ و تعدیل در برداشت از منابع آب زیرزمینی (A_{31}) با رتبه‌ی مطلق $R(m)=۸۰$، به ترتیب به عنوان مهم‌ترین راهبردهای بیابان‌زدایی در منطقه تشخیص داده شد (شکل ۴).



شکل ۴: رتبه‌بندی مطلق فواصل هر راهبرد در مجموع معیارها $R(m)$

۵- بحث و نتیجه‌گیری

نتایج حاصل از اولویت نهایی راهبردها از روش ارسته همانند روش‌های فرآیند تحلیل سلسله مراتبی، تاپسیس، الکترا، مدل مجموع وزنی، جایگشت و تحلیل شبکه‌ی واجد ویژگی‌های انعطاف‌پذیری، کارایی بالا و سهولت کاربرد، امکان استفاده از نرم‌افزار همانند نرم‌افزارهای MS EXCEL و EC، و ارزیابی راهبردها بر مبنای مجموعه معیارهای مؤثر است. در عین حال روش ارسته نیز همانند روش‌های مذکور دارای محدودیت نادیده انگاشتن قضاوت‌های فازی تصمیم‌گیران است. همچنین بعضی از معیارها، ساختار کیفی یا 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 روش اولویت‌بندی مذکور را با کاربرد اعداد فازی توسعه داد.

برمبنای مدل ارسته و در چارچوب روش‌های تصمیم‌گیری چند شاخصه، نتایج حاصل به صورت ماتریس تصمیم‌گیری ارائه شد (جدول ۶). همان گونه که از جدول ۶ استنباط می‌شود بر حسب هر معیار، راهبردهای انتخابی متفاوت است؛ لذا به منظور مشارکت اهمیت معیارها در فرایند تصمیم‌گیری و تعیین اولویت نهایی، اهمیت معیارها به منظور اثر در فرایند بیابان‌زدایی از روش آنتروپی‌شانون برآورد شد (جدول ۸). نتایج حاصل نشان داد که معیارهای «ابزارهای علمی و تکنولوژیکی» (C_5) و «تناسب و سازگاری با محیط زیست» (C_7) به ترتیب با ضریب اهمیت ۰/۲۶۲۸ و ۰/۲۵۸۷، دربالاترین درجه‌ی اهمیت قرار دارند که این امر بیانگر اهمیت ابزارهای علمی و تکنولوژیکی در دسترس در تعیین راهبردهای بهینه و همچنین اهتمام کارشناسان و صاحب‌نظران نسبت به مسائل محیط‌زیست و چالش‌های مطرح در زمینه‌ی تخریب محیط‌زیست است. در نهایت به منظور انتخاب نهایی راهبردها و درجه‌بندی اولویت آنها، عمل تجمیع با استفاده از مدل ارسته بر روی ماتریس رتبه‌بندی مطلق فواصل هر راهبرد در هر معیار $R(m_k)$ انجام شد و اولویت راهبردها بر مبنای مجموعه معیارها $R(m)$ شکل گرفت.

به طور کلی با توجه به نتایج اولویت‌بندی نهایی راهبردها می‌توان بیان کرد که راهبرد توسعه و احیای پوشش گیاهی ($A_{۲۳}$) با رتبه کلی $R(m)=$ ٤٦/٥، مهم‌ترین راهبرد در فرایند بیابان‌زدایی منطقه‌ی مطالعاتی است و راهبردهای جلوگیری از تبدیل و تغییر نامناسب کاربری اراضی ($A_{۱۸}$) با رتبه کلی $R(m)=$ ٥٣/٥ و کنترل چرای دام ($A_{۲۰}$) با رتبه کلی $R(m)=$ ٦٩، به ترتیب در اولویت‌های بعدی قرار می‌گیرد.

در این رابطه می‌توان بیان کرد که در منطقه‌ی مطالعاتی، تغییر کاربری اراضی در نتیجه‌ی افزایش جمعیت، بیکاری، رشد صنایع و روحیه‌ی شهرنشینی به شدت در حال گسترش است. عمدتاً کاربری اراضی به صورت تبدیل اراضی مرتعی به اراضی زراعی و باغی در اثر توسعه‌ی چاه‌های عمیق و نیمه عمیق موتوردار، تبدیل اراضی باغی به زراعی در اثر وقوع خشکسالی‌های متوالی و تبدیل اراضی مرتعی به اراضی صنعتی و شهری در اثر رشد صنایع و شهرنشینی در سال‌های اخیر رخ داده‌است.

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

آبیاری در اراضی کشاورزی اغلب به صورت سنتی غرقابی و کرتی با استخرها و جوی‌های روباز و بسترهای با خلل و فرج زیاد صورت می‌گیرد؛ به صورتی که بیش از ۵۰ درصد آب مصرفی هدر می‌رود و راندمان آبیاری در مزرعه و انتقال کمتر از ۴۰ درصد برآورد می‌شود (صادقی‌روش، ۱۳۸۷).

بنابراین در چارچوب راهبردهای کلان مطرح شده، پیشنهادات اجرایی ذیل توصیه می‌شود:

ـــ اهتمام به آمایش سرزمین و برآورد توان اکولوژیک در سطوح ملی، منطقه‌ای و محلی و انطباق کاربری‌ها با توان زمین، جدی گرفته شود.

ـــــ از تبدیل نامناسب اراضی مرتعی ضعیف به اراضی زراعی با بازده کم و با توان بالقوه زیاد تخریب و فرسایش جلوگیری شود.

ـ از توسعه‌ی زیر ساخت‌های صنعتی و کارگاهی در اراضی حساس و شکننده‌ی مناطق بیابانی و حاشیه‌ای خودداری شود.

- در بحث توسعه و احیای پوشش گیاهی سعی شود از گونه‌های بومی و مقاوم مرتعی و زراعی، سیستم‌های آبیاری دور کوتاه و کم آبخواه و غیره استفاده شود.

- از روند تخریب تاغزارها جلوگیری و نسبت به احیاء و بازسازی آنها اهتمام لازم به عمل آید.

ـ تعادل تعداد دام و ظرفیت مراتع رعایت شود.

ـــــ تناسب نوع دام با وضعیت مراتع در نظر گرفته شود و در مراتع ضعیف سعی شود از تعداد بزها کاسته شود؛ زیرا این حیوان خود عوامل بالقوه‌ی تشدیدکننده‌ی تخریب مراتع به شمار می‌رود.

ـــــ از چرای خارج از فصل (چرای دیرس و زودرس) به دلیل توان بالقوه‌ی تخریب پوشش گیاهی ضعیف مراتع بیابانی جلوگیری شود.

ـــــ به منظور حمایت از دامدار و حفاظت از مراتع، تولید و واردات علوفه صورت گیرد و در جهت افزایش پتانسیل اقتصاد پایدار دامدار حرکت شود تا علاوه بر چرا، دامدار برای تعلیف شبانه و زمستانه یا تعلیف پس‌چر به بوته‌کنی مزارع و باغ‌ها نپردازد که خود به تسریع در روند تخریب منجر می‌شود.

منابع

1. ALI, T. A., 1998. Extent, severity and causative factors of land degradation in the Sudan, *Journal of Arid Environment*, 38, 397- 409.

2. Azar, A., & A. Memariani., (2003). AHP a new technique for group decision making. *Journal of Management Knowledge*. 27-28, 22-32. (in Persian).

3. Azar, A., & A. Rajabzadeh., (2014). Applied Decision Making with an Approach of Multi-Attribute Decision Making (MADM). 6nd edition. Tehran, Publication of Negah Danesh. 183 p. (in Persian).

4. Asgharpoutr, M.J., 2017. Multi-Criteria Decision Making. 15nd edition, Publication of Tehran University, 400 p. (in Persian).

5. Bednarik, M.; Magulova, B.; Matys, M.; & M. Marschalko, 2010. Landslide susceptibility assessment of the Kral ovany–Liptovsky Mikulas railway case study, *Journal* of Physics and Chemistry of the Earth, 35 (3-5), 162-171.

6. [FAO] Food and Agriculture Organization, 1979. A provisional methodology for soil degradation assessment, FAO, 235 pages.
7. Ghodsipour, S.H., 2016. Analytical Hierarchical Process (AHP), 12nd edition, Amir Kabir University press, 220 p. (in Persian).
8. Glantz, M.H., & N.S. Orlovsky., (1983). Desertification: A review of the concept. *Journal of Desertification Control Bull*. 9,15-22.
9. Grau, J.B.; Anton, J.M.; Tarquis, A.M.; Colombo, F.; Rios, L.; & J.M. Cisneros, 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.
10. Jafari, H., 2013. Identification and prioritization of grain discharging operations risks by using ORESTE method, *Journal of Asian Business Strategy*, 3, 233-245.
11. Mohamedpour, M., & A. Asgharizadeh., (2008). Combination of MAUT and MBSC Models for Evaluation and Rating the Performance of Research Centers of Iranian Telecommunication Research Center. 3th National_Conference of Performance Management, The Scientific Conference Center of Academic Center for Education, Culture, and Research of University of Tehran, Tehran, 15-16 April:1-18. (in Persian).
12. Pastijn, H., & J. Leysen., (1989). Constructing an outranknig relation with ORESTE, *Journal of Mathematical and* Computer Modelling, 12 (10-11), 1255-1268.
13. Pastijn, H., & J. Leysen., (2009). Using an ordinal outranking method supporting the acquisition of military equipment. Proceding of: SAS-080- Decision support methodologics for the acquisition of military equipment. 22- 23 Oct, Royal Military Academy Brussels, Belgium.
14. Roubens, M., 1982. Preference relations on actions and criteria in multicriteria decision making, *European Journal of Operations Research*, 10, 51-55.
15. Sadeghi Ravesh, M.H., 2008. Investigation of effective desertification factors on environmental degradation, Azad University Ph.D Thesis, 395 p. (in Persian).
16. 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*, 3(4), 5-14. (in Persian).
17. 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*, 4(2), 5-16. (in Persian).
18. Sadeghi Rravesh, M.H., & H. Khosravi., (2015). Application of network analysis process (ANP) in assessment of combating desertification alternatives, *Desert Ecosystem Engineering Journal (DEEJ)*, 4(8), 11-24. . (in Persian).
19. Sadeghi Ravesh, M.H., & H. Khosravi., (2016). Evaluation of Combat Desertification Alternatives by using Individual Borda Ranking Model, *Desert Ecosystem Engineering Journal (DEEJ)*, 5(12), 109-121. (in Persian)
20. Sadeghi Ravesh, M.H., & H. Khosravi., (2018). Assessment of De-Desertification Approaches Using Multi Attribute Decision Making and Principal Factor Analysis, *Geographical explorations of desert areas*, 6(1), 229-255. (in Persian)
21. Sadeghi Rravesh, M.H.; Ahmadi, H.; Zehtabian, G.H.; & M. Tahmores, 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*, 17(1), 35-50. (in Persian).
22. Sadeghi Ravesh, M.H., & G. Zehtabian., (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*,100, 1-11. (in Persian).

23. Sadeghi Ravesh, M.H., & H. Khosravi., (2014). Application of AHP and ELECTRE models for Assessment of de-desertification alternatives in Central Iran, *DESERT*, 19-2, 141-153.
24. Sadeghi Ravesh, M, H.; Khosravi, H.; Abolhasani, A.; & S. Shekoohizadeghan, 2016-a. Evaluation of de-desertification alternatives by using PROMETHEE model in Khezrabad region, *Journal of Geography and Geology*, 8(2), 1-14.
25. Sadeghi Ravesh, M, H.; Khosravi, H.; & S. Ghasemian, 2016-b. Assessment of combating strategies using the Liner Assignment method, *Journal of Solid Earth*, 7, 673-683.
26. Sadeghi Ravesh, M. H.; Zehtabian, G. R.; Ahmadi, H.; & H. Khosravi, 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*, 7, 51-60.
27. Sepehr, A., & N. Peroyan., (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.
28. Shannon, C. E., 1948. A Mathematical Theory of Communication, *Bell System Technical Journal*, 27 (3), 379–423.
29. Soleimani-damaneh, M., & M. Zarepisheh., (2009). Shannons entropy combining the efficiency results of different DEA models: Method and application. *Journal of Expert System with Applications*. 36(3), 5146-5150.

Evaluation of de-desertification alternatives in Ardakan-khezr abad plain by using shannon entropy method and oreste model

Mohammad Hassan Sadeghi Ravesh[1]: ***Associate Professor, Department of Environment, College of Agriculture, Islamic Azad University, Takestan Branch***

Article History (Received: 2018/07/21 Accepted: 2019/02/2019)

Extended abstract

1- Introduction

Desertification refers to the land degradation phenomenon and process in arid, semi-arid and dry sub-humid areas resulting from various factors including climatic variations and human activities. This phenomenon has faced the environmental and food security with crisis. About 12,930 ha (16.5%) of the study region consists of hilly and sandy area. About 9,022 ha of the area consist of bare lands, clay plain and desert pavement, which shows absolute typical condition of desertification in the study area. Therefore, studying methods that can present optimal alternatives for desert area management is essential in order to avoid investment wasting and increasing the efficiency of controlling, reclamation and reconstruction of natural resources projects. Considering the limitations of the studies, it's essential to assess ways which can give zoning based on logic, active principles and theoretical foundations for the management of desert regions. Therefore, the goal of this study was providing an appropriate model in order to present optimal solutions in the study area.

2- Methodology

Briefly, steps of this method are as follow:

-Formation of Normalized Decision Matrix (NDM)

At first, to achieve Normalized Decision Matrix, for determining important criteria and alternatives from Delphi method was used and hierarchical decision structure was designed in order to provide optimal de- desertification alternatives. Subsequently, local priority of criteria and alternatives were calculated and After forming pairwise comparisons matrix of each expert, pirewise comparisons matrix was formed regarding to group. At this stage, the numbers of group pirewise comparisons matrix, after normalization, priorities percent were showed using harmonic main method and the Weighs of alternatives priority (P_{ij}) based on each criteria, were entered according to decision matrix.

-Determining the importance of criteria by the use of Entropy- Shannon method

After forming decision matrix, alternatives entropy relating to criteria were calculated. Then, the amount of d_j (degree of diversification) was calculated. This factor expresses that how much useful information is offered to determinant by relevant criteria (j). Whatever the amount of a criterion is closed to zero, indicates that different alternatives are not significantly different for that criterion. So, for decision making, the role of that criterion must be reduced as much. Then, amount of criteria weight was calculated. Based on this method, any criterion with the most weight has the maximum role in decision-making

-Calculating final weight of alternatives by the use of ORESTE model

At this stage, The Projection of alternatives distances d(0,mk) was calculated and then Global ranking was done by determining Position-matrix images distance r(mk), After calculating and determining all of global ranks, they were collected separately in each of the criteria for all alternatives and for each alternative final collection $R(m_k)$ was calculated. Any alternative with a lower amount of R(m) is more

[1] Corresponding Author: m.sadeghiravesh@tiau.ac.ir

appropriate and better rank is assigned to it. This means that the absolute ranks summation of the best alternative is less than other alternatives ranks in all criteria.

3- Results

In this research, Ardekan- Khezr Abad region in Yazd province (Central Iran) is located about 10 km west of Yazd. After reviwing the field, Using The Delphi method, among the 40 strategies and 16 proposed criteria, 5 criteria and strategies, in terms of the group, were proposed as effective criteria and strategies and the decision-making hierarchical graph was drawn based on the criteria and strategies and the priority of the strategies was determined in relation to each criterion.

Then the importance of the significance of Criteria for providing de- desertification alternatives was determined by the use of Entropy Shannon method. Respectively, the obtained results showed that criteria of scientific and technological tools (C_5) and adaptation and proportion with environment (C_7) are the most important criteria with importance coefficient of 0.2628 and 0.2587. It shows the importance of available scientific and technological tools for determination of optimal alternatives and experts effort toward environment issues**.**

Finally, after calculating Global ranking of alternatives distance in each criterion $R(m_k)$ by the use of ORESTE model**,** in order to select the final alternatives and prioritize them, the aggregation action was performed on the matrix $R(m)$ and obtained results were compared**.** So, final ranking for decision alternatives by the use of ORESTE model shows that alternative of vegetation cover development and reclamation (A_{23}) with general rating of $R(m)$= 46.5, alternatives of prevention of unsuitable land use changes (A_{18}) with general rating of $R(m)$= 53.5, Livestock grazing Control (A_{20}) with general rating of $R(m)$= 69, Change of irrigation patterns (A_{33}) with general rating of $R(m)$= 76 and modification of ground water harvesting (A_{31}) with general rating of $R(m)$= 80 are the most important alternative in de-desertification process in the study area, respectively.

4- Discussion & Conclusions

In this study a new method was represented in order to rank alternatives priority for de-desertification process. Obtained results from ORESTE method for final prioritizing of alternatives, have characteristics including flexibility, high efficiency, easy application and also possibility of the use of software such as EC and MS EXCLE and evaluation of alternatives based on total effective criteria. ORESTE method has the limitation of ignoring determinants fuzzy judgment. Also, some criteria have unknown structure or qualitative structure and cannot be measured accurately. In this situation, in order to achieve evaluation matrix, we can use fuzzy numbers.

In general, according to the results, the alternative of vegetation cover development and reclamation (A23) with general rating of $R(m)$= 46.5 is the most important alternative in de-desertification process in the study area, and alternatives of prevention of unsuitable land use changes (A18) and Livestock grazing Control (A20) were in the next priority with general rating of 53.5 and 69, respectively.

Finally, it is suggested that de- desertification projects emphasize these alternatives in the study area in order to prevent limited wealth losses and increase efficiency of control and reclamation projects.

Key Words: Besson ranks average, Group decision-making, Local Priority, Multiple Attribute Decision-making (MADM), Pirewise comparison.