

فصلنامه علمی-پژوهشی تحقیقات مرتع و بیابان ایران

جلد ۱۷، شماره ۱، صفحه ۵۰-۳۵ (۱۳۸۹)

## کاربرد فرایند تحلیلی سلسله مراتبی (AHP) در ارزیابی راهبردهای بیابان‌زدایی (مطالعه موردی: منطقه خضرآباد یزد)

محمدحسن صادقی‌روش<sup>۱\*</sup>، حسن احمدی<sup>۲</sup>، غلامرضا زهتابیان<sup>۲</sup> و محمد طهمورث<sup>۳</sup>

\*- نویسنده مسئول، استادیار، گروه محیط‌زیست، دانشکده کشاورزی، دانشگاه آزاد اسلامی واحد تاکستان،

پست الکترونیک: h.sadeghi51@gmail.com

۲- استاد، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه تهران

۳- کارشناس ارشد آبخیزداری، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه تهران

تاریخ پذیرش: ۸۷/۰۵/۱۹

تاریخ دریافت: ۸۶/۰۵/۲۲

### چکیده

با توجه به اهمیت روزافزون مسئله بیابان‌زدایی و پیچیدگی این فرایند که در اثر برهم کنشهای متغیرهای مختلفی در طی زمان حاصل می‌شود، لزوم پرداختن به راهکارهای بهینه به منظور جلوگیری از بیابانی‌شدن یا احیاء و ترمیم مناطق تخریب‌یافته، ضروری به نظر می‌رسد. به طوری که ضمن جلوگیری از هدررفتن سرمایه‌های محدود، بازدهی طرحهای کنترل، احیاء و بازسازی عرصه‌های طبیعی بالا رود. با مطالعه منابع تحقیقاتی، مشخص شد که متأسفانه تاکنون راهکارهای ارائه شده برای رفع این مسئله، بخشی و غیر همه‌جانبه‌نگر بوده و هیچ‌گونه سابقه‌ای در بکارگیری روشهای نظام‌مند، از جمله روشهای تصمیم‌گیری چندمعیاره (MADM) در زمینه بیابان‌زدایی وجود ندارد. بنابراین سعی شد از روش فرایند تحلیلی سلسله مراتبی (AHP) به منظور ارائه راهکارهای بهینه در بیابان‌زدایی استفاده شود. در این پژوهش از روش دلفی (Delphi) به صورت مقایسات زوجی (Pair Wise) با استفاده از نرم‌افزار Expert Choice، نظرات متخصصان نسبت به ارجحیت و اولویت معیارها و راهبردها، ارزیابی شد. سپس با عمل تلفیق بر روی نتایج حاصل شده، اولویت نهایی راهبردها بدست آمد. این مدل به منظور ارزیابی کارایی در ارائه راهبردهای بهینه، در منطقه خضرآباد یزد مورد استفاده قرار گرفت. بنابراین بر مبنای نتایج حاصل شده، راهبردهای جلوگیری از تبدیل و تغییر نامناسب کاربری اراضی با میانگین وزنی ۲۲/۹ درصد، توسعه و احیاء پوشش گیاهی با میانگین وزنی ۲۱/۸ درصد و تعدیل در برداشت از منابع آب زیرزمینی با میانگین وزنی ۱۹/۱ درصد به ترتیب به‌عنوان مهمترین راهبردهای بیابان‌زدایی در منطقه تشخیص داده شدند.

**واژه‌های کلیدی:** بیابان‌زدایی، تصمیم‌گیری چندمعیاره، خضرآباد، فرایند تحلیلی سلسله مراتبی، مقایسه زوجی.

### مقدمه

استعداد باروری اراضی، کاهش تولیدات کشاورزی، افزایش تلفات منابع آب و خاک، کاهش کمی و کیفی منابع مرتعی و غیره همراه است به روند کاهش امکانات و

با توجه به رشد روزافزون جمعیت و کاهش سرانه زمین برای تأمین غذا، پدیده بیابان‌زدایی که با کاهش

نشان می‌دهد و از یک مبنای تئوریک قوی که براساس اصول بدیهی پایه‌گذاری شده برخوردار است (اصغر پور، ۱۳۷۱ و قدسی پور، ۱۳۸۱).

بنابراین با مطالعه منابع تحقیقاتی مشخص شد که هیچ‌گونه سابقه‌ای در بکارگیری روشهای تصمیم‌گیری چندمعیاره (MADM) و از جمله فرایند تحلیلی سلسله مراتبی (AHP) در زمینه بیابان‌زدایی وجود ندارد و تنها منبعی که در زمینه مسائل مناطق بیابانی بدست‌آمد، مقاله " دیدگاه سلسله مراتبی در ارزیابی بیابان‌زدایی " می‌باشد. (Bergamp (1995 که مدل بکار گرفته شده در مقاله یادشده را نوعی سیستم سلسله مراتبی از پایین به بالا می‌داند، معتقد است که برخلاف سیستم‌های سلسله مراتبی از بالا به پایین که برای تعیین و بررسی هدف به کار می‌روند (همانند مدل AHP)، این مدل جهت بررسی واکنشهای سیستم در مقیاس کوچک استفاده می‌شود. (همانند واکنش رواناب بر روی شیپهای مختلف با مرفولوژیهای متفاوت). به عبارت دیگر، این پژوهش برای اولین بار است که روش نظام‌مندی را جهت ارزیابی و تعیین راهبردهای مؤثر در زمینه بیابان‌زدایی مطرح می‌کند. به طوری که در این پژوهش، به منظور دقت بالای انتخاب راهبردهای مناسب و جلوگیری از خطای انسانی از یک برنامه رایانه‌ای که بر مبنای سیستم فوق طراحی شده استفاده شده و این برنامه توسط کمپانی EC<sup>6</sup> نوشته شده است. اولین نسخه این برنامه در سال ۱۹۸۴ و آخرین تجدیدنظر مربوط به سال ۲۰۰۲ است (قدسی پور، ۱۳۸۱). این مدل جهت ارائه راه‌حل‌های بهینه به منظور بیابان‌زدایی در منطقه خضرآباد یزد در فاصله زمانی مهرماه ۱۳۸۴ تا شهریورماه ۱۳۸۵، بکار گرفته شد.

منابع در برابر رشد جمعیت شتاب بیشتری می‌دهد. در واقع جدی‌ترین اثر نامطلوب بیابان‌زدایی، کاهش توان تولید و تهدید امنیت غذایی و از بین بردن ساختارهای بنیانی زیستی است. بنابراین امروزه پرداختن به مسئله بیابان‌زدایی و جلوگیری از توسعه آن در حوزه بین‌المللی و ملی به‌عنوان پیش‌زمینه دستیابی به توسعه پایدار مطرح می‌باشد. متأسفانه تاکنون راهکارهای ارائه شده جهت رفع این مسئله، بخشی و غیر همه‌جانبه‌نگر بوده که عمدتاً اثرهای مثبت آنها در مقایسه با راهبردهای منطبق با شرایط و عوامل واقعی و شدت این عوامل به مراتب کمتر است. بنابراین جهت دستیابی به شناختی جامع و تعیین راهکارهای مناسب با شرایط طبیعی و انسانی منطقه و اولویت‌بندی این راهکارها در این پژوهش از روش تحلیلی سلسله مراتبی<sup>۱</sup> (AHP) استفاده شد. این روش که اولین بار توسط توماس ال ساعتی<sup>۲</sup> در سال ۱۹۷۰ مطرح شد در واقع یکی از جامع‌ترین مدل‌های تصمیم‌گیری چندمعیاره<sup>۳</sup> (MADM) است. این روش امکان فرموله کردن مسائل را به صورت سلسله مراتبی فراهم می‌آورد و همچنین امکان در نظر گرفتن معیارهای مختلف کمی و کیفی را در مسئله مورد توجه قرار می‌دهد؛ به نحوی که گزینه‌های مختلف را در تصمیم‌گیری دخالت داده و امکان تحلیل حساسیت روی معیارها و زیرمعیارها را دارد. در عین حال متناسب با تغییرات عوامل مؤثر در بیابان‌زدایی در آینده، انعطاف‌پذیر است. علاوه بر این بر مبنای مقایسه زوجی بنا نهاده شده که قضاوت و محاسبات را تسهیل می‌نماید و در انتخاب راهبردها از مشارکت گروهی نظام‌مند استفاده می‌کند، همچنین میزان سازگاری<sup>۴</sup> و ناسازگاری<sup>۵</sup> تصمیم را

1 - Analytical Hierarchy Process

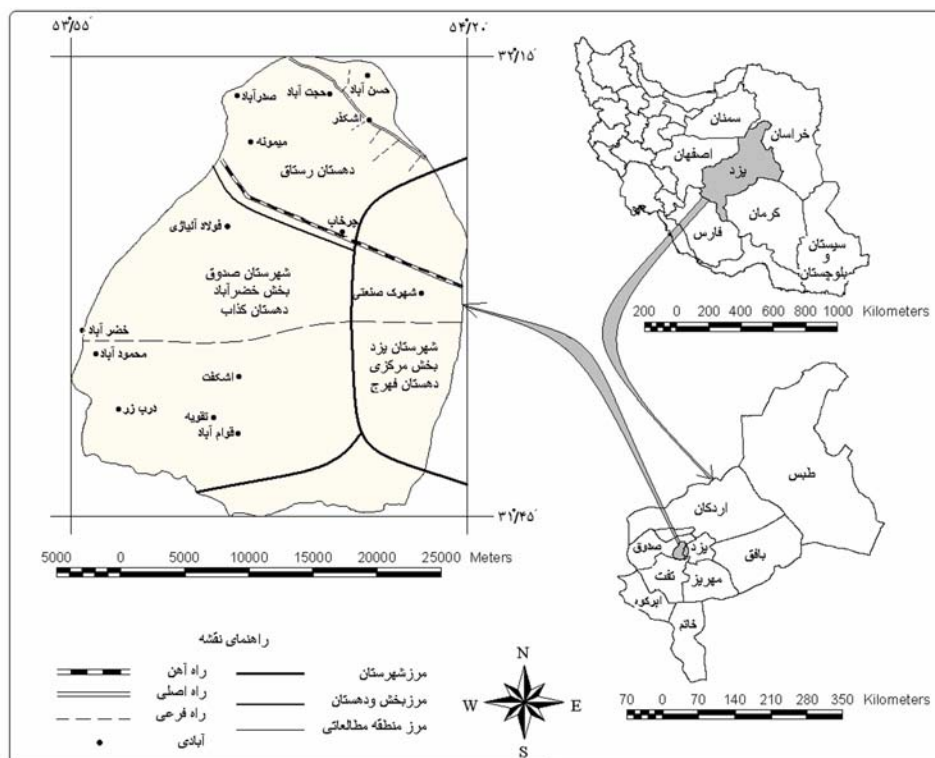
2 - Tomas. L. Saaty

3 - Multiple Attribute Decision Making

4- Consistency

5- In Consistency

6- Expert Choice (<http://www.expertchoice.com>)



شکل ۱- موقعیت منطقه خضرآباد

غرب شهر یزد در موقعیت جغرافیایی  $۵۳^{\circ}۰۵۵'$  الی  $۲۰^{\circ}$ ،  $۵۴$  طول شرقی و  $۳۱^{\circ}۴۵'$  تا  $۳۱^{\circ}۱۵'$  عرض شمالی قرار گرفته است (شکل ۱)؛ و از نظر اقلیمی در شرایط خشک و سرد بیابانی طبقه‌بندی می‌شود.

۱۲۹۳۰ هکتار (۱۶/۵٪) از اراضی منطقه را تپه‌ها و پهنه‌های ماسه‌ای شکل داده که ارگ 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 مخروطه حاصل از عملیات انسانی و فرایندهای طبیعی تشکیل داده که نشان‌دهنده وضعیت کاملاً تیپیک از نظر بیابان‌زایی در منطقه و بیان‌کننده لزوم پرداختن به راه‌حل‌های بیابان‌زدایی در این حوزه است. بدین منظور از مدل تحلیلی سلسله مراتبی گروهی که از

## مواد و روشها

این پژوهش به منظور تعیین اهمیت و اولویت معیارها و راهبردها از روش آماری<sup>۱</sup> و در فرایند تعیین راهبردهای بهینه از روش ارزیابی<sup>۲</sup> سود برده است. در عین حال به دلیل وسعت مفهوم بیابان‌زدایی و پیچیدگی فرایند آن و نیاز به آمار و اطلاعات میدانی و ستادی، مطالعه به روش موردی انجام گردید و به دلیل استفاده از پرسشنامه جهت اخذ نظرات متخصصان از روش دلفی<sup>۳</sup> یا پرسشنامه هم سود برده است. به منظور ارزیابی راهبردهای بیابان‌زدایی با استفاده از روشهای تصمیم‌گیری چندمعیاره (MADM)، منطقه خضرآباد یزد به صورت موردی مورد توجه قرار گرفت. این منطقه با وسعتی معادل ۷۸۱۸۰ هکتار در ۱۰ کیلومتری

- 1- Statistical
- 2 - Evaluation
- 3 - Delphi

سه سطح به ترتیب هدف، معیارها و راهبردها، بکاررفت (شکل ۲) (آذر و رجب زاده، ۱۳۸۱).

جدول ۱ - درجه اهمیت و ارجحیت (مقیاس زوجی) نه گانه ساعتی

درجه ارجحیت در مقایسه زوجی (pirewise)	درجه اهمیت	امتیاز
ترجیح یکسان	بدون اهمیت	۱
یکسان یا نسبتاً مرجح	بسیار کم اهمیت	۲
نسبتاً مرجح	کم اهمیت	۳
نسبتاً تا قویاً مرجح	نسبتاً کم اهمیت	۴
قویاً مرجح	اهمیت متوسط	۵
قویاً تا بسیار قوی مرجح	اهمیت نسبتاً زیاد	۶
ترجیح بسیار قوی	اهمیت زیاد	۷
بسیار تا بی اندازه مرجح	اهمیت بسیار زیاد	۸
بی اندازه مرجح	اهمیت در حد عالی	۹

### محاسبه وزن نسبی معیارها و راهبردها و تشکیل ماتریس مقایسات زوجی گروهی

در ادامه به منظور دستیابی به وزن نسبی<sup>۱</sup>، با استفاده از روش دلفی پرسشنامه دوم تحت عنوان "پرسشنامه مقایسات زوجی" شکل گرفت و از متخصصان خواسته شد که معیارها و راهبردهای مهم حاصل شده از نتایج پرسشنامه اول را به ترتیب از نظر اهمیت نسبت به هدف و اولویت نسبت به تک تک معیارها بر مبنای درجه ارجحیت نه گانه ساعتی (جدول ۱) مورد مقایسات زوجی<sup>۲</sup> قرار دهند. بدین ترتیب ماتریس مقایسات زوجی هر متخصص در زمینه اهمیت معیارها و اولویت راهبردها بر مبنای شکل کلی ماتریس مقایسه زوجی در AHP (جدول ۲) شکل گرفت (قدسی پور، ۱۳۸۱).

مهمترین و جامعترین روشهای تصمیم گیری چندمعیاره می باشد جهت ارائه راه حل های بهینه بیابان زدایی استفاده شد. ساختار این مدل از سه سطح هدف، معیارها و راهبردها تشکیل شده که دو سطح معیارها و راهبردها به منظور دستیابی به هدف، دارای اهمیت هستند.

### انتخاب معیارها و راهبردها و ترسیم درخت سلسله مراتب تصمیم گیری

با توجه به فرایند پیچیده بیابان زدایی که در اثر برهم کنشهای متغیرهای مختلف حاصل می شود؛ معیارها و راهبردهای مختلفی نیز از نظر متخصصان در هر منطقه مطرح می شود. بنابراین به منظور شناخت معیارها و راهبردهای مهم و اولویت دار از نظر گروه، از روش دلفی استفاده شد (Saaty, 1995). بدین منظور دو نوع پرسشنامه در چهار نوبت در بین متخصصان آشنا به منطقه مطالعاتی توزیع شد. پرسشنامه اول به منظور شناخت معیارها و راهبردهای مهم و اولویت دار از میان مجموع معیارها و راهبردهای پیشنهادی از نظر گروه می باشد که بعد از توزیع اولیه پرسشنامه، از متخصصان خواسته شد که اهمیت و اولویت هر معیار یا راهبرد را در مقیاس ۱ تا ۹ (جدول ۱) برآورد کنند. در ادامه، نتایج حاصل میانگین گیری و دوباره در میان جامعه آماری اولیه توزیع شد و از آنها خواسته شد که با توجه به انحرافات پاسخهای اولیه شان از میانگین، تغییرات نهایی را بر روی ارزشهای مورد نظرشان اعمال کنند. در نهایت با بدست آوردن میانگین امتیازات داده شده به هر معیار یا راهبرد، مواردی که دارای امتیازات کمتر از ۷ بودند ( $\bar{X} < 7$ ) حذف و معیارها و راهبردهای باقی مانده ( $\bar{X} \geq 7$ ) برای ترسیم نمودار سلسله مراتبی تصمیم گیری در

1 - Local Priority

2 - Pirewise

جدول ۲- ماتریس مقایسه زوجی

A=	$a_{11}$	$a_{12}$	.....	$a_{1n}$	$A=[a_{ij}]$ , $i = 1,2,\dots,m$ $j = 1,2,\dots,n$
	$a_{21}$	$a_{22}$	.....	$a_{2n}$	
	:	:	:	:	
	$a_{m1}$	$a_{m2}$	.....	$a_{mn}$	

در این ماتریس  $a_{ij}$  ترجیح عنصر  $i$  ام نسبت به عنصر  $j$  ام است.

به هر معیار، (جدولهای ۸ تا ۱۳) وارد نرم افزار EC شد (قدسی پور، ۱۳۸۱) و بعد از نرمال سازی با استفاده از رابطه (۲) و استخراج اهمیت ها و اولویت ها، بر مبنای روش میانگین موزون یا میانگین هر سطح از ماتریس نرمال شده، به صورت نمودارهای میله ای و بر مبنای درصد نمایش داده شد (شکلهای ۳ تا ۸).

$$\bar{r}_{ij} = \bar{a}_{ij} / \sum \bar{a}_{ij} \quad i = 1, 2, \dots, M \quad (۲)$$

در این رابطه  $\bar{r}_{ij}$  = مؤلفه نرمال

$$\bar{a}_{ij} = \text{مؤلفه مقایسه زوجی گروهی } i \text{ نسبت به } j$$

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

### انتخاب بهترین راهبرد یا تعیین وزن نهائی گزینه ها

در انتها به منظور دستیابی به هدف تعیین راهبردهای مهم و درجه بندی الویت آنها، در قالب کلی ماتریس تصمیم گیری در AHP (جدول ۳)، عمل تلفیق<sup>۱</sup> بر روی نتایج حاصل از مرحله قبل انجام شد. به طوری که وزن نهایی هر راهبرد ( $\bar{P}_i$ )، از مجموع حاصل ضرب وزن هر معیار ( $W_j$ ) در وزن گزینه مربوط به آن معیار ( $a_{ij}$ ) بدست آمد (رابطه ۳) و نمودار اولویت راهبردها بر مبنای مجموعه معیارها شکل گرفت (جدول ۷ و شکل ۹) (Ghodsypour, 1998)

$$\bar{P}_i = \sum_{j=1}^{M^N} W_j * a_{ij} \quad (۳)$$

در ادامه با استفاده از روش میانگین هندسی و با فرض یکسان بودن رأی تمام افراد پرسش شونده، از رابطه (۱)، اقدام به تلفیق ماتریس مقایسات زوجی هر متخصص و تشکیل ماتریس مقایسات زوجی از نظر گروه شد (شکلهای ۳ تا ۸).

$$\bar{a}_{ij} = (\prod_{k=1}^N a_{ij}^k)^{1/N} \quad (رابطه ۱)$$

در این رابطه  $a_{ij}^k$  مؤلفه مربوط به شخص  $k$  ام برای مقایسه  $i$  با  $j$  است. بنابراین  $\bar{a}_{ij}$  (میانگین هندسی) برای تمامی مؤلفه های متناظر از رابطه ۱ بدست می آید (آذر و رجب زاده، ۱۳۸۱).

بعد از تشکیل ماتریس مقایسات زوجی گروهی، به منظور اعمال نظرات نهایی متخصصان، ماتریس یادشده میان جامعه آماری، توزیع و از آنها خواسته شد که با توجه به انحرافات پاسخ هایشان از میانگین، تغییرات نهایی را بر روی ارزشهای مورد نظرشان اعمال کنند؛ در نهایت با بدست آوردن میانگین هندسی امتیازات داده شده (رابطه ۱) ماتریس های نهایی مقایسات زوجی گروهی حاصل شد.

### استخراج اولویتها بر مبنای جدولهای مقایسات زوجی گروهی

در این مرحله اعداد جدولهای ماتریس مقایسات زوجی گروهی اهمیت معیارها و اولویت راهبردها نسبت

جدول ۳ - ماتریس تصمیم‌گیری در فرایند تحلیلی سلسله مراتبی

Alt	Criterion					P <sub>i</sub>
	C <sub>1</sub>	C <sub>2</sub>	C <sub>3</sub>	-----	C <sub>N</sub>	
	W <sub>1</sub>	W <sub>2</sub>	W <sub>3</sub>	-----	W <sub>N</sub>	
A <sub>1</sub>	a <sub>11</sub>	a <sub>12</sub>	a <sub>13</sub>	-----	a <sub>1N</sub>	p <sub>1</sub>
A <sub>2</sub>	a <sub>21</sub>	a <sub>22</sub>	a <sub>23</sub>	-----	a <sub>2N</sub>	p <sub>2</sub>
A <sub>3</sub>	a <sub>31</sub>	a <sub>32</sub>	a <sub>33</sub>	-----	a <sub>3N</sub>	p <sub>3</sub>
:	:	:	:	:	:	:
A <sub>M</sub>	a <sub>M1</sub>	a <sub>M2</sub>	a <sub>M3</sub>	-----	a <sub>MN</sub>	P <sub>M</sub>

در این ماتریس M = تعداد گزینه‌ها یا راهبردها  
 N = تعداد معیارها  
 C = عنوان معیار  
 W = مقدار وزنی (عددی) معیار مربوطه  
 a<sub>ij</sub> = مقدار وزنی که هر گزینه (راهبرد) باتوجه به معیار مربوطه کسب می‌کند  
 P = درجه ارجحیت راهبردها

### نتایج

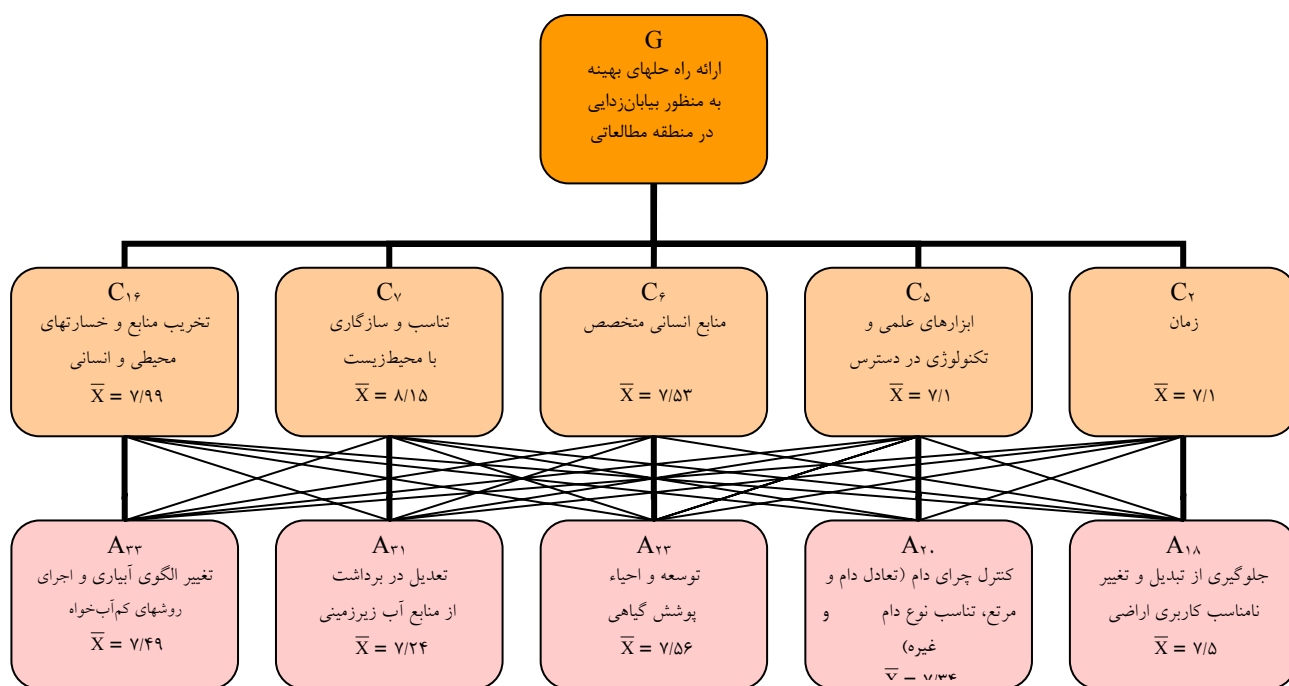
#### انتخاب معیارها، راهبردهای مهم و اولویت‌دار از نظر گروه و ترسیم درخت سلسله مراتب تصمیم‌گیری

به منظور تعیین و شناخت معیارها و راهبردهای مهم و اولویت‌دار از نظر گروه، برای تشکیل نمودار سلسله‌مراتب تصمیم‌گیری که در واقع ساختار کلی مسئله تحت مطالعه را به صورت گرافیکی نمایش می‌دهد (آذر و رجب زاده، ۱۳۸۱) و انجام سایر مراحل مدل AHP تا رسیدن به راهبرد بهینه، از نتایج حاصل از کار میدانی، مطالعات کتابخانه‌ای و مصاحبه با متخصصان، پرسشنامه‌ای در دو بخش معیارها و راهبردها شکل گرفت و در ابتدا ۷ معیار (C<sub>1</sub>-C<sub>7</sub>) (جدول ۴) و ۳۸ راهبرد (A<sub>1</sub>-A<sub>38</sub>) به شرح جدول (۵) پیشنهاد شد و از متخصصان آشنا به منطقه (کل جامعه آماری ۲۵ نفر) خواسته شد که اهمیت و اولویت هر معیار یا راهبرد را در مقیاس ۱ تا ۹ (بدون اهمیت تا

اهمیت در حد عالی) برآورد کنند. درعین حال این پرسشنامه به صورت باز تنظیم شد و از متخصصان خواسته شد که معیارها و راهبردهای با اهمیت از نظرشان که در پرسشنامه ذکر نگردیده را بیان و اهمیت آنها را ذکر کنند. پس از جمع‌آوری پرسشنامه یادشده مشاهده شد که از ۲۵ پرسشنامه پاسخ داده شده، تنها ۷ نفر در زمینه معیارها پیشنهادهایی داشتند، که از مجموع ۲۱ معیار پیشنهاد شده، تنها ۹ معیار (C<sub>8</sub>-C<sub>16</sub>) جهت نظرخواهی از متخصصان مجدداً مورد توجه قرار گرفت و ۱۲ پیشنهاد دیگر یا جزء راهبردها محسوب می‌شدند، (همانند فرهنگ‌سازی و غیره) یا تکراری و مستتر در معیارهای دیگر بودند (همانند معیارهای کاهش تصادفات و خسارتهای حمل و نقل، خسارت به اراضی کشاورزی و غیره که در معیار تخریب و خسارتهای محیطی و انسانی مستتر بودند). درعین حال تنها ۳ نفر در زمینه راهبردها به ارائه پیشنهاد پرداختند، که از

راهبردهای پیشنهادی بردارند. در نهایت با بدست آوردن میانگین امتیازات داده شده ( $\bar{X}$ ) به هر معیار یا راهبرد (جدول ۴ و ۶)، مواردی که دارای امتیازات کمتر از ۷ بودند ( $\bar{X} < 7$ ) حذف شدند و معیارها و راهبردهای باقی مانده ( $\bar{X} \geq 7$ ) برای ترسیم نمودار سلسله مراتبی تصمیم گیری بکار رفتند (شکل ۲).

مجموع ۱۶ راهبرد پیشنهادی تنها ۲ راهبرد تکراری نبوده و مورد توجه قرار گرفت ( $A_{39}$  ,  $A_{40}$ ). در ادامه با اعمال معیارها و راهبردهای پیشنهادی، پرسشنامه اولیه تکمیل و با بدست آوردن میانگین نتایج دوباره به متخصصان (پرسش شوندهگان) ارائه شد و از آنها خواسته شد که با توجه به انحرافات پاسخهای اولیه شان از میانگین، تغییرات نهایی را بر روی ارزشهای مورد نظرشان اعمال کنند و همچنین به ارزش دهی معیارها و



جدول ۴ - معیارهای پیشنهادی و میانگین اهمیت آنها از نظر گروه

نشانه	C <sub>۱</sub>	C <sub>۲</sub>	C <sub>۳</sub>	C <sub>۴</sub>	C <sub>۵</sub>	C <sub>۶</sub>
معیار (Criteria)	هزینه - سود	زمان	مشارکت مردمی	زیبایی چشم انداز	ابزارهای علمی و تکنولوژی در دسترس	منابع انسانی متخصص
میانگین امتیازها	۵/۳۸	۷/۱	۵/۷۸	۵/۱	۷/۱	۷/۵۳
نشانه	C <sub>۷</sub>	C <sub>۸</sub>	C <sub>۹</sub>	C <sub>۱۰</sub>	C <sub>۱۱</sub>	C <sub>۱۲</sub>
معیار (Criteria)	سازگاری با محیط زیست (پایداری)	مدیریت سنتی و دانش بومی	دولت سالاری در بیابان‌زدایی	درآمدهای نفتی دولت	مدیریت‌های موقتی	مشکلات مربوط به نوآوری و تغییر روشها
میانگین امتیازها	۸/۱۵	۵/۲۳	۵/۲۸	۵/۷۲	۲/۳۹	۲/۸۴
نشانه	C <sub>۱۳</sub>	C <sub>۱۴</sub>	C <sub>۱۵</sub>	C <sub>۱۶</sub>		
معیار (Criteria)	راحت طلبی سیستم‌های اداری دولتی	فشارهای سیاسی و اجتماعی	مسائل اورژانسی ناشی از بیابان‌زدایی	تخریب منابع و خسارت‌های محیطی و انسانی		
میانگین امتیازها	۲/۲۹	۵/۳۵	۶/۳۴	۷/۹۹		



## جدول ۵- راهبردهای پیشنهادی به منظور بیابان‌زدایی

<p>۲۲- آ- جلوگیری از بوته‌کشی و قطع اشجار</p> <p>۲۳- آ- توسعه و احیاء پوشش گیاهی</p> <p>۲۴- آ- حفاظت از تاغزارها (جوان‌سازی و زادآوری تاغها)</p> <p>- حفاظت خاک</p> <p>۲۵- آ- حفاظت از سطوح سنگریزه‌ای در منطقه (رگ)</p> <p>۲۶- آ- جلوگیری و کاهش تردد ماشین‌الات سنگین کشاورزی و صنعتی</p> <p>۲۷- آ- ایجاد بادشکن‌های زنده و غیرزنده دارای کاربری حفاظت خاک</p> <p>۲۸- آ- اصلاح بافت خاک</p> <p>- توسعه کشاورزی پایدار</p> <p>۲۹- آ- اصلاح روشهای تناوب زراعی و آیش</p> <p>۳۰- آ- اصلاح روشهای شخم‌زنی، کوددهی و سمپاشی</p> <p>- توسعه و مدیریت پایدار منابع آب (آبخوانداری)</p> <p>۳۱- آ- تعدیل در برداشت از منابع آب زیرزمینی</p> <p>۳۲- آ- کاهش مصرف آب (مصرف بهینه آب در مزارع)</p> <p>۳۳- آ- تغییر در الگوی آبیاری و اجرای روشهای کم‌آبخواه</p> <p>۳۴- آ- تبدیل سیستم‌های آبیاری از سنتی با بازده کم به مدرن و تحت فشار با بازده زیاد</p> <p>۳۵- آ- جمع‌آوری و استحصال بهینه منابع آب (شامل: ایزوله نمودن انهار، مرمت و لایروبی قنات‌ها، استفاده از کانال‌ها و مجاری، تعبیه آب‌انبارها و استخرها، نمک‌زدایی از آبهای لب‌شور و شور و غیره)</p> <p>۳۶- آ- تغذیه آبهای زیرزمینی</p> <p>۳۷- آ- احداث شبکه‌های پخش سیلاب و استفاده از آبرفت آن</p> <p>۳۸- آ- ایجاد بارشهای مصنوعی جهت تغذیه آبخوانها</p> <p>۳۹- آ- ترویج و گسترش کشت گلخانه‌ای و تحت کنترل از نظر مصرف آب و تبخیر و تعرق</p> <p>۴۰- آ- معرفی ارقام گیاهی جدید و مقاوم به خشکی و تنش‌های کم-آبی از طریق مهندسی ژنتیک</p>	<p>- اصلاح، ایجاد و تقویت زیرساختهای اقتصادی - اجتماعی مناطق حاشیه‌ای</p> <p>۱- آ- کاهش نرخ رشد جمعیت</p> <p>۲- آ- فقرزدایی</p> <p>۳- آ- ایجاد و تقویت سازمانهای روستایی</p> <p>۴- آ- افزایش اشتغال</p> <p>۵- آ- افزایش مشارکت مردمی و حمایت از NGO ها</p> <p>۶- آ- بکارگیری نیروهای بومی و تکنولوژی محلی در طرحها (دانش بومی)</p> <p>۷- آ- آموزش مردم در بکارگیری روشهای جدید و استفاده از دانش روز جهت کاربرد بهینه منابع</p> <p>۸- آ- تصویب، تقویت و اجرای قوانین و تناسب جرم با مجازات</p> <p>۹- آ- تأمین نیازهای ساکنان بومی</p> <p>۱۰- آ- تعدیل الگوهای مصرف ناپایدار و تغییر و اصلاح شیوه‌های معیشتی مردم</p> <p>۱۱- آ- توجه به نقش زنان و جوانان در بیابان‌زدایی</p> <p>۱۲- آ- سازماندهی نواحی شهری و جلوگیری از مهاجرت</p> <p>۱۳- آ- ایجاد هماهنگی بین ادارات و سازمانهای مسئول در امر بیابان‌زدایی و حفاظت محیط‌زیست</p> <p>۱۴- آ- بالا بردن نرخ باسوادی</p> <p>۱۵- آ- توسعه اکوتوریسم بیابانی</p> <p>۱۶- آ- استفاده چندمنظوره از بیابان به جای استفاده موردی</p> <p>۱۷- آ- سپردن مسئله بیابان‌زدایی به بخش خصوصی</p> <p>۱۸- آ- جلوگیری از تبدیل و تغییر نامناسب کاربری اراضی</p> <p>۱۹- آ- تهیه نقشه آمایش سرزمین و تعیین محدوده‌های بیابانی و حواشی کویرها و بیابانها</p> <p>- حفاظت از پوشش گیاهی</p> <p>۲۰- آ- کنترل چرای دام (تعادل دام و مرتع، تناسب نوع دام، جلوگیری از چرای خاج از فصل و غیره)</p> <p>۲۱- آ- تولید علوفه و افزایش پتانسیل اقتصاد پایدار دامدار</p>
--	--

جدول ۶ - میانگین اولویت راهبردها از نظر گروه

A10	A9	A8	A7	A6	A5	A4	A3	A2	A1	راهبرد (Alternative)
۵/۶	۵/۸۹	۵/۷۳	۶/۴۷	۶/۵۶	۶/۱	۶/۷	۵/۳۵	۵/۶۸	۵	میانگین امتیازها
A20	A19	A18	A17	A16	A15	A14	A13	A12	A11	راهبرد (Alternative)
۷/۳۴	۶/۴۴	۷/۵	۳/۷۹	۵/۲۷	۵/۳۲	۴/۸	۶/۸۶	۵/۲۳	۴/۵	میانگین امتیازها
A30	A29	A28	A27	A26	A25	A24	A23	A22	A21	راهبرد (Alternative)
۵/۱	۵/۴۲	۴/۶۶	۶/۸۶	۵/۵۷	۶/۴۵	۶/۷۶	۷/۵۶	۶/۴۶	۶/۶	میانگین امتیازها
A40	A39	A38	A37	A36	A35	A34	A33	A32	A31	راهبرد (Alternative)
۶	۶/۲	۳/۴۷	۵/۳	۶/۰۸	۶/۶۴	۶/۵۳	۷/۴۹	۶/۶	۷/۲۴	میانگین امتیازها

وارد نرم افزار EC شد و با انجام عمل نرمال سازی و محاسبه میانگین موزون، اهمیت و اولویت معیارها و راهبردهای بیابان زدایی در منطقه مطالعاتی از نظر گروه به صورت نمودارهای میله ای و بر مبنای درصد بدست آمد (شکل های ۳ تا ۸).

### تعیین اولویت نهایی راهبردها (Pi)

مطابق شکل های (۴ تا ۸) ملاحظه شد که برحسب هر معیار راهبردهای انتخابی متفاوت می باشند. بنابراین جهت انتخاب نهایی راهبردها و درجه بندی اولویت آنها، در قالب کلی ماتریس تصمیم گیری در AHP (جدول ۳)، ماتریس تصمیم گیری راهبردهای بهینه بیابان زدایی از نظر گروه (جدول ۷) در محیط نرم افزاری EC شکل گرفت و با عمل تلفیق بر روی این ماتریس، وزن نهایی راهبردها بدست آمد (شکل ۹).

### محاسبه وزن نسبی معیارها و راهبردها و تشکیل ماتریس مقایسات زوجی گروهی

پس از مشخص شدن معیارها و راهبردهای مهم و اولویت دار از نظر گروه، به منظور برآورد وزن نسبی معیارها و راهبردها برای دستیابی به هدف " ارائه راهبردهای بهینه بیابان زدایی " اقدام به تهیه پرسشنامه مقایسات زوجی بر مبنای معیارها و راهبردهای انتخاب شده از نتایج پرسشنامه اول و توزیع آن بین متخصصان شد و در نهایت با اخذ نظرات متخصصان و تلفیق نظرات آنها از طریق میانگین هندسی، (رابطه ۱) ماتریس مقایسات زوجی گروهی اهمیت معیارها و اولویت راهبردها شکل گرفت (جدول های ۸ تا ۱۳).

### استخراج اولویت راهبردها بر مبنای هر معیار (P)

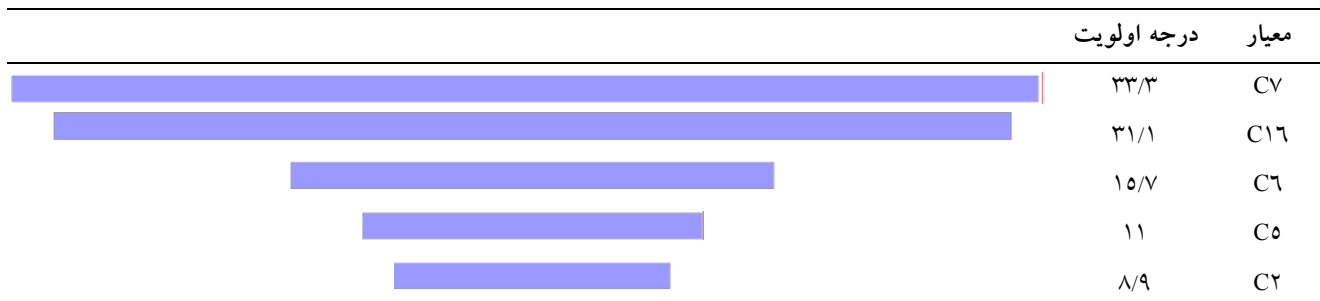
در این مرحله اعداد ماتریس اهمیت معیارها و اولویت راهبردها بر مبنای هر معیار (جدول های ۸ تا ۱۳)

جدول ۷ - ماتریس تصمیم‌گیری به منظور انتخاب راهبردهای بهینه بیابان‌زدایی از نظر گروه

$\bar{P}_i$	C۱۶	C۷	C۶	C۵	C۲	اهمیت معیارها (C)
						اولویت راهبردها (A)
	۰/۳۱۱	۰/۳۳۳	۰/۱۵۷	۰/۱۱۰	۰/۰۸۹	▼
۰/۲۲۹	۰/۲۳۷	۰/۲۶۶	۰/۱۹۷	۰/۱۶۹	۰/۱۹۶	A۱۸
۰/۱۸۵	۰/۲۱۹	۰/۱۵۵	۰/۱۶۱	۰/۱۷۴	۰/۲۲۳	A۲۰
۰/۲۱۸	۰/۱۸۱	۰/۲۲۷	۰/۲۴۶	۰/۲۳۷	۰/۲۵۰	A۲۳
۰/۱۹۱	۰/۲۰۸	۰/۱۹۲	۰/۱۸۷	۰/۱۶۳	۰/۱۶۸	A۳۱
۰/۱۷۷	۰/۱۵۴	۰/۱۵۹	۰/۲۱۱	۰/۲۵۶	۰/۱۶۳	A۳۳

جدول ۸ - ماتریس مقایسات زوجی گروهی اهمیت معیارها نسبت به هدف "ارائه راهبردهای بهینه بیابان‌زدایی در منطقه"

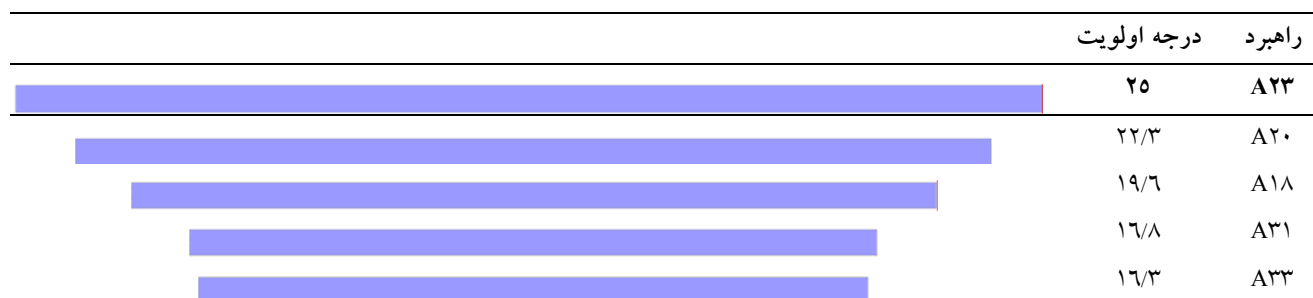
معیار	C۱۶	C۶	C۵	C۲
C۷	۱/۲	۲/۵	۲/۵	۳/۴
C۱۶		۲/۳	۳/۱	۳/۱
C۶			۱/۷	۲
C۵				۱/۳



شکل ۳ - مقایسه اهمیت معیارهای پیشنهادی به منظور دستیابی به هدف

جدول ۹ - ماتریس مقایسات زوجی گروهی اولویت راهبردها نسبت به معیار "زمان"

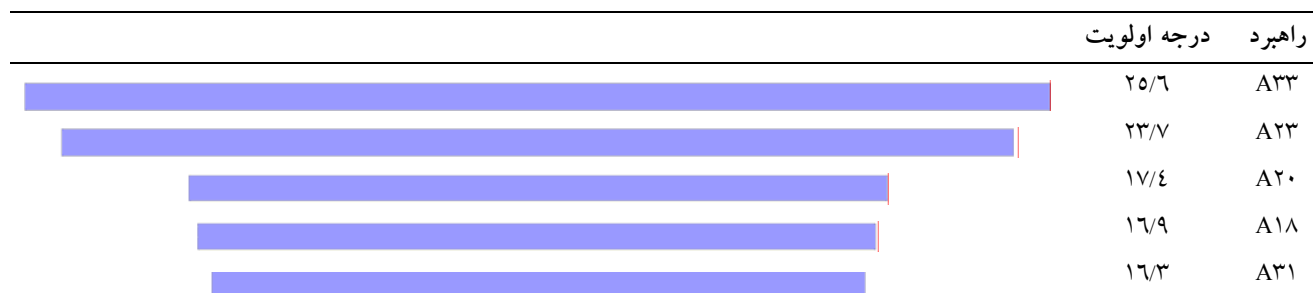
راهبرد	A۲۰	A۱۸	A۳۱	A۳۳
A۲۳	۱/۲	۱/۵	۱/۴	۱/۳
A۲۰		(۱/۱)	۱/۶	۱/۵
A۱۸			۱/۱	۱/۲
A۳۱				۱/۱



شکل ۴ - مقایسه اولویت راهبردها با توجه به معیار زمان (C<sub>۲</sub>)

جدول ۱۰- ماتریس مقایسات زوجی گروهی اولویت راهبردها نسبت به معیار "ابزارهای علمی و تکنولوژی در دسترس"

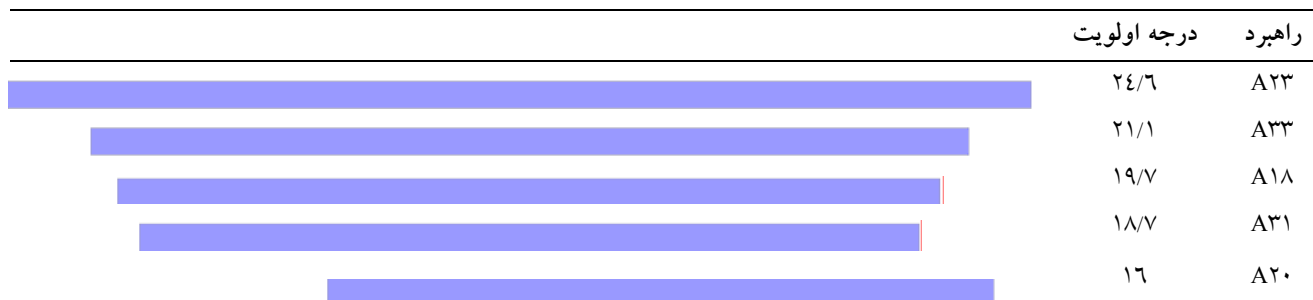
راهبرد	A23	A20	A18	31A
A33	۱/۴	۱/۱	۱/۴	۱/۷
A23		۱/۷	۱/۶	۱/۳
A20			(۱/۱)	۱/۱
A18				۱



شکل ۵ - مقایسه اولویت راهبردها با توجه به معیار ابزارهای علمی و تکنولوژی در دسترس (C<sub>۵</sub>)

جدول ۱۱ - ماتریس مقایسات زوجی گروهی اولویت راهبردها نسبت به معیار "منابع انسانی متخصص"

راهبرد	A33	A18	A31	20A
A23	۱/۱	۱/۷	۱/۱	۱/۴
A33		(۱)	۱/۲	۱/۳
A18			۱	۱/۶
A31				(۱)



شکل ۶ - مقایسه اولویت راهبردها با توجه به معیار منابع انسانی متخصص (C<sub>۶</sub>)

جدول ۱۲ - ماتریس مقایسات زوجی گروهی اولویت راهبردها نسبت به معیار " تناسب و سازگاری با محیط زیست "

راهبرد	A۲۳	A۳۱	A۳۳	A۲۰
A۱۸	(۱/۱)	۱/۳	۲/۴	۱/۶
A۲۳		(۱/۱)	۱/۶	۱/۳
۳۱A			(۱/۱)	۱/۲
A۳۳				۱/۲

راهبرد	درجه اولویت
A۱۸	۲۶/۶
A۲۳	۲۲/۷
A۳۱	۱۹/۲
A۳۳	۱۵/۹
A۲۰	۱۵/۵

شکل ۷ - مقایسه اولویت راهبردها با توجه به معیار تناسب و سازگاری با محیط زیست (C۷)

جدول ۱۳ - ماتریس مقایسات زوجی گروهی اولویت راهبردها نسبت به معیار " تخریب منابع و خسارتهای محیطی و انسانی "

راهبرد	A۲۰	A۳۱	A۲۳	A۳۳
A۱۸	۱/۴	۱	(۱/۱)	۱/۹
A۲۰		۱/۴	۱/۴	۱/۲
A۳۱			۱/۵	۱/۲
A۲۳				۱/۲

راهبرد	درجه اولویت
A۱۸	۲۳/۷
A۲۰	۲۱/۹
A۳۱	۲۰/۸
A۲۳	۱۸/۱
A۳۳	۱۵/۴

شکل ۸ - مقایسه اولویت راهبردها با توجه به معیار تخریب منابع و خسارتهای محیطی و انسانی (C۱۶)

راهبرد	درجه اولویت
A۱۸	۲۲/۹
A۲۳	۲۱/۸
A۳۱	۱۹/۱
A۲۰	۱۸/۵
A۳۳	۱۷/۷

شکل ۹ - اولویت راهبردها بر مبنای مجموعه معیارها از نظر گروه

## بحث

نتایج حاصل از پرسشنامه ارائه شده جهت تعیین و شناخت معیارها و راهبردهای مهم و اولویت‌دار به منظور ترسیم نمودار سلسله‌مراتب تصمیم‌گیری، نشان داد که از میان ۱۶ معیار و ۴۰ راهبرد نهایی نظرخواهی شده تنها ۵ معیار و راهبرد میانگین گروهی بالای ۷ داشتند که جهت ترسیم نمودار سلسله‌مراتب تصمیم‌گیری و تهیه پرسشنامه مقایسات زوجی (جدولهای ۴ و ۶) در نظر گرفته شدند. به طوری که از میان آنها معیار تناسب و سازگاری با محیط‌زیست (C<sub>۷</sub>) با میانگین ۸/۱۵، مهمترین معیار و راحت‌طلبی سیستمهای اداری دولتی (C<sub>۱۳</sub>) با میانگین ۲/۲۹، کم‌اهمیت‌ترین معیار در نظر گرفته شد (جدول ۴) و در مورد راهبردها، توسعه و احیاء پوشش گیاهی (A<sub>۲۳</sub>) با میانگین ۷/۵۶، به‌عنوان مهمترین راهبرد و سپردن مسئله بیابان‌زدایی به بخش خصوصی (A<sub>۱۷</sub>) با میانگین ۳/۷۹، به‌عنوان کم‌اولویت‌ترین راهبرد بدست‌آمد (جدول ۶).

در ادامه، با تهیه پرسشنامه مقایسات زوجی و نظرخواهی و محاسبه میانگین نظرات ارائه شده توسط متخصصان و تشکیل ماتریس مقایسات زوجی گروهی اهمیت معیارها و اولویت راهبردها، که در شکل‌های ۳ تا ۸ آورده شد، نتایج زیر حاصل شد. مطابق شکل ۳ که بیانگر درجه‌بندی اهمیت معیارها نسبت به هدف از نظر گروه است. معیار تناسب و سازگاری با محیط‌زیست (C<sub>۷</sub>) در بالاترین درجه اهمیت و زمان (C<sub>۲</sub>) در پایین‌ترین درجه قراردارند. میزان اهمیت تناسب و سازگاری با محیط‌زیست برابر با ۳۳/۳ درصد و بعد از آن تخریب منابع و خسارتهای محیطی و انسانی (C<sub>۱۶</sub>) با ۳۱/۱ درصد در درجه دوم اهمیت قرار گرفته است. از معیارهای دیگر، منابع انسانی متخصص (C<sub>۶</sub>) با ۱۵/۷ درصد، ابزارهای

علمی و تکنولوژی در دسترس (C<sub>۵</sub>) با ۱۰/۹ درصد و زمان با ۸/۹ درصد، در درجه‌های بعدی قرارگرفتند (جدول ۷). شکل‌های ۴ تا ۸ اولویت راهبردها را نسبت به تک تک معیارهای یادشده بیان می‌کنند. همان‌گونه که از این شکلها استنباط می‌شود، بر حسب هر معیار راهبردهای انتخابی متفاوت خواهند بود. به‌عنوان مثال، در رابطه با معیار تناسب و سازگاری با محیط‌زیست (C<sub>۷</sub>)، راهبرد جلوگیری از تبدیل و تغییر نامناسب کاربری اراضی (A<sub>۱۸</sub>) با ۲۶/۶ درصد، توسعه و احیاء پوشش گیاهی (A<sub>۲۳</sub>) با ۲۲/۷ درصد به‌ترتیب در رتبه اول و دوم قرار دارند. درحالی‌که تجزیه و تحلیل راهبردها در رابطه با معیار منابع انسانی متخصص (C<sub>۶</sub>) بدین صورت است که راهبرد توسعه و احیاء پوشش گیاهی (A<sub>۲۳</sub>) با ۲۴/۶ درصد و تغییر الگوی آبیاری و اجرای روشهای کم‌آب‌خواه (A<sub>۳۳</sub>) با ۲۱/۱ درصد به‌ترتیب در رتبه اول و دوم قرار گرفته‌اند. بنابراین برای انتخاب نهایی راهبردها و درجه‌بندی اولویت آنها عمل تلفیق (Synthesis) انجام شد و نمودار اولویت راهبردها بر مبنای مجموعه معیارها شکل گرفت (شکل ۹ و جدول ۷). همان‌گونه که از این نمودار استنباط می‌شود، راهبردهای پیشنهادی به صورت زیر درجه‌بندی شدند:

جلوگیری از تبدیل و تغییر نامناسب کاربری اراضی (A<sub>۱۸</sub>) ۲۲/۹ درصد  
توسعه و احیاء پوشش گیاهی (A<sub>۲۳</sub>) ۲۱/۸ درصد  
تعدیل برداشت از منابع آب زیرزمینی (A<sub>۳۱</sub>) ۱۹/۱ درصد  
کنترل چرای دام (A<sub>۲۰</sub>) ۱۸/۵ درصد  
تغییر الگوی آبیاری و اجرای روشهای کم‌آب‌خواه (A<sub>۳۳</sub>) ۱۷/۷ درصد

### منابع مورد استفاده

- آذر، ع. و رجب زاده، ع.، ۱۳۸۱. تصمیم‌گیری کاربردی رویکرد (MADM). نشرنگاه دانش. ۱۸۳ صفحه.
- اصغرپور، م.ج.، ۱۳۷۱. تصمیم‌گیری چندمعیاره. مؤسسه انتشارات و چاپ دانشگاه تهران. ۳۹۸ صفحه.
- قدسی پور، س.ح.، ۱۳۸۱. فرایند تحلیل سلسله مراتبی (AHP). انتشارات دانشگاه امیرکبیر. ۲۲۰ صفحه.
- Bergamp, G., 1995. A Hierarchical Approach for Desertification Assessment. Environmental Monitoring and Assessment, 37(5): 59-78.
- Ghodsypour, S.H., 1998. A Decision Support System For Supplier Selection Using An Integrated Analytical Hierarchy Process And Linear Programming. International Journal of Production Economics, 56(3): 199-212.
- Saaty, T.L., 1995. Decision making for leaders. USA. RWS Publications, 320 p

به طور کلی با توجه به نتایج اولویت‌بندی نهایی راهبردها می‌توان بیان داشت که در صورت اجرای راهبردهای جلوگیری از تبدیل و تغییر نامناسب کاربری اراضی (A<sub>۱۸</sub>)، توسعه و احیاء پوشش گیاهی (A<sub>۲۳</sub>) و تعدیل در برداشت از منابع آب زیرزمینی (A<sub>۳۱</sub>)، می‌توان به میزان ۷۰ درصد از بیابانی‌شدن اراضی منطقه جلوگیری و نسبت به احیاء اراضی تخریب‌یافته اقدام کرد. پیشنهاد می‌شود طرح‌های بیابان‌زدایی در منطقه مطالعاتی بر روی این راهبردها تأکید کنند تا از هدررفت سرمایه‌های محدود جلوگیری و بازدهی طرح‌های کنترل، احیاء و بازسازی بالا رود.

## Application of Analytical Hierarchy Process (AHP) in assessment of de-desertification alternatives Case study: Khezrabad region, Yazd province

Sadeghi Ravesh, M.H.<sup>1\*</sup>, Ahmadi, H.<sup>2</sup>, Zehtabian, Gh.<sup>2</sup> and Tahmores, M.<sup>3</sup>

1\*- Corresponding Author, Assistant Professor, Department of Environment, Faculty of Agriculture, Takestan Branch, IAU, Ghazvin, Iran, Email: h.sadeghi51@gmail.com

2- Professor of department of De- desertification, Faculty of Natural Resources, University of Tehran, Karaj, Iran.

3- MSc of Watershed management, Faculty of Natural Resources, Tehran University, Karaj, Iran.

Received: 13.08.2007

Accepted:09.08.2008

### Abstract

With respect to importance of desertification issue and complication of this phenomenon because of interaction of different and numerous variables during the time, paying effective attention to the optimum alternatives is vital for prevention of de-desertification or rehabilitation and improvement of degradation lands so the loss of limited capitals are prevented and efficiency of control and rehabilitation projects is enhanced. Study of research sources showed that unfortunately proposed alternatives are superficial and there are not any precedence in application of systematic methods such as Multiple Attribute Decision Making (MADM) for desertification issues. Therefore in this research AHP method has been used for offering the optimal alternatives for de-desertification. In this study the opinion of experts about alternatives and criteria were assessed by using Delphi method and Pirewise comparison and with application of EC software. Then final preference for the alternatives was obtained with synthesis and integration of the results. The ability of the model was assessed for offering de-desertification alternatives in Khezrabad region in Yazd province. On the basis of obtained results unsuitable land use alternative with weighted average of %22.9, vegetation cover development and reclamation with weighted average of %21.8 and modification of groundwater harvesting with weighted average of %19.1 were determined as the optimum de-desertification alternatives in the study area.

**Key words:** Analytical Hierarchy Process (AHP), Khezrabad, Multiple Attribute Decision Making (MADM), pirewise comparative, de-desertification