

## ارزیابی راهبردهای بیابان‌زدایی با کاربرد مدل تحلیلی سلسله مراتبی (AHP) و تکنیک اولویت‌بندی ترجیحی بر اساس تشابه به پاسخ‌های ایده‌آل (TOPSIS) مطالعه موردی: منطقه خضرآباد یزد

محمد حسن صادقی روش<sup>۱</sup>، غلامرضا زهتابیان<sup>۲</sup>

تاریخ دریافت: 89/4/10 تاریخ پذیرش: 90/7/23

### چکیده

به منظور بالا رفتن بازدهی طرح‌های کنترل، احیاء و بازسازی اراضی تخریب‌یافته و جلوگیری از اتلاف سرمایه‌های محدود، همواره در طرح‌های بیابان‌زدایی، خلأ روشی که بتواند معیارها و راهکارهای مختلف را در نظر بگیرد و از آن میان بر مبنای ساختاری سیستماتیک و دیدگاه گروهی، راه‌حل‌های بهینه را ارائه دهد، مشهود بوده‌است. همواره مشاهده می‌شود که راهبردهای ارائه‌شده بر مبنای نظر کارشناس و به صورت بخشی و غیرسیستماتیک و غیرهم‌جانبه‌نگر بوده‌است. و سابقه‌ای در به‌کارگیری مدل‌های نظام‌مند، از جمله مدل‌های تصمیم‌گیری چند معیاره (MADM) در زمینه بیابان‌زدایی وجود ندارد. لذا در این پژوهش سعی شد از مدل فرایند تحلیلی سلسله مراتبی (AHP) و مدل سیستماتیک اولویت‌بندی ترجیحی بر اساس تشابه به پاسخ‌های ایده‌آل (TOPSIS)، به طور توأمان به منظور ارائه راهکارهای بهینه در بیابان‌زدایی استفاده شود. در این پژوهش در ابتدا در چارچوب مدل AHP، از روش دلفی (Delphi)، و به‌طریقه مقایسات زوجی (Pairwise) با استفاده از نرم‌افزار Expert Choice، نظرات متخصصان نسبت به ارجحیت و اولویت معیارها و راهبردها ارزیابی شد. سپس با تشکیل ماتریس تصمیم‌گیری و از طریق مدل TOPSIS اولویت‌نهایی راهبردها به‌دست آمد. این مدل به منظور ارزیابی کارایی در ارائه راهبردهای بهینه، در منطقه خضرآباد یزد مورد استفاده قرار گرفت. بر مبنای نتایج حاصل‌شده، راهبردهای جلوگیری از تبدیل و تغییر نامناسب کاربری اراضی با نزدیکی نسبی 0/766، توسعه و احیاء پوشش گیاهی با نزدیکی نسبی 0/576 و تعدیل در برداشت از منابع آب زیرزمینی با نزدیکی نسبی 0/403 از راه‌حل ایده‌آل به ترتیب به‌عنوان مهمترین راهبردهای بیابان‌زدایی در منطقه تشخیص داده شدند.

**واژه‌های کلیدی:** بیابان‌زدایی، فرایند تحلیلی سلسله مراتبی (AHP)، روش‌های تصمیم‌گیری چندمعیاره (MADM)، مدل TOPSIS، مقایسه زوجی

1- استادیار گروه محیط زیست، دانشکده کشاورزی، دانشگاه آزاد اسلامی واحد تاکستان، نویسنده مسوول

m.sadeghiravesh@ tiau. ac.ir

zehTAB@ ut.ac.irgh

2- استاد دانشکده منابع طبیعی دانشگاه تهران

## مقدمه

با توجه به اهمیت روزافزون مساله بیابانزایی و پیچیدگی این فرایند، که در اثر برهم کنش های متغیرهای مختلفی در طی زمان حاصل می شود، لزوم پرداختن به راهکارهای بهینه به منظور جلوگیری از بیابانی شدن، یا احیاء و ترمیم مناطق تخریب یافته، ضروری به نظر می رسد؛ تا ضمن جلوگیری از هدررفتن سرمایه های محدود، بازدهی طرح های کنترل، احیاء و بازسازی عرصه های طبیعی بالا رود.

با مطالعه منابع تحقیقاتی، مشخص شد که متأسفانه تاکنون راهکارهای ارائه شده جهت رفع این مساله، بخشی و غیر همه جانبه نگر بوده و هیچ گونه سابقه ای در به کارگیری مدل های نظام مند وجود ندارد. تنها کوشش در به کارگیری روش های نظام مند در ارائه راهبردهای بهینه در حوزه مسایل بیابانی، به کاربرد روش تحلیلی سلسله مراتبی (AHP) بر می گردد (صادقی روش، 1387 و صادقی روش و همکاران 1389). بنابراین لزوم پرداختن به روش هایی که بتواند راه حل های بهینه را بر مبنای منطق و اصول قوی و مبانی نظری مستدل ارائه دهد در حوزه مدیریت مناطق بیابانی ضروری به نظر می رسد. لذا به منظور دستیابی به این هدف، در این پژوهش سعی شد در چارچوب مدل های تصمیم گیری، از مدل فرایند تحلیلی سلسله مراتبی (AHP) و مدل سیستماتیک اولویت بندی ترجیحی بر اساس تشابه به پاسخ های ایده آل (TOPSIS)، که نوعی از روش های تصمیم گیری چندمعیاره جبرانی سازشی است، (آذر و رجبزاده 1381) به طور توانمند به منظور ارائه راهکارهای بهینه در بیابان زدایی استفاده شود.

از آنجایی که قضاوت در مورد راهبردهای بیابان زدایی، نادقیق و احتمالی است، و اصولاً راهبرد بهینه بیابان زدایی به عنوان یک امر نادقیق و غیرقطعی در نظر گرفته شده است، لذا به اقتضای این پژوهش از تکنیک AHP برای تعیین اوزان معیارها و راهبردها بر اساس هر معیار استفاده شده و به منظور رتبه بندی راهبردها بر مبنای مجموعه معیارها از تکنیک TOPSIS استفاده شده است.

به منظور دستیابی به نتایج صحیح تر، در سال های اخیر تحقیقاتی در زمینه کاربرد توانمند این دو روش در حوزه های مختلف علوم صورت پذیرفته است. از جمله این پژوهش ها می توان به ارزیابی کیفیت آموزشی (نوری و همکاران، 1386)، زمینه های انتخاب جنگ افزار (دگدویرن و همکاران، 2009)، بررسی شرکت های حمل زیاله های زیان آور (گاموس، 2009) و انتخاب مکان اسکله (انوت و سلین، 2008) اشاره کرد. در تمامی این مقاله ها محققین ابتدا درخت سلسله مراتبی تحقیق خود را طراحی کرده و سپس با استفاده از تکنیک AHP وزن دهی کرده و در نهایت با استفاده از تکنیک TOPSIS به اولویت بندی گزینه های موجود پرداخته اند.

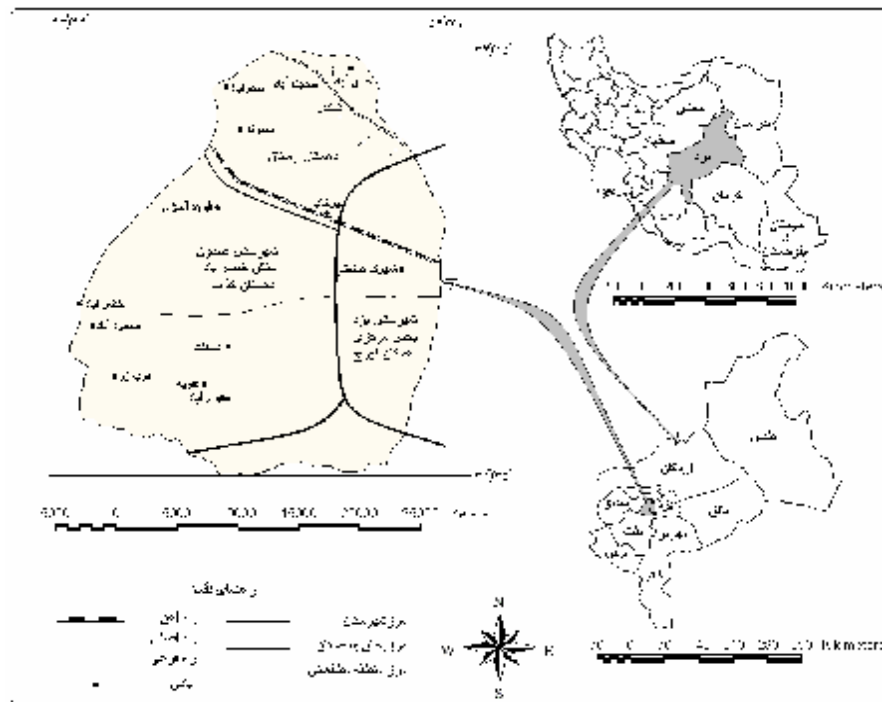
مهمترین مزیت های این روش به طور خلاصه عبارتند از: 1- دخالت دادن معیارهای کمی و کیفی به طور همزمان در فرایند تصمیم گیری؛ 2- سهولت و سادگی کاربرد؛ 3- در نظر گرفتن تعداد زیادی معیار در فرایند تصمیم گیری؛ 4- امکان تغییر اطلاعات ورودی و ارزیابی پاسخگویی سیستم بر اساس این تغییر؛ 5- در این روش اولویت بندی با منطق شباهت به جواب ایده آل صورت می گیرد. به این صورت که راهبردهای انتخابی کوتاه ترین فاصله را از بهترین

منطقه خضرآباد با وسعتی معادل 78180 هکتار در 10 کیلومتری غرب شهر یزد در موقعیت جغرافیایی  $53^{\circ}55'$  الی  $20^{\circ}$  طول شرقی و  $31^{\circ}45'$  الی  $15^{\circ}$  عرض شمالی قرار گرفته است (شکل 1) و از نظر اقلیمی در شرایط خشک و سرد بیابانی طبقه بندی می شود. 12930 هکتار (16/5%) از اراضی منطقه را تپه ها و پهنه های ماسه ای شکل داده که ارگ بزرگ اشکذر با وسعتی معادل 8923 هکتار در شمال منطقه با انواع رخساره های تخریبی و فرسایشی به چشم می خورد درعین حال از کل اراضی زراعی منطقه 1995 هکتار (26/5%) را اراضی مخروبه حاصل از عملیات انسانی و فرایندهای طبیعی تشکیل داده است، که نشان دهنده وضعیت کاملاً تپیک از نظرگاه بیابانزایی در منطقه و بیان کننده لزوم پرداختن به راه حل های بیابانزدایی در این حوزه است.

جواب ایده آل و دورترین فاصله را از بدترین جواب ایده آل دارند؛ 6- اگر بعضی از معیارها در جهت منفی باشد، همانند "هزینه هر راهبرد" و هدف، کاهش آنها و برخی دیگر در جهت مثبت باشند همانند "نیروی انسانی متخصص برای انجام هر راهبرد" و هدف، افزایش آنها، روش TOPSIS به سهولت راهبرد ایده آل را که ترکیبی از بهترین مقادیر قابل دستیابی همه معیارها می باشد، ارایه می دهد؛ 7- این روش فاصله از بهترین راهبرد و بدترین راهبرد را با در نظر گرفتن نزدیکی مبنی بر راهبرد بهینه به طور همزمان در نظر می گیرد و 8- نتایج حاصله به صورت فواصل کمی بیان می شود که این کمیات وزن نهایی راهبردها در اولویت بندی می باشد (ملک زاده، 1378 و سرجریسی، 2004).

## مواد و روش ها

### - منطقه مورد مطالعه



شکل 1: موقعیت منطقه خضر آباد

## روش تحقیق

- تعیین اهمیت و اولویت معیارها و راهبردها و تشکیل ماتریس تصمیم‌گیری با استفاده از مدل AHP

این روش که اولین بار توسط توماس ال ساعتی<sup>۱</sup> در سال ۱۹۷۰ مطرح شد، در واقع یکی از جامع‌ترین مدل‌های تصمیم‌گیری چندمعیاره<sup>۲</sup> (MADM) است. این روش امکان فرموله کردن مسایل را به صورت سلسله مراتبی فراهم می‌آورد، و همچنین امکان در نظر گرفتن معیارهای مختلف کمی و کیفی را در مساله دارد، گزینه‌های مختلف را در تصمیم‌گیری دخالت داده و امکان تحلیل حساسیت روی معیارها و زیرمعیارها را دارد و در عین حال متناسب با تغییرات عوامل موثر در بیابان‌زایی 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>۳</sup> و ناسازگاری<sup>۴</sup> تصمیم را نشان می‌دهد و از یک مبنای تئوریک قوی که بر اساس اصول بدیهی پایه‌گذاری شده برخوردار است (اصغرپور، ۱۳۷۱ و قدسی‌پور، ۱۳۸۱، صادقی‌روش، ۱۳۸۹).

این روش طی مراحل ذیل به انجام می‌رسد.

- انتخاب معیارها و راهبردها و ترسیم درخت سلسله مراتب تصمیم‌گیری

با توجه به فرایند پیچیده بیابان‌زایی که در اثر برهم‌کنش‌های متغیرهای مختلفی حاصل می‌شود. معیارها و راهبردهای مختلفی نیز از نظر

متخصصان در هر منطقه مطرح می‌شود. لذا به منظور شناخت معیارها و راهبردهای مهم و اولویت‌دار از نظر گروه، از روش دلفی استفاده شد (ساعتی، ۱۹۹۵). بدین منظور دو نوع پرسشنامه در چهار نوبت بین متخصصان آشنا به منطقه مطالعاتی توزیع شد. پرسشنامه اول به منظور شناخت معیارها و راهبردهای مهم و اولویت‌دار از میان مجموع معیارها و راهبردهای پیشنهادی از نظر گروه بود که بعد از توزیع اولیه پرسشنامه، از متخصصان خواسته شد که اهمیت و اولویت هر معیار یا راهبرد را در مقیاس ۱ الی ۹ (بدون اهمیت تا اهمیت در حد عالی) برآورد کنند. در ادامه، از نتایج حاصل میانگین‌گیری و دوباره در میان جامعه آماری اولیه توزیع و از آنها خواسته شد که با توجه به انحرافات پاسخ‌های اولیه‌شان از میانگین، تغییرات نهایی را بر روی ارزش‌های مورد نظرشان اعمال کنند. در نهایت با به دست آوردن میانگین امتیازات داده شده به هر معیار یا راهبرد، مواردی که دارای امتیازات کمتر از ۷ بودند ( $\bar{X} < 7$ ) حذف و معیارها و راهبردهای باقی‌مانده ( $\bar{X} \geq 7$ ) جهت ترسیم نمودار سلسله مراتبی تصمیم‌گیری در سه سطح به ترتیب هدف، معیارها و راهبردها، به کار رفت (شکل ۲) (آذر و رجب‌زاده، ۱۳۸۱).

- محاسبه وزن نسبی معیارها و راهبردها و تشکیل ماتریس مقایسات زوجی گروهی  
در ادامه به منظور دستیابی به وزن نسبی<sup>۵</sup>، با استفاده از روش دلفی، پرسشنامه دوم تحت عنوان "پرسشنامه مقایسات زوجی" شکل گرفت

<sup>۱</sup> - Tomas. L. Saaty

<sup>۲</sup> - Multiple Attribute Decision Making

<sup>۳</sup> - Consistency

<sup>۴</sup> - Inconsistency

<sup>۵</sup> - Local Priority

آنها خواسته شد که با توجه به انحرافات پاسخها-  
یشان از میانگین، تغییرات نهایی را بر روی ارزش-  
های مورد نظرشان اعمال کنند، در نهایت با به-  
دست آوردن میانگین هندسی امتیازات داده شده  
(رابطه 1)، ماتریس های نهایی مقایسات زوجی  
گروهی حاصل شد (جدول 3 و 4).

### - استخراج اولویتها بر مبنای جداول مقایسات زوجی گروهی

در این مرحله اعداد جداول ماتریس مقایسات  
زوجی گروهی اهمیت معیارها و اولویت  
راهبردها نسبت به هر معیار (جدول 3 و 4) وارد  
نرم افزار EC شد (قدسی پور، 1381) و بعد از  
نرمال سازی با استفاده از رابطه 2 و استخراج  
اهمیتها و اولویتها، 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 (اشکال 3 و 4).

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

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

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

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

### - تشکیل ماتریس تصمیم گیری ( $DM^2$ )

در این مرحله مقادیر وزنی اهمیت معیارها و  
اولویت راهبردها بر مبنای هر معیار حاصل شده  
از نمودارهای درصد اهمیت معیارها و اولویت  
راهبردها در قالب ماتریس کلی تصمیم گیری  
(جدول 2) لحاظ می شود.

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 9 گانه ساعتی (ترجیح یکسان تا  
بی نهایت مرجح) مورد مقایسات زوجی<sup>1</sup> قرار  
دهند. بدین ترتیب ماتریس مقایسات زوجی هر  
متخصص در زمینه اهمیت معیارها و اولویت  
راهبردها (جدول 1) شکل گرفت (قدسی پور،  
1381).

### جدول 1- ماتریس مقایسه زوجی

$$A = \begin{vmatrix} a_{11} & a_{12} & \dots & a_{1n} \\ a_{21} & a_{22} & \dots & a_{2n} \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ a_{m1} & a_{m2} & \dots & a_{mn} \end{vmatrix} \quad \begin{matrix} A = [a_{ij}] , i = \\ 1, 2, \dots, m \\ j = 1, 2, \dots, n \end{matrix}$$

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

در ادامه با استفاده از روش میانگین هندسی، و  
با فرض یکسان بودن رأی تمام افراد پرسش  
شونده، از رابطه 1، اقدام به تلفیق ماتریس  
مقایسات زوجی هر متخصص و تشکیل ماتریس  
مقایسات زوجی از نظر گروه شد.

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

در این رابطه  $\bar{a}_{ij}^k$  مؤلفه مربوط به شخص  $k$  ام  
برای مقایسه  $i$  با  $j$  است. بنا بر این  $\bar{a}_{ij}$  (میانگین  
هندسی) برای تمامی مؤلفه های متناظر از رابطه 1  
به دست می آید (آذر و رجبزاده، 1381 و  
قدسی پور 1998).

بعد از تشکیل ماتریس مقایسات زوجی  
گروهی، به منظور اعمال نظرات نهایی متخصصان،  
ماتریس مذکور ما بین جامعه آماری توزیع و از

<sup>2</sup> - Decision Matrix

<sup>1</sup> - Pirewise

جدول 2- ماتریس تصمیم‌گیری در AHP

Alt	Criterion				
	C <sub>1</sub> W <sub>1</sub>	C <sub>2</sub> W <sub>2</sub>	C <sub>3</sub> W <sub>3</sub>	.....	C <sub>N</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>
A <sub>2</sub>	a <sub>21</sub>	a <sub>22</sub>	a <sub>23</sub>	.....	a <sub>2N</sub>
A <sub>3</sub>	a <sub>31</sub>	a <sub>32</sub>	a <sub>33</sub>	.....	a <sub>3N</sub>
⋮	⋮	⋮	⋮	.....	⋮
A <sub>M</sub>	a <sub>M1</sub>	a <sub>M2</sub>	a <sub>M3</sub>	.....	a <sub>MN</sub>

در این ماتریس M = تعداد گزینه‌ها یا راهبردها      تعداد معیارها = N      عنوان راهبرد = A  
 C = عنوان معیار      مقدار وزنی (عددی) معیار مربوطه = W  
 $a_{ij}$  = مقدار وزنی که هر راهبرد با توجه به معیار مربوطه کسب می‌کند

(جدول 2)، مشاهده می‌شود که اولویت‌ها بر مبنای معیارهای مختلف، متفاوت خواهد بود، لذا به منظور دستیابی به راهبردهای مهم بر مبنای تمامی معیارها و درجه‌بندی اولویت نهایی آنها از روش TOPSIS استفاده شد و عمل تلفیق طی مراحل ذیل بر روی نتایج حاصله از مراحل قبل اعمال شد.

- تشکیل ماتریس تصمیم‌گیری موزون (HDM<sup>2</sup>) از رابطه ۳

$$\text{HDM} = \text{DM} \times \text{W}_{n \times n} \quad \text{رابطه (3)}$$

در این رابطه:

$$\text{DM} = \text{ماتریس تصمیم‌گیری}$$

- تعیین وزن نهایی راهبردها با استفاده از مدل TOPSIS

این مدل در سال 1985 توسط هوانگ و یون<sup>1</sup> ارائه شد. در این روش m راهبرد توسط n معیار مورد ارزیابی قرار می‌گیرد و هر مساله را می‌توان به عنوان یک سیستم هندسی شامل m نقطه در یک فضای n بعدی در نظر گرفت. این تکنیک به این مفهوم بنا نهاده شده است که گزینه انتخابی باید کمترین فاصله را با راه‌حل ایده‌آل مثبت و بیشترین فاصله را با راه‌حل ایده‌آل منفی داشته باشد (طواری و همکاران، 1387، آذر و رجب-زاده 1381، مومنی، 1385، پاکدین امیری و همکاران، 1387).

با محاسبه اولویت راهبردها بر مبنای هر معیار از روش AHP، و تشکیل ماتریس تصمیم‌گیری

<sup>2</sup> -Harmonic Decision Matrix

<sup>1</sup> -Hwang and Yoon

رابطه (6)

$$A^- = \left\{ \left( \min_i H_{ij} \mid j \in j=1 \right) \left( \min_i H_{ij} \mid j \in j=2 \right) \mid i=1,2,\dots,m \right\}$$

- محاسبه اندازه فاصله ( $d^1$ ) هر گزینه ماتریس تصمیم‌گیری موزون براساس نرم اقلیدوسی به ازاء راهبردهای ایده‌آل مثبت و منفی از روابط ۷ و ۸

رابطه (7)

$$d_i^+ = \sqrt{\sum_{j=1}^n \left( H_{ij} - A_j^+ \right)^2}, (i=1,2,\dots,m)$$

رابطه (8)

$$d_i^- = \sqrt{\sum_{j=1}^n \left( H_{ij} - A_j^- \right)^2}, (i=1,2,\dots,m)$$

هر قدر فاصله راهبردها از مقادیر راهبردهای ایده‌آل مثبت کمتر باشد، آن گزینه می‌تواند نقش موثرتری در فرایند بیابان‌زدایی داشته باشد و بالعکس

- محاسبه نزدیکی<sup>۲</sup> نسبی راهبردها به راهبرد ایده‌آل از رابطه ۹ و رتبه‌بندی راهبردها بر اساس انحرافات به دست آمده

$$C_i = \frac{d_i^-}{(d_i^- + d_i^+)}, (i=1,2,\dots,n) \quad \text{رابطه (9)}$$

چنانچه  $A_i = A_i^+$  باشد، آنگاه  $d_i^+ = 0$  و  $C_i = 1$  می‌شود و در صورتی که  $A_i = A_i^-$  باشد، آنگاه  $d_i^- = 0$  و  $C_i = 0$ ، بنابراین هر راهبردی که به راهبرد ایده‌آل نزدیک‌تر باشد، مقدار نزدیکی ( $C_i$ ) آن به یک نزدیک‌تر خواهد بود.

<sup>1</sup> -distance

<sup>2</sup> -Convergence

$W_{n \times n}$  = ماتریس قطری از وزن معیارها است.

که در این ماتریس هر مولفه ( $H_{ij}$ ) از رابطه 4 حاصل می‌شود.

$$H_{ij} = a_{ij} \times w_j \quad \text{رابطه (4)}$$

در این رابطه:

$H_{ij}$  = مقدار وزنی موزون است که هر راهبرد با

توجه به معیار مربوطه کسب می‌کند.

$a_{ij}$  = مقدار وزنی می‌باشد که هر راهبرد با توجه

به معیار مربوطه کسب می‌کند.

$w_j$  = مقدار وزنی (عددی) معیار مربوطه است.

- تعیین مقادیر عددی راهبردهای ایده‌آل

مثبت ( $A_i^+$ ) و ایده‌آل منفی ( $A_i^-$ )

در ماتریس تصمیم‌گیری موزون، هر راهبردی که بیشترین مقادیر عددی را در ارتباط با هر معیار به خود اختصاص دهد، مناسب‌ترین راهبرد در کنترل فرایند بیابان‌زدایی در نظر گرفته می‌شود و تحت‌عنوان راهبرد ایده‌آل مثبت ( $A_i^+$ ) بیان می‌شود. لذا حداکثر مقادیر عددی راهبردها در ارتباط با هر معیار مطابق رابطه 5 در مجموعه‌ای تحت‌عنوان مقادیر عددی راهبردهای ایده‌آل مثبت بیان می‌شود.

رابطه (5)

$$A^+ = \left\{ \left( \max_i H_{ij} \mid j \in j=1 \right) \left( \max_i H_{ij} \mid j \in j=2 \right) \mid i=1,2,\dots,n \right\}$$

و همچنین حداقل مقادیر عددی راهبردها در ارتباط با هر معیار مطابق رابطه 6 در مجموعه‌ای تحت‌عنوان مقادیر عددی راهبردهای ایده‌آل منفی

( $A_i^-$ ) بیان می‌شود.

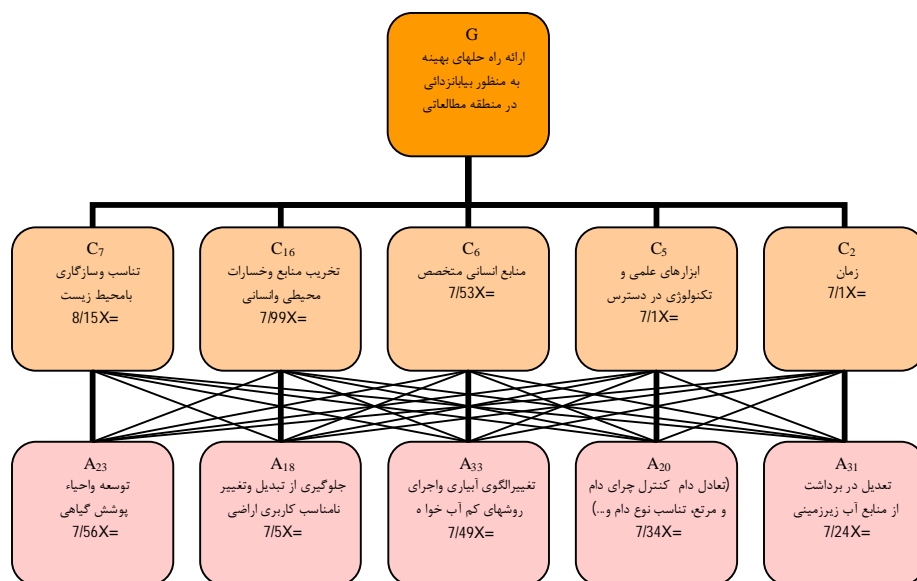
راهبردها در زمینه بیابان‌زدایی در منطقه مطالعاتی جهت ترسیم درخت سلسله مراتب تصمیم‌گیری و انجام سایر فازهای مدل‌های تصمیم‌گیری، طبق مدل دلفی، دو نوع پرسشنامه در دو بخش معیارها و راهبردها تنظیم شد. در نهایت با به‌دست آوردن میانگین امتیازات داده‌شده به هر معیار یا راهبرد، مواردی که دارای امتیازات کمتر از 7 بودند حذف و مابقی جهت ترسیم نمودار سلسله مراتب تصمیم‌گیری به‌کار رفت (شکل 2).

در انتها برای نمایش بهتر نتایج، درصد نزدیکی نسبی راهبردها از رابطه 10 محاسبه شد.

$$\%C_i = \left( \frac{C_i}{\sum_{i=1}^n C_i} \right) \quad \text{رابطه (10)}$$

## نتایج

- انتخاب معیارها و راهبردهای مهم و اولویت‌دار از نظر گروه و ترسیم درخت سلسله مراتب تصمیم‌گیری به‌منظور دستیابی به معیارها و راهبردهای مهم و اولویت‌دار از میان تعداد بیشمار معیارها و



شکل 2- سلسله مراتب تصمیم‌گیری به‌منظور ارائه راه‌حلهای بهینه در زمینه بیابان‌زدایی منطقه مطالعاتی

از نتایج پرسشنامه اول و توزیع آن بین متخصصان شد. در ادامه با اخذ نظرات متخصصان و تلفیق نظرات آنها از طریق میانگین هندسی، (رابطه 1) ماتریس مقایسات زوجی گروهی اهمیت معیارها نسبت به هدف (جدول 3) و اولویت راهبردها نسبت به تک تک معیارها شکل گرفت. در اینجا برای جلوگیری از اطاله کلام تنها ماتریس اولویت راهبردها نسبت به

- محاسبه وزن نسبی معیارها راهبردها و تشکیل ماتریس تصمیم‌گیری گروهی (DM) پس از مشخص شدن معیارها و راهبردهای مهم و اولویت‌دار از نظر گروه، به‌منظور برآورد وزن نسبی یا اولویت معیارها و راهبردها جهت دستیابی به هدف "ارائه بهینه‌ترین راهبردهای بیابان‌زدایی" اقدام به تهیه پرسشنامه مقایسات زوجی بر مبنای معیارها و راهبردهای انتخاب‌شده



معیار "تناسب و سازگاری با محیط زیست" نسبت به سایر معیارها نیز به این صورت محاسبه  
ارایه شده است (جدول 4) و اولویت راهبردها شد.

جدول 3 - ماتریس مقایسات زوجی گروهی اهمیت معیارها نسبت به هدف  
" ارائه راهبرد های بهینه بیابانزدائی در منطقه "

معیار	$16C$	$6C$	$5C$	$2C$
$7C$	1/2	2/5	2/5	3/4
$16C$		2/3	3/1	3/1
$6C$			1/7	2
$5C$				1/3

معیار	درجه اولویت
$7C$	33/3
$16C$	31/1
$6C$	15/7
$5C$	11
$2C$	8/9

شکل 3 - مقایسه اهمیت معیارهای پیشنهادی به منظور دستیابی به هدف

جدول 4 - ماتریس مقایسات زوجی گروهی اولویت راهبردها نسبت به معیار  
"تناسب و سازگاری با محیط زیست"

راهبرد	$A_{23}$	$A_{31}$	$A_{33}$	$20A$
$A_{18}$	(1/1)	1/3	2/4	1/6
$A_{23}$		(1/1)	1/6	1/3
$31A$			(1/1)	1/2
$A_{33}$				1/2

راهبرد	درجه اولویت
$A_{18}$	26/6
$A_{23}$	22/7
$31A$	19/2
$A_{33}$	15/9
$A_{20}$	15/5

شکل 4 - مقایسه اولویت راهبردها با توجه به معیار "تناسب و سازگاری با محیط زیست" ( $C_7$ )

مطابق این نمودارها ملاحظه شد که بر حسب هر معیار راهبردهای انتخابی متفاوت می-باشند. لذا جهت انتخاب نهایی راهبردها و درجه-بندی اولویت آنها، در قالب کلی ماتریس تصمیم-گیری در AHP (جدول 2)، ماتریس تصمیم‌گیری راهبردهای بهینه بیابان‌زدایی از نظر گروه (جدول 5) شکل گرفت و در نهایت بر مبنای مدل TOPSIS، طی مراحل ذیل راهبردهای بهینه تعیین شد.

سپس در این مرحله اعداد ماتریس اهمیت معیارها و اولویت راهبردها بر مبنای هر معیار (جدول 3 و 4) وارد نرم افزار EC شد و با انجام عمل نرمال‌سازی و محاسبه میانگین موزون، اهمیت و اولویت معیارها و راهبردهای بیابان-زدایی در منطقه مطالعاتی از نظر گروه به صورت نمودارهای میله‌ای و بر مبنای درصد به دست آمد (شکل‌های 3 و 4)

جدول 5- ماتریس تصمیم‌گیری راهبردهای بهینه بیابان‌زدایی از نظر گروه

C <sub>2</sub>	C <sub>5</sub>	C <sub>6</sub>	C <sub>16</sub>	C <sub>7</sub>	اهمیت معیارها (C) ◀ الویت راهبردها (A) ▼
0/0892	0/1095	0/1576	0/3074	0/3365	
0/2509	0/2387	0/2488	0/1805	0/2257	A <sub>23</sub>
0/1960	0/1635	0/1983	0/2383	0/2643	A <sub>18</sub>
0/1620	0/2565	0/2093	0/1510	0/1599	A <sub>33</sub>
0/2229	0/1762	0/1608	0/2209	0/1582	A <sub>20</sub>
0/1682	0/1633	0/1826	0/2092	0/1918	A <sub>31</sub>

فوق از رابطه (4) به صورت موزون در آمد و طی رابطه (3) ماتریس تصمیم‌گیری موزون شکل گرفت (جدول 6).

- تشکیل ماتریس تصمیم‌گیری موزون راهبردهای بهینه بیابان‌زدایی پس از تشکیل ماتریس تصمیم‌گیری بیابان-زدایی (جدول 5)، هر یک از مولفه‌های ماتریس

جدول 6- ماتریس تصمیم‌گیری موزون راهبردهای بهینه بیابان‌زدایی از نظر گروه

C <sub>2</sub>	C <sub>5</sub>	C <sub>6</sub>	C <sub>16</sub>	C <sub>7</sub>	اهمیت معیارها (C) ◀ الویت راهبردها (A) ▼
0/0223	0/0261	0/0392	0/0554	0/0759	A <sub>23</sub>
0/0174	0/0179	0/0312	0/0732	0/0889	A <sub>18</sub>
0/0145	0/0280	0/0329	0/0464	0/0538	A <sub>33</sub>
0/0198	0/0192	0/0253	0/0679	0/0532	A <sub>20</sub>
0/0150	0/0178	0/0287	0/0643	0/0645	A <sub>31</sub>

مقدار نزدیکی ( $C_i$ ) آن به یک نزدیکتر خواهد بود و بالعکس، اولویت نهایی راهبردها برآورد شد و درصد اولویت به دست آمد.

اولویت راهبردها

$$C_{18} = 0/576, C_i = \{C_{23} = 0/766, C_{33} = 0/191, C_{20} = 0/358, C_{31} = 0/403\}$$

درصد اولویت راهبردها

$$\%C_i = \{\%C_{23} = 25/13, \%C_{18} = 33/39, \%C_{33} = 8/38, \%C_{20} = 15/59, \%C_{31} = 17/56\}$$

### بحث و نتیجه گیری

ارایه راهکارهای بهینه به منظور دستیابی به نتایج درخور در اجرای پروژه‌های بیابان‌زدایی ضروریست. لیکن بر طبق ادبیات تحقیق تنها پژوهش انجام شده در به‌کارگیری روش‌های نظام-مند در این زمینه، به‌کاربرد مدل AHP بر می-گردد. در روش AHP اولویت‌بندی اولیه راهبردها و معیارها از روش میانگین موزون حاصل می‌شود و اولویت‌نهایی راهبردها از تلفیق اولویت‌های اولیه معیارها و راهبردها به دست می-آید و وزن‌نهایی راهبردها به صورت درصد بیان می‌شود که این درصدها اولویت‌ها را بیان می-کنند. درحالی‌که اولویت‌بندی در مدل TOPSIS بامنطق شباهت به جواب ایدآل به دست می‌آید و نتایج به صورت فواصل کمی بیان می‌شود که این کمیات وزن نهایی راهبردها در اولویت‌بندی می-باشند. مدل TOPSIS از آنجا که ساختاری سیستماتیک دارد همانند مدل AHP، امکان در نظر گرفتن معیارهای مختلف کمی و کیفی را در مساله دارد، گزینه‌های مختلف را در تصمیم-

- تعیین مقادیر عددی راهبردهای ایده‌آل مثبت ( $A_i^+$ ) و ایده‌آل منفی ( $A_i^-$ )

در این مرحله پس از تشکیل ماتریس تصمیم-گیری موزون با استفاده از روابط 5 و 6، مقادیر عددی راهبردهای ایده‌آل مثبت و منفی برآورد و مجموعه‌های مربوطه شکل گرفت.

مجموعه راهبردهای ایده‌آل مثبت

$$A_i^+ = \{0/0, 0/223/0, 0/280/0, 0/392/0, 0/732/0, 0/889\}$$

مجموعه راهبردهای ایده‌آل منفی

$$A_i^- = \{0/0145, 0/0178, 0/0, 0/253/0, 0/464, 0/0532\}$$

- محاسبه اندازه فاصله (d) بر اساس نرم اقلیدوسی به ازای راهبردهای ایده‌آل مثبت و منفی

در این مرحله به دلیل حجم بالای محاسبات از نرم افزار Exelex استفاده شد و بر مبنای روابط 7 و 8 اندازه فاصله هر راهبرد ماتریس تصمیم-گیری موزون به ازای راهبردهای ایده‌آل مثبت و منفی برآورد شد.

اندازه فاصله به ازای راهبردهای ایده‌آل مثبت

$$d_{18}^+ = 0/0221, d_{23}^+ = \{d_i^+ = 0/0138, d_{33}^+ = 0/0537, d_{20}^+ = 0/0397, d_{31}^+ = 0/0307\}$$

اندازه فاصله به ازای راهبردهای ایده‌آل منفی

$$d_{18}^- = 0/0301, d_{23}^- = \{d_i^- = 0/0451, d_{33}^- = 0/0127, d_{20}^- = 0/0221, d_{31}^- = 0/0207\}$$

- محاسبه نزدیکی نسبی راهبردها به راهبرد ایده‌آل و رتبه‌بندی نهایی راهبردها

در نهایت نزدیکی نسبی راهبردها نسبت به راهبرد ایده‌آل بیابان‌زدایی در منطقه مطالعاتی از رابطه (9) برآورد شد و با توجه به این اصل که هر راهبردی که به راهبرد ایده‌آل نزدیک‌تر باشد،

تناسب و سازگاری با محیط‌زیست برابر با 33/3 درصد و بعد از آن تخریب منابع و خسارات- محیطی و انسانی (C<sub>16</sub>) با 31/1 درصد در درجه دوم اهمیت قرار گرفته است که نشانگر اهتمام کارشناسان و صاحب نظران نسبت به مسایل محیط‌زیست و چالش‌های مطرح در زمینه تخریب محیط‌زیست می‌باشد. همچنین این جداول اولویت راهبردها را نسبت به تک تک معیارهای مذکور بیان می‌کنند (شکل 4). همان-گونه که از این جداول استنباط می‌شود، بر حسب هر معیار راهبردهای انتخابی متفاوت خواهند بود. لذا جهت انتخاب نهایی راهبردها و درجه‌بندی اولویت آنها عمل تلفیق با استفاده از مدل TOPSIS بر روی ماتریس تصمیم‌گیری انجام شد و اولویت راهبردها بر مبنای مجموعه معیارها شکل گرفت.

به‌طور 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>18</sub>)، توسعه و احیای پوشش گیاهی (A<sub>23</sub>) و تعدیل برداشت از منابع آب زیرزمینی (A<sub>31</sub>)، می‌توان به میزان 76 درصد از بیابانی شدن اراضی منطقه جلوگیری و نسبت به احیای اراضی تخریب یافته 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.

گیری دخالت داده و در عین حال متناسب با تغییرات عوامل موثر در بیابان‌زایی در آینده، انعطاف‌پذیر است. علاوه بر این بر مبنای مقایسه زوجی بنانهاده شده که قضاوت و محاسبات را تسهیل می‌نماید، و در انتخاب راهبردها از مشارکت گروهی نظام‌مند استفاده می‌کند، و از یک مبنای تئوریک قوی که بر اساس اصول بدیهی پایه‌گذاری شده برخوردار است. از این رو نتایج حاصل شده از کاربرد هر دو مدل در ارایه راهبردهای بهینه بیابان‌زدایی در منطقه خضرآباد بیانگر نتایج کاملاً یکسانی بود.

نتایج حاصل از پرسشنامه ارایه شده جهت تعیین و شناخت معیارها و راهبردهای مهم و اولویت‌دار به منظور ترسیم نمودار سلسله‌مراتب تصمیم‌گیری، نشان داد که از میان معیارها و راهبردهای نظرخواهی شده تنها 5 معیار و راهبرد میانگین گروهی بالای 7 داشتند که جهت ترسیم نمودار سلسله‌مراتب تصمیم‌گیری و تهیه پرسشنامه مقایسات زوجی در نظر گرفته شدند.

در ادامه با تهیه پرسشنامه مقایسات زوجی و نظرخواهی و محاسبه میانگین نظرات ارایه شده توسط متخصصین و تشکیل ماتریس مقایسات زوجی گروهی اهمیت معیارها و اولویت راهبردها، که در اشکال 3 و 4 آورده شد، نتایج ذیل حاصل شد. مطابق شکل 3 که بیانگر درجه-بندی اهمیت معیارها نسبت به هدف از نظر گروه است معیار تناسب و سازگاری با محیط زیست (C<sub>7</sub>) در بالاترین درجه اهمیت و زمان (C<sub>2</sub>) در پایین‌ترین درجه قرار دارند. میزان اهمیت

## منابع

- 7- قدسی پور، س.ح، 1381. فرایند تحلیل سلسله مراتبی (AHP)، انتشارات دانشگاه امیرکبیر، 220 صفحه
- 8- ملک زاده، غ، 1378، ارزیابی و رتبه بندی سطح فناوری شش شاخص صنعتی منتخب استان خراسان با استفاده از روش TOPSIS، مجله دانش و توسعه، شماره 23، ص 150-132
- 9- نوری، ا، ب. اسدی، و ا. رضا زاده، 1386، ارزیابی کیفیت آموزشی با تکنیک MADM فازی. دانش مدیریت، شماره 87، ص 160-139
- 10) Dagdeviren, M., S, Yavuz & N, kilinc., 2009, weapon selection using the AHP and TOPSIS methods under fuzzy environment. Expert system with Application, Volume 36, Issus 4, pp 8143-8151
- 11) Ghodspour, S. H., 1998. A decision support system for supplier selection using an integrated analytical hierarchy process and linear programming. International Journal of Production Economics, Volume 56-57, pp 199-212
- 12) Gumaz, A. T., 2009, Evaluation of hazardous waste transportation firms by using a two step fuzzy –AHP and TOPSIS methodology. Expert system with Application, volume 36, issue 2, pp 4067-4074
- 13) Onut, S & S, Selin, 2008, Transshipment site selection using the AHP and TOPSIS approaches under fuzzy environment. Waste management, Volume 28, pp 1552, 1559
- 1- آذر، ع. رجب زاده، ع. 1381. تصمیم گیری کاربردی رویکرد (MADM)، نشرنگاه دانش، ص 183
- 2- اصغرپور، م. ج، 1371. تصمیم گیری چند معیاره، مؤسسه انتشارات دانشگاه تهران، 398 صفحه
- 3- پاکدین امیری، م و ع، پاکدین امیری، 1387، اولویت بندی عوامل موثر بر شاخص قیمت در بورس اوراق بهادار تهران با استفاده از روش TOPSIS، مجله تحقیقات مالی، شماره 26، ص 61-76
- 4- صادقی روش، م. ح، 1387، بررسی عوامل تأثیرگذار بیابان زایی در تخریب محیط زیست، رساله دکتری مدیریت محیط زیست، واحد علوم و تحقیقات، 395 صفحه
- 5- صادقی روش، م. ح، ح. احمدی و غ. زهتابیان، 1389، کاربرد فرایند تحلیلی سلسله مراتب (AHP) در ارزیابی راهبردهای بیابانزدایی مطالعه موردی: منطقه خضر آباد یزد، تحقیقات مرتع و بیابان ایران، فصلنامه علمی پژوهشی تحقیقات مرتع و بیابان ایران، شماره 1، ص 50-35
- 6- طواری، م، م. ع. سوخکیان و س. ع. میر نژاد، 1387، شناسایی و اولویت بندی عوامل موثر بر بهره وری نیروی انسانی با استفاده از تکنیک های MADM، نشریه مدیریت صنعتی، شماره 1، ص 71-88

14) Saaty, T. L., 1995, Decision making for leaders. RWS Press, USA, P 320

15) Srdjerici, B., 2004, An object multi-criteria evaluation of water management scenarios. Water resources management journal, Volume 18, pp 33-54