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[1]، **غلامرضا زهتابیان**[2]

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

چکیده

به‌منظور 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 میان‌بر مبنای ساختاری سیستماتیک و دیدگاه گروهی، راه حل‌های بهینه را ارایه دهد، مشهود بوده‌است. همواره مشاهده می‌شود که راهبردهای ارایه‌شده برمبنای نظر کارشناس و به‌صورت بخشی و غیرسیستماتیک و غیر همه‌جانبه‌نگر 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 براساس تشابه به پاسخ‌های ایده‌آل (TOPSIS)، به‌طور توامان به‌منظور ارایه راهکارهای بهینه در بیابان‌زدایی استفاده شود.

در این پژوهش در ابتدا در چارچوب مدلAHP، از روش دلفی(Delphi)، و به‌طریقه مقایسات زوجی(Pirewise) 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 اولویت نهایی راهبردها به‌دست آمد. این مدل به‌منظور ارزیابی کارایی در ارایه راهبردهای بهینه، در منطقه خضرآباد یزد مورد استفاده قرار گرفت. برمبنای نتایج حاصل‌شده، راهبردهای جلوگیری از تبدیل و تغییر نامناسب کاربری اراضی با نزدیکی نسبی 0/766، توسعه و احیاء پوشش گیاهی با نزدیکی نسبی0/576 و تعدیل در برداشت از منابع آب زیرزمینی با نزدیکی نسبی 0/403 از راه حل ایده‌آل به‌ترتیب به‌عنوان مهمترین راهبردهای بیابان‌زدایی در منطقه تشخیص داده‌شدند.

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

1- استادیارگروه محیط زیست، دانشکده کشاورزی، دانشگاه آزاد اسلامی واحد تاکستان، نویسنده مسوول
m.sadeghiravesh@ tiau. ac.ir

2- استاد دانشکده منابع طبیعی دانشگاه تهران zehtab@ ut.ac.irgh

مقدمه

با توجه به اهمیت روزافزون مساله بیابان‌زایی و پیچیدگی این فرایند، که در اثر برهم‌کنش‌های متغیرهای مختلفی در طی زمان حاصل می‌شود، لزوم پرداختن به راهکارهای بهینه به‌منظور جلوگیری از بیابانی‌شدن، یا احیاء و ترمیم مناطق تخریب‌یافته، ضروری به‌نظر می‌رسد؛ تا ضمن جلوگیری از هدررفتن سرمایه‌های محدود، بازدهی طرح‌های کنترل، احیاء و بازسازی عرصه-های طبیعی بالا رود.

با مطالعه منابع تحقیقاتی، مشخص شد که متأسفانه تاکنون راهکارهای ارایه‌شده جهت رفع این مساله، بخشی و غیر همه‌جانبه‌نگر بوده و هیچ‌گونه سابقه‌ای در به‌کارگیری مدل‌های نظام-مند وجود ندارد. تنها کوشش در به‌کارگیری روش‌های نظام‌مند در ارایه راهبردهای بهینه در حوزه مسایل بیابانی، به کاربرد روش تحلیلی سلسله مراتبی(AHP) بر می‌گردد (صادقی‌روش، 1387 و صادقی‌روش و همکاران 1389). بنابراین لزوم پرداختن به روش‌هایی که بتواند راه‌حل‌های بهینه را بر مبنای منطق و اصول قوی و مبانی نظری مستدل ارایه دهد در حوزه مدیریت مناطق بیابانی ضروری به‌نظر می‌رسد. لذا به‌منظور دستیابی به این هدف، در این پژوهش سعی شد در چارچوب مدل‌های تصمیم‌گیری، از مدل فرایند تحلیلی سلسله مراتبی (AHP) و مدل سیستماتیک اولویت‌بندی ترجیحی بر اساس تشابه به پاسخ‌های ایده‌آل (TOPSIS)، که نوعی از روش‌های تصمیم‌گیری چندمعیاره جبرانی سازشی است، (آذر و رجب‌زاده 1381) به‌طور توامان به‌منظور ارایه راهکارهای بهینه در بیابان-زدایی استفاده شود.

از آنجایی‌که قضاوت در مورد راهبردهای بیابان‌زدایی، نادقیق و احتمالی است، و اصولاً راهبرد بهینه بیابان‌زدایی به‌عنوان یک امر نادقیق و غیرقطعی در نظر گرفته شده‌است، لذا به اقتضای این پژوهش از تکنیک AHP برای تعیین اوزان معیارها و راهبردها بر اساس هر معیار استفاده شده و به‌منظور رتبه‌بندی راهبردها بر مبنای مجموعه معیارها از تکنیک TOPSIS استفاده شده‌است.

به‌منظور دستیابی به نتایج صحیح‌تر، در سال-های اخیر تحقیقاتی در زمینه کاربرد توامان این دو روش در حوزه‌های مختلف علوم صورت پذیرفته‌است. از جمله این پژوهش‌ها می‌توان به ارزیابی کیفیت آموزشی(نوری و همکاران، 1386)، زمینه‌های انتخاب جنگ افزار (دگدویرن و همکاران، 2009)، بررسی شرکت‌های حمل زباله‌های زیان‌آور (گاموس، 2009) و انتخاب مکان اسکله (انوت و سلین، 2008) اشاره کرد. در تمامی این مقاله‌ها محققین ابتدا درخت سلسله‌مراتبی تحقیق خود را طراحی کرده و سپس با استفاده از تکنیک AHP وزن‌دهی کرده و در نهایت با استفاده از تکنیک TOPSIS به اولویت‌بندی گزینه‌های موجود پرداخته‌اند.

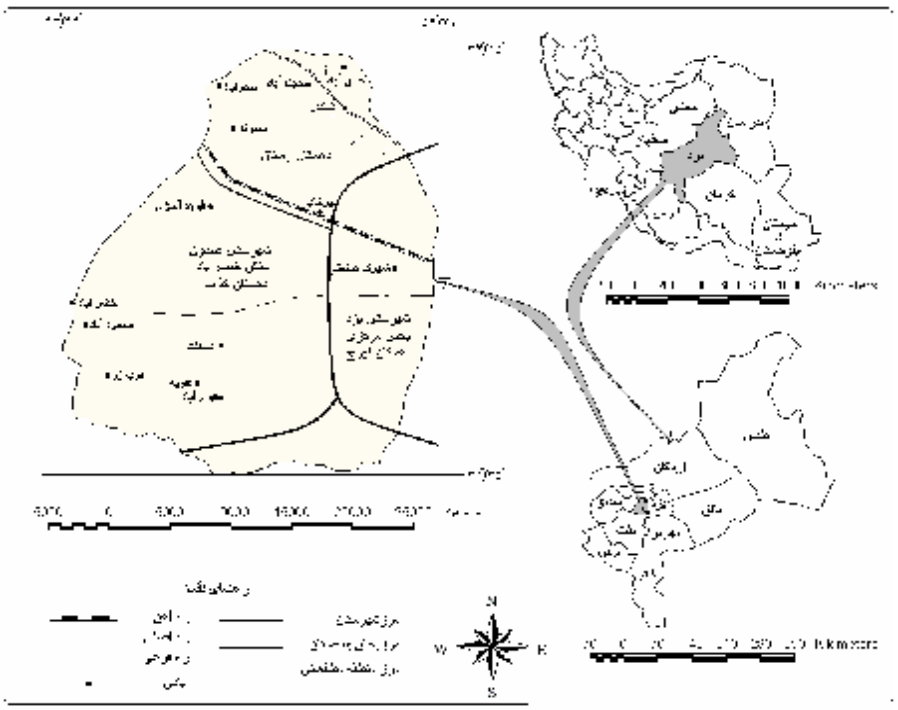
مهمترین مزیت‌های این روش به‌طور خلاصه عبارتند از:1- دخالت‌دادن معیارهای کمی و کیفی به‌طور همزمان در فرایند تصمیم‌گیری؛ 2- سهولت و سادگی کاربرد؛ 3- درنظرگرفتن تعداد زیادی معیار در فرایند تصمیم‌گیری؛ 4- امکان تغییر اطلاعات ورودی و ارزیابی پاسخگویی سیستم بر اساس این تغییر؛ 5- در این روش اولویت‌بندی با منطق شباهت به جواب ایده‌آل صورت می‌گیرد. به این صورت که راهبردهای انتخابی کوتاه‌ترین فاصله را از بهترین

جواب ایده‌آل و دورترین فاصله را از بدترین جواب ایده‌آل 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 ایده‌آل را که ترکیبی از بهترین مقادیر قابل دستیابی همه معیارها می‌باشد، ارایه می‌دهد؛ 7- این روش فاصله از بهترین راهبرد و بدترین راهبرد را با در-نظر گرفتن نزدیکی مبنی بر راهبرد بهینه به‌طور همزمان در نظر می‌گیرد و 8- نتایج حاصله به-صورت فواصل کمی بیان می‌شود که این کمیات وزن نهایی راهبردها در اولویت‌بندی می‌باشد (ملک‌زاده، 1378 و سرجریسی، 2004).

مواد وروش‌ها

- منطقه مورد مطالعه

منطقه خضرآباد با وسعتی معادل 78180 هکتار در 10 کیلومتری غرب شهر یزد در موقعیت جغرافیایی ´55، °53 الی ´20، °54 طول شرقی و ´45، °31 الی ´15، °32 عرض شمالی قرار گرفته‌است (شکل1) و از نظر اقلیمی در شرایط خشک و سرد بیابانی طبقه‌بندی می‌شود. 12930 هکتار (16/5%) از اراضی منطقه را تپه‌ها و پهنه-های ماسه‌ای شکل داده که ارگ بزرگ اشکذر با وسعتی معادل 8923 هکتار در شمال منطقه با انواع رخساره‌های تخریبی و فرسایشی به‌چشم می‌خورد درعین‌حال از کل اراضی زراعی منطقه 1995 هکتار (26/5%) را اراضی مخروبه حاصل از عملیات انسانی و فرایندهای طبیعی تشکیل داده‌است، که نشان‌دهنده وضعیت کاملاً تیپیک از نظرگاه بیابان‌زایی در منطقه و بیان‌کننده لزوم پرداختن به راه‌حل‌های بیابان‌زدایی در این حوزه است.



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[1] در سال 1970 مطرح شد، در واقع یکی از جامع‌ترین مدل‌های تصمیم‌گیری چندمعیاره (MADM)[2] است. این روش امکان فرموله-کردن مسایل را به‌صورت سلسله مراتبی فراهم می‌آورد، و همچنین امکان درنظرگرفتن 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 درعین‌حال متناسب با تغییرات عوامل موثر در بیابان‌زایی درآینده، انعطاف‌پذیر است. علاوه-براین برمبنای مقایسه زوجی بنانهاده‌شده که قضاوت و محاسبات را تسهیل می‌نماید، و در انتخاب راهبردها از مشارکت گروهی نظام‌مند استفاده می‌کند، همچنین میزان سازگاری[3] و ناسازگاری[4] تصمیم را نشان می‌دهد و از یک مبنای تئوریک قوی که براساس اصول بدیهی پایه‌گذاری شده برخوردار است (اصغرپور،1371 و قدسی‌پور، 1381، صادقی‌روش، 1389).

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 ازنظر گروه، ازروش دلفی استفاده شد (ساعتی، 1995). بدین‌منظور دو نوع پرسشنامه در چهار نوبت بین متخصصان آشنا به منطقه مطالعاتی توزیع شد. پرسشنامه اول به‌منظور 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 1 الی 9 (بدون اهمیت تا اهمیت در حد عالی) برآورد کنند. در ادامه، از نتایج حاصل میانگین‌گیری و دوباره در میان جامعه‌آماری اولیه توزیع و از آنها خواسته شد که باتوجه‌به انحرافات پاسخ‌های اولیه‌شان از میانگین، تغییرات نهایی را بر روی ارزش‌های مورد نظرشان اعمال کنند. در نهایت با به‌دست آوردن میانگین امتیازات داده‌شده به هرمعیار یا راهبرد، مواردی که دارای امتیازات کمتراز 7 بودند ($\overline{X} < 7$) حذف و معیارها و راهبردهای باقی‌مانده ($\overline{X} \geq 7$) جهت ترسیم نمودار سلسله مراتبی تصمیم‌گیری در سه سطح به‌ترتیب هدف، معیارها و راهبردها، به‌کار رفت (شکل 2) (آذر و رجب‌زاده،1381).

- محاسبه وزن‌نسبی معیارها و راهبردها و تشکیل ماتریس مقایسات زوجی گروهی

در ادامه به‌منظور دستیابی به وزن‌نسبی[5]، با استفاده از روش دلفی، پرسشنامه دوم تحت عنوان "پرسشنامه مقایسات زوجی" شکل گرفت

[1] - Tomas. L. Saaty
[2] - Multiple Attribute Decision Making
[3]- Consistency
[4]- Inconsistency
[5] - Local Priority

و از متخصصان خواسته‌شد که معیارها و راهبردهای مهم حاصل شده از نتایج پرسشنامه اول را به‌ترتیب از نظر اهمیت نسبت به هدف و اولویت نسبت به تک تک معیارها، بر مبنای درجه‌ارجحیت 9 گانه ساعتی (ترجیح یکسان تا بی‌نهایت مرجح) مورد مقایسات زوجی[1] قرار دهند. بدین‌ترتیب ماتریس مقایسات زوجی هر متخصص در زمینه اهمیت معیارها و اولویت راهبردها (جدول 1) شکل گرفت (قدسی‌پور، 1381).

جدول 1- ماتریس مقایسه زوجی

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

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

در ادامه بااستفاده ازروش میانگین هندسی، و با فرض یکسان بودن رأی تمام افراد پرسش شونده، از رابطه1، اقدام به تلفیق ماتریس مقایسات زوجی هر متخصص و تشکیل ماتریس مقایسات زوجی از نظر گروه شد.

$$\bar{a}_{ij}=\left(\pi_{K=1}^{N} a_{ij}^{k}\right)^{1/N} \qquad \text{(رابطه 1)}$$

در این رابطه a_{ij}^{k} مؤلفه مربوط به شخص k ام برای مقایسه i با j است. بنا براین $\bar{a}_{ij}$ (میانگین هندسی) برای تمامی مؤلفه‌های متناظر از رابطه 1 به‌دست می‌آید (آذر و رجب‌زاده، 1381 و قدسی‌پور 1998).

بعد از تشکیل ماتریس مقایسات زوجی گروهی، به‌منظوراعمال نظرات نهایی متخصصان، ماتریس مذکور ما بین جامعه‌آماری توزیع و از آنها خواسته شد که باتوجه به انحرافات پاسخ‌ها- یشان ازمیانگین، تغییرات نهایی را برروی ارزش- های موردنظرشان اعمال کنند، در نهایت با به- دست آوردن میانگین‌هندسی امتیازات داده شده (رابطه1)، ماتریس‌های نهایی مقایسات زوجی گروهی حاصل شد (جدول3و4).

- 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 (جداول 3 و 4) وارد نرم‌افزار EC شد (قدسی‌پور، 1381) و بعد از نرمال‌سازی بااستفاده از رابطه 2 و استخراج اهمیت‌ها و اولویت‌ها، بر مبنای روش میانگین موزون یا میانگین هر سطح از ماتریس نرمال شده، به‌صورت نمودارهای میله‌ای و بر مبنای درصد نمایش داده شد (اشکال 3 و 4).

$$\bar{r}_{ij}=\bar{a}_{ij}/\sum \bar{a}_{ij} \qquad i=1,2,.....M \qquad \text{رابطه(2)}$$

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 تصمیم‌گیری(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 تصمیم‌گیری (جدول2) لحاظ می‌شود.

[1] - Pirewise

[2] - Decision Matrix

جدول 2- ماتریس تصمیم‌گیری در **AHP**

Alt	Criterion				
	C_1 W_1	C_2 W_2	C_3 W_3	....	C_N W_N
A_1	a_{11}	a_{12}	a_{13}	.....	a_{1N}
A_2	a_{21}	a_{22}	a_{23}	.....	a_{2N}
A_3	a_{31}	a_{32}	a_{33}	.....	a_{3N}
:	:	:	:	.....	:
A_M	a_{M1}	a_{M2}	a_{M3}	.....	a_{MN}

در این ماتریس M = تعداد گزینه‌ها یاراهبردها N = تعداد معیارها A= عنوان راهبرد

C = عنوان معیار W = مقدار وزنی (عددی) معیار مربوطه

a_{ij} = مقدار وزنی که هر راهبرد باتوجه به معیار مربوطه کسب می‌کند

- تعیین وزن نهایی راهبردها با استفاده از مدل TOPSIS

این مدل در سال 1985 توسط هوانگ و یون[1] ارائه شد. در این روش m راهبرد توسط n معیار مورد ارزیابی قرار می‌گیرد و هر مساله را می‌توان به‌عنوان یک سیستم هندسی شامل m نقطه در یک فضای n بعدی در نظر گرفت. این تکنیک به این مفهوم بنا نهاده شده‌است 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 (جدول2)، مشاهده می‌شود که اولویت‌ها برمبنای معیارهای مختلف، متفاوت خواهد بود، لذا به-منظور دستیابی به راهبردهای مهم برمبنای 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[2]) از رابطه ۳

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

در این رابطه:

DM = ماتریس تصمیم‌گیری

[1] -Hwagng and Yoon

[2] -Harmonic Decision Matrix

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

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

رابطه(4) $H_{ij} = a_{ij} \times w_j$

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 به‌خود اختصاص دهد، مناسب‌ترین راهبرد در کنترل فرایند بیابان‌زایی 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)

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

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.

رابطه (6)

$$A^- = \left\{ \left(\min_i H_{ij} \middle| j \in j=1 \right) \left(\min_i H_{ij} \middle| j \in j=2 \right) i=1,2,...n \right\}$$

- 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)

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

رابطه(8)

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

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

- محاسبه نزدیکی[2] نسبی راهبردها به راهبرد ایده‌آل از رابطه ۹ و رتبه‌بندی راهبردها بر اساس انحرافات به‌دست آمده

رابطه(9) $$C_i = \frac{d_i^-}{\left(d_i^- + d_i^+ \right)}, (1,2,...,n)$$

چنانچه $A_i = A_i^+$ باشد، آنگاه $d_i^+ = 0$ و $C_i = 1$ می‌شود و در صورتی‌که $A_i = A_i^-$ 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.

[1] -distance
[2] -Convergence

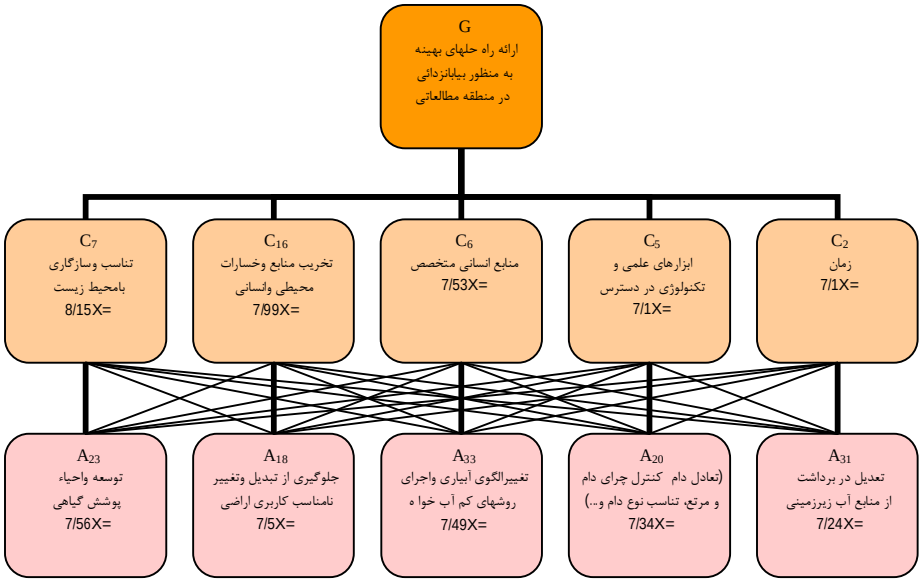
در انتها برای نمایش بهتر نتایج، درصد نزدیکی نسبی راهبردها از رابطه 10 محاسبه شد.

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

نتایج

- انتخاب معیارها و راهبردهای مهم واولویت‌دار از نظر گروه و ترسیم درخت سلسله مراتب تصمیم‌گیری

به‌منظور دستیابی به معیارها و راهبردهای مهم و اولویت‌دار از میان تعداد بیشمار معیارها و 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 (شکل2).



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

- محاسبه وزن‌نسبی معیارها راهبردها و تشکیل ماتریس تصمیم‌گیری گروهی (DM)

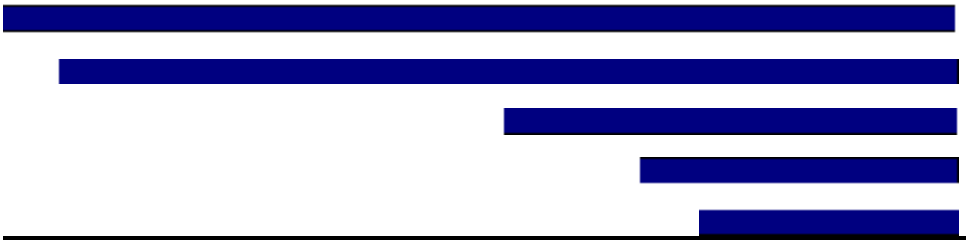
پس از مشخص‌شدن معیارها و راهبردهای مهم و اولویت‌دار از نظر گروه، به‌منظور برآورد وزن‌نسبی یا اولویت معیارها و راهبردها جهت دستیابی به هدف "ارائه بهینه‌ترین راهبردهای بیابان‌زدایی" اقدام به تهیه پرسشنامه مقایسات زوجی بر مبنای معیارها و راهبردهای انتخاب‌شده از نتایج پرسشنامه اول و توزیع آن بین متخصصان 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 (جدول3) و اولویت راهبردها نسبت به تک تک معیارها شکل گرفت. در اینجا برای جلوگیری از اطاله کلام تنها ماتریس اولویت راهبردها نسبت به

معیار "تناسب و سازگاری با محیط زیست" ارایه شده‌است (جدول4) و اولویت راهبردها نسبت به سایر معیارها نیز به این صورت محاسبه شد.

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

معیار	C_{16}	C_6	C_5	C_2
C_7	1/2	2/5	2/5	3/4
C_{16}		2/3	3/1	3/1
C_6			1/7	2
C_5				1/3

معیار	درجه اولویت
C_7	33/3
C_{16}	31/1
C_6	15/7
C_5	11
C_2	8/9

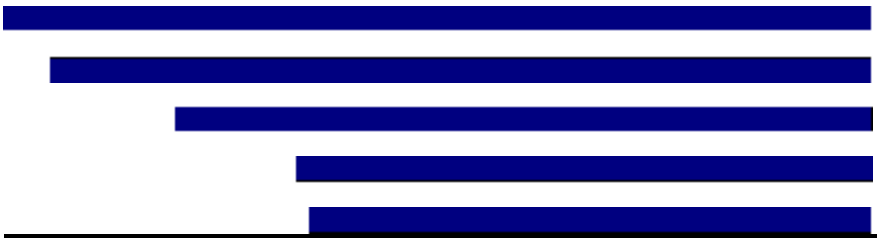


شکل 3 - مقایسه اهمیت معیارهای پیشنهادی به‌منظور دستیابی به هدف

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

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

راهبرد	درجه اولویت
A_{18}	26/6
A_{23}	22/7
A_{31}	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)

سپس در این مرحله اعداد ماتریس اهمیت معیارها و اولویت راهبردها برمبنای هر معیار (جداول 3 و4) 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 به‌صورت نمودارهای میله‌ای و بر مبنای درصد به‌دست آمد (شکل‌های 3 و4)

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 (جدول2)، ماتریس تصمیم‌گیری راهبردهای بهینه بیابان‌زدایی از نظر گروه (جدول5) شکل گرفت و در نهایت بر مبنای مدلTOPSIS، طی مراحل ذیل راهبردهای بهینه تعیین شد.

جدول 5- ماتریس تصمیم‌گیری راهبردهای بهینه بیابان‌زدایی از نظر گروه

اهمیت معیارها(C)◄ الویت راهبردها(A) ▼	C_7	C_{16}	C_6	C_5	C_2
	0/3365	0/3074	0/1576	0/1095	0/0892
A_{23}	0/2257	0/1805	0/2488	0/2387	0/2509
A_{18}	0/2643	0/2383	0/1983	0/1635	0/1960
A_{33}	0/1599	0/1510	0/2093	0/2565	0/1620
A_{20}	0/1582	0/2209	0/1608	0/1762	0/2229
A_{31}	0/1918	0/2092	0/1826	0/1633	0/1682

- تشکیل ماتریس تصمیم‌گیری موزون راهبردهای بهینه بیابان‌زدایی

پس از تشکیل ماتریس تصمیم‌گیری بیابان-زدایی (جدول5)، هر یک از مولفه‌های ماتریس فوق از رابطه(4) به صورت موزون در آمد و طی رابطه(3) ماتریس تصمیم‌گیری موزون شکل گرفت (جدول6).

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

اهمیت معیارها (C)◄ الویت راهبردها (A) ▼	C_7	C_{16}	C_6	C_5	C_2
A_{23}	0/0759	0/0554	0/0392	0/0261	0/0223
A_{18}	0/0889	0/0732	0/0312	0/0179	0/0174
A_{33}	0/0538	0/0464	0/0329	0/0280	0/0145
A_{20}	0/0532	0/0679	0/0253	0/0192	0/0198
A_{31}	0/0645	0/0643	0/0287	0/0178	0/0150

- 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،0223/0،0280/0،0392/0،0732/0889 }

مجموعه راهبردهای ایده‌آل منفی

A_i^- ={0/0532، 0/0، 0/0253/0464، 0/0، 0/0178، 0/0145}

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

در این مرحله به‌دلیل حجم بالای محاسبات از نرم افزار Exele 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

0/0451،d_{18}^- =0/0301، d_{23}^- ={ d_i^- =

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، مقدار نزدیکی (C_i) آن به یک نزدیک‌تر خواهد بود و بالعکس، اولویت نهایی راهبردها برآورد شد و درصد اولویت به‌دست 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 ونتیجه‌گیری

ارایه راهکارهای بهینه به‌منظور دستیابی به نتایج درخور در اجرای پروژه‌های بیابان‌زدایی ضروریست. لیکن بر طبق ادبیات تحقیق تنها پژوهش انجام‌شده 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 به‌دست می-آید و وزن‌نهایی راهبردها به‌صورت درصد بیان می‌شود که این درصدها اولویت‌ها را بیان می-کنند. درحالی‌که اولویت‌بندی در مدل TOPSIS بامنطق شباهت به جواب ایدآل به‌دست می‌آید و نتایج به‌صورت 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 درنظرگرفتن معیارهای مختلف کمی و کیفی را در مساله دارد، گزینه‌های مختلف را در تصمیم-

گیری دخالت داده و در عین‌حال متناسب با تغییرات عوامل موثردر بیابان‌زایی درآینده، انعطاف‌پذیر است. علاوه‌بر این برمبنای مقایسه زوجی بنانهاده‌شده که قضاوت و محاسبات را تسهیل می‌نماید، و در انتخاب راهبردها از مشارکت گروهی نظام‌مند استفاده می‌کند، و از یک مبنای تئوریک قوی که براساس 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 به‌منظور 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 سلسله مراتب 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 نظرگروه است معیار تناسب و سازگاری با محیط زیست(C_7) دربالاترین درجه اهمیت و زمان (C_2) در پایین‌ترین درجه قراردارند. میزان اهمیت تناسب و سازگاری با محیط‌زیست برابر با 33/3 درصد و بعد از آن تخریب منابع و خسارات-محیطی و انسانی(C_{16}) با 31/1 درصد در درجه دوم اهمیت قرار گرفته‌است که نشانگر اهتمام کارشناسان و صاحب‌نظران نسبت‌به مسایل محیط‌زیست و چالش‌های مطرح در زمینه تخریب محیط‌زیست می‌باشد. همچنین این جداول اولویت راهبردها را نسبت به تک تک معیارهای مذکور بیان می‌کنند (شکل4). همان-گونه‌که 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 برروی ماتریس تصمیم‌گیری انجام شد و اولویت راهبردها بر مبنای مجموعه معیارها شکل گرفت.

به‌طورکلی باتوجه‌به نتایج اولویت‌بندی نهایی راهبردها می‌توان بیان داشت که در صورت اجرای راهبردهای جلوگیری از تبدیل و تغییر نامناسب کاربری اراضی(A_{18})، توسعه و احیای پوشش‌گیاهی(A_{23}) و تعدیل در برداشت از منابع آب زیرزمینی(A_{31})، می‌توان به‌میزان 76 درصد از بیابانی‌شدن اراضی منطقه جلوگیری و نسبت به احیای 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.

منابع

1- آذر، ع. رجب‌زاده، ع. 1381. تصمیم‌گیری کاربردی رویکرد (MADM)، نشرنگاه دانش، ص183

2- اصغرپور، م. ج، 1371. تصمیم‌گیری چند معیاره، مؤسسه انتشارات دانشگاه تهران، 398 صفحه

3- پاکدین امیری، م و ع، پاکدین امیری، 1387، اولویت‌بندی عوامل مالی موثر بر شاخص قیمت در بورس اوراق بهادار تهران با استفاده از روش TOPSIS، مجله تحقیقات مالی، شماره 26، ص 76-61

4- صادقی روش، م. ح،1387، بررسی عوامل تأثیرگذار بیابان‌زایی در تخریب محیط زیست، رساله دکتری مدیریت محیط زیست، واحد علوم وتحقیقات، 395 صفحه

5- صادقی روش، م. ح، ح.احمدی و غ. زهتابیان، 1389، کاربرد فرایند تحلیلی سلسله مراتب(AHP) در ارزیابی راهبردهای بیابانزدائی مطالعه موردی: منطقه خضر آباد یزد، تحقیقات مرتع و بیابان ایران، فصلنامهٔ 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 اولویت‌بندی عوامل موثر بر بهره‌وری نیروی‌انسانی با استفاده از تکنیک‌های MADM، نشریه مدیریت صنعتی، شماره 1، ص88-71

7- قدسی‌پور، س.ح،1381. فرایند تحلیل سلسله مراتبی (AHP)، انتشارات دانشگاه امیرکبیر، 220 صفحه

8- ملک زاده، غ، 1378، ارزیابی و رتبه‌بندی 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، ص160-139

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) 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, Volume 56-57, pp 199-212

12) Gumas, 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

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