

علوم و تکنولوژی محیط زیست، دوره شانزدهم، شماره دو، تابستان ۹۳

## ارزیابی راهبردهای بیابان‌زدایی با کاربرد مدل تحلیلی سلسله مراتبی فازی (FAHP) مطالعه موردی منطقه خضرآباد یزد

محمد حسن صادقی روش<sup>۱\*</sup>

[m.sadeghiravesh@tiau.ac.ir](mailto:m.sadeghiravesh@tiau.ac.ir)

حسن خسروی<sup>۲</sup>

تاریخ پذیرش: ۹۲/۱۰/۱۷

تاریخ دریافت: ۹۲/۵/۹

### چکیده

به منظور بالا رفتن بازدهی طرح‌های کنترل، احیا و بازسازی اراضی تخریب یافته 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 بوده است. همواره مشاهده می‌شود که راهبردهای ارائه شده بر مبنای نظر کارشناس و به صورت بخشی و غیر سیستماتیک و غیر همه جانبه نگر بوده است و سابقه‌ای در به کارگیری مدل‌های نظام‌مند، از جمله مدل‌های تصمیم‌گیری چند معیاره (MADM) در زمینه بیابان‌زدایی وجود ندارد. لذا در این پژوهش سعی شد از مدل سیستماتیک فرایند تحلیلی سلسله مراتبی فازی (FAHP)، به منظور ارائه راهکارهای بهینه در بیابان‌زدایی استفاده شود. در این پژوهش از روش دلفی فازی (Fuzzy Delphi) و به طریقه مقایسات زوجی (Pare Wise) نظرات متخصصان نسبت به ارجحیت و اولویت معیارها و راهبردها، ارزیابی شد. سپس با تشکیل ماتریس تصمیم‌گیری فازی و از طریق مدل FAHP اولویت نهایی راهبردها به دست آمد. این مدل به منظور ارزیابی کارایی در ارائه راهبردهای بهینه، در منطقه خضرآباد یزد مورد استفاده قرار گرفت. بر مبنای نتایج حاصل، راهبرد تعدیل در برداشت از منابع آب زیرزمینی با میانگین وزنی ۹۳٪ به عنوان مهم‌ترین راهبرد بیابان‌زدایی در منطقه تشخیص داده شد و سایر راهبردها نقش موثری در کنترل بیابان‌زایی در منطقه ندارند.

واژه‌های کلیدی: بیابان‌زدایی، تصمیم‌گیری چند معیاره، خضرآباد، فرایند تحلیلی سلسله مراتبی فازی، مقایسه زوجی.

۱- استادیار گروه محیط زیست، دانشکده کشاورزی، دانشگاه آزاد اسلامی واحد تاکستان\* (مسئول مکاتبات)

۲- استادیار گروه بیابان‌زدایی، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه تهران.

## مقدمه

هستند و زمانی که نیاز به پیروی از رفتار انسانی وجود دارد (فرایند تصمیم‌گیری) منطق فازی به صورت واقعی‌تر و نزدیک‌تر به رفتار انسانی است (۴ و ۵)، لذا به منظور دستیابی به هدف ارایه راهبرد بهینه در این پژوهش در چارچوب مدل‌های تصمیم‌گیری چند شاخصه، روش تحلیلی سلسله مراتبی فازی (Fuzzy Analyzes Hierarchy Process) مد نظر قرار گرفت. این روش اولین بار توسط Laarhoven (۱۹۸۳) بر اساس روش حداقل مجذورات لگاریتمی ارایه شد (۴، ۶ و ۷)، تعداد محاسبات و پیچیدگی مراحل این روش باعث شد که چندین مورد استفاده قرار نگیرد. Chang (۱۹۹۵) روش تحلیلی توسعه‌ای (Extent Analysis Method) را ارایه و از اعداد مثلثی فازی در این روش استفاده کرد (۷ و ۸). این روش با منطق قوی و مستدلی که داشت به سرعت در حوزه‌های مختلف علوم توسعه یافت. از پژوهش‌های انجام شده در زمینه کاربرد FAHP می‌توان به موارد ذیل اشاره کرد، ارزیابی طرح‌های مدیریت آب (۹)، تصمیم‌گیری‌های بحرانی در توسعه محصولات جدید (۱۰)، سیستم‌های صنعتی انعطاف‌پذیر (۱۱)، مدیریت ایمنی در تولید (۱۲)، انتخاب سیستم‌های برنامه‌ریزی منابع (۱۳)، ارزیابی عوامل مطلوب در تجارت الکترونیک (۱۴)، انتخاب کارکنان (۱۵ و ۱۶) و ارزیابی منابع انرژی (۵).

## روش بررسی

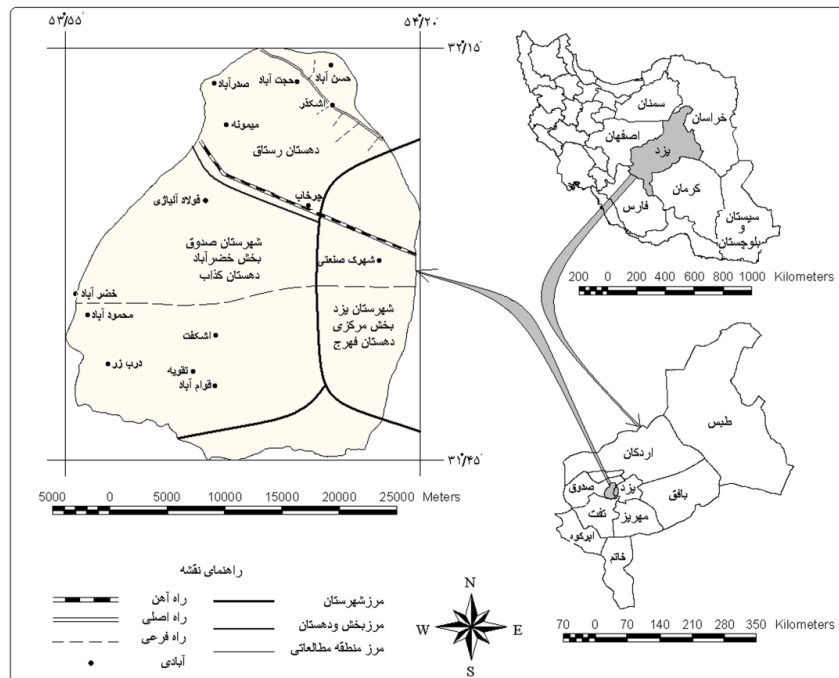
### منطقه مورد مطالعه

منطقه خضرآباد با وسعتی معادل ۷۸۱۸۰ هکتار در ۱۰ کیلومتری غرب شهر یزد در موقعیت جغرافیایی ۵۵° تا ۵۳°، ۲۰°، ۵۴° طول شرقی و ۴۵°، ۳۱° تا ۳۲°، ۱۵° عرض شمالی قرار گرفته است (شکل ۱) و از نظر اقلیمی در شرایط خشک و سرد بیابانی طبقه‌بندی می‌شود.

با توجه به اهمیت روزافزون مسئله بیابان‌زایی 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 بیابانی شدن، یا احیا و ترمیم مناطق تخریب یافته، ضروری به نظر می‌رسد. تا ضمن جلوگیری از هدر رفتن سرمایه‌های محدود، بازدهی طرح‌های کنترل، احیا و بازسازی عرصه‌های طبیعی افزایش یابد.

با مطالعه منابع تحقیقاتی، مشخص شد که تاکنون راهکارهای ارایه شده جهت رفع این مسئله، بخشی و غیرهمه‌جانبه‌نگر بوده و هیچ‌گونه سابقه‌ای در بکارگیری مدل‌های نظام‌مند وجود ندارد و تنها پژوهش صورت گرفته در بکارگیری روش‌های تصمیم‌گیری چند معیاره (Multi Attribute Decision Making) در مسایل مربوط به مدیریت مناطق بیابانی مقاله " کاربرد فرایند تحلیلی سلسله مراتبی (Analyzes Hierarchy Process) در ارزیابی راهبردهای بیابان‌زدایی" (۱) می‌باشد. 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 به نظر می‌رسد.

مدل‌های تصمیم‌گیری چند شاخصه از جمله مدل AHP توانایی فرموله کردن مسایل را به صورت سلسله مراتبی دارد، همچنین امکان در نظر گرفتن معیارهای مختلف کمی و کیفی موثر در ارایه راهبردهای پیشنهادی را فراهم می‌آورد، گزینه‌های مختلف را در تصمیم‌گیری دخالت داده و در عین حال متناسب با تغییرات عوامل موثر در آینده، انعطاف‌پذیر است. علاوه بر این بر مبنای مقایسه زوجی بنا نهاده شده که قضاوت و محاسبات را تسهیل می‌نماید. در انتخاب راهبردها از مشارکت گروهی نظام‌مند استفاده می‌کند و از یک مبنای نظری قوی شکل گرفته که بر اساس اصول بدیهی پایه‌گذاری شده است (۲ و ۳). همچنین از آنجا که پدیده‌های واقعی همواره فازی، نادقیق و مبهم



شکل ۱- موقعیت منطقه خضرآباد

با توجه به فرایند پیچیده بیابان‌زدایی که در اثر برهم کنش‌های متغیرهای مختلفی حاصل می‌شود. معیارها و راهبردهای مختلفی نیز از نظر متخصصان در هر منطقه مطرح می‌شود. از آن‌جا که در استقرار یک ساختار سلسله مراتبی به منظور کاهش ناسازگاری مقایسات می‌بایستی تعداد عناصر در هر سطح  $2 \pm 7$  باشد (۱۷)، لذا به منظور شناخت معیارها و راهبردهای مهم و اولویت دار از نظر گروه و تشکیل نمودار سلسله مراتبی از روش دلفی استفاده شد. (۱۸) بدین منظور پرسشنامه‌ای در بین متخصصان آشنا به منطقه مطالعاتی توزیع و از آنان خواسته شد که اهمیت و اولویت هر معیار یا راهبرد را در مقیاس ۱ تا ۹ (جدول ۱) برآورد کنند. در ادامه، نتایج حاصل میانگین‌گیری و دوباره در میان جامعه آماری اولیه توزیع شد. 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 بود ( $\bar{X} < 7$ ) حذف و معیارها و راهبردهای باقی مانده ( $\bar{X} \geq 7$ ) جهت ترسیم نمودار سلسله مراتبی

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 مخروبه حاصل از عملیات انسانی و فرایند‌های طبیعی تشکیل داده است که نشان دهنده وضعیت کاملاً خاص از نظرگاه بیابان‌زدایی منطقه و بیان‌کننده لزوم پرداختن به راه‌حل‌های بیابان‌زدایی در این حوزه است. بدین منظور از منطق فازی در چارچوب مدل تحلیلی سلسله مراتبی که از مهم‌ترین و جامع‌ترین روش‌های تصمیم‌گیری چند معیاره می‌باشد، جهت ارایه راه‌حل‌های بهینه بیابان‌زدایی استفاده شد. ساختار این مدل از سه سطح هدف، معیارها و راهبردها شکل یافته است که دو سطح معیارها و راهبردها به منظور دستیابی به هدف، حایز اهمیت هستند.

مراحل بکارگیری روش FAHP به منظور ارزیابی راهبردهای بیابان‌زدایی به این ترتیب است:

- انتخاب معیارها و راهبردها و ترسیم درخت سلسله مراتب تصمیم‌گیری

تصمیم‌گیری در سه سطح به ترتیب هدف، معیارها و راهبردها، به کار رفت (شکل ۲) (۱۹ و ۲۰).

جدول ۱- درجه اهمیت و ارجحیت (مقیاس زوجی) ۹ گانه ساعتی

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

با سه عدد کمینه، محتمل و بیشینه (اعداد مثلثی فازی) روابط ۱ و ۲ و شکل ۲) بر مبنای درجه ارجحیت ۹ گانه Saaty (جدول ۱) مورد مقایسات زوجی قرار دهند. بدین ترتیب ماتریس مقایسات زوجی فازی هر متخصص در زمینه اهمیت معیارها و اولویت راهبردها بر مبنای شکل کلی ماتریس مقایسه زوجی در AHP شکل گرفت (۴ و ۲۱).

- محاسبه وزن نسبی معیارها و راهبردها از روش دلفی فازی و تشکیل ماتریس مقایسات زوجی گروهی

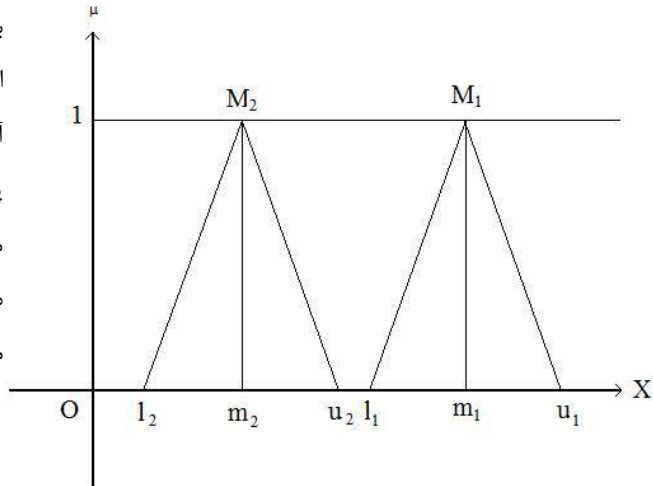
در ادامه به منظور دستیابی به وزن نسبی، با استفاده از روش دلفی فازی، پرسشنامه دوم تحت عنوان "پرسشنامه مقایسات زوجی" شکل گرفت و از متخصصان خواسته شد که معیارها و راهبردهای مهم حاصل از نتایج پرسشنامه اول را به ترتیب از نظر اهمیت نسبت به هدف و اولویت نسبت به تک تک معیارها

$$\tilde{a}_{ij}^t = (l_{ij}^t, m_{ij}^t, u_{ij}^t), \quad i, j = 1, 2, \dots, n_k, \quad t = 1, 2, \dots \quad (1)$$

$$\tilde{a}_{ji}^t = \left( \frac{1}{u_{ij}^t, m_{ij}^t, l_{ij}^t} \right), \quad i, j = 1, 2, \dots, n_k, \quad t = 1, 2, \dots \quad (2)$$

در این رابطه  $\tilde{a}_{ij}^t$  مؤلفه فازی مربوط به شخص  $t$  ام برای مقایسه  $i$  با  $j$  است.

بعد از تشکیل ماتریس مقایسات زوجی گروهی فازی، به منظور اعمال نظرات نهایی متخصصان، ماتریس یاد شده در بین 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 به دست آوردن میانگین هندسی امتیازات داده شده (رابطه ۳) ماتریس‌های نهایی مقایسات زوجی گروهی حاصل شد (جدول ۲).



شکل ۲- نمایش دو عدد فازی مثلثی

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

$$M^{k_{ij}} = \frac{1}{T} (\tilde{a}^{1_{ij}} + \tilde{a}^{2_{ij}} + \dots + \tilde{a}^{T_{ij}}) \quad (3)$$

در این رابطه  $M^{k_{ij}}$  مؤلفه فازی مربوط به گروه  $k$ ام برای مقایسه  $i$  با  $j$  است. بنا بر این  $M^{k_{ij}}$  (میانگین هندسی) برای تمامی مؤلفه‌های فازی متناظر از رابطه ۳ به دست می‌آید (۳).

جدول ۲- ماتریس مقایسه زوجی فازی

|                    |                    |          |                          |
|--------------------|--------------------|----------|--------------------------|
| $M^{k_{11}}$       | $M^{k_{12}}$       | .....    | $M^{k_{1n_{k-1}}}$       |
| $M^{k_{21}}$       | $M^{k_{22}}$       | .....    | $M^{k_{2n_{k-1}}}$       |
| $\vdots$           | $\vdots$           | $\vdots$ | $\vdots$                 |
| $M^{k_{n_{k-1}1}}$ | $M^{k_{n_{k-1}2}}$ | .....    | $M^{k_{n_{k-1}n_{k-1}}}$ |

- محاسبه ارزش  $\tilde{S}_k$  یا اعداد فازی مثلثی ترکیبی (STFN) برای هر سطر ماتریس مقایسات زوجی فازی از رابطه ۴

$$\tilde{S}_k = \sum_{j=1}^n M^{k_{kj}} \left[ \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n M^{k_{ij}} \right]^{-1}, \quad i=1,2,\dots,n_k \quad (4)$$

- محاسبه درجه بزرگی ارزش  $\tilde{S}_k$  هر سطر ماتریس مقایسات زوجی گروهی نسبت به هم از رابطه ۵

$$\begin{cases} V(\tilde{S}_{ij}^k \geq \tilde{S}_j^k) = 1, \\ V(\tilde{S}_{ij}^k \geq \tilde{S}_j^k) = \frac{u_1 - l_2}{(u_1 - l_2) + (m_2 - m_1)} \end{cases}$$

در این رابطه  $k$  بیانگر شماره سطر و  $i$  و  $j$  به ترتیب نشان دهنده راهبردها یا معیارها می‌باشد.

$$\begin{cases} m_1 \geq m_2, & j=1,2,\dots,n_k, \quad j \neq i \\ \text{Otherwise,} & j=1,2,\dots,n_k, \quad j \neq i \end{cases} \quad (5)$$

- محاسبه درجه بزرگی هر عدد فازی مثلثی ترکیبی

از  $K$  عدد مثلثی فازی ترکیبی دیگر از رابطه ۶

$$P_{ih}^K(A_i^k) = \min V(\tilde{S}_i^k \geq \tilde{S}_j^k), \quad i = 1, 2, \dots, n_k \quad (6)$$

بر مبنای شکل کلی ماتریس تصمیم گیری در AHP و با توجه به روابط ۹ و ۱۰ ماتریس تصمیم گیری فازی به منظور تعیین اوزان نهایی راهبردها ( $P_i^k$ ) شکل گرفت (جدول ۳).

در این رابطه  $A_i^k$  بیانگر معیار یا راهبرد  $i$ ام از جدول ماتریس مقایسات زوجی فازی  $k$ ام می باشد.

اعداد حاصل از این فرایند بیانگر اوزان غیر بهنجار شده معیارها یا راهبردهای ماتریس مقایسات زوجی ارجحیت معیارها و اولویت راهبردها می شد.

جدول ۳- ماتریس تصمیم گیری در FAHP

| $A_i^k$ | Criterion   |             |       | $c^{K-1}$      | $P_i^k$ |
|---------|-------------|-------------|-------|----------------|---------|
|         | $c^{K-1}_1$ | $c^{K-1}_2$ | ----- |                |         |
| $A^1$   | $a^k_{11}$  | $a^k_{12}$  | ----- | $a^k_{1nk-1}$  | $p^1$   |
| $A^2$   | $a^k_{21}$  | $a^k_{22}$  | ----- | $a^k_{2nk-1}$  | $p^2$   |
| :       | :           | :           | :     | :              | :       |
| $A^k$   | $a^k_{nk1}$ | $a^k_{nk2}$ | ----- | $a^k_{nknk-1}$ | $P^k$   |

- نرمالیزه کردن اوزان نابهنجار معیارها و راهبردها از رابطه ۷ و دستیابی به ارجحیت و اولویت معیارها و راهبردها از نظر گروه (رابطه ۸)

$$P_{ih}^K = \frac{P_{ih}^K(A_i^k)}{\sum_{i=1}^k P_{ih}^K(A_i^k)} \quad i = 1, 2, \dots, n_k \quad (7)$$

- ادغام اوزان نسبی ارجحیت و اولویت معیارها و راهبردها از روش میانگین موزون (رابطه ۹) و برآورد ضریب اولویت راهبردها بر مبنای مجموعه معیارها از نظر گروه

$$P_i^K = \sum_{j=1}^{n_{k-1}} a^k_{ij} c^{k-1}_j \quad (11)$$

بر این مبنا راهبردی که بیشترین ضریب اولویت را داشته باشد به عنوان بهترین راهبرد ارزیابی می شود و به همین ترتیب سایر راهبردها اولویت بندی می شود.

$$P_h^K = P_{1h}^K, P_{2h}^K, \dots, P_{n_{kh}}^K \quad (8)$$

این رابطه بیانگر ارجحیت یا اولویت هر معیار یا راهبرد از ماتریس مقایسات زوجی فازی  $k$ ام نسبت به معیار یا هدف سطوح بالاتر سلسله مراتب تصمیم گیری است. بنابراین ارجحیت معیارها نسبت به هدف (راهبرد بهینه بیابان زدایی) را می توان به صورت رابطه ۹ نمایش داد.

$$c^{K-1} = (c^{K-1}_1, c^{K-1}_2, \dots, c^{K-1}_{n_{k-1}}) \quad (9)$$

در این رابطه ارجحیت (وزن نسبی) هر معیار ( $C$ ) نسبت به هدف که در سطح بالاتر ( $K-1$ ) قرار گرفته بیان می شود اولویت هر راهبرد ( $A$ ) نسبت به هر معیار ( $C$ ) که در سطوح بالاتر ( $K$ ) از راهبردها واقع شده به صورت رابطه ۱۰ نمایش داده می شود.

$$a^k_{ij} = (a^k_{1h}, a^k_{2h}, \dots, a^k_{n_{kh}})^T \quad (10)$$

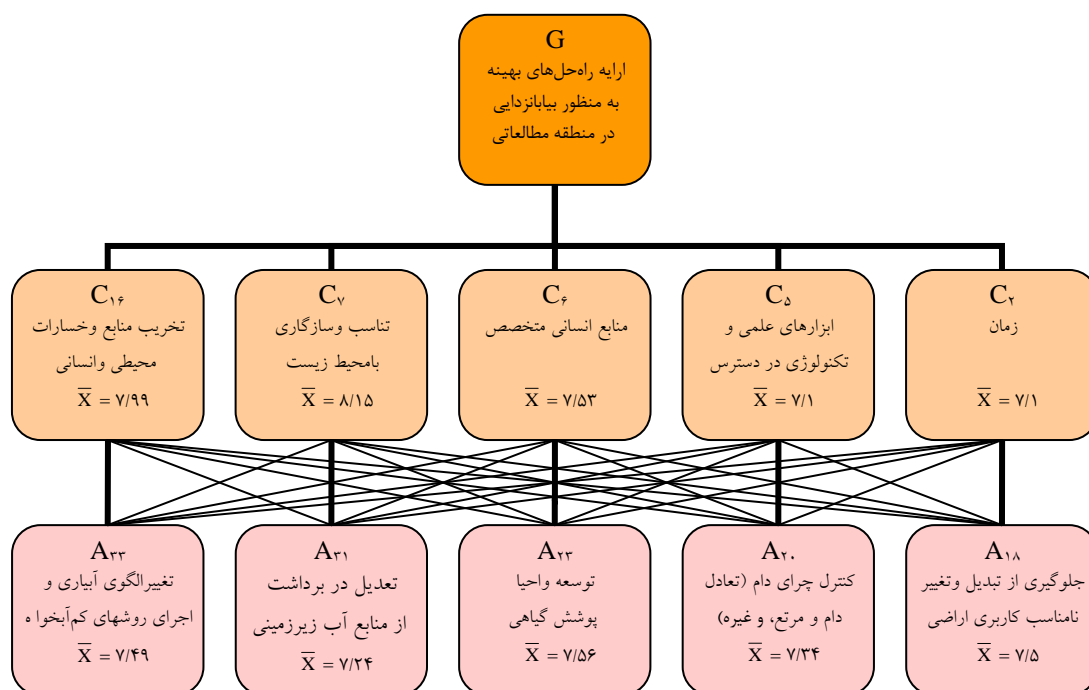
#### یافته‌ها

در فرایند ارزیابی راهبردهای بیابان زدایی در منطقه مطالعاتی، ابتدا به منظور شناخت معیارها و راهبردهای مهم و اولویت دار از نظر گروه از میان مجموع معیارها و راهبردهای پیشنهادی، از روش دلفی و تهیه پرسشنامه استفاده شد و از میان ۱۶ معیار و ۴۰ راهبرد نهایی نظرخواهی شده به منظور بیابان زدایی، راهبردها و معیارهای مهم و اولویت دار از نظر گروه انتخاب و به منظور ترسیم نمودار سلسله مراتب تصمیم

- تشکیل ماتریس تصمیم گیری فازی

گیری (شکل ۳) و تهیه پرسشنامه مقایسات زوجی فازی در نظر

گرفته شدند. (جداول ۴، ۵، ۶)



شکل ۳- نمودار سلسله مراتب تصمیم‌گیری به منظور انجام مقایسات زوجی فازی در منطقه مطالعاتی

جدول ۴- راهبردهای پیشنهادی به منظور بیابان‌زدایی منطقه خضرآباد یزد

|   |  |
|---|--|
| اصلاح، ایجاد و تقویت زیرساخت‌های اقتصادی - اجتماعی  | A <sub>۲۲</sub> - جلوگیری از بوته‌کشی و قطع اشجار                        |
| مناطق حاشیه‌ای  | A <sub>۲۳</sub> - توسعه و احیای پوشش گیاهی                               |
| A <sub>۱</sub> - کاهش نرخ رشد جمعیت   | A <sub>۲۴</sub> - حفاظت از تاغ زارها (جوان سازی و زاد آوری تاغ ها)       |
| A <sub>۲</sub> - فقر زدایی  | - حفاظت خاک  |
| A <sub>۳</sub> - ایجاد و تقویت سازمان‌های روستایی   | A <sub>۲۵</sub> - حفاظت از سطوح سنگریزه ای در منطقه (رگ)                 |
| A <sub>۴</sub> - افزایش اشتغال  | A <sub>۲۶</sub> - جلوگیری و کاهش تردد ماشین‌الات سنگین                   |
| A <sub>۵</sub> - افزایش مشارکت مردمی و حمایت از NGO ها  | کشاورزی و صنعتی  |
| A <sub>۶</sub> - به کارگیری نیروهای بومی و تکنولوژی محلی در طرحها (دانش بومی)                     | A <sub>۲۷</sub> - ایجاد بادشکن‌های زنده و غیرزنده دارای کاربری حفاظت خاک |
| A <sub>۷</sub> - آموزش مردم در بکارگیری روش‌های جدید و استفاده از دانش روز جهت کاربرد بهینه منابع | A <sub>۲۸</sub> - اصلاح بافت خاک   |
| A <sub>۸</sub> - تصویب، تقویت و اجرای قوانین و تناسب جرم با مجازات                                | - توسعه کشاورزی پایدار   |
| A <sub>۹</sub> - تأمین نیازهای ساکنان بومی  | A <sub>۲۹</sub> - اصلاح روش‌های تناوب زراعی و آیش                        |
| A <sub>۱۰</sub> - تعدیل الگوهای مصرف ناپایدار و تغییر و اصلاح شیوه‌های معیشتی مردم                | A <sub>۳۰</sub> - اصلاح روش‌های شخم زنی، کوددهی، سمپاشی                  |
| A <sub>۱۱</sub> - توجه به نقش زنان و جوانان در بیابان‌زدایی                                       | - توسعه و مدیریت پایدار منابع آب (آبخوانداری)                            |
| A <sub>۱۲</sub> - سازمان‌دهی نواحی شهری و جلوگیری از مهاجرت                                       | A <sub>۳۱</sub> - تعدیل در برداشت از منابع آب زیرزمینی                   |
|   | A <sub>۳۲</sub> - کاهش مصرف آب (مصرف بهینه آب در مزارع)                  |
|   | A <sub>۳۳</sub> - تغییر در الگوی آبیاری و اجرای روشهای کم آبخواه         |

|  |   |
|--|---|
| <p>A<sub>۳۴</sub> - تبدیل سیستم های آبیاری از سنتی با بازده کم به مدرن و تحت فشار با بازده زیاد</p> <p>A<sub>۳۵</sub> - جمع آوری و استحصال بهینه منابع آب (شامل: ایزوله نمودن انهار، مرمت و لایروبی قنات ها، استفاده از کانال ها و مجاری، تعیبه آب انبارها و استخرها ، نمک زدایی از آب های لب شور و شور و غیره)</p> <p>A<sub>۳۶</sub> - تغذیه آبهای زیرزمینی</p> <p>A<sub>۳۷</sub> - احداث شبکه های پخش سیلاب و استفاده از آبرفت آن</p> <p>A<sub>۳۸</sub> - ایجاد بارشهای مصنوعی جهت تغذیه آبخوانه ها</p> <p>A<sub>۳۹</sub> - ترویج و گسترش کشت گلخانه ای و تحت کنترل از نظر مصرف آب و تبخیر و تعرق</p> <p>A<sub>۴۰</sub> - معرفی ارقام گیاهی جدید و مقاوم به خشکی و تنش های کم آبی از طریق مهندسی ژنتیک</p> | <p>A<sub>۱۳</sub> - ایجاد هماهنگی بین ادارات و سازمان های مسئول در امر بیابان زدایی و حفاظت محیط زیست</p> <p>A<sub>۱۴</sub> - بالا بردن نرخ باسواد</p> <p>A<sub>۱۵</sub> - توسعه طبیعت گردی بیابانی</p> <p>A<sub>۱۶</sub> - استفاده چند منظوره از بیابان به جای استفاده موردی</p> <p>A<sub>۱۷</sub> - سپردن مسئله بیابان زدایی به بخش خصوصی</p> <p>A<sub>۱۸</sub> - جلوگیری از تبدیل و تغییر نامناسب کاربری اراضی</p> <p>A<sub>۱۹</sub> - تهیه نقشه آمایش سرزمین و تعیین محدوده های بیابانی و حواشی کویرها و بیابان ها</p> <p>- حفاظت از پوشش گیاهی</p> <p>A<sub>۲۰</sub> - کنترل چرای دام (تعادل دام و مرتع، تناسب نوع دام، جلوگیری از چرای خاج از فصل و غیره)</p> <p>A<sub>۲۱</sub> - تولید علوفه و افزایش پتانسیل اقتصاد پایدار دامدار</p> |
|--|---|

جدول ۵- 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                        | زیبائی 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) | تناسب و سازگاری با محیط زیست (پایداری) | مدیریت سنتی و دانش بومی | دولت سالاری در بیابان زدایی         | درآمدهای نفتی دولت                | مدیریت های 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 سیستم های اداری دولتی        | فشارهای سیاسی و اجتماعی | مسائل اورژانسی ناشی از بیابان زدایی | تخریب منابع و خسارات محیطی انسانی |                                   |                                      |
| میانگین امتیازها | ۲/۲۹                                   | ۵/۳۵                    | ۶/۳۴                                | ۷/۹۹                              |                                   |                                      |

جدول ۶- میانگین اولویت راهبردها از نظر گروه

| راهبرد (Alternative) | A <sub>۱</sub>  | A <sub>۲</sub>  | A <sub>۳</sub>  | A <sub>۴</sub>  | A <sub>۵</sub>  | A <sub>۶</sub>  | A <sub>۷</sub>  | A <sub>۸</sub>  | A <sub>۹</sub>  | A <sub>۱۰</sub> |
|----------------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|
| میانگین امتیازها     | ۵               | ۵/۶۸            | ۵/۳۵            | ۶/۷             | ۶/۱             | ۶/۵۶            | ۶/۴۷            | ۵/۷۳            | ۵/۸۹            | ۵/۶             |
| راهبرد (Alternative) | A <sub>۱۱</sub> | A <sub>۱۲</sub> | A <sub>۱۳</sub> | A <sub>۱۴</sub> | A <sub>۱۵</sub> | A <sub>۱۶</sub> | A <sub>۱۷</sub> | A <sub>۱۸</sub> | A <sub>۱۹</sub> | A <sub>۲۰</sub> |
| میانگین امتیازها     | ۴/۵             | ۵/۲۳            | ۶/۸۶            | ۴/۸             | ۵/۳۲            | ۵/۲۷            | ۳/۷۹            | ۷/۵             | ۶/۴۴            | ۷/۳۴            |
| راهبرد (Alternative) | A <sub>۲۱</sub> | A <sub>۲۲</sub> | A <sub>۲۳</sub> | A <sub>۲۴</sub> | A <sub>۲۵</sub> | A <sub>۲۶</sub> | A <sub>۲۷</sub> | A <sub>۲۸</sub> | A <sub>۲۹</sub> | A <sub>۳۰</sub> |



| میانگین امتیازها     | ۶/۶             | ۶/۴۶            | ۷/۵۶            | ۶/۷۶            | ۶/۴۵            | ۵/۵۷            | ۶/۸۶            | ۴/۶۶            | ۵/۴۲            | ۵/۱             |
|----------------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|
| راهبرد (Alternative) | A <sub>۳۱</sub> | A <sub>۳۲</sub> | A <sub>۳۳</sub> | A <sub>۳۴</sub> | A <sub>۳۵</sub> | A <sub>۳۶</sub> | A <sub>۳۷</sub> | A <sub>۳۸</sub> | A <sub>۳۹</sub> | A <sub>۴۰</sub> |
| میانگین امتیازها     | ۷/۲۴            | ۶/۶             | ۷/۴۹            | ۶/۵۳            | ۶/۶۴            | ۶/۰۸            | ۵/۳             | ۳/۴۷            | ۶/۲             | ۶               |

پس از مشخص شدن معیارها و راهبردهای مهم و اولویت دار از نظر گروه، به منظور برآورد وزن نسبی معیارها و راهبردها جهت دستیابی به هدف "ارایه راهبرد های بهینه بیابان زدایی" از روش دلفی فازی ماتریسهای مقایسات زوجی گروهی شکل گرفت. در اینجا به منظور جلوگیری از اطاله کلام فقط ماتریس مقایسات

زوجی فازی معیارها نسبت به هدف "ارایه راهبرد بهینه بیابان-زدایی" (جدول ۷) و ماتریس مقایسات زوجی گروهی اولویت راهبردها نسبت به معیار "زمان" بیان می شود. (جدول ۸) ماتریس های فازی اولویت راهبردها نسبت به سایر معیارها نیز همانند جدول ۵ شکل گرفت.

جدول ۷- ماتریس مقایسات زوجی گروهی اهمیت معیارها نسبت به هدف "ارایه راهبردهای بهینه بیابان زدایی در منطقه"

| معیار           | C <sub>۶</sub>   | C <sub>۷</sub>   | C <sub>۶</sub>   | C <sub>۵</sub>   | C <sub>۶</sub>   | مجموع              |
|-----------------|------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|--------------------|
| C <sub>۶</sub>  | ۰،۰،۰            | ۰/۲۷، ۰/۳، ۰/۳۳  | ۰/۴۱، ۰/۴۹، ۰/۶۰ | ۰/۶۷، ۰/۷۶، ۰/۸۹ | ۰/۲۳، ۰/۳۲، ۰/۳۸ | ۲/۵۷، ۲/۸۷، ۳/۲    |
| C <sub>۵</sub>  | ۱/۱۲، ۱/۳۱، ۱/۵  | ۰/۳۶، ۰/۳۹، ۰/۴۱ | ۰/۵۴، ۰/۵۷، ۰/۶۰ | ۰،۰،۰            | ۰/۲۹، ۰/۳۳، ۰/۳۵ | ۳/۳۱، ۳/۶، ۳/۸۶    |
| C <sub>۶</sub>  | ۲/۶۵، ۳/۰۸، ۴/۳۴ | ۰/۳۴، ۰/۳۹، ۰/۴۶ | ۰،۰،۰            | ۱/۶۶، ۱/۷۴، ۱/۸۶ | ۰/۳۵، ۰/۴۳، ۰/۵۸ | ۵/۰۱، ۵/۶، ۶/۳۲    |
| C <sub>۷</sub>  | ۳/۰۵، ۳/۳۸، ۳/۷۱ | ۰،۰،۰            | ۲/۱۷، ۲/۵۵، ۲/۹۳ | ۲/۴۳، ۲/۵۵، ۲/۷۸ | ۰/۵۹، ۱/۲۴، ۱/۹۱ | ۹/۲۴، ۱۰/۷۲، ۱۲/۳۳ |
| C <sub>۱۶</sub> | ۲/۶۵، ۳/۰۸، ۴/۳۴ | ۰/۵۲، ۰/۸۱، ۱/۶۰ | ۱/۷۱، ۲/۳۳، ۲/۸۷ | ۲/۸۷، ۳/۰۷، ۳/۴۰ | ۰،۰،۰            | ۸/۷۵، ۱۰/۲۹، ۱۳/۳  |

جدول ۸- ماتریس مقایسات زوجی گروهی اولویت راهبردها نسبت به معیار "زمان"

| معیار           | A <sub>۱۸</sub>  | A <sub>۲۰</sub>  | A <sub>۳۳</sub>  | A <sub>۲۰</sub>  | A <sub>۳۳</sub>  | مجموع            |
|-----------------|------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|
| A <sub>۱۸</sub> | ۰،۰،۰            | ۰/۸۳، ۰/۹۳، ۱    | ۰/۵۴، ۰/۶۸، ۰/۹۵ | ۱، ۱/۰۸، ۱/۲     | ۰/۷۸، ۱/۰۶، ۱/۳۵ | ۴/۴، ۵/۰۵، ۵/۹۲  |
| A <sub>۲۰</sub> | ۰/۸۳، ۰/۹۳، ۱    | ۰،۰،۰            | ۰/۷۲، ۰/۸۱، ۰/۹۲ | ۰،۰،۰            | ۰/۸۸، ۱/۶۴، ۲/۲۴ | ۴/۲۶، ۵/۸۵، ۹/۱۶ |
| A <sub>۳۳</sub> | ۱/۰۵، ۱/۴۶، ۱/۸۶ | ۱/۰۹، ۱/۲۳، ۱/۳۸ | ۰،۰،۰            | ۱/۰۹، ۱/۲۳، ۱/۳۸ | ۱/۳۰، ۱/۳۹، ۱/۵  | ۵/۶۲، ۶/۴۲، ۷/۲۷ |
| A <sub>۳۱</sub> | ۰/۷۴، ۰/۹۴، ۱/۲۸ | ۰/۷۴، ۰/۹۴، ۱/۲۸ | ۰/۶۷، ۰/۷۲، ۰/۷۷ | ۰/۴۵، ۰/۶۱، ۱/۱۴ | ۰/۹۴، ۱/۰۹، ۱/۱۶ | ۳/۸، ۴/۳۶، ۵/۳۵  |
| A <sub>۳۳</sub> | ۰/۷، ۰/۸۱، ۰/۹۳  | ۰/۷، ۰/۸۱، ۰/۹۳  | ۰/۶۵، ۰/۷۵، ۰/۸۵ | ۰/۲۵، ۰/۶۸، ۱/۲  | ۰/۸۶، ۰/۹۲، ۱/۰۶ | ۳/۴۶، ۴/۱۶، ۵/۰۴ |

در ادامه برای هر یک از سطرهای ماتریس مقایسات زوجی فازی، ارزش  $\tilde{S}_k$  که خود یک عدد فازی مثلثی ترکیبی است از رابطه ۴ محاسبه شد. به عنوان نمونه نتایج حاصل از برآورد ارزش  $\tilde{S}_k$  به دست آمده از جداول ۷ و ۸ در ذیل آمده است (مثال ۱ و ۲).

مثال ۱: ارزش  $\tilde{S}_k$  به دست آمده از ماتریس مقایسات زوجی گروهی اهمیت معیارها نسبت به هدف "ارایه راهبرد های بهینه بیابان زدایی در منطقه"

در ادامه برای هر یک از سطرهای ماتریس مقایسات زوجی فازی، ارزش  $\tilde{S}_k$  که خود یک عدد فازی مثلثی ترکیبی است از رابطه ۴ محاسبه شد. به عنوان نمونه نتایج حاصل از برآورد ارزش  $\tilde{S}_k$  به دست آمده از جداول ۷ و ۸ در ذیل آمده است (مثال ۱ و ۲).

مثال ۱: ارزش  $\tilde{S}_k$  به دست آمده از ماتریس مقایسات زوجی گروهی اهمیت معیارها نسبت به هدف "ارایه راهبرد های بهینه بیابان زدایی در منطقه"

$$\begin{aligned} \tilde{S}_2 &= (2/57, 2/87, 3/20) \times (0/346, 0/302, 0/256) = (0/089, 0/087, 0/082) \\ \tilde{S}_5 &= (3/31, 3/60, 3/86) \times (0/346, 0/302, 0/256) = (0/114, 0/109, 0/098) \\ \tilde{S}_6 &= (5/01, 5/60, 6/32) \times (0/346, 0/302, 0/256) = (0/173, 0/169, 0/162) \\ \tilde{S}_7 &= (9/24, 10/72, 12/33) \times (0/346, 0/302, 0/256) = (0/320, 0/324, 0/316) \\ \tilde{S}_{16} &= (8/75, 10/29, 13/3) \times (0/346, 0/302, 0/256) = (0/302, 0/310, 0/340) \end{aligned}$$

مثال ۲: ارزش  $\tilde{S}_k$  به دست آمده از ماتریس مقایسات زوجی گروهی اولویت راهبردها نسبت به معیار "زمان"

$$\begin{aligned} \tilde{S}_{18} &= (4/4, 5/05, 5/92) \times (0/346, 0/302, 0/256) = (0/204, 0/195, 0/181) \\ \tilde{S}_{20} &= (4/26, 5/85, 9/16) \times (0/346, 0/302, 0/256) = (0/198, 0/216, 0/279) \\ \tilde{S}_{23} &= (5/62, 6/42, 7/27) \times (0/346, 0/302, 0/256) = (0/261, 0/248, 0/222) \\ \tilde{S}_{31} &= (3/8, 4/36, 5/35) \times (0/346, 0/302, 0/256) = (0/176, 0/168, 0/163) \\ \tilde{S}_{33} &= (3/46, 4/16, 5/04) \times (0/346, 0/302, 0/256) = (0/161, 0/160, 0/154) \end{aligned}$$

عدد فازی مثلثی ترکیبی از  $K = 4$  عدد مثلثی فازی ترکیبی از رابطه ۶ برآورد شد. (مثال ۳ و ۴)

مثال ۳: اوزان غیر بهنجار ارجحیت معیارها نسبت به هدف "ارایه راه حل های بهینه بیابان‌زدایی"

حال با توجه به ارزش  $\tilde{S}_k$  های به دست آمده برای هر ماتریس مقایسه زوجی فازی، ارزش هر عدد فازی مثلثی ترکیبی ( $\tilde{S}_k$ ) نسبت به هم از رابطه ۵ مورد مقایسه قرار گرفت و درجه بزرگی آنها نسبت به هم برآورد شد. و به دنبال آن درجه بزرگی هر

$$\begin{aligned} \min V(\tilde{S}_7 \geq \tilde{S}_2, \tilde{S}_5, \tilde{S}_6, \tilde{S}_{16}) &= (1, 1, 1, 1) = 1 \\ \min V(\tilde{S}_{16} \geq \tilde{S}_2, \tilde{S}_5, \tilde{S}_6, \tilde{S}_7) &= (1, 1, 1, 0/61) = 0/61 \\ \min V(\tilde{S}_6 \geq \tilde{S}_2, \tilde{S}_5, \tilde{S}_7, \tilde{S}_{16}) &= (1, 1, 4/44, -141) = -141 \\ \min V(\tilde{S}_3 \geq \tilde{S}_2, \tilde{S}_6, \tilde{S}_7, \tilde{S}_{16}) &= (1, 5/22, 35/67, 10/2) = 1 \\ \min V(\tilde{S}_2 \geq \tilde{S}_5, \tilde{S}_6, \tilde{S}_7, \tilde{S}_{16}) &= (3/31, 10/47, 396/66, -67) = -67 \end{aligned}$$

مثال ۴: اوزان غیر بهنجار اولویت راهبردها نسبت به معیار زمان

$$\begin{aligned} \min V(\tilde{S}_{18} \geq \tilde{S}_{20}, \tilde{S}_{23}, \tilde{S}_{31}, \tilde{S}_{33}) &= (-4/25, 2/82, 1, 1) = -4/25 \\ \min V(\tilde{S}_{23} \geq \tilde{S}_{18}, \tilde{S}_{20}, \tilde{S}_{31}, \tilde{S}_{33}) &= (1, 1, 1, 1) = 1 \\ \min V(\tilde{S}_{33} \geq \tilde{S}_{18}, \tilde{S}_{20}, \tilde{S}_{23}, \tilde{S}_{31}) &= (3/13, -4, 5/35, 1/46) = -4 \\ \min V(\tilde{S}_{20} \geq \tilde{S}_{18}, \tilde{S}_{23}, \tilde{S}_{31}, \tilde{S}_{33}) &= (1, 0/36, 1, 1) = 0/36 \\ \min V(\tilde{S}_{31} \geq \tilde{S}_{18}, \tilde{S}_{20}, \tilde{S}_{23}, \tilde{S}_{33}) &= (-30, -2/69, -5/44, 1) = -30 \end{aligned}$$

پس از دستیابی به اوزان نابهنجار، این اوزان از رابطه ۷ بهنجار شد و ارجحیت و اولویت معیارها و راهبردها از نظر گروه حاصل شد (مثال ۵ و ۶).

مثال ۵: اوزان بهنجار شده ارجحیت معیارها نسبت به هدف "ارایه راه حل های بهینه بیابان زدایی"

$$P_{\bar{S}_k} = (0/326, -0/00296, 0/686, -0/0048, -0/00296)$$

مثال ۶: اوزان بهنجار شده اولویت راهبردها نسبت به معیار زمان

$$P_{\bar{S}_k} = (0/115, -0/00976, -0/027, 0/813, 0/108)$$

در نهایت با برآورد کلیه اوزان بهنجار شده معیارها نسبت به هدف و راهبردها نسبت به هر معیار، در قالب کلی ماتریس تصمیم گیری در FAHP (جدول ۳)، ماتریس تصمیم گیری

فازی راهبردهای بهینه بیابان زدایی از نظر گروه (جدول ۹) شکل گرفت.

جدول ۹- ماتریس تصمیم گیری فازی راهبردهای بهینه بیابان زدایی از نظر گروه

| $\bar{P}_i$ | اهمیت معیارها (C) |         |         |          |        | الویت راهبردها (A) |
|-------------|-------------------|---------|---------|----------|--------|--------------------|
|             | $C_{16}$          | $C_7$   | $C_6$   | $C_5$    | $C_2$  |                    |
|             | -0/00296          | -0/0048 | 0/686   | -0/00296 | 0/326  |                    |
| 0/018       | 0/186             | -0/11   | -0/299  | -0/035   | 0/115  | $A_{18}$           |
| 0/052       | 0/177             | -0/172  | 0/075   | 0/768    | 0/098  | $A_{20}$           |
| 0/030       | 0/186             | 0/051   | -0/0299 | -0/035   | -0/027 | $A_{23}$           |
| 0/93        | 0/076             | 0/209   | 0/972   | 0/279    | 0/813  | $A_{31}$           |
| 0/038       | 0/373             | 0/102   | 0/125   | 0/023    | 0/108  | $A_{33}$           |

پس از تشکیل ماتریس تصمیم گیری فازی به منظور انتخاب نهایی راهبردها و درجه بندی اولویت آنها، فرایند تلفیق بر روی اوزان این ماتریس از روش میانگین موزون (رابطه ۱۱) یا میانگین هر سطر از ماتریس نرمال شده به انجام رسید. و اولویت نهایی راهبردها به دست آمد. بر مبنای نتایج حاصل شده از فرایند تحقیق راهبرد "تعدیل در برداشت از منابع آب زیر زمینی" ( $A_{31}$ ) با ضریب اولویت 0/93 مهم ترین راهبرد در کنترل و کاهش اثرات بیابان زدایی و احیا اراضی تخریب یافته بر مبنای مجموعه معیارها در منطقه مطالعاتی ارزیابی شد.

راهبردها و ۴۰ راهبرد پیشنهاد شده به منظور کنترل و کاهش پدیده بیابانی شدن اراضی در منطقه مطالعاتی، تنها راهبرد "تعدیل در برداشت از منابع آب زیر زمینی" ( $A_{31}$ ) با ضریب اولویت 0/93 مهم ترین راهبرد بر مبنای مجموعه معیارها در منطقه مطالعاتی ارزیابی شد. و سایر راهبردها نقش ناچیزی در کنترل و کاهش این پدیده بازی می کنند. بنابراین با تمرکز بر روی این راهبرد می توان به صورت موثر و کارآمد اقدامات کنترلی و اصلاحی را به انجام رساند.

طی مطالعات انجام شده ملاحظه شد که حوزه آبریز دشت یزد- اردکان که منطقه مطالعاتی بخشی از آن می باشد، از بیلان آبی نامناسبی برخوردار است، و با کسری بیلانی معادل ۱۸۷ میلیون متر مکعب در سال مواجه است. این در حالی است که در

#### بحث و نتیجه گیری

نتایج حاصل از کاربرد مدل تحلیلی سلسله مراتبی فازی (FAHP) نشان داد که از میان ۱۶ معیار موثر در ارایه

محدود اختصاص یافته به منظور کنترل روند بیابان‌زایی را به شیوه‌های صحیح و کارآمد به کار بندند تا ضمن دستیابی به نتایج بهتر، از هدر رفتن سرمایه‌های ملی جلوگیری کنند. پیشنهاد می‌شود طرح‌های بیابان‌زدایی بر روی راهبردهای نتیجه شده از این پژوهش‌های سیستماتیک، تأکید کنند تا از هدر رفت سرمایه‌های محدود جلوگیری و بازدهی طرح‌های کنترل، احیا و بازسازی بالا رود.

#### منابع

۱. صادقی روش، محمد حسن و همکاران، «کاربرد فرایند تحلیلی سلسله مراتب (AHP) در ارزیابی راهبردهای بیابان‌زدایی مطالعه موردی: منطقه خضر آباد یزد»، تحقیقات مرتع و بیابان ایران، بهار ۱۳۸۹، جلد ۱۷، شماره ۱.
۲. قدسی پور، سید حسن، «فرایند تحلیلی سلسله مراتبی (AHP)»، چاپ سوم، انتشارات دانشگاه امیرکبیر، ۱۳۸۱.
3. Bergamp, G., 1995. A hierarchical approach for desertification assessment. *Environmental Monitoring and Assessment*, Vol 37, pp. 59-78.
۴. آذر، عادل و فرجی، حجت، «علم مدیریت فازی»، چاپ اول، انتشارات اجتماع (دانشگاه تربیت مدرس)، ۱۳۸۱.
5. Meixner, O., 2012. Fuzzy AHP group decision analysis and application for the evaluation of energy sources. *Institute of marketing, Vienna, Austria*.
6. Laarhoven, V., Pedrycz, W., 1983. A fuzzy extension of saaty's priority theory. *fuzzy sets and systems*, Vol , pp. 229-241.
7. Zhu, K. J., Jing, Y., Chang, D. Y., 1999. *Theory and Methodology, A discussion on extent analysis method and applications of fuzzy AHP*.

منطقه مطالعاتی هر چقدر از ارتفاعات و دشت سر لخت در نواحی جنوبی که دارای شدت بیابان‌زایی و حساسیت کمتری است به مناطق دشت سر پوشیده و پلایا که در نواحی شمالی واقع شده و دارای حساسیت بیشتری نسبت به بیابانی شدن است پیش می‌رویم افت سطح آب زیر زمینی بیشتر شده که در نتیجه اضافه برداشت بیشتر است. که نقش موثری در تسریع روند بیابانی شدن اراضی دارد. به طوری که طی برآوردهای انجام شده افت متوسط سفره آب زیر زمینی در مناطق جنوبی ۲۰ سانتیمتر در سال و در مناطق شمالی به ۴۵ سانتیمتر می‌رسد.

افت سفره یا به عبارتی اضافه برداشت از منابع آب زیر زمینی در نتیجه عوامل چندی در منطقه مطالعاتی حادث می‌شود که به منظور دستیابی به نتایج بهینه با ضریب اطمینان بیشتر به منظور کنترل بیابان‌زایی لازم است مورد توجه قرار گیرد. که از آن جمله می‌توان به روش آبیاری سنتی (غرقابی و کرتی) با بازدهی کم و مصرف آب زیاد (۷۳/۸ درصد کشاورزان از سیستم آبیاری سنتی استفاده می‌کنند)، افزایش تعاونی‌های کشت و افزایش حفر چاه‌های عمیق، وجود استخرها و جویهای روباز با خلل و فرج زیاد با راندمان پایین (راندمان کمتر از ۴۰ درصد به دلیل بدون پوشش بودن ۷۷ درصد شبکه‌های آبیاری)، وسعت کم اراضی زراعی (به طور متوسط کمتر از ۱۰ هکتار برای هر کشاورز)، افزایش صنایع با مصرف آب زیاد (آبخواه) همچون صنایع شن و ماسه و رنگرزی و نساجی، افزایش برداشت در نتیجه موتوردار شدن چاهها، ابعاد نامناسب کرتها، افزایش برداشت به منظور آبیاری مناطق کشت شده با گونه تاغ که در سالهای اخیر به منظور کنترل فرسایش بادی در مناطق رسی و تپه‌های ماسه‌ای ارگ اشکذر توسعه زیادی یافته است و غیره اشاره کرد.

از طرف دیگر نتایج این پژوهش نمایانگر کارایی مدل تحلیل سلسله مراتبی فازی (FAHP) در ارزیابی راهبردهای بهینه و موثر در کنترل و کاهش پدیده بیابان‌زایی و احیا اراضی تخریب یافته می‌باشد. نتایج این پژوهش به مدیران مناطق بیابانی این امکان را می‌دهد که امکانات و سرمایه‌های

15. Dagdeviren, M., Yavuz, S., Kilinc, N., 2009. Weapon selection using the AHP and TOPSIS methods under fuzzy environment. *Expert Systems with Applications*, Vol 36, pp. 8143-8151.
16. Gungor, Z., Serhadlioglu, G., Kesen, E., 2009. A fuzzy AHP approach to personnel selection problem. *Applied Soft Computing*, Vol 9, pp. 641-646.
17. Saaty, T. L., 1980. *The Analytic Hierarchy Process*. McGraw-Hill International Press, New York, USA.
18. Saaty, T. L., 1995. *Decision making for leaders. The Analytic Hierarchy Process for decisions in a complex word*. RWS Publications, Pittsburgh, Germany.
۱۹. آذر، عادل و رجب زاده، علی، « تصمیم گیری کاربردی (رویکرد MADM) ». چاپ اول، انتشارات نگاه، ۱۳۸۱.
20. Sung, W. C., 2001. Application of Delphi method, a qualitative and quantitative analysis, to the healthcare management. *Journal of Healthcare Management*, Vol 2, pp. 11-20.
۲۱. زارع-آ، احمدی ناصری-س م، «ارایه شاخص پایداری با استفاده از تحلیل حساسیت AHP فازی»، اولین کنفرانس سیستم های فازی و هوشمند، شهریور ۱۳۸۶، دانشگاه فردوسی مشهد، ایران.
8. Chang, D. Y., 1996. Application of the extent analysis method on fuzzy AHP. *European journal of operational research*, Vol 95, pp. 649-655.
9. Sredjevic, B., Medeiros, Y. D. P., 2008. Fuzzy AHP Assessment of Water Management Plans. *Water Resources Management*, Vol 22, pp. 877-894.
10. Buyukozkam, G., Fezioglu, O., 2004. A fuzzy-logic-based decision making approach for new product development. *International journal of production economics*, Vol 90, pp. 27-45.
11. Chutima, P., Suwanfuji P., 1998. Fuzzy Analytical Hierarchy Process part routing in FMS. *International Journal of Science and Technology*, Vol 3, pp. 29-74.
12. Dagdeviren, M., Yuksel, I., 2009. Developing an Analytical Hierarchy Process (AHP) model for behavior-based management. *Information Sciences*, Vol 178, pp. 1717-1733.
13. Cebeci, U., 2009. fuzzy AHP-based decision support system for selecting ERP system in textile industry by using balanced scorecard. *Expert System with Applications*, Vol 36, pp. 8900-8909.
14. Kong, F., Liu, H., 2005. Applying Fuzzy Analytical Hierarchy Process to evaluate success factors of e-commers. *International Journal of Information and system Sciences*, Vol 1, pp. 406-412.