

## تجزیه و تحلیل حساسیت راهبردهای بهینه بیابانزدایی در چارچوب فرایند تحلیلی سلسله مراتبی (AHP)<sup>۱</sup> مطالعه موردی منطقه خضرآبادیزد

دکتر حسن احمدی

استاد دانشکده منابع طبیعی دانشگاه تهران

دکتر غلامرضا زهتاییان

استاد دانشکده منابع طبیعی دانشگاه تهران

محمد حسن صادقی روش

دانشجوی دکتری محیط زیست، واحد علوم و تحقیقات دانشگاه آزاد و عضو هیات علمی دانشگاه آزاد واحد تاکستان

E. mail : [msadeghiravesh@yahoo.com](mailto:msadeghiravesh@yahoo.com)

### چکیده

در اغلب اوقات داده های ارائه شده حاصل از فرآیند تصمیم گیری چند معیاره غیر کاربردی و متغیر می باشند، بنابراین یک قدم مهم در کاربرد مسائل تصمیم گیری چند معیاره (MADM) از جمله فرآیند تصمیم گیری سلسله مراتبی (AHP)، انجام آنالیز حساسیت روی داده های خروجی می باشد. در این مقاله سعی شد به منظور انجام آنالیز حساسیت بر روی اوزان معیارها و راهبردهای تصمیم گیری و نمایش ارزشهای نهایی (اصلاح شده) راه حلهای بیابانزدایی از روش آماری *Triantaphyllou* استفاده شود. بطور کلی در این روش، در ابتدا فرآیند آنالیز حساسیت بر روی معیارها و راهبردها انجام شد و به دنبال تعیین حساس ترین معیار و راهبرد، اوزان جدید راهبردها بر مبنای حساس ترین معیار و راهبرد در ماتریس تصمیم گیری جایگزین شد و با محاسبه میانگین موزون هر سطر از ماتریس نرمالیزه اصلاح شده، درجه ترجیح یا وزن نهایی راهبردها حاصل شد. در عین حال به منظور دستیابی به نتایج کاربردی، واقعی و عملی، منطقه خضرآبادیزد به عنوان یک منطقه تپیک از نظرگاه بیابانزایی مدنظر قرار گرفت. نتایج حاصل از کاربرد آنالیز حساسیت بر مبنای روش تری آنتافیلو در عرصه بیابانی منطقه خضرآباد به منظور تعیین وزن نهایی و اصلاح شده معیارها و راهبردهای مؤثر در بیابانزایی و بیابانزدایی، حکایت از توانایی بالای این مدل دارد. به طوری که بعد از تحلیل حساسیت معیارها و راهبردها و تعیین حساسترین معیار و راهبرد، اولویت بندی معیارها تغییری نکرد و همچنان معیار تناسب و سازگاری با محیط زیست (C1) با ضریب حساسیت ۰/۳۲۲۲ حساسترین معیار برآورد شد که بعد از نرمال سازی معیار مذکور با درجه ترجیح ۳۲/۶ درصد در اولویت اول قرار گرفت. که این نتیجه نشان دهنده توجه کارشناسان مدیریت مناطق

<sup>۱</sup> - Analytical Hierarchy Process

بیابانی به مسائل زیست محیطی و چالشهای مطرح در زمینه تخریب محیط زیست می باشد. در عین حال اولویت بندی راهبردها نیز تغییری نکرد و راهبرد کنترل چرای دام (A4) با ضریب حساسیت ۰/۱۳۸۱ حساسترین راهبرد برآورد شد که با محاسبه وزن جدید حساسترین راهبرد، راهبرد جلوگیری از تبدیل و تغییر نامناسب کاربری اراضی (A2) با درجه ترجیح ۲۳/۴۵ در صد در اولویت اول قرار گرفت و در نهایت با برآورد اولویت نهایی یا اصلاح شده راهبردها مشاهده شد که همچنان راهبرد A2 با درجه ترجیح ۲۲/۷ در صد در اولویت اول قرار دارد و در عین حال اولویت بندی راهبردها نسبت به حالت قبل اندکی تغییر یافت به طوری که اولویت نهایی راهبردهای کنترل چرای دام (A4) و تعدیل در برداشت از منابع آب زیرزمینی (A5) جایگزین شد.

واژگان کلیدی: فرآیند تحلیل سلسله مراتبی، تحلیل حساسیت، بیابانزدایی

## ۱) مقدمه

تحلیل حساسیت<sup>۱</sup> یکی از مباحث مهم برنامه ریزی خطی است که همواره از بدو پیدایش و ابداع برنامه ریزی خطی تا کنون مورد توجه متخصصین تحقیق در عملیات واقع شده است. تحلیل حساسیت عبارت از "تحلیل و بررسی چگونگی تغییر پارامترهای یک مدل برنامه ریزی خطی و ارزیابی تأثیر آن در جواب بهینه می باشد". (آذر، ۱۳۸۳)

تحلیل حساسیت رویه ای است که به طور کلی بعد از به دست آوردن جواب بهینه به اجراء می آید و منظور از آن بررسی تغییرات محتمل پارامترها بر روی جواب بهینه می باشد. بنابراین هدف از تحلیل حساسیت، شناخت پارامترهای کاملاً حساس می باشد تا تخمین و برآورد آنها با دقت بیشتری انجام شود و جواب بهینه جدید نیز بر همین اساس محاسبه گردد (مهرگان، ۱۳۷۹) در این رابطه تحقیقات تئوری و کاربردهای عملی در حوزه های مختلف علوم در قالب فرآیند تصمیم گیری به انجام رسیده است. که از جمله آنها می توان به کارهای آلپرت (Alpert, 1971) و ان فیندرفلت و ادوارد (Von Winterfeldt and Edwards, 1986) واتسون و بود (Watson and Buede, 1987) بارون و اشمیت (Barron and Schmidt, 1988) و وندل (Wendel, 1992) اشاره کرد. در ادامه همزمان و بعد از مطرح شدن فرایند تحلیلی سلسله مراتبی (AHP) توسط ساعتی (Tomas L Saaty, 1980-1994)، اولین بار اینسوا (Rios Insua, 1990) با توسعه دیدگاه وان فیندرفلت و ادوارد آنالیز حساسیت در تصمیم گیری چند هدفه (MODM)<sup>۲</sup> را مطرح کرد، و ماسودا (Masuda, 1990) آنالیز حساسیت را در فرایند تصمیم گیری تحلیلی سلسله مراتبی مورد بررسی قرار داد، و همچنین آرماگوست و حسینی (Armacost and Hsseini, 1994) روندی را برای تعیین بحرانی ترین معیار برای یک سطح از سلسله مراتب در مسائل AHP ارائه دادند و در نهایت تری آنتافیلو و همکاران (Triantaphyllou and etal, 1997) روش تحلیل حساسیت برای تصمیم گیری های چند هدفه ارائه شده توسط اینسوا را مورد تأیید قرار داده و با توسعه این روش، روشی مناسب را به منظور تحلیل حساسیت در فرایند تصمیم

<sup>۱</sup> - Sensitivity Analysis

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

گیری چند معیاره ارائه کردند. روش تری آنتافیلورا در واقع می توان به عنوان ابزاری برای بررسی سیستماتیک آنالیز حساسیت و تحلیل تغییرات راهبردها دانست. در عین حال این روش با معرفی معیارهای بحرانی، وارزیابی مجدد اوزان، قادر است معیارهای کیفی رابه صورت بهینه کمی نموده و فرایند تصمیم گیری حاصل از این معیارها را بهبود ببخشد.

لازم به اشاره است که اگرچه نرم افزار EC<sup>۱</sup>، قابلیت محاسبات تحلیل حساسیت در ارتباط با فرایند تحلیلی سلسله مراتبی را داراست، در عین حال کاربر صرفاً می تواند با تغییر وزن معیارها، تغییرات اولویت بندی گزینه ها را مشاهده کند، یا به عبارت دیگر نرم افزار مذکور توانایی بر آورد عددی حساسیت معیارها و راهبردها را ندارد و صرفاً نمایشی گرافیکی از تغییر اولویت بندی گزینه ها را ارائه می دهد. مضافاً اینکه هیچ روشی را برای آنالیز و بررسی اعمال تغییرات در مقدار عملکرد گزینه ها ارائه نمی کند. لذا در این مقاله به منظور انجام دقیقتر آنالیز حساسیت بر روی معیارها و راهبردها از روش تری آنتافیلورا استفاده شد و ادامه متذکور به منظور دستیابی به راه حل های بهینه در منطقه خضرآباد یزد به کار رفت.

در عین حال آنچه قابل توجه است این موضوع است که همانطور که ارائه راه حل بهینه بیابانزدایی در حوزه مسائل بیابانی، با استفاده از روشهای تصمیم گیری چند معیاره (MADM)<sup>۲</sup> و از جمله مدل تحلیلی سلسله مراتبی (AHP) سابقه ندارد کاربرد فرایند تحلیل حساسیت، در شناخت پارامترهای حساس، نحوه تغییر و تعیین راه حل بهینه بر اساس آنها نیز سابقه ندارد، این پژوهش در حوزه مسائل بیابانی و کاربرد عملی آن در منطقه خضرآباد یزد به عنوان یک پژوهش استراتژیک و کاربردی با اهمیت می باشد.

## ۲) مواد و روشها

در این پژوهش به منظور تحلیل حساسیت راهبردهای بهینه مطرح در بیابانزدایی از روشهای آماری<sup>۳</sup> از جمله، درصد حد آستانه تغییر، کمترین مقدار قدر مطلق حد آستانه تغییر (درجه بحرانی) و غیره استفاده شد در عین حال از یک طرف به دلیل وسعت مفهوم بیابانزائی و پیچیدگی فرایند شکل گیری آن که متضمن دستیابی به حجم زیادی از اطلاعات میدانی و ستادی می باشد، و از طرف دیگر امکان ارائه مدل تحلیل حساسیت در تعیین ضرائب حساسیت معیارها و راهبردهای مطرح در بیابانزدائی و اصلاح اولویت راهبردها به صورت عملی و کاربردی، به صورت موردی<sup>۴</sup> منطقه خضرآباد یزد مورد توجه قرار گرفت. این منطقه با وسعتی معادل ۷۸۱۸۰ هکتار در ۱۰ کیلومتری غرب شهر یزد در موقعیت جغرافیایی ۵۵°، ۵۳° الی ۲۰°، ۵۴° طول شرقی و ۴۵°، ۳۱° الی ۱۵°، ۳۲° عرض شمالی قرار گرفته (نقشه ۱)، و از نظر اقلیمی در شرایط خشک و سرد بیابانی طبقه بندی می شود. ۱۲۹۳۰ هکتار (۱۶/۵٪) از اراضی منطقه را تپه ها و پهنه های ماسه ای شکل داده که بخشی از ارگ بزرگ اشکدر با وسعتی معادل ۸۹۲۳ هکتار در شمال منطقه با انواع رخساره های تخریبی و فرسایشی به

<sup>۱</sup> - Expert Choice

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

<sup>۳</sup> - Statistical

<sup>۴</sup> - Case Study

چشم می خورد<sup>۱</sup>. 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 تپیک از نظرگاه بیابان زائی در منطقه و بیان کننده لزوم پرداختن به راه حلهای موثر و بهینه بیابانزدائی در این حوزه است. لذا در این مقاله پس از ارائه راه حلهای بهینه بیابانزدائی با استفاده از مدل تحلیلی سلسله مراتبی که شرح آن از چهارچوب این مقاله خارج است به منظور دستیابی به نتایج صحیح تر و دارای ضریب اطمینان بیشتر، اقدام به انجام آنالیز حساسیت با استفاده از مدل تری آنتافیلو بر روی نتایج حاصله شد. در ادامه ساختار این مدل در دو فاز جداگانه مربوط به معیارها و راهبردها مورد بررسی قرار می گیرد.

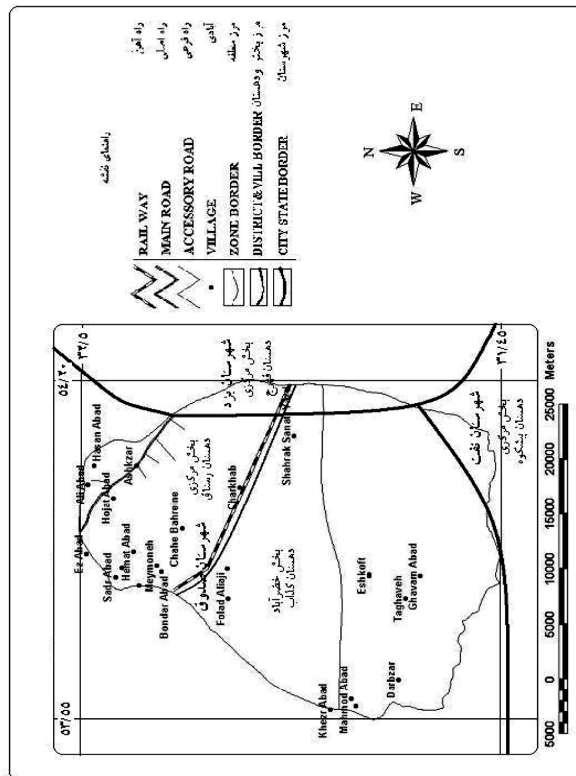
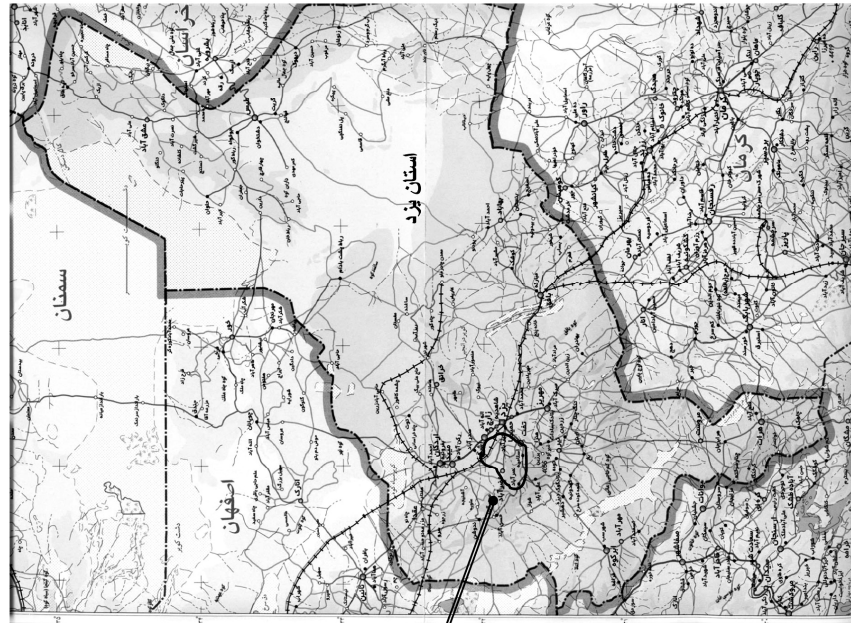
#### -آنالیز حساسیت مربوط به معیارها

با توجه به اینکه مقادیر عددی هر معیار تأثیر بسزایی در اولویت بندی راهبردها دارد، لذا وزن معیارها نیز در فرایند تحلیل حساسیت مورد ارزیابی قرار می گیرد. بنابراین در ابتدا به منظور لحاظ این موضوع، ماتریس تصمیم گیری در AHP که نتیجه نهایی آنالیز سلسله مراتبی جهت ارائه راهبرد بهینه می باشد، مد نظر قرار می گیرد. (جدول ۱)

جدول (۱): ماتریس تصمیم گیری در AHP

| Alt<br>راهبردها | Criterion                        |                                  |                                  |                |                                  | Pi             |
|-----------------|----------------------------------|----------------------------------|----------------------------------|----------------|----------------------------------|----------------|
|                 | C <sub>1</sub><br>W <sub>1</sub> | C <sub>2</sub><br>W <sub>2</sub> | C <sub>3</sub><br>W <sub>3</sub> | -----<br>----- | C <sub>N</sub><br>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> |

نقشه (۱): موقعیت جغرافیایی منطقه خضرآباد



در این ماتریس:

- M: تعداد گزینه‌ها یا راهبردها  
 W: مقدار وزنی (عددی) معیار مربوطه  
 A: عنوان گزینه یا راهبرد  
 a<sub>ij</sub>: مقدار وزنی که هر گزینه با توجه به معیار مربوطه کسب می‌کند.  
 N: تعداد معیارها  
 P: درجه ارجحیت راهبردها  
 C: عنوان معیار

در ادامه به منظور دستیابی به مقدار عددی حساس ترین معیار و اصلاح اوزان سایر معیارها بر مبنای آن مراحل ذیل به ترتیب به انجام می‌رسد

۱- محاسبه مقادیر عددی کمترین تغییر وزنی مرتبط با هر معیار  $C_K$  ( $\delta_{k,i,j}$ ) از رابطه ۱، به عبارت دیگر حداقل تغییرات مربوط به معیار  $W_K$  را که منجر به تغییر اولویت  $A_i, A_j$  می‌شود محاسبه می‌کنیم.

$$\delta_{k,i,j} = \frac{(P_j - P_i)}{(a_{jk} - a_{ik})} \quad \text{رابطه (۱)}$$

۲- تشکیل جدول حد آستانه تغییر در وزن معیارها، پس از مقایسه دو دویی راهبردها با هم بر مبنای رابطه (۱)، مقادیر عددی  $\delta_{k,i,j}$  با  $W_K$  مربوطه مقایسه می‌شود، چنانچه هر یک از مقادیر محاسبه شده از  $W_K$  مربوطه کوچکتر یا مساوی آن بود شرط لازم در محاسبه برقرار بوده (رابطه ۲) و در غیر این صورت تغییر در وزن معیارها جهت تغییر در اولویت بندی غیرممکن می‌باشد. بنابراین در خانه مربوطه در جدول  $\delta_{k,i,j}$ ،  $N/F$  یعنی عدم امکان پذیر بودن اعمال تغییر قرار گرفته و این مقدار در محاسبات بعدی وارد نمی‌شود

$$\delta_{k,i,j} \leq W_K \quad \text{رابطه (۲)}$$

۳- محاسبه درصد حد آستانه تغییر در وزن معیارها ( $\delta'_{kij}$ )، با استفاده از رابطه (۳) و تشکیل ماتریس دو بعدی مربوطه

$$\delta'_{k,i,j} = \frac{\delta_{k,i,j} \times 100}{W_K} \quad \text{رابطه (۳)}$$

۴- محاسبه درجه بحرانی بودن معیارها ( $D'_K$ ) از رابطه (۴)، که در واقع عبارتست از قدر مطلق کمترین مقدار درصد حد آستانه تغییر در وزن معیارها

$$D'_K = \min \left[ \left| \delta'_{k,i,j} \right| \right] \quad N \leq K \leq 1 \quad \text{رابطه (۴) برای همه مقادیر}$$

$$1 \leq i < j \leq M$$

۵- محاسبه ضرایب حساسیت معیارها از رابطه (۵)، که در واقع معادل معکوس درجه بحرانی آن معیار می‌باشد

$$\text{Sens}(C_K) = \frac{1}{D'_K} \quad N \geq K \geq 1 \quad \text{رابطه (۲۸-۲) برای همه مقادیر}$$

۶- مقایسه ضرایب حساسیت معیارها و تعیین حساس ترین معیار یا معیاری که بیشترین ضریب حساسیت را دارا می

باشد

۷- اصلاح مقدار عددی حساس ترین معیار با استفاده از رابطه (۶)، در این رابطه لازم است که حداقل قدر مطلق  $\delta'_{kij}$  را از جدول مربوطه بدست آورده، و عدد حقیقی  $\delta_{k,i,j}$  متناظر با آنرا از جدول حد آستانه تغییر در وزن معیارها، در نظر بگیریم.

$$W^* = W - \delta_{kij} \quad \text{رابطه (۶)}$$

$W^* =$  مقدار عددی جدید مربوط به معیار حساس

$W =$  مقدار عددی مربوط به معیار حساس در شرایط اولیه

۸- نرمال سازی مقادیر، پس از تعیین مقدار جدید برای حساس ترین معیار، و با توجه به اینکه تغییر ایجاد شده در حساس ترین معیار موجب ضرورت اصلاح سایر معیارها خواهد بود، لذا تمام معیارها بر اساس رابطه (۷) اصلاح می شوند.

$$r_{ij} = \frac{a_{ij}}{\sum_{i=1}^m a_{ij}} \quad \text{رابطه (۷)}$$

-آنالیز حساسیت مربوط به راهبردها

در این مرحله نیز همانند مرحله قبلی، مقدماتاً ماتریس تصمیم گیری در AHP (جدول ۱) را مدنظر قرار داده و مراحل ذیل را جهت تحلیل حساسیت راهبردها به انجام می رسانیم

۱- محاسبه مقادیر عددی مقدار آستانه وزنی  $a_{ij}$  (ijk) از رابطه ۸، یا کمترین تغییری که برای هر یک از اوزان راهبردها اتفاق می افتد و سبب تغییر اولویت بندی راهبردها در ارتباط با هر یک از معیارها خواهد شد.

$$i, j, k = \frac{(p_i - p_k)}{[p_i - p_k + w_j (a_{kj} - a_{ij} + 1)]} \quad \text{رابطه (۸)}$$

۲- محاسبه مقادیر عددی درصد مقدار آستانه وزنی  $a_{ij}$  (i, j, k) از رابطه (۹)

$$i, j, k = \frac{i, j, k \times 100}{a_{ij}} \quad \text{رابطه (۹)} \quad \text{برای همه مقادیر } 1 \leq i, k \leq M, \text{ AND } 1 \leq j \leq N$$

۳- مقایسه مقادیر عددی  $ijk$  با عدد ۱۰۰ و تشکیل ماتریس مربوطه، مطابق رابطه ۱۰ چنانچه هر یک از مقادیر محاسبه شده از ۱۰۰ کوچکتر یا مساوی آن بود شرط لازم در محاسبه برقرار بوده و در غیر این صورت در خانه جدول علامت N/F قرار گرفته و مقدار محاسبه شده  $i, j, k$  در محاسبات بعدی وارد نمی شود

$$i, j, k \leq 100 \quad \text{رابطه (۱۰)}$$

۴- محاسبه درجه بحرانی راهبردها (ij) از رابطه (۱۱)، که معادل قدر مطلق کمترین مقدار مربوط به  $i, j, k$  می باشد

$$ij = \min\{i, j, k\} \quad M \geq i \geq 1, \text{ and } N \geq j \geq 1 \quad k \neq i \quad \text{رابطه (۱۱)}$$

۵- برآورد بحرانی ترین راهبرد (LK) از رابطه ۱۲، که معادل قدر مطلق کمترین مقدار درجه بحرانی راهبردها

می باشد

$$L_k = \min \left\{ \min_{N \geq i \geq 1} \{ 'ij \} \right\} \quad N \geq k \geq 1 \quad \text{رابطه (۱۲) برای بعضی مقادیر}$$

$$M \geq i \geq 1$$

۶- محاسبه و تعیین ضرائب حساسیت راهبردها (Sens(a<sub>ij</sub>)) از رابطه ۱۳، که معادل معکوس بحرانی ترین راهبردها می باشد

$$\text{sens}(a_{ij}) = \frac{1}{'ij} \quad M \geq i \geq 1, \text{ and } N \geq J \geq 1 \quad \text{برای هر مقدار} \quad \text{رابطه (۱۳)}$$

۷- مقایسه ضرایب حساسیت و تعیین حساس ترین راهبرد که بیشترین ضریب حساسیت را دارا می باشد

۸- اصلاح مقدار عددی حساس ترین راهبرد با استفاده از رابطه ۱۴، در این مرحله مقدار جدیدی را برای حساس

ترین راهبرد تعیین می کنیم

$$a_{ij}^* = a_{ij} - i, j, k \quad \text{رابطه (۱۴)}$$

در این رابطه  $a_{ij}^*$  = مقدار عددی جدید مربوط به راهبرد حساس  $a_{ij}$

$a_{ij}$  = مقدار عددی راهبرد حساس در شرایط اولیه

$i, j, k$  = مقدار عددی آن طبق تعریف از رابطه (۱۵) بدست می آید

$$i, j, k = \frac{'i, j, k \times a_{ij}}{100} \quad \text{رابطه (۱۵)}$$

۹- نرمال سازی مقادیر: پس از تعیین مقدار جدید برای حساس ترین راهبرد، لازم است با توجه به رابطه (۷) و نیز با توجه

به اینکه تغییر ایجاد شده در حساس ترین راهبرد موجب ضرورت اصلاح سایر راهبردها خواهد بود، تمامی راهبردهای واقع در ستونی که حساس ترین راهبرد در آنجا قرار دارد اصلاح شود.

- تعیین اولویت نهایی راهبردها

به دنبال تعیین اوزان جدید معیارها و راهبردها بر مبنای حساس ترین معیار و راهبرد و به منظور محاسبه اولویت

اصلاح شده یا نهایی راهبردها برای دستیابی به هدف، ماتریس تصمیم گیری در AHP (جدول ۱) را مد نظر قرار داده

و مقادیر جدید معیارها و راهبردهای اصلاح شده را جایگزین مقادیر اولیه کرده و سپس با محاسبه میانگین موزون هر

سطر از ماتریس نرمالیزه اصلاح شده، درجه ترجیح یا وزن نهایی راهبردها حاصل می شود.

## نتایج

همانطور که بیان شد به منظور تحلیل حساسیت راهبردهای بهینه منتج از روش AHP، از مدل آماری تری آنتافیلو

استفاده شد. بنابراین در ابتدا آنالیز حساسیت معیارها به انجام رسید. بدین منظور مطابق روش تحقیق ابتدا ماتریس تصمیم

گیری حاصل شده در چهارچوب روش AHP به منظور ارائه راه حل های بهینه مد نظر قرار گرفت (جدول ۲)



جدول (۲): ماتریس تصمیم‌گیری راهبردهای بهینه بیابانزدایی از نظر گروه

| الویت نهایی راهبردها (P <sub>i</sub> ) | زمان (C <sub>5</sub> ) | ابزارهای علمی و تکنولوژی در دسترس (C <sub>4</sub> ) | منابع انسانی متخصص (C <sub>3</sub> ) | تخریب منابع و خسارات محیطی و انسانی (C <sub>2</sub> ) | تناسب و سازگاری با محیط زیست (C <sub>1</sub> ) | اهمیت معیارها (C) ◀<br>الویت راهبردها (A) ▼                  |
|--|------------------------|---|--------------------------------------|---|--|--|
|  | ۰/۰۸۹۲                 | ۰/۱۰۹۵  | ۰/۱۵۷۶                               | ۰/۳۰۷۴  | ۰/۳۳۶۵   |  |
| ۰/۲۱۹۲                                 | ۰/۲۵۰۹                 | ۰/۲۳۸۷  | ۰/۲۴۸۸                               | ۰/۱۸۰۵  | ۰/۲۲۵۷   | توسعه واحیاء پوشش گیاهی (A <sub>1</sub> )                    |
| ۰/۲۲۸۸                                 | ۰/۱۹۶۰                 | ۰/۱۶۳۵  | ۰/۱۹۸۳                               | ۰/۲۳۸۳  | ۰/۲۶۴۳   | جلوگیری از تبدیل و تغییر نامناسب کاربری (A <sub>2</sub> )    |
| ۰/۱۷۵۸                                 | ۰/۱۶۲۰                 | ۰/۲۵۶۵  | ۰/۲۰۹۳                               | ۰/۱۵۱۰  | ۰/۱۶۰۰   | تغییر الگوی آبیاری و اجرا روشهای کم آبخواه (A <sub>3</sub> ) |
| ۰/۱۸۵۷                                 | ۰/۲۲۲۹                 | ۰/۱۷۶۲  | ۰/۱۶۰۸                               | ۰/۲۲۰۹  | ۰/۱۵۸۲   | کنترل چرای دام (A <sub>4</sub> )                             |
| ۰/۱۹۰۵                                 | ۰/۱۶۸۲                 | ۰/۱۶۳۳  | ۰/۱۸۲۶                               | ۰/۲۰۹۲  | ۰/۱۹۱۸   | تعدیل در برداشت از منابع آب زیرزمین (A <sub>5</sub> )        |

وسپس با تشکیل ماتریس دو بعدی  $\delta_{k,i,j}$  (جدول ۳) مقادیر عددی ماتریس مذکور را با در نظر گرفتن اعداد ماتریس تصمیم‌گیری و با استفاده از رابطه ۱ و ۳ بدست آوردیم

جدول (۳): کمترین درصد تغییر در وزن معیارها جهت معکوس سازی اولویت بندی راهبردها

| گزینه (راهبرد)<br>Alternative  | معیار (Criterion) |                |                |                |                |
|--------------------------------|-------------------|----------------|----------------|----------------|----------------|
|                                | C <sub>1</sub>    | C <sub>2</sub> | C <sub>3</sub> | C <sub>4</sub> | C <sub>5</sub> |
| A <sub>1</sub> -A <sub>2</sub> | ۷۳/۹۰۷۹           | ۵۴/۰۰۱۳        | -۱۲۰/۶۲۱۸      | -۱۱۶/۶۲۱       | -۱۹۶/۰۷۶۲      |
| A <sub>1</sub> -A <sub>3</sub> | N/F               | N/F            | N/F            | -۲۲۲۶/۴۸۴      | N/F            |
| A <sub>1</sub> -A <sub>4</sub> | N/F               | -۲۶۹/۷۴۶۲      | N/F            | N/F            | N/F            |
| A <sub>1</sub> -A <sub>5</sub> | N/F               | -۳۲۵/۳۰۹۰      | N/F            | N/F            | N/F            |
| A <sub>2</sub> -A <sub>3</sub> | N/F               | N/F            | -۳۰۵۷/۲۳۳۵     | -۵۲۰/۴۵۶۶      | N/F            |
| A <sub>2</sub> -A <sub>4</sub> | N/F               | N/F            | N/F            | -۳۰۹۹/۲۶۹۴     | -۱۷۹۶/۱۸۸۳     |
| A <sub>2</sub> -A <sub>5</sub> | N/F               | -۴۲۸/۱۳۹۲      | N/F            | N/F            | N/F            |
| A <sub>3</sub> -A <sub>4</sub> | -۱۶۳۴/۴۷۲۵        | ۴۶/۰۶۳۷        | -۱۲۹/۵۰۵۰      | -۱۱۲/۶۰۲۷      | N/F            |
| A <sub>3</sub> -A <sub>5</sub> | N/F               | ۸۳/۰۱۸۸        | -۳۴۹/۳۶۵۴      | -۱۳۸/۵۳۸۸      | N/F            |
| A <sub>4</sub> -A <sub>5</sub> | ۴/۲۴۹۶            | -۱۳۳/۴۴۱۷      | N/F            | -۳۳۹/۸۱۷۳      | -۹۸/۲۰۶۳       |

سپس با استفاده از رابطه ۴ اقدام به برآورد کمترین مقدار قدر مطلق موجود در هر ستون مربوط به هر معیار کردیم، که این اعداد نمایانگر درجه بحرانی بودن معیارها ( $D'_k$ ) می باشند. (جدول ۴)

جدول (۴): درجه بحرانی بودن معیارها

| علائم                             | $D'_1$ | $D'_2$  | $D'_3$   | $D'_4$   | $D'_5$  |
|-----------------------------------|--------|---------|----------|----------|---------|
| درجه بحرانی بودن معیار ( $D'_k$ ) | ۴/۲۴۹۶ | ۴۶/۰۶۳۷ | ۱۲۰/۶۲۱۸ | ۱۱۲/۶۰۲۷ | ۹۸/۲۰۶۳ |

ودرانتها به منظور محاسبه ضرایب حساسیت معیارها و تعیین حساس ترین معیار مطابق رابطه ۵، عکس درجه بحرانی آن معیار در نظر گرفته شد و از آنجا که حساس ترین معیار بزرگترین درجه حساسیت را به خود اختصاص می دهد، لذا معیار تناسب و سازگاری با محیط زیست ( $C_1$ ) به عنوان حساس ترین معیار با ضریب حساسیت ۰/۲۳۵۳ در نظر گرفته شد. (جدول ۵)

جدول (۵): ضرایب حساسیت معیارها

| علائم                   | Sens( $C_1$ ) | Sens( $C_2$ ) | Sens( $C_3$ ) | Sens( $C_4$ ) | Sens( $C_5$ ) |
|-------------------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|
| ضریب حساسیت معیار $C_k$ | ۰/۲۳۵۳        | ۰/۰۲۱۷        | ۰/۰۰۸۳        | ۰/۰۰۸۹        | ۰/۰۱۰۲        |

با مشخص شدن ضرایب حساسیت معیارها و حساس ترین معیار، با استفاده از رابطه ۶ مقدار عددی جدیدی معادل ۰/۲۳۲۲ برای حساس ترین معیار بدست آمد و با توجه به این مطلب که تغییر ایجاد شده در وزن حساس ترین معیار، لزوم اصلاح سایر وزن های معیارها را به همراه خواهد داشت، اقدام به نرمال سازی وزن معیارها از رابطه (۷) شد (جدول ۶).

جدول (۶): نرمال سازی وزن معیارها

| رتبه جدید | وزن جدید (نرمال شده) | اعمال وزن جدید حساسترین معیار | رتبه اولیه | وزن اولیه  | معیار                                       |
|-----------|----------------------|-------------------------------|------------|------------|---|
| ۱         | ۰/۳۲۶۸               | ۰/۳۲۲۲                        | ۱          | ۰/۳۳۶۵     | $C_1^*$<br>$C_2$<br>$C_3$<br>$C_4$<br>$C_5$ |
| ۲         | ۰/۳۱۱۸               | ۰/۳۰۷۴                        | ۲          | ۰/۳۰۷۴     |   |
| ۳         | ۰/۱۵۹۸               | ۰/۱۵۷۶                        | ۳          | ۰/۱۵۷۶     |   |
| ۴         | ۰/۱۱۱۱               | ۰/۱۰۹۵                        | ۴          | ۰/۱۰۹۵     |   |
| ۵         | ۰/۰۹۰۵               | ۰/۰۸۹۲                        | ۵          | ۰/۰۸۹۲     |   |
|           | $\sum = 1$           | $\sum = ۰/۹۸۹۵$               |            | $\sum = 1$ |   |

\* - حساسترین معیار

در اینجا ملاحظه می شود که مقادیر عددی وزن هر یک از معیارها در مقایسه با اوزان اولیه اندکی تغییر یافت ولی همچنان اولویت بندی اولیه معیارها ثابت ماند، بنابراین نتایج اولویت بندی معیارها بر اساس وزن عددی به دست آمده در مرحله تحلیل حساسیت معیارها به عنوان اولویت نهایی تلقی شد.

پس از انجام فرایند تحلیل حساسیت معیارها، تحلیل حساسیت راهبردها مدنظر قرار گرفت و در این راستا همانند مرحله قبل ماتریس تصمیم گیری در AHP (جدول ۱) در نظر گرفته شد. سپس با استفاده از رابطه ۸ و ۹، ماتریس  $i, j, k$  شکل گرفت (جدول ۷)

جدول (۷): حداقل درصد تغییر در ارزش عملکرد هر راهبرد ( $a_{ij}$ ) در ارتباط با هر معیار ( $C_j$ ) جهت تغییر اولویت بندی راهبردها

| راهبرد<br>Alternative<br>( $A_i$ ) | معیار (Criterion) |           |           |           |           | راهبرد<br>Alternative<br>( $A_k$ ) |
|------------------------------------|-------------------|-----------|-----------|-----------|-----------|------------------------------------|
|                                    | $C_1$             | $C_2$     | $C_3$     | $C_4$     | $C_5$     |                                    |
|                                    | -۱۲/۴۹۴۵          | -۱۶/۸۴۲۱  | -۲۷/۵۷۲۳  | -۴۳/۸۶۲۶  | -۵۱/۲۱۵۶  |                                    |
|                                    | ۵۳/۷۴۳۹           | ۷۰/۳۶۰۱   | ۸۹/۵۴۹۸   | N/F       | N/F       |                                    |
|                                    | ۴۲/۷۵۶            | ۵۲/۵۲۰۸   | ۷۶/۰۰۴۸   | N/F       | N/F       |                                    |
| $A_1$                              | ۳۵/۹۳۲۶           | ۴۶/۰۹۴۱   | ۶۵/۵۹۴۸   | ۹۲/۵۴۲۹   | N/F       | $A_2$                              |
| $A_1$                              | ۱۰/۸۹۶۷           | ۱۳/۴۷۰۴   | ۲۷/۶۳۴۹   | ۴۶/۱۱۶۲   | ۴۷/۲۴۴۹   | $A_3$                              |
| $A_1$                              | ۵۶/۵۶۴۵           | ۶۶/۶۸۰۷   | N/F       | N/F       | N/F       | $A_4$                              |
| $A_2$                              | ۴۷/۴۰۸۲           | ۵۲/۴۱۲۹   | N/F       | N/F       | N/F       | $A_5$                              |
| $A_2$                              | ۴۱/۳۵۴۵           | ۴۷/۷۱۳۰   | ۹۹/۸۴۸۷   | N/F       | N/F       | $A_1$                              |
| $A_2$                              | -۸۶/۰۶۲۵          | -۱۰۵/۲۳۱۸ | -۱۷۳/۱۰۰۸ | -۲۶۳/۵۴۷۸ | -۴۹۸/۸۸۸۸ | $A_3$                              |
| $A_3$                              | -۱۰۴              | -۱۲۴/۸۳۴۴ | -۲۴۶/۱۰۶  | -۴۴۶/۲۷۶۸ | -۸۳/۴۵۶۸  | $A_4$                              |
| $A_3$                              | -۱۹               | -۲۰/۵۲۹۸  | -۳۶/۰۷۲۶  | -۴۲/۴۵۵۱  | -۷۲/۱۶۰۵  | $A_5$                              |
| $A_3$                              | -۲۹/۳۷۵           | -۳۱/۳۲۴۵  | -۵۰/۶۴۵۰  | -۶۷/۷۵۸۳  | -۱۲۰/۹۸۷۷ | $A_1$                              |
| $A_4$                              | -۶۵/۰۴۴۲          | -۵۷/۹۹۰۰  | -۱۵۰/۹۹۵۰ | -۲۲۹/۶۲۵۴ | -۲۵۸/۲۳۲۴ | $A_2$                              |
| $A_4$                              | -۸۲/۸۰۶۶          | -۷۲/۳۸۵۷  | -۲۲۲/۶۳۶۸ | -۳۷۶/۳۳۳۷ | -۴۴۲/۴۸۵۷ | $A_3$                              |
| $A_4$                              | ۱۸/۰۱۵۲           | ۱۵/۱۶۵۲   | ۳۵/۱۳۶۸   | ۴۳/۸۱۳۸   | ۴۷/۴۲۰۴   | $A_5$                              |
| $A_5$                              | -۸/۸۴۹۶           | -۷/۲۴۳۱   | -۱۹/۰۹۲۰  | -۲۶/۳۹۰۵  | -۲۷/۰۹۷۴  | $A_1$                              |
| $A_5$                              | -۴۶/۸۷۱۷          | -۵۰/۸۱۲۶  | -۱۱۲/۸۱۴۹ | -۱۹۷/۹۱۷۹ | -۲۵۱/۳۹۸۰ | $A_2$                              |
| $A_5$                              | -۶۱/۸۸۷۴          | -۶۶/۸۲۸۳  | -۱۷۲/۱۷۹۶ | -۳۲۹/۳۹۳۸ | -۴۲۶/۶۶   | $A_3$                              |
|                                    | ۲۲/۵۲۳۵           | ۲۳/۰۸۷۹   | ۴۵/۶۱۸۸   | ۶۶/۹۹۳۳   | ۸۴/۵۹۲۵   | $A_4$                              |
|                                    | ۷/۵۵۹۹            | ۷/۲۶۵۸    | ۱۶/۵۳۸۹   | ۲۵/۴۱۳۳   | ۲۸/۸۵۱۹   |                                    |

در ادامه درجه بحرانی بودن راهبردها در ارتباط با هر معیار از رابطه (۱۱) بدست آمد و نتایج حاصله در ماتریس دوبعدی تحت عنوان "درجه بحرانی بودن راهبردها ( $i, j$ )" وارد شد. (جدول ۸) بر مبنای رابطه (۱۲) راهبرد کنترل چرای دام ( $A_4$ ) بحرانی ترین راهبرد برآورد شد.

جدول (۸): درجه بحرانی بودن راهبردها (ij) به درصد

| راهبرد<br>(Alternative) | معیار (Criterion)        |                          |                          |                          |                          |
|-------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|
|                         | C <sub>1</sub>           | C <sub>2</sub>           | C <sub>3</sub>           | C <sub>4</sub>           | C <sub>5</sub>           |
| A <sub>1</sub>          | ۱۲/۴۹۴۵(A <sub>2</sub> ) | ۱۶/۸۴۲۱(A <sub>2</sub> ) | ۲۷/۵۷۲۳(A <sub>2</sub> ) | ۴۳/۸۶۲۶(A <sub>2</sub> ) | ۵۱/۲۱۵۶(A <sub>2</sub> ) |
| A <sub>2</sub>          | ۱۰/۸۹۶۷(A <sub>1</sub> ) | ۱۳/۴۷۰۴(A <sub>1</sub> ) | ۲۷/۶۳۴۹(A <sub>1</sub> ) | ۴۶/۱۱۶۲(A <sub>1</sub> ) | ۴۷/۲۴۴۹(A <sub>1</sub> ) |
| A <sub>3</sub>          | ۱۹(A <sub>4</sub> )      | ۲۰/۵۲۹۸(A <sub>4</sub> ) | ۳۶/۰۷۲۶(A <sub>4</sub> ) | ۴۲/۴۹۵۱(A <sub>4</sub> ) | ۷۲/۱۶۰۵(A <sub>4</sub> ) |
| A <sub>4</sub>          | ۸/۸۴۹۶(A <sub>5</sub> )  | ۷/۲۴۳۱(A <sub>5</sub> )  | ۱۹/۰۹۲۰(A <sub>5</sub> ) | ۲۶/۳۹۰۵(A <sub>5</sub> ) | ۲۷/۰۹۷۴(A <sub>5</sub> ) |
| A <sub>5</sub>          | ۷/۵۵۹۹(A <sub>4</sub> )  | ۷/۲۶۵۸(A <sub>4</sub> )  | ۱۶/۵۳۸۹(A <sub>4</sub> ) | ۲۵/۴۱۳۳(A <sub>4</sub> ) | ۲۸/۸۵۱۹(A <sub>4</sub> ) |

حال به منظور برآورد ضریب حساسیت بحرانی‌ترین راهبرد، ضریب حساسیت راهبردها از رابطه (۱۳) محاسبه شد (جدول ۹) و با توجه به ماتریس مذکور، حساس‌ترین راهبرد، راهبرد کنترل چرای دام (A<sub>4</sub>) با ضریب حساسیت (۰/۱۳۸)، حساس‌ترین راهبرد در ارتباط با معیار C<sub>2</sub> بدست آمد.

جدول (۹): ضرایب حساسیت گزینه‌ها (راهبردها)

| راهبرد<br>(Alternative) | معیار (Criterion)       |                         |                         |                         |                         |
|-------------------------|-------------------------|-------------------------|-------------------------|-------------------------|-------------------------|
|                         | C <sub>1</sub>          | C <sub>2</sub>          | C <sub>3</sub>          | C <sub>4</sub>          | C <sub>5</sub>          |
| A <sub>1</sub>          | ۰/۰۸(A <sub>2</sub> )   | ۰/۰۵۹۴(A <sub>2</sub> ) | ۰/۰۳۶۳(A <sub>2</sub> ) | ۰/۰۲۲۸(A <sub>2</sub> ) | ۰/۰۱۹۵(A <sub>2</sub> ) |
| A <sub>2</sub>          | ۰/۰۹۱۸(A <sub>1</sub> ) | ۰/۰۷۴۲(A <sub>1</sub> ) | ۰/۰۳۶۲(A <sub>1</sub> ) | ۰/۰۲۱۷(A <sub>1</sub> ) | ۰/۰۲۱۲(A <sub>1</sub> ) |
| A <sub>3</sub>          | ۰/۰۵۲۶(A <sub>4</sub> ) | ۰/۰۴۸۷(A <sub>4</sub> ) | ۰/۰۲۷۷(A <sub>4</sub> ) | ۰/۰۲۳۵(A <sub>4</sub> ) | ۰/۰۱۳۸(A <sub>4</sub> ) |
| A <sub>4</sub>          | ۰/۱۱۳۰(A <sub>5</sub> ) | ۰/۱۳۸۱(A <sub>5</sub> ) | ۰/۰۵۲۴(A <sub>5</sub> ) | ۰/۰۳۷۹(A <sub>5</sub> ) | ۰/۰۳۶۹(A <sub>5</sub> ) |
| A <sub>5</sub>          | ۰/۱۳۳۳(A <sub>4</sub> ) | ۰/۱۳۷۶(A <sub>4</sub> ) | ۰/۰۶۰۵(A <sub>4</sub> ) | ۰/۰۳۹۳(A <sub>4</sub> ) | ۰/۰۳۴۶(A <sub>4</sub> ) |

در ادامه با مشخص شدن ضرایب حساسیت راهبردها و حساس‌ترین راهبرد، با استفاده از رابطه (۱۴)، مقدار عددی جدیدی معادل ۰/۲۳۷، برای حساس‌ترین راهبرد به دست آمد. در این مرحله نیز با توجه به این موضوع که تغییر ایجاد شده در وزن حساس‌ترین راهبرد نسبت به معیار مربوطه لزوم اصلاح سایر وزن‌های راهبردهای مربوط به آن معیار را به همراه خواهد داشت، اقدام به نرمال سازی وزن راهبردها شد (جدول ۱۰).

جدول (۱۰): نرمال سازی وزن راهبردها نسبت به معیار C<sub>2</sub>

|  | ( )      |            |  |          |                  |
|--|----------|------------|--|----------|------------------|
|  | /        | /          |  | /        | A <sub>1</sub>   |
|  | /        | /          |  | /        | A <sub>2</sub>   |
|  | /        | /          |  | /        | A <sub>3</sub>   |
|  | /        | /          |  | /        | A <sub>4</sub> * |
|  | /        | /          |  | /        | A <sub>5</sub>   |
|  | $\sum =$ | $\sum = /$ |  | $\sum =$ |                  |

\* - حساس‌ترین راهبرد

جدول ۱۰ بیانگر این مطلب است که هر چند مقادیر عددی وزن نهایی هر یک از راهبردها اندکی تغییر کرد، ولی همچنان اولویت بندی راهبردها در ارتباط با معیار مربوطه (C2) نسبت به حالت قبل ثابت ماند. به دنبال تعیین اوزان جدید معیارها و راهبردها بر مبنای حساس ترین معیار و راهبردها به منظور محاسبه اولویت اصلاح شده یا نهایی راهبردها برای دستیابی به هدف "ارائه راهبردهای مناسب جهت بیابانزدائی" اقدام به تشکیل ماتریس دوجعدی تحت عنوان ماتریس تصمیم گیری اصلاح شده کردیم (جدول ۱۱) و معیارهای اصلاح شده حاصل از عملیات نرمال

جدول (۱۱): ماتریس تصمیم گیری اصلاح شده در AHP

| اهمیت معیارها (C) ◀   | تناسب و سازگاری با محیط زیست (C <sub>1</sub> ) | تخریب منابع و خسارات محیطی و انسانی (C <sub>2</sub> ) | منابع انسانی متخصص (C <sub>3</sub> ) | ابزارهای علمی و تکنولوژی و در دسترس (C <sub>4</sub> ) | زمان (C <sub>5</sub> ) | الویت نهایی راهبردها (P <sub>i</sub> ) |
|---|--|---|--------------------------------------|---|------------------------|--|
| الویت راهبردها (A) ▼  | ۰/۳۲۶۸   | ۰/۳۱۱۸  | ۰/۱۵۹۸                               | ۰/۱۱۱۱  | ۰/۰۹۰۵                 |  |
| توسعه و احیاء پوشش گیاهی (A <sub>1</sub> )                    | ۰/۲۲۵۷   | ۰/۱۷۷۶  | ۰/۲۴۸۸                               | ۰/۲۳۸۷  | ۰/۲۵۰۹                 | ۰/۲۱۸۱                                 |
| جلوگیری از تبدیل و تغییر نامناسب کاربری (A <sub>2</sub> )     | ۰/۲۶۴۳   | ۰/۲۳۴۵  | ۰/۱۹۸۳                               | ۰/۲۶۳۵  | ۰/۱۹۶۰                 | ۰/۲۲۷۱                                 |
| تغییر الگوی آبیاری و اجرای روشهای کم آبخواه (A <sub>3</sub> ) | ۰/۱۶۰۰   | ۰/۱۴۸۶  | ۰/۲۰۹۳                               | ۰/۲۵۶۵  | ۰/۱۶۲۰                 | ۰/۱۷۵۳                                 |
| کنترل چرای دام (A <sub>4</sub> )                              | ۰/۱۵۸۲   | ۰/۲۳۳۳  | ۰/۱۶۰۸                               | ۰/۱۷۶۲  | ۰/۲۲۲۹                 | ۰/۱۸۹۹                                 |
| تعدیل در برداشت از منابع آب زیرزمین (A <sub>5</sub> )         | ۰/۱۹۱۸   | ۰/۲۰۵۹  | ۰/۱۸۲۶                               | ۰/۱۶۳۳  | ۰/۱۶۸۲                 | ۰/۱۸۹۴                                 |

سازی باتوجه به حساس ترین معیار (C1) رادر ردیف افقی ماتریس و راهبردهای اصلاح شده حاصل از عملیات نرمال سازی بادر نظر گرفتن حساس ترین راهبرد (A4) نسبت به معیار مربوطه (C2) رادر ردیف عمودی وارد ماتریس کردیم و میانگین موزون هرسطر از ماتریس نرمالیزه اصلاح شده را محاسبه و درجه ترجیح یا وزن نهایی راهبردها را بدست آوردیم. جدول ۱۱ نمایانگر تغییر در وزن اولیه راهبردها می باشد. در عین حال اولویت بندی راهبردها نسبت به حالت قبلی اندکی دچار تغییر شد، بدین صورت که راهبرد تعدیل در برداشت از منابع آب زیرزمینی (A5) با درجه ترجیح (P<sub>i</sub>) ۰/۱۹۰۵ در اولویت سوم و راهبرد کنترل چرای دام (A4) با درجه ترجیح ۰/۱۸۵۷ در اولویت چهارم قرار داشتند (جدول ۲). در صورتی

که پس از اصلاح اولویت نهایی راهبردهای A4 و A5 جابه‌جا شد و راهبرد A4 با درجه ترجیح ۰/۱۸۹۹ در اولویت نهایی سوم و راهبرد A5 با درجه ترجیح ۰/۱۸۹۴ در اولویت نهایی چهارم واقع شد (جدول ۱۱). در عین حال همچنان راهبرد جلوگیری از تبدیل و تغییر نامناسب کاربری اراضی (A2) با درجه ترجیح ۲۲/۷ درصد، مهمترین راهبرد و راهبردهای توسعه و احیای پوشش گیاهی (A1) با درجه ترجیح ۲۱/۸ درصد و کنترل چرای دام (A4) با درجه ترجیح ۱۹ درصد به ترتیب در اولویت‌های بعدی قرار دارند.

### بحث و نتیجه گیری

همانطور که در مقدمه بیان شد، به منظور دستیابی به نتایج صحیح تر و دارای ضریب اطمینان بیشتر، اقدام به انجام آنالیز حساسیت بر روی اوزان معیارها و راهبردهای حاصل از فرایند تحلیلی سلسله مراتبی کردیم. تا ضمن دستیابی به حساس ترین معیار و راهبرد از نظر گروه و محاسبه مقادیر عددی جدید برای آنها، تغییرات نهایی اولویت راهبردها را مورد تجزیه و تحلیل قرار داده و راهبردهای نهائی موثر در بیابانزدایی منطقه مطالعاتی را از نظر اولویت اجرائی مشخص کنیم در این راستا به دلیل نواقصی که نرم افزار EC در آنالیز حساسیت راهبردها دارد، سعی شد از روش آنتافیلو استفاده شود. بنابراین در ابتدای فرایند تحلیلی سلسله مراتبی گروهی، راهبردهای موثر در فرایند بیابانزدایی مورد ارزیابی قرار گرفت و ماتریس تصمیم گیری گروهی تشکیل شد (جدول ۲)، لازم به اشاره است که فرایند مذکور خارج از بحث مقاله حاضر بوده لذا در اینجا به آن پرداخته نشده است. در ادامه، مطابق روش آنتافیلو آنالیز حساسیت بر روی وزن معیارها و راهبردهای بدست آمده از فرایند تحلیلی سلسله مراتبی اعمال شد، و نتایج بدست آمده (جدول ۶) نشان داد که هر چند مقادیر عددی وزن معیارها در مقایسه با اوزان اولیه اندکی تغییر یافت ولی همچنان اولویت بندی اولیه معیارها ثابت ماند، و معیار تناسب و سازگاری با محیط زیست (C1) با ضریب حساسیت ۰/۳۲۲۲ به عنوان حساسترین معیار همچنان در اولویت اول (با درجه ترجیح ۳۲/۶۸٪) قرار گرفت که نشان از توجه کارشناسان مدیریت مناطق بیابانی به مسائل زیست محیطی و چالشهای مطرح در زمینه تخریب محیط زیست می باشد. در عین حال، نتایج آنالیز حساسیت بر روی وزن راهبردها نیز بیانگر این مطلب بود که هر چند مقادیر عددی وزن نهایی هر یک از راهبردها اندکی تغییر کرد (جدول ۱۰) در عین حال اولویت بندی راهبردها در ارتباط با معیار مربوطه (C2) نسبت به حالت قبل ثابت ماند. و راهبرد کنترل چرای دام (A4) از نظر گروه با ضریب حساسیت ۱/۳۸۱، حساس ترین راهبرد، در ارتباط با معیار تخریب منابع و خسارات محیطی و انسانی (C2) به دست آمد. ولی همچنان راهبرد جلوگیری از تبدیل و تغییر نامناسب کاربری اراضی (A2) با درجه ترجیح ۲۳/۴۵٪، در اولویت اول از نظرگاه بیابانزدایی قرار گرفت که نشان از اهمیت این راهبرد در بیابانزدایی منطقه مطالعاتی دارد.

در نهایت با تشکیل ماتریس تصمیم گیری اصلاح شده (جدول ۱۱) و اعمال اوزان اصلاح شده معیارها و راهبردها در این ماتریس، و محاسبه میانگین موزون هر سطر از ماتریس نرمالیزه اصلاح شده، درجه ترجیح یا وزن نهایی راهبردها

حاصل شد، نتایج حاصله نمایانگر تغییر در وزن اولیه راهبردهای باشد. در عین حال اولویت بندی راهبردها نسبت به حالت قبلی اندکی دچار تغییر شد، به طوری که اولویت بندی راهبردهای تعدیل در برداشت از منابع آب زیرزمینی (A5) و کنترل چرای دام (A4) حاصل از عملیات تحلیل حساسیت، نسبت به نتایج اولیه حاصل از ماتریس تصمیم گیری، جابه جا شد. در عین حال همچنان همانند نتایج گذشته، راهبرد جلوگیری از تبدیل و تغییر نامناسب کاربری اراضی (A2) با درجه ترجیح ۲۲/۷ درصد، مهمترین راهبرد و راهبردهای توسعه و احیای پوشش گیاهی (A1) با درجه ترجیح ۲۱/۸ درصد و کنترل چرای دام (A4) با درجه ترجیح ۱۹ درصد به ترتیب در اولویت های بعدی قرار گرفتند. لذا نتیجه می شود که به ترتیب با اجرای راهبردهای دوم، اول و چهارم می توان به میزان ۷۰ درصد از بیابانی شدن اراضی منطقه جلوگیری و نسبت به احیای اراضی تخریب یافته اقدام کرد.

#### منابع:

- ۱- آذر، عادل (۱۳۸۳)، تحقیق در عملیات، انتشارات مؤسسه نشر علوم نوین، چاپ سوم
- ۲- احمدی، حسن، (۱۳۸۴)، □، نومرفولوژی کاربردی، جلد ۲، بیابان و فرسایش بادی، انتشارات دانشگاه تهران
- ۳- مهرگان، محمد رضا (۱۳۷۹)، پژوهش در عملیات، انتشارات مرکز خدمات فرهنگی سالکان
- 4- Armacost, R. Land Hosseini, J.C (1994) Identification of determinant attributes using the analytic hierarchy process. *Jornal of the Academy of Marketing Science*, 22(4), 383-392
- 5- Barron, H., & Schmidt, C.P. (1988) Sensitivity analysis of additive multi-attribute value models. *Operations Research*, 36(1), 122-127
- 6- Masuda, T. (1990). Hierarchical Sensitivity analysis of the priorities used in Analytical Heirarchy Process, *Systems Science*, 21(2), 415-427
- 7- Rios Insua, D. (1990) Sensitivity analysis in multi-objective decision making, *Lecture Notes in Economics and Mathematicaal System*, Berlin, Germany: Springer-Verlag
- 8- Triantaphyllou, E and Sanchez, A (1997), a sensitivity analysis approach for deterministic multi-criteria decision making methods, *decision sciences*, vol 28, No1
- 9- Von Winterfeldt, D., & Edwards, W. (1986) *Decision analysis and behavioral research*. Cambridge: Cambridge University Press
- 10- Watson, S., & Buede, D. (1987) *Decision synthesis*. Cambridge: Cambridge University Press
- 11- Wendel, R.E (1992) Sensitivity analysis revisited and extended, *Decision Sciences*, 23, 1127-1142

