دانشگاه آزاد اسلامی واحد اهر
فصلنامه‌ی علمی فضای جغرافیایی

سال نوزدهم، شماره‌ی ۶۶
تابستان ۱۳۹۸، صفحات ۲۶۷-۲۵۳

**محمدجواد یوسفی**[۱]
***علیرضا راشکی**[۲]
**محمد فرزام**[۳]
**محمدتقی کاشکی**[٤]

# انتخاب مناسب‌ترین نوع گونه گیاهی نبکا برای تثبیت ماسه‌های روان با استفاده از مدل AHP (مطالعه موردی: منطقه صمدآباد شهرستان سرخس)

تاریخ دریافت: ۱۳۹۵/۱۱/۲۹ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۷/۰۲/۳۰

## چکیده

گیاهان نبکا نقش مهمی در جلوگیری از حرکت شن و ماسه‌های روان دارند و همچنین باعث توسعه نبکاها می‌شوند. منطقه صمدآباد شهرستان سرخس تحت تاثیر هجوم ماسه‌های روان به مراکز سکونتی، راه‌های ارتباطی و تاسیسات زیربنایی است. نبکاها در این منطقه به عنوان یک سیستم تعدیل‌کننده فشار فرسایش بادی و در نتیجه کنترل حرکت ماسه‌های روان عمل می‌کنند؛ بنابراین توسعه نبکا می‌تواند عاملی جهت کنترل اثرات تخریبی ماسه‌های روان بر اکوسیستم طبیعی و انسانی منطقه باشد. در این راستا شناسایی سازگارترین گونه‌ی گیاهی نبکا از اهمیت بالایی برخوردار است. هدف از این پژوهش ارزیابی مقایسه‌ای نبکاهای منطقه صمدآباد شهرستان سرخس با استفاده از مدل AHP و معرفی مناسب‌ترین گونه‌ی گیاهی نبکا برای تثبیت ماسه‌های روان از طریق تحلیل مولفه‌های مورفومتری آن است. به این منظور ابتدا مهم‌ترین مشخصه‌های مورفومتری ۱۲۰ نبکا نظیر ارتفاع، طول و حجم نبکا و ارتفاع، محیط، طول و حجم گیاه، از گونه‌های سبط پاکوتاه، اسپند و خارشتر با روش استفاده از ترانسکت

۱- دانشجوی کارشناسی ارشد دانشکده منابع طبیعی و محیط‌زیست دانشگاه فردوسی مشهد.
*۲- دانشکده منابع طبیعی و محیط‌زیست دانشگاه فردوسی. (نویسنده مسئول). E-mail: a.rashki@um.ac.ir
۳- دانشکده منابع طبیعی و محیط‌زیست دانشگاه فردوسی مشهد.
٤- مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی خراسان رضوی.

[ Downloaded from geographical-space.iau-ahar.ac.ir on 2026-10-30 ]

اندازه‌گیری میدانی شد. سپس با ارزیابی مقایسه‌ای آن‌ها از طریق مدل AHP، مبادرت به اولویت‌بندی نبکاهای مطالعاتی شد. نتایج نشان می‌دهد که نبکای گونه‌ی اسپند با وزن ۰/٤٨٧٥ بیش‌ترین ارجحیت و بهره‌وری را برای تثبیت ماسه‌های روان دارد. نبکای گونه‌ی خارشتر نیز با وزن ۰/۳۱٦۱ نسبت به نبکای گونه‌ی سبط پاکوتاه از ارجحیت بیش‌تری برخوردار است که دلیل آن را می‌توان تفاوت در ساختار مورفولوژی این گیاهان عنوان کرد.

**کلید واژه‌ها:** صمدآباد، سرخس، نبکا، AHP، تثبیت ماسه.

**مقدمه**

فرسایش بادی از مهم‌ترین مخاطرات طبیعی مناطق خشک ایران به‌شمار می‌رود. به دلیل تراکم بسیار کم و یا عدم پوشش گیاهی، باد رسوبات ریزدانه را حرکت داده و مسافت طولانی حمل می‌کند. حرکت ماسه‌های بادی به عنوان مخاطره‌ی زیست‌محیطی در نواحی خشک، باعث می‌شود سالانه هزاران تن ماسه روان، اراضی کشاورزی، مراکز سکونتگاهی و راه‌های دسترسی را از تحت تاثیر قرار داده و سبب از بین بردن آن‌ها و مهاجرت روستاییان و زیان‌های اقتصادی بی‌شماری شود. این مسایل باعث عدم اجرای طرح‌های محرومیت‌زدایی نظیر ساخت راه‌های ارتباطی، اجرای طرح‌های عمرانی کشاورزی شده و باعث ایجاد فقر مضاعف اقتصادی در بین ساکنان منطقه و مهاجرت آن‌ها به مناطق دیگر می‌شود (Mousavi et al., 2015). ناهمواری‌ها و پستی و لندی‌های سطح زمین و از جمله پوشش گیاهی عاملی در کنترل حرکت و به تله اندازی این رسوبات به‌شمار می‌رود (Refahi, 2009; Saghafi and Rahmani, 2017). هنگامی‌که پوشش گیاهی تحت تأثیر دفن رسوبات و یا حرکت ماسه بادی قرار می‌گیرند، گونه‌های مختلف گیاه دارای قدرت مختلفی هستند و مقاومت متفاوتی نسبت به دفن رسوبات بادی دارند و می‌توانند برای کنترل ماسه‌های بادی در منطقه حمل و یا رسوب انتخاب شوند (Van der Stoel et al., 2002).

نبکا حاصل تعامل فرسایش بادی، رطوبت و پوشش گیاهی منطقه است (Ahmadi, 2008: 213). بدین صورت که وجود گیاه در مسیر حمل و ترانزیت ماسه‌های روان ممانعت ایجاد کرده و باعث تجمع ماسه در پای گیاه می‌شود که به مرور زمان انباشته‌ای از ماسه همراه با خزانه‌های گیاهی تشکیل می‌شود (Langford, 2000: 6). نبکاها به واسطه‌ی آشفتگی چشم‌اندازهای بیابانی تشکیل می‌شوند و مورفولوژی آن‌ها از طریق الگوهای رویشی تشکیل‌دهنده‌ی آن‌ها کنترل می‌شود (Khalaf, 1995: 13). به عبارتی، شکل نبکا تابعی خصوصیات گیاه است (Nickling and Wolfe, 1994: 12).

Vali and Ghazavi (2006) واکنش یا پاسخ انواع گونه‌های مختلف گیاهان به تنش و بحران‌های محیطی را مورد بررسی قرار دادند و اظهار داشتند که تنش‌های محیط زیستی آن‌ها عمدتا شامل نمک، خشکی و مدفون شدن هستند. گیاهان برای کاهش تنش‌های شوری و آبی با ایجاد تپه‌های گیاهی باعث تعدیل شرایط محیطی می‌شوند. گیاهان با کاهش سطح تبخیر و تعرق اندام‌های هوا، با کمبود آب و یا تنش‌های کم آبی، مقابله می‌کنند. برای فائق

[ Downloaded from geographical-space.iau-ahar.ac.ir on 2026-10-30 ]

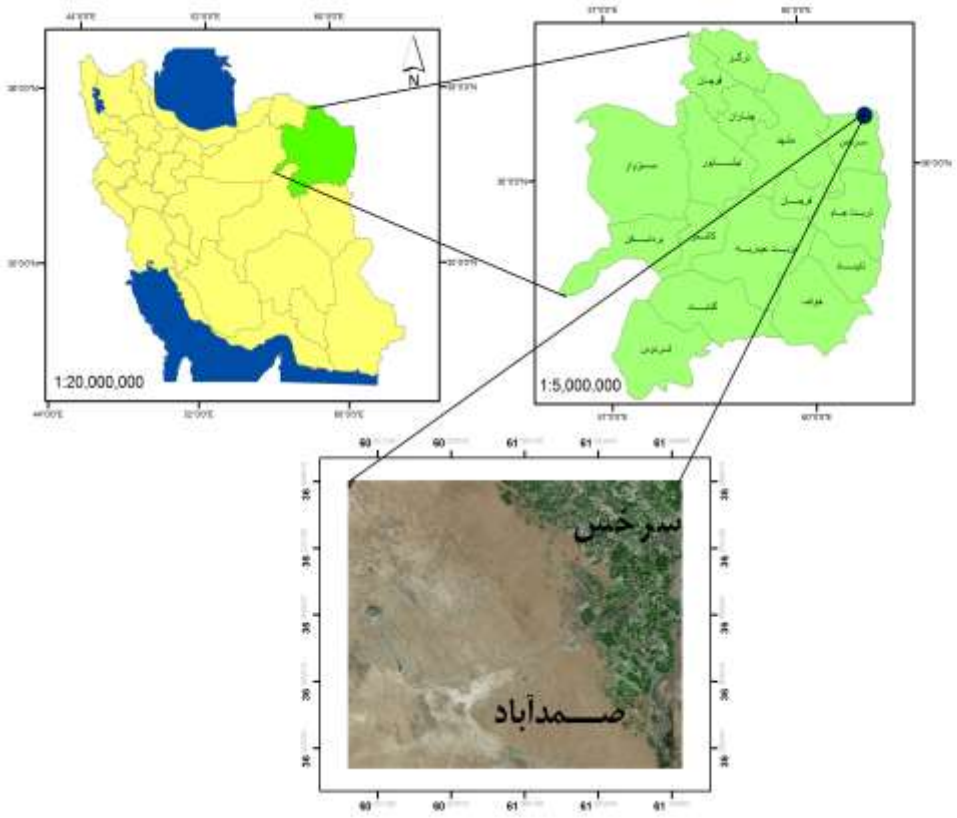
آمدن به تنش ناشی از مدفون شدن، اختلاف ارتفاع با سطح پایه این منطقه اختلاف ارتفاع ایجاد می‌کنند که منجر به ارتفاعات و ناهمواری‌های ویژه بنام نبکا می‌شود نکته مهم در فرآیند ته نشینی رسوبات، شرایط پوشش گیاهی است. عوامل مختلفی همچون تحمل اکولوژیکی انواع مختلف گونه‌های گیاهی نقش مهمی در به دام انداختن رسوبات دارند به‌طوری که پتانسیل رسوب در گونه‌های مختلف متفاوت است (Dougill & Thomas, 2002). Mousavi et al (2012) با مطالعه‌یی که برای انتخاب بهترین گونه گیاهی نبکا برای تثبیت ماسه‌های روان با استفاده از مدل AHP در شمال‌شرق طرود داشتند به این نتیجه رسیدند که گیاه تاغ بیش‌ترین ارجحیت را برای تثبیت ماسه‌های روان دارا می‌باشد و بعد از آن را گونه گز نسبت به گونه‌های اشنان و خارشتر ذکر کردند. ایشان مولفه‌های مورفومتری گیاهان را مورد بررسی قرار دادند. محققان دیگری نیز به بررسی خصوصیات مورفولوژی گونه‌های گیاهی و ویژگی‌های نبکا با روش‌های گوناگون پرداخته‌اند، به طوری Chen and Tengberg (1995: 16)، با مطالعه نبکاهای بورکینافاسو، ایجاد نبکا را متاثر از فعالیت کاهنده‌ی نیروی محیط در مناطقی که پوشش گیاهی استقرار دارد گزارش کرده و از نبکا به عنوان شاخصی مناسب برای ارزیابی فرسایش بادی و تخریب اراضی یاد می‌کنند. Khalaf et al (1995: 12) ضمن مطالعه‌ی عوارض ماسه‌ای در دشت‌های شمال کویت گزارش کرده‌اند که مورفولوژی نبکاها با الگوی رویشی گونه‌های گیاهی کنترل می‌شود، به طوری که ارتفاع نبکا با ارتفاع تاج بوته و طول نبکا با ارتفاع گیاه رابطه معنی‌داری دارد (Mousavi et al., 2012). Mclachlan and Hesp (2000: 1)، ضمن بررسی مورفولوژی و اکولوژی نبکاها در سواحل جنوبی آفریقای جنوبی گزارش کرده‌اند که فرم و رشد گونه‌های گیاهی منعکس‌کننده مورفولوژی نبکا، شرایط اقلیمی و اکولوژی محل رشد آن است. Bing et al (2008: 1)، خصوصیات مورفولوژی و روابط بین مشخصه‌های مورفومتری، الگوی مکانی و عدم تجانس فضایی نبکای گز در صحرا و واحه اکوتونس چین را مورد بررسی قرار داده و معتقدند که متوسط ارتفاع نبکا، حجم و قطر تاج پوشش گیاه در نبکاهای گز بیابان گبی کوچک‌تر از نبکاهایی است که در صحرا وجود دارد در حالی که مقدار مولفه ارتفاع بوته و پوشش گیاهی حالتی معکوس دارد. Ardon et al (2008: 1)، تاثیر نبکا در تثبیت ماسه‌های روان برخان‌های فلسطین را بررسی و بیان کردند که تفاوت معنی‌داری بین میزان فرسایش و رسوب نبکاهای مستقر شده در سه بخش برخان وجود دارد. Motamed and Qarib (2004: 1) با مطالعه تپه‌های ماسه‌ای سیستان و بلوچستان به این نتیجه رسیدند که در مناطقی که ذخیره رسوبی، آورد رسوب، اقلیم و فضای کافی اجازه دهد، این تپه‌ها ایجاد شده و توسعه می‌یابند و همچنین تشکیل نبکاهای این مناطق را حاصل تغییر شکل تپه‌های ماسه‌ای، به‌ویژه برخان‌ها در اثر افزایش پوشش گیاهی بر روی آن‌ها می‌دانند. هدف از این پژوهش گروه‌بندی مقایسه‌ای و شناسایی مناسب‌ترین گونه‌ی گیاهی نبکاهای منطقه صمدآباد شهرستان سرخس با استفاده از تحلیل مهم‌ترین مشخصه‌های مورفومتری نبکا از طریق روش تحلیل سلسله مراتبی است؛ به عبارت دیگر این پژوهش سعی دارد تا با استفاده از تجزیه‌وتحلیل مولفه‌های مورفومتری نبکا از طریق روش تحلیل سلسله مراتبی، مناسب‌ترین و سازگارترین گونه‌ی گیاهی نبکا با ویژگی‌های زیست‌محیطی را

[ Downloaded from geographical-space.iau-ahar.ac.ir on 2026-10-30 ]

برای عملیات‌های تثبیت ماسه‌های روان از طریق توسعه‌ی نبکازارهای مناطق مطالعاتی، شناسایی و معرفی کند. نتایج حاصل از این پژوهش در مدیریت محیط مناطق بیابانی و ریگزارهای روان منطقه مطالعاتی از اهمیت چشم‌گیری برخوردار خواهد بود.

منطقه مورد مطالعه

مطالعه پیشرو در کانون بحرانی صمدآباد سرخس انجام شده است. این کانون بحرانی با موقعیت جغرافیایی ۳۵ درجه و ۵۸ دقیقه تا ۳٦ درجه و ۱۸ دقیقه عرض شمالی و ٦۱ درجه و ۳ دقیقه تا ٦۱ درجه و ۱۲ دقیقه طول شرقی در جنوب شهرستان سرخس و در کنار رودخانه تجن و مرز ترکمنستان واقع شده است (شکل ۱). مساحت این کانون بحرانی ۲۱۵٦۲ هکتار می‌باشد، ارتفاع متوسط منطقه صمدآباد ۷۵۰ متر از سطح دریا، متوسط بارندگی ۱۸۷/٦ میلی‌متر و میانگین دمای سالانه ۱٤/٤ درجه‌ی سانتی‌گراد می‌باشد و جهت باد غالب نیز از شمال‌غرب به جنوب‌شرق می‌باشد (Gholami, 2013: 43). پس از بازدید میدانی از منطقه ملاحظه گردید که در این منطقه به علت وزش باد، دارا بودن پوشش گیاهی بوته‌ای، خاک ماسه‌ای و واقع شدن در منطقه حمل رسوبات نبکاهای متعددی شکل گرفته که از بارزترین نبکاهای ایجاد شده در سایت مطالعاتی این پژوهش نبکاهای حاصل شده از گیاهان سبط پاکوتاه، خارشتر و اسپند می‌باشد.




**شکل ۱: موقعیت جغرافیایی منطقه مورد مطالعه**

**Figure 1: Geographical location of the studied area**

[ Downloaded from geographical-space.iau-ahar.ac.ir on 2026-10-30 ]

## مواد و روش‌ها

نخستین گام در انجام این پژوهش بررسی، تعیین حدود و آشنایی با ویژگی‌های محیطی محدوده‌ی مطالعاتی از طریق نقشه‌های توپوگرافی ۱:۵۰۰۰۰، تصاویر ماهواره‌ای گوگل ارث و بازدیدهای میدانی بود. گام بعدی مراجعات میدانی به منطقه، تعیین موقعیت نبکاها و اندازه‌گیری مولفه‌های مورفومتری آن‌ها بود. مهم‌ترین مشخصه‌های اندازه‌گیری شده عبارتند از: ارتفاع نبکا، طول نبکا، حجم نبکا، ارتفاع گیاه، محیط گیاه، طول گیاه و حجم گیاه. روش نمونه‌برداری در این پژوهش بر اساس روش تک‌بعدی و واحد نمونه‌برداری طولی صورت گرفت.

بنابراین در منطقه مورد نظر، ٦ ترانسکت به طول ۱۰۰ متر زده شد که ۳ ترانسکت در جهت وزش باد و ۳ ترانسکت در جهت عمود بر وزش باد قرار داشتند و سپس در امتداد هر ترانسکت مشخصه‌های مورفومتری ذکر شده برای هر نبکا مورد ارزیابی قرار گرفت. در مجموع تعداد ٤٠ نبکای خارشتر، ٤٠ نبکای اسپند و ٤٠ نبکای سبط پاکوتاه بررسی شدند. اندازه‌گیری مولفه‌های مورفومتری نبکا از طریق متر نواری انجام شد و جهت محاسبه حجم نبکا از فرمول حجم مخروط و جهت محاسبه حجم گیاه با توجه به شکل گیاهان مورد مطالعه از فرمول حجم استوانه محاسبه گردید.

## مبانی نظری

در این پژوهش برای ارزیابی مقایسه‌ای و تعیین مناسب‌ترین نوع گونه‌ی گیاهی نبکا از روش تحلیل سلسله مراتبی استفاده شده است. فرآیند تحلیل سلسله مراتبی یکی از کارآمدترین تکنیک‌های تصمیم‌گیری چند معیاره است که اولین بار Thomas Saaty در دهه‌ی (۱۹۷۰) ارائه شد. این روش بر اساس مقایسه زوجی مشخصه‌ها بنا نهاده شده و امکان بررسی سناریوهای مختلف را به مدیران می‌دهد. این فرآیند گزینه‌های کمی و کیفی مختلف را در تصمیم‌گیری دخالت داده و امکان تحلیل حساسیت روی معیارها و زیرمعیارها را دارد و از یک مبنای قوی برخوردار بوده و براساس اصول بدیهی بنا نهاده شده است (Saaty, 1994: 16؛ 1986: 13). فرآیند تحلیل سلسله مراتبی روش ساده‌ی محاسباتی بر روی ماتریس‌ها است که با ایجاد سلسله مراتب مناسب و پردازش گام‌به‌گام مراحل آن، می‌توان ماتریس‌های مقایسه‌ای و استاندارد در سطوح مختلف سلسله مراتب ایجاد کرد، سپس بردار وزن و مقادیر ویژه معیارها و زیرمعیارها را نیز محاسبه و با ترکیب بردارها، ضرایب وزنی گزینه‌های مختلف را برآورد کرد (Yue, 2006: 12؛ Chen,1986: 13). در پایان برای اطمینان از جواب نهایی، سازگاری و ناسازگاری آن نیز مورد آزمون قرار می‌گیرد (Ghodsipour, 2009: 8; Ebrahimi haravi and Rangzan, 2017).

– ساختار سلسله مراتبی اولویت‌بندی نبکا و انتخاب مناسب‌ترین گونه

ساختار سلسله مراتبی انتخاب مناسب‌ترین نوع گونه‌ی گیاهی نبکا براساس مشخصه‌های مورفومتری در منطقه صمدآباد شامل سطوح زیر است:

[ Downloaded from geographical-space.iau-ahar.ac.ir on 2026-10-30 ]

- سطح ۱: هدف: انتخاب مناسب‌ترین نوع گونه گیاهی نبکا.
- سطح ۲: معیارها: ارتفاع نبکا، طول نبکا، حجم نبکا، ارتفاع گیاه، محیط گیاه، طول گیاه و حجم گیاه.
- سطح ۳: گزینه‌ها: نبکای گونه‌ی خارشتر، نبکای گونه‌ی اسپند و نبکای گونه‌ی سبط پاکوتاه.

- وزن‌دهی به مولفه‌های مورفومتری نبکا و تهیه ماتریس مقایسه زوجی معیارها و گزینه‌ها:

در فرآیند تحلیل سلسله مراتبی بیش‌ترین وزن به لایه‌ای تعلق می‌گیرد که بیش‌ترین تاثیر را در تعیین هدف دارد (Ghodsipour, 2009: 8)؛ به عبارت دیگر معیار وزن‌دهی هر واحد اطلاعاتی نیز بر اساس بیش‌ترین نقشی است که آن در داخل لایه دارد (Lopez and Zink,1991: 17) (جدول ۱).

**جدول ۱- نحوه وزن‌دهی به لایه‌ها بر اساس ارجحیت (Ghodsi Pour, 2008: 9)**

**Table 1- Weighting the layers based on preference (Ghodsi Pour, 2008: 9)**

| ترجیحات (قضاوت شفاهی) | مقدار عددی |
|---|---|
| کاملا مرجح، یا کاملا مهم، یا کاملا مطلوب | ۹ |
| ترجیح با اهمیت یا رضامندی خیلی قوی | ۷ |
| ترجیح با اهمیت یا رضامندی قوی | ۵ |
| کمی مرجح، یا کمی مهم‌تر یا کمی مطلوب | ۳ |
| ترجیح، یا اهمیت یا رضامندی یکسان | ۱ |
| ترجیحات بین فواصل قوی | ۸ ،۶ ،۴ ،۲ |

- تهیه ماتریس استاندارد (R) و محاسبه بردار وزن (W) معیارها و گزینه‌ها:

برای این منظور ابتدا باید مقادیر هر یک از ستون‌های ماتریس مقایسه‌ی زوجی با هم جمع و مقدار هر عنصر به جمع ستونی خود تقسیم شود تا ماتریس مقایسه‌ی زوجی، استاندارد شود (رابطه‌ی ۱). سپس میانگین عناصر در هر سطر از ماتریس استاندارد را محاسبه کرده که در نتیجه‌ی آن بردار وزن مشخصه‌های نبکا ایجاد می‌شود (رابطه‌ی ۲).

رابطه‌ی (۱)
$$r_{ij}=\frac{a_{ij}}{\sum_{i=1}^{m} a_{ij}}$$

رابطه‌ی (۲)
$$w_i=\frac{\sum_{i=1}^{n} r_{ij}}{n}$$

در این روابط m: تعداد ستون، n: تعداد سطر، $a_{ij}$: درایه‌های ماتریس زوجی و $r_{ij}$: درایه‌های ماتریس استاندارد به ازای گزینه‌ی i ام و شاخص j ام، و $w_i$: وزن گزینه‌ی i ام است.

[ Downloaded from geographical-space.iau-ahar.ac.ir on 2026-10-30 ]

- تعیین امتیاز نهایی نبکاها و انتخاب بهترین گونه‌ی گیاهی

برای این مهم از اصل ترکیب سلسله مراتبی که منجر به بردار اولویت با در نظر گرفتن همه قضاوت‌ها در تمامی سطوح سلسله مراتب می‌شود، استفاده می‌شود (Bertolini et al., 2006: 10؛ Moreno-Jiminez et al., 2005: 9) به عبارت دیگر امتیاز نهایی هر یک از نبکاها از حاصل جمع تلفیق ضرایب نوع نبکاها و مشخصه‌های مورفومتری آن‌ها محاسبه می‌شود (رابطه‌ی ۳).

رابطه (۳) $$V_H=\sum_{k=1}^{n} w_k(g_{ij})$$

در این رابطه VH: امتیاز نهایی گزینه j (نبکا)، WK: وزن هر معیار و gij: وزن گزینه‌ها (نبکاها) در ارتباط با معیارها (مولفه‌های مورفومتری) است.

- محاسبه‌ی نرخ ناسازگاری سیستم نبکا

نرخ ناسازگاری معیاری هست جهت تشخیص معنی‌داری ماتریس‌های مقایسه زوجی و مقدار آن باید کم‌تر از ۰/۱ باشد. برای این منظور، ابتدا باید ماتریس مقایسه زوجی (A) در بردار وزن (W) ضرب شود تا تخمین مناسبی از λ max W به‌دست آید. با تقسیم مقدار λ max W بر W مربوطه مقدار λmax محاسبه می‌شود. سپس متوسط λmax را محاسبه کرده و مقدار شاخص ناسازگاری را از طریق رابطه (٤) می‌توان محاسبه کرد (Ghodsi Pour, 2009: 10):

رابطه (٤) $$I.I=\frac{\lambda_{Max}}{n-1}$$

نرخ ناسازگاری نیز از طریق رابطه‌ی (۵) محاسبه می‌شود که در آن مقدار I.I.R نیز از جدول (۲) استخراج می‌شود:

رابطه (۵) $$I.R=\frac{I.I.}{I.I.R}$$

**جدول ۲- مقادیر I.I.R ماتریس‌های تصادفی**

**Table 2- I.I.R values in randomized matrices**

| n | ۱ | ۲ | ۳ | ٤ | ٥ | ٦ | ۷ | ... |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| I.I.R | ۰ | ۰ | ۰/۳۲ | ۰/۵۹ | ۰/۸۸ | ۱/۱۲ | ۱/۲۲ | |

اگر نرخ ناسازگاری کوچک‌تر یا مساوی ۰/۱ باشد سازگاری سیستم قابل قبول است و در صورتی که بیش‌تر از ۰/۱ باشد بهتر است تصمیم‌گیرنده در قضاوت‌های خود تجدیدنظر کند (Dey and Ramcharan, 2008: 12). نرخ

[ Downloaded from geographical-space.iau-ahar.ac.ir on 2026-10-30 ]

ناسازگاری برای ماتریس‌های عوامل موثر با استفاده از روش تقریبی میانگین‌گیری حسابی محاسبه و مقادیر آن در هر ماتریس گزارش شده است.

## یافته‌ها و بحث

نحوه‌ی تشکیل و تحول نبکا از شرایط آب‌وهوایی، منبع تامین رسوب و نوع مواد بادرفتی، پوشش گیاهی، نیرو و ظرفیت انتقال باد تاثیر می‌پذیرد، به طوری که نوع پوشش گیاهی و تراکم آن باعث تثبیت و کاهش انتقال رسوبات بادی شده و منبع تامین ماسه را محدود می‌کند. در منطقه‌ی مطالعاتی نبکاهای متنوعی می‌توان مشاهده کرد که با توجه به گونه‌های گیاهی، اشکال متنوعی دارند. مشخصات آمار توصیفی مشخصه‌های مورفومتری نبکاهای مطالعاتی به شرح جدول (۳) است. با توجه به هدف پژوهش، نوع نبکا و حجم ماسه‌ی تثبیت‌شده به‌وسیله‌ی آن می‌تواند به عنوان مهم‌ترین عامل ارزیابی سنجش تثبیت ماسه باشد؛ بنابراین برای مولفه‌های قطر تاج پوشش و ارتفاع گیاه باید بالاترین وزن را در نظر گرفت. وزن‌دهی به سایر مولفه‌ها می‌تواند براساس نوع و میزان تاثیرات آن‌ها در حجم ماسه تثبیت‌شده صورت گیرد؛ به عبارت دیگر بیش‌ترین تاثیر مولفه‌های مورد نظر در حجم نبکا با بیش‌ترین وزن‌دهی برابر خواهد بود. نتایج حاصل از محاسبه‌ی وزن نسبی نبکاها از نظر انواع مشخصه‌های مورفومتری، ماتریس‌های مقایسه‌ی زوجی و ماتریس‌های استاندارد آن‌ها به شرح جداول (٤ تا ١١) است.

**جدول ۳- آمار توصیفی مولفه‌های مورفومتری نبکاهای مطالعاتی**

**Table 3- Descriptive statistics of morphometric components of the studied Nebkhas**

| گونه گیاهی / مشخصه | نوع گونه | خارشتر | اسپند | سبط پاکوتاه |
|---|---|---|---|---|
| | تعداد نمونه | ٤٠ | ٤٠ | ٤٠ |
| ارتفاع نبکا | میانگین (متر) | ۰/۳۲٦ | ۰/۳۰۱ | ۰/۲٦۲ |
| | انحراف معیار | ۰/۱٦۸ | ۰/۲۳۰ | ۰/۱۳۷ |
| طول نبکا | میانگین (متر) | ۱/۰۹۱ | ۱/۱۲٦ | ۱/۰۵۷ |
| | انحراف معیار | ۰/۵۳۹ | ۰/۷۷۲ | /٤٥٦ |
| حجم نبکا | میانگین (متر مکعب) | ۰/۱٦۹ | ۰/۲٥٤ | ۰/۱۳۱ |
| | انحراف معیار | ۰/۲۱۸ | ۰/٤۷۲ | ۰/۱۷٥ |
| ارتفاع گیاه | میانگین (متر) | ۰/٤۱٦ | ۰/٥۲۲ | ۰/۳۷۸ |
| | انحراف معیار | ۰/۲۰۱ | ۰/۲۹۹ | ۰/۰۹۱ |
| طول گیاه | میانگین (متر) | ۰/۸۷٦ | ۰/۸٥۷ | ۰/۷۷٤ |
| | انحراف معیار | ۰/٤۲۹ | ۰/٥٦۲ | ۰/۳۰۷ |
| محیط گیاه | میانگین (متر مربع) | ۲/۱۷۳ | ۲/۱۷۲ | ۱/٦۷۷ |
| | انحراف معیار | ۱/۲٤۷ | ۱/۲٤۷ | ۰/۹۰۹ |
| حجم گیاه | میانگین (متر مکعب) | ۰/۱۲۷ | ۰/٦٥۲ | ۰/۲۲٦ |
| | انحراف معیار | ۰/۱۳۹ | ۱/۱۰۹ | ۰/۲۲۲ |

[ Downloaded from geographical-space.iau-ahar.ac.ir on 2026-10-30 ]

**جدول ٤- ماتریس مقایسه زوجی، ماتریس استاندارد و بردار وزن نبکاهای مطالعاتی نسبت به ارتفاع نبکا**

**Table 4- Paired comparison matrix, standard matrix and weight vector of the studied Nebkhas compared to the height of Nebkha**

| بردار وزن | ماتریس استاندارد | | | ماتریس مقایسه‌ی زوجی | | | ارتفاع نبکا |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | خارشتر | اسپند | سبط پاکوتاه | خارشتر | اسپند | سبط پاکوتاه | |
| ۰/۱۲۰ | ۰/۱۵۸ | ۰/۰۷٦ | ۰/۱۲۵ | ۰/۲۵ | ۰/۳۳ | ۱ | سبط پاکوتاه |
| ۰/۲۷۲ | ۰/۲۰۹ | ۰/۲۳۱ | ۰/۳۷۵ | ۰/۳۳ | ۱ | ۳ | اسپند |
| ۰/٦۰۸ | ۰/٦۳۳ | ۰/٦۹۳ | ۰/۵۰۰ | ۲ | ۳ | ٤ | خاشتر |
| ۱ | ۱ | ۱ | ۱ | ۱/۵۸ | ٤/۳۳ | ۸ | جمع |
| نرخ ناسازگاری: ۰/۰٦ | | | | | | | |

**جدول ۵- ماتریس مقایسه زوجی، ماتریس استاندارد و بردار وزن نبکاهای مطالعاتی نسبت به طول نبکا**

**Table 5- Paired comparison matrix, standard matrix, and weight vector of the studied Nebkhas compared to the diameter of Nebkha**

| بردار وزن | ماتریس استاندارد | | | ماتریس مقایسه‌ی زوجی | | | طول نبکا |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | خارشتر | اسپند | سبط پاکوتاه | خارشتر | اسپند | سبط پاکوتاه | |
| ۰/۱٦۳ | ۰/۱٤۳ | ۰/۱۸۰ | ۰/۱٦۷ | ۰/۵۰ | ۰/۳۳ | ۱ | سبط پاکوتاه |
| ۰/۵۳۹ | ۰/۵۷۱ | ۰/۵٤٦ | ۰/۵۰۰ | ۲ | ۱ | ۳ | اسپند |
| ۰/۲۹۸ | ۰/۲۸٦ | ۰/۲۷٤ | ۰/۳۳۳ | ۱ | ۰/۵۰ | ۲ | خاشتر |
| ۱ | ۱ | ۱ | ۱ | ۳/۵۰ | ۱/۸۳ | ٦ | جمع |
| نرخ ناسازگاری: ۰/۰۱ | | | | | | | |

**جدول ٦- ماتریس مقایسه زوجی، ماتریس استاندارد و بردار وزن نبکاهای مطالعاتی نسبت به حجم نبکا**

**Table 6- Paired comparison matrix, standard matrix, and weight vector of the studied Nebkhas compared to the mass of Nebkha**

| بردار وزن | ماتریس استاندارد | | | ماتریس مقایسه‌ی زوجی | | | حجم نبکا |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | خارشتر | اسپند | سبط پاکوتاه | خارشتر | اسپند | سبط پاکوتاه | |
| ۰/۱٦۳ | ۰/۱٤۳ | ۰/۱۸۰ | ۰/۱٦۷ | ۰/۵۰ | ۰/۳۳ | ۱ | سبط پاکوتاه |
| ۰/۵۳۹ | ۰/۵۷۱ | ۰/۵٤٦ | ۰/۵۰۰ | ۲ | ۱ | ۳ | اسپند |
| ۰/۲۹۸ | ۰/۲۸٦ | ۰/۲۷٤ | ۰/۳۳۳ | ۱ | ۰/۵۰ | ۲ | خاشتر |
| ۱ | ۱ | ۱ | ۱ | ۳/۵۰ | ۱/۸۳ | ٦ | جمع |
| نرخ ناسازگاری: ۰/۰۱ | | | | | | | |

[ Downloaded from geographical-space.iau-ahar.ac.ir on 2026-10-30 ]

**جدول ۷- ماتریس مقایسه زوجی، ماتریس استاندارد و بردار وزن نبکاهای مطالعاتی نسبت به ارتفاع گیاه**

**Table 7- Paired comparison matrix, standard matrix, and weight vector of the studied Nebkhas compared to the Plant height**

| حجم نبکا | ماتریس مقایسه‌ی زوجی | | | ماتریس استاندارد | | | بردار وزن |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | خارشتر پاکوتاه | اسپند | سبط | خارشتر پاکوتاه | اسپند | سبط | |
| سبط پاکوتاه | ۰/۳۳ | ۰/۲۰ | ۱ | ۰/۱۱۱ | ۰/۱۳۱ | ۰/۰۷٦ | ۰/۱۰٦ |
| اسپند | ۳ | ۱ | ۵ | ۰/۵۵۵ | ۰/٦۵۳ | ۰/٦۹۳ | ۰/٦۳٤ |
| خاشتر | ۱ | ۰/۳۳ | ۳ | ۰/۳۳٤ | ۰/۲۱٦ | ۰/۲۳۱ | ۰/۲٦۰ |
| جمع | ٤/۳۳ | ۱/۵۳ | ٦ | ۱ | ۱ | ۱ | ۱ |
| نرخ ناسازگاری: ۰/۰۳ | | | | | | | |

**جدول ۸- ماتریس مقایسه زوجی، ماتریس استاندارد و بردار وزن نبکاهای مطالعاتی نسبت به طول گیاه**

**Table 8- Paired comparison matrix, standard matrix and weight vector of the studied Nebkhas compared to the diameter of the plant**

| طول گیاه | ماتریس مقایسه‌ی زوجی | | | ماتریس استاندارد | | | بردار وزن |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | سبط پاکوتاه | اسپند | خارشتر | سبط پاکوتاه | اسپند | خارشتر | |
| سبط پاکوتاه | ۱ | ۰/۳۳ | ۰/۲۵ | ۰/۱۲۵ | ۰/۰۷٦ | ۰/۱۵۸ | ۰/۱۲۰ |
| اسپند | ۳ | ۱ | ۰/۳۳ | ۰/۳۷۵ | ۰/۲۳۱ | ۰/۲۰۹ | ۰/۲۷۱ |
| خاشتر | ٤ | ۳ | ۱ | ۰/۵۰۰ | ۰/٦۹۳ | ۰/٦۳۳ | ۰/٦۰۹ |
| جمع | ۸ | ٤/۳۳ | ۱/۵۸ | ۱ | ۱ | ۱ | ۱ |
| نرخ ناسازگاری: ۰/۰٦ | | | | | | | |

**جدول ۹- ماتریس مقایسه زوجی، ماتریس استاندارد و بردار وزن نبکاهای مطالعاتی نسبت به محیط گیاه**

**Table 9- Paired comparison matrix, standard matrix, and weight vector of the studied Nebkhas compared to the circumference of the plant**

| محیط گیاه | ماتریس مقایسه‌ی زوجی | | | ماتریس استاندارد | | | بردار وزن |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | سبط پاکوتاه | اسپند | خارشتر | سبط پاکوتاه | اسپند | خارشتر | |
| سبط پاکوتاه | ۱ | ۰/۲۰۰ | ۰/۲۰۰ | ۰/۰۹۰ | ۰/۰۹۰ | ۰/۰۹۰ | ۰/۰۹۰ |
| اسپند | ۵ | ۱ | ۱ | ۰/٤۵۵ | ۰/٤۵۵ | ۰/٤۵۵ | ۰/٤۵۵ |
| خارشتر | ۵ | ۱ | ۱ | ۰/٤۵۵ | ۰/٤۵۵ | ۰/٤۵۵ | ۰/٤۵۵ |
| جمع | ۱۱ | ۲/۲۰ | ۲/۲۰ | ۱ | ۱ | ۱ | ۱ |
| نرخ ناسازگاری: ۰/۰۰ | | | | | | | |

[ Downloaded from geographical-space.iau-ahar.ac.ir on 2026-10-30 ]

**جدول ۱۰- ماتریس مقایسه زوجی، ماتریس استاندارد و بردار وزن نبکاهای مطالعاتی نسبت به حجم گیاه**

**Table 10- Paired comparison matrix, standard matrix and weight vector of the studied Nebkhas compared to the mass of the plant**

| حجم گیاه | ماتریس مقایسه‌ی زوجی | | | ماتریس استاندارد | | | بردار وزن |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | سبط پاکوتاه | اسپند | خارشتر | سبط پاکوتاه | اسپند | خارشتر | |
| سبط پاکوتاه | ۱ | ۰/۲۰۰ | ۳ | ۰/۱۵۸ | ۰/۱٤۹ | ۰/۲۷۳ | ۰/۱۹۳ |
| اسپند | ۵ | ۱ | ۷ | ۰/۷۹۰ | ۰/۷٤۵ | ۰/٦۳٦ | ۰/۷۲٤ |
| خاشتر | ۰/۳۳ | ۰/۱٤۳ | ۱ | ۰/۰۵۲ | ۰/۱۰٦ | ۰/۰۹۱ | ۰/۰۸۳ |
| جمع | ٦/۳۳ | ۱/۳٤۳ | ۱۱ | ۱ | ۱ | ۱ | ۱ |
| نرخ ناسازگاری: ۰/۰٦ | | | | | | | |

**جدول ۱۱- ماتریس مقایسه زوجی مشخصه‌های مورفومتری نبکاهای مطالعاتی نسبت به یکدیگر**

**Table 11- Paired comparison matrix of morphometric characteristics of the studied Nebkhas compared to each other**

| معیارها | محیط گیاه | حجم گیاه | طول گیاه | ارتفاع گیاه | ارتفاع نبکا | حجم نبکا | طول نبکا |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| محیط گیاه | ۱ | ۲ | ۳ | ٤ | ۵ | ۳ | ٤ |
| حجم گیاه | ۰/۵۰۰ | ۱ | ۳ | ٤ | ۵ | ۳ | ٤ |
| طول گیاه | ۰/۳۳۳ | ۰/۳۳۳ | ۱ | ۳ | ۳ | ۲ | ۳ |
| ارتفاع گیاه | ۰/۲۵۰ | ۰/۲۵۰ | ۰/۳۳۳ | ۱ | ۳ | ۲ | ۲ |
| ارتفاع نبکا | ۰/۲۰۰ | ۰/۲۰۰ | ۰/۳۳۳ | ۰/۳۳۳ | ۱ | ۰/۳۳۳ | ۰/۵۰۰ |
| حجم نبکا | ۰/۳۳۳ | ۰/۳۳۳ | ۰/۵۰۰ | ۰/۵۰۰ | ۳ | ۱ | ۲ |
| طول نبکا | ۰/۲۵۰ | ۰/۲۵۰ | ۰/۳۳۳ | ۰/۵۰۰ | ۲ | ۰/۵۰۰ | ۱ |
| جمع | ۲/۸٦٦ | ٤/۳٦٦ | ۸/٤۹۹ | ۱۳/۳۳۳ | ۲۲ | ۱۱/۸۳۳ | ۱٦/۵۰۰ |

**جدول ۱۲- ماتریس استاندارد و بردار وزن مشخصه‌های مورفومتری نبکاهای مطالعاتی نسبت به یکدیگر**

**Table 12- Standard matrix and weight vector of morphometric characteristics of the studied Nebkhas compared to each other**

| معیارها | محیط گیاه | حجم گیاه | طول گیاه | ارتفاع گیاه | ارتفاع نبکا | حجم نبکا | طول نبکا | بردار وزن |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| محیط گیاه | ۰/۳٤۹ | ۰/٤۵۸ | ۰/۳۵۳ | ۰/۳۰۰ | ۰/۲۲۷ | ۰/۲۵۳ | ۰/۲٤۲ | ۰/۳۱۱۷ |
| حجم گیاه | ۰/۱۷٤ | ۰/۲۲۹ | ۰/۳۵۳ | ۰/۳۰۰ | ۰/۲۲۷ | ۰/۲۵۳ | ۰/۲٤۲ | ۰/۲۵٤۰ |
| طول گیاه | ۰/۱۱٦ | ۰/۰۷٦ | ۰/۱۱۸ | ۰/۲۲۵ | ۰/۱۳٦ | ۰/۱٦۹ | ۰/۱۸۲ | ۰/۱٤٦۰ |
| ارتفاع گیاه | ۰/۰۸۷ | ۰/۰۵۷ | ۰/۰۳۹ | ۰/۰۷۵ | ۰/۱۳٦ | ۰/۱٦۹ | ۰/۱۲۱ | ۰/۰۹۷۷ |
| ارتفاع نبکا | ۰/۰۷۱ | ۰/۰٤۷ | ۰/۰۳۹ | ۰/۰۲٦ | ۰/۰٤٦ | ۰/۰۲۹ | ۰/۰۳۱ | ۰/۰٤۱٤ |
| حجم نبکا | ۰/۱۱٦ | ۰/۰۷٦ | ۰/۰۵۹ | ۰/۰۳۷ | ۰/۱۳٦ | ۰/۰۸٤ | ۰/۱۲۱ | ۰/۰۸۹۸ |
| طول نبکا | ۰/۰۸۷ | ۰/۰۵۷ | ۰/۰۳۹ | ۰/۰۳۷ | ۰/۰۹۲ | ۰/۰٤۳ | ۰/۰٦۱ | ۰/۰۵۹٤ |
| جمع | ۱ | ۱ | ۱ | ۱ | ۱ | ۱ | ۱ | ۱ |
| نرخ ناسازگاری: ۰/۰٦ | | | | | | | | |

[ Downloaded from geographical-space.iau-ahar.ac.ir on 2026-10-30 ]

وزن نهایی هر نبکا در فرآیند سلسله مراتبی آن از مجموع حاصل‌ضرب وزن مشخصه‌های مورفومتری (معیارها) در وزن نوع نبکاها (گزینه‌ها) به‌دست می‌آید. نتایج حاصل از محاسبه‌ی وزن نهایی نبکاهای مطالعاتی به شرح روابط (۷) تا (۹) است.

رابطه‌ی (۷): وزن نبکای گونه‌ی سبط پاکوتاه:

(۰/۳۱۱۷*۰/۰۹۰) + (۰/۲۵٤۰*۰/۱۹۳) + (۰/۱٤٦۰*۰/۱۲۰) + (۰/۰۹۷۷*۰/۱۰٦) + (۰/۰٤۱٤*۰/۱۲۰) +

(۰/۰۸۹۸*۰/۱٦۳) + (۰/۰۵۹٤*۰/۱٦۳)=۰/۱۹٦٤

رابطه‌ی (۸): وزن نبکای گونه‌ی اسپند:

(۰/۳۱۱۷*۰/٤۵۵) + (۰/۲۵٤۰*۰/۷۲٤) + (۰/۱٤٦۰*۰/۲۷۱) + (۰/۰۹۷۷*۰/٦۳٤) + (۰/۰٤۱٤*۰/۲۷۲) +

(۰/۰۸۹۸*۰/۵۳۹) + (۰/۰۵۹٤*۰/۵۳۹)=۰/٤۸۷۵

رابطه‌ی (۹): وزن نبکای گونه‌ی خارشتر:

(۰/۳۱۱۷*۰/٤۵۵) + (۰/۲۵٤۰ *۰/۰۸۳) + (۰/۱٤٦۰ *۰/٦۰۹) + (۰/۰۹۷۷ *۰/۲٦۰) + (۰/۰٤۱٤ *۰/٦۰۸) +

(۰/۰۸۹۸*۰/۲۹۸) + (۰/۰۵۹٤ *۰/۲۹۸)= ۰/۳۱٦۱

## نتیجه‌گیری

چشم‌انداز نبکا عکس‌العمل طبیعی اکوسیستم در مقابل تنش فرسایش بادی بوده و اکوسیستم با ایجاد این عارضه سعی در تعدیل فشار باد مسلح به رسوب می‌کند؛ به عبارت دیگر سیستم محیطی با اتخاذ راهکارهای پسخوارند منفی سعی در خنثی کردن تنش بادی کرده که نتیجه‌ی آن ایجاد چشم‌انداز نبکاست؛ بنابراین گسترش نبکاها می‌تواند از تنش محیطی مناطق خشک و هجوم ماسه‌های روان به مناطق مسکونی و تاسیسات زیربنایی جلوگیری کند. در نتیجه شناسایی و معرفی سازگارترین گونه‌ی گیاهی نبکا با توجه به شرایط طبیعی و مورفولوژی آن در اجرای طرح‌های تثبیت ماسه‌های روان از اهمیت بالایی برخوردار خواهد بود.

نتایج نشان می‌دهد که از بین سه نوع نبکای مطالعاتی، نبکای گونه‌ی اسپند با وزن ۰/٤۸۷۵ بیش‌ترین اهمیت و ارجحیت را برای طرح تثبیت ماسه‌های روان دارد. نبکای گونه‌ی خارشتر نیز با وزن ۰/۳۱٦۱، نسبت به نبکای گونه‌ی اسپند از اهمیت کم‌تر و نسبت به نبکای گونه‌ی سبط پاکوتاه از ارجحیت بیش‌تری برخوردار است؛ بنابراین برای اجرای طرح تثبیت ماسه‌های متحرک در منطقه‌ی مطالعاتی، در درجه‌ی اول توسعه‌ی نبکای گونه‌ی اسپند و در مرحله‌ی دوم نبکای گونه‌ی خارشتر بیش‌ترین اهمیت را دارند و در صورت توسعه و اجرای آن بالاترین بهره‌وری را خواهند داشت. در مقابل نبکای گونه‌ی سبط پاکوتاه با وزن ۰/۱۹٦٤، کم‌ترین ارجحیت و بهره‌وری را داشته و توسعه چشم‌انداز آن‌ها به هیچ عنوان پیشنهاد نمی‌شود. در این باره باید مواردی نظیر حداکثر بهره‌وری، حداکثر سازگاری، حداکثر تثبیت ماسه، هزینه‌های اقتصادی برای اجرا و حفاظت از طرح و دیگر جنبه‌های زیست‌محیطی آن مدنظر قرار گیرد. در مجموع نتایج پژوهش حاضر نشان‌دهنده‌ی تمایز سه نوع نبکای متفاوت با مشخصه‌های

[ Downloaded from geographical-space.iau-ahar.ac.ir on 2026-10-30 ]

گوناگون مورفومتری است. به‌طوری که دامنه‌ی تفاوت امتیاز نبکاها از حداکثر ۰/٤۸۷۵ برای گونه‌ی اسپند و حداقل ۰/۱۹٦٤ برای گونه‌ی سبط پاکوتاه مبین این ادعاست و ابعاد متفاوت نوع نبکا و گونه‌ی گیاهی آن را نشان می‌دهد، زیرا نبکاهای گونه‌ی اسپند با ابعاد بزرگ‌تر خود توانسته‌اند مانند مانعی در برابر جریان باد مقاومت کرده و با کاهش سرعت و شدت باد، ماسه‌ی بیش‌تری را به دام اندازند. دامنه‌ی امتیازات به‌گونه‌ای است که اختلاف بین نبکاها زیاد بوده و این حاکی از عملکرد متفاوت مشخصه‌های مورفومتری و نوع گونه‌ی گیاهی نبکاست؛ بنابراین اکوسیستم نبکا با توجه به گونه‌ی گیاهی، سرشت اکولوژیکی و ژئومورفولوژیکی خود عملکرد متفاوتی در برابر فرسایش بادی بروز می‌دهد. مشخصه‌های اندازه‌گیری شده نیز نشان می‌دهد که نبکای گونه‌ی اسپند با دارا بودن بیش‌ترین ارتفاع گیاه، حجم گیاه و نبکا و طول نبکا، حداکثر حجم ماسه‌ی تثبیت شده را به‌خود اختصاص داده است. این مبین کارکرد متفاوت نوع تاج پوشش، آیرودینامیک گیاه و مانع شدن متفاوت آن در برابر سرعت و شدت باد مسلح به ماسه است. با وجود این ارزیابی مقادیر مشخصه‌های مورفومتری نبکاهای مطالعاتی از طریق مدل AHP[5] مبین سه گروه با اولویت‌بندی متفاوت است. با توجه به مقایسه‌ی زوجی مشخصه‌های مورفومتری نبکا، مولفه‌های محیط گیاه، حجم گیاه و طول گیاه به‌ترتیب با اوزان ۰/۳۱۱۷، ۰/۲۵٤۰ و ۰/۱٤٦۰ بیش‌ترین اهمیت را در تثبیت ماسه بر عهده دارند. بنابراین گونه‌ی اسپند با توجه به موارد سابق‌الذکر، حداکثر حجم و ارتفاع گیاه، طول و حجم نبکا را دارد، در نتیجه بیش‌ترین وزن (۰/٤۸۷۵) و بالاترین اولویت (اول) را به‌خود اختصاص داده است.

5- Analytical Hierarchy Process

[ Downloaded from geographical-space.iau-ahar.ac.ir on 2026-10-30 ]

## References

- Ahmadi, H., (2008), "***Applied geomorphology (Desert - Wind Erosion)***", Second Issue, Tehran: Tehran University Press. [In Persian].
- Ardon, K., Tsoar, H., Blumberg, D. G., (2009), "Dynamics of nebkhas superimposed on a parabolic dune and their effect on the dune dynamics", ***Journal of Arid Environments***, 73: 1014-1022.
- Bertolini, M., Braglia, M., Carmignani, G., (2006), "Application of the AHP methodology in making a proposal for a public work contract", ***International Journal of Project Management***, 24: 422-430.
- Bing, L., Wenzhi, Z., Rong. Y., (2008), "Characteristics and spatial heterogeneity of Tamarix ramosissima Nebkhas in desert-oasis ecotones", ***Journal of Acta Ecologica Sinica***, 28 (4): 1446-1455.
- Chen, Y. W., (2001), "Implementing an analyses hierarchy process by fuzzy integral", ***International Journal of Fuzzy Systems***, 3 (3): 493-502.
- Dey, P. K., Ramcharan, E. K., (2000), "Analytic hierarchy process helps select site for limestone quarry expansion in Barbados", ***Journal of Environmental Management***, 88: 1384-1395.
- Dougill, A. J., Thomas, A. D., (2002), "Nebkha dunes in the Molopo basin, south Africa and Botswana formation controls and their validity as indicators of soil degradation", ***Journal of Arid Environment***, 50: 413-423.
- Ebrahimi haravi, B., Rangzan, K., (2017), "Potential feasibility of wind power plants using fuzzy analysis hierarchical process (FAHP) in Khuzestan province", ***Journal of Geographic Space***, 17 (58): 71-94[In Persian].
- Ghodsipour, H., (2009), ***"Analytical hierarchy process***", Tehran: Amir Kabir University of Technology Publication. [In Persian].
- Gholami Tabasi, J., (2013), "Vegetation and sand changes in sand dunes due to some wind erosion control operations (Samad Abad of Sarakhs)", Master's Thesis, Faculty of Natural Resources, University of Tehran. [In Persian].
- Hersen, P., (2004), "On the crescentic shape of barchan dunes", ***The European Physical Journal B***, 37: 507-514.
- Hesp, P., Mclachlan, A., (2000), "Morphology, dynamics, ecology and fauna of Arc Totheca populifolia and Azania regions nebkha dunes", ***Journal of arid environments***, 44: 155-172.
- Hosseini, S. M., (2003), "Investigation of changes in coastal sand dunes in Sistan and Balouchestan province from 1346 to 1372)", ***Geographical Researches***, 50: 35-48. [In Persian].
- Jianhui, D., Ping, Y., Yuxiang, D., (2010), "The progress and prospects of nebkhas in arid areas", ***Journal of Geography Science***, 20 (5): 712-728.
- Jozi, S. A., Safarian, Sh., (2011), "Environmental analysis of Golzai power in Abadan using TOPSIS method", ***Environmental Geology***, 58: 53-66. [In Persian].
- Khalaf, F. I., Miska, R., Al-Douseri, A., (1995), "Sedimentolongical and morphological characteristics of some nebkha deposits in the northern coastal plain of Kuwait, Arabia", ***Journal Arid Environment***, 29: 267-292.
- Langford, R. P., (2000), "Nabkha (Coppice Dune) fields of fouth-central New Mexico, USA", ***Journal of Arid Environments***, 46: 25-41.

[ Downloaded from geographical-space.iau-ahar.ac.ir on 2026-10-30 ]

- Lopez, H. J., Zink, J. A., (1991), "GIS-assisted modelling of soil-induced mass movement hazards: a case study of the upper Coello river basin, Tolima, Colombia", ***ITC Journal***, 4: 202-220.
- Mahmoudi, F. A., (2004), "***Dynamic geomorphology***", Tehran: Payam Noor University Press. [In Persian].
- Makhdoum, M., (1999), "***The Basis of Land Use***", Tehran: Tehran University Press. [In Persian].
- Moreno-Jiminez, J. M., Joven, J. A., Piral, A. R., Lanuza, A. T., (2005), "A spreadsheet modele for consistent consensus building in AHP decision making", ***Journal of Group Decision and Negotiation***, 14: 89-108.
- Mousavi, S. H., Pourkhosravani, M., Mahmoudi mohammad abadi, T., (2010), "Comparative grouping of nebkhas of North-East desert of Sirjan using TOPSIS algorithm", ***Geographical studies of arid regions***, 1: 87-105. [In Persian].
- Mousavi, S. H., Moayeri, M., Seyf, A. A., (2012), "Selection of the most suitable plant species for stabilizing sandy soils using the AHP modele (Case Study: Najarabad Rig, Northeast Torud)", ***Ecology***, 61: 105 -116. [In Persian].
- Najibzadeh, M. R., Sepehr, A., Gholamali, H., Rasouli, A. A., (2008), "Assessment of ecological ability for rangeland using ERAMS and GIS (Case study: Yeke Chenar Maraveh Tape area)", ***Rangeland and Desert Research***, 2: 200-214. [In Persian].
- Nickling, W. G., Wolfe, S. A., (1994), "The morphology and origin of Nebkhas, region of Mopti, Mali, West Africa", ***Journal of Arid Environments***, 28: 13-30.
- Pourkhosravani, M., Vali, A. A., Moayeri, M., (2009), "Investigating the relationship between plant morphology and morphometric characteristics of nebkhas of the species Romaria Torquistina", ***Natural Geography Research***, 69: 99-113. [In Persian].
- Refahi. H., (2009), "***Wind erosion control***", Tehran: Tehran University press.
Saaty, T. L., (1986), "Axiomatic foundation of analytical hierarchy process", ***Journal of Management science***, 31 (7): 841-855.
- Saaty, T. L., (1994), "High lights and critical points in the theory and application of the analytical hierarchy process", ***European Journal of operational research***, 74: 426-447.
- Saghafi, M., Rahmani, A., (2017), "Estimation of variation rate of wind erosion zones based on the IRIFR model and land use and landcover extraction model by using Landsat satellite images (case study: Mazhan district, South Khorasan province)", ***Journal of Geographical Space***, 17 (59) :165-185. [In Persian].
- Tengberg, A., Chen, D., (1995), "A comparative analysis of nebkha in central Tunisia and northern Burkina Faso", ***Journal of Geomorphology***, 22: 181-192.
- Vali, A. A., Pourkhosravani, M., (2009), "Comparison of the relationship between nebkha morphometric components and vegetation morphology of Tamarix, Rumeria and AlHagi Manifeara in Khirabad Sirjan", ***Journal of Geography and Environmental Planning***, 35: 119-134. [In Persian].
- Wang, X., Zhang, C., Zhang, J., Hua, T., Lang, L., Zhang, X, Wang, L., (2010), "Nebkha formation: Implications for reconstructing environmental changes over the past several centuries in the Ala Shan Plateau, China", ***Journal of Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology***, 297: 697-706.
- Yue, J., Chen, B., Wang, M. C., (2006), "Generating ranking groups in The Analytic Hierarchy Process", ***Journal of the Operational Research Society***, 57 (2): 190-201.

[ Downloaded from geographical-space.iau-ahar.ac.ir on 2026-10-30 ]