Analyzing Nebka Morphometric Parameters and Introducing the Most Appropriate Type for Sand Dune Stabilization, using ELECTRE Algorithm (Case Study: Chah Jam Erg)

Nowadays, desertification is one of the ecological crises of the world. To control desertification, having a clear understanding of its factors and processes is necessary. Desertification is defined as the reduction of biomass potential and degradation of environmental resources and ecosystems which affects regional and cross-regional levels of human life. The degradation of ecosystems in arid and semi-arid areas on the one hand and unnecessary exploitation of humans, on the other hand, have led to the erosion of deserts and made them an acute problem at the national level. Its solution is to predict the changes occurring in the natural environment with continuous monitoring and meta-analysis. The aim of this study is to compare Nebkas in the Chah Jam Erg, and to introduce the most appropriate type for quicksand stabilization, using analysis of Nebka morphometric parameters, via ELECTRE algorithm. This algorithm is one of the methods of multiple criteria decision making, that combines the quantitative and qualitative indicators and weights according to importance of each criterion, can help decision makers to choose the best alternative. To this end, first, the most important morphometric parameters of 462 Nebkas from Astragalus Gummife, Seidlitzia florida, Tamarix Macatensis, Zygophyllum Eurypterum , Alhagi Mannifera, Salsola rigida and Haloxylon types were measured by linear sampling in field. Then, the studied Nebkas were prioritized using comparative evaluation by ELECTRE algorithm. The results showed that Tamarix Macatensis and Haloxylon Nebkas, with weight of 4, had the highest effect in stabilization of quicksand. Astragalus Gummife and Alhagi Mannifera Nebkas, with weight of -6, had the least importance. Therefore, for implementation of stabilization projects of mobile sands in study area, developing Tamarix Macatensis and Haloxylon Nebka systems have the highest of importance and efficiency. The results of this study will be beneficial in systemic management of desert regions and stabilization projects of quicksand.

Keywords: Desertification Plant Species Sand Dunes Stabilization ELECTRE Method.

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی

جغرافیـــا و برنامـــه‌ریـــزی محیطـــی
سال ۲۸، پیـاپی ۶۶، شـماره ۲، تابسـتان ۱۳۹۶

آنالیز مؤلفه‌های مورفومتری نبکاها و معرفی مناسب‌ترین نوع آن برای تثبیت ماسه‌های روان با استفاده از الگوریتم ELECTRE (مطالعهٔ موردی: ریگ چاه جام)

علیرضا عرب عامری*، دانشجوی دکتری، دانشگاه تربیت مدرس، تهران، ایران
امیرحسین حلبیان، دانشیار، گروه جغرافیا، دانشگاه پیام نور، تهران، ایران

وصـول: ۱۳۹۳/۱۱/۲۲ پـذیرش: ۱۳۹۵/۱/۲۵ ، صص ۱۰۸-۹۳

چکیده

یکی از بحران‌های اکولوژیکی جهان، پدیدهٔ بیابان‌زایی است. مهار این بحران، به شـناخت و درک صـحیح از عامـل‌هـا و فرایندهای آن نیازمند است. بیابان‌زایی، به کاهش استعداد زیست‌محیطی و نابودی منابع طبیعی و زیست‌بوم‌ها (اکوسیسـتم‌هـا) گفته می‌شود که عوارض منطقه‌ای و فرامنطقه‌ای آن، بر جنبه‌های زندگی انسان تأثیر می‌گذارد. وضعیت بحرانـی بـوم‌شـناختی در مناطق خشک و نیمه‌خشک بیابانی از یک سو و بهره‌برداری بی‌رویهٔ انسان از سویی دیگر، موجب گسترش بیابان‌ها شده و مشکلی بزرگ در سطح ملی ایجاد کرده است. راه حل آن، پیش‌بینی تغییرات محیط طبیعی با پایش مداوم و فراکافت (تجزیـه و تحلیل) داده‌هاست. هدف این پژوهش، مقایسهٔ نبکاهای ریگ چاه جام و معرفی مناسب‌ترین نوع آن برای تثبیت ماسه‌هـای روان با استفاده از آنالیز مؤلفه‌های مورفومتری نبکا از طریق الگوریتم ELECTRE است. این الگـوریتم، یکـی از روش‌هـای تصمیم‌گیری چند معیاره است که ضمن ترکیب معیارهای کمی، کیفی و وزن‌دهی متناسب با هـر معیـار، در انتخـاب بهتـرین گزینه به تصمیم‌گیران کمک می‌کند. ابتدا مهم‌ترین شاخص‌های موفومتری ۴۶۲ نبکـا از گونـه‌هـای گـوَن، اشـنان، گـز، قـیچ، خارشتر، علف‌شور، سیاه‌تاق به‌روش نمونه‌برداری طولی ارزیابی شـد؛ سـپس بـا ارزیـابی معیارهـای آن بـه‌وسـیلهٔ الگـوریتم ELECTRE، نبکاهای مطالعاتی اولویت‌بندی شد. نتایج پژوهش نشان می‌دهد نبکاهای گز و سیاه‌تاق، ۵ بار مسـلط و ۱ بـار مغلوب شدند و با ۴ امتیاز بیشترین نمره را کسب کردند و بیشترین تأثیر را در تثبیت ماسه‌هـای روان دارنـد. نبکاهـای گونـهٔ خارشتر و گون با ۶ بار مغلوب‌شدن، با امتیاز ۶- کمترین بهره‌بری را دارند؛ بنابراین، برای اجرای طرح‌هـای تثبیـت ماسـه در منطقهٔ مطالعاتی، ابتدا توسعهٔ نبکازارهای تاق و گز بیشترین اهمیت را دارند و درصورت اجرا، بـالاترین بهـره‌بـری را خواهـد داشت. نتایج این پژوهش در مدیریت سیستمی مناطق بیابانی و طرح‌های تثبیت ماسه‌های متحرک، کاربردی و اجرایی خواهد بود.

واژه‌های کلیدی: گونه‌های گیاهی، بیابان‌زایی، ماسه‌های روان، تثبیت، روش ELECTRE.

***نویسنده مسؤول:** alireza.ameri91@yahoo.com

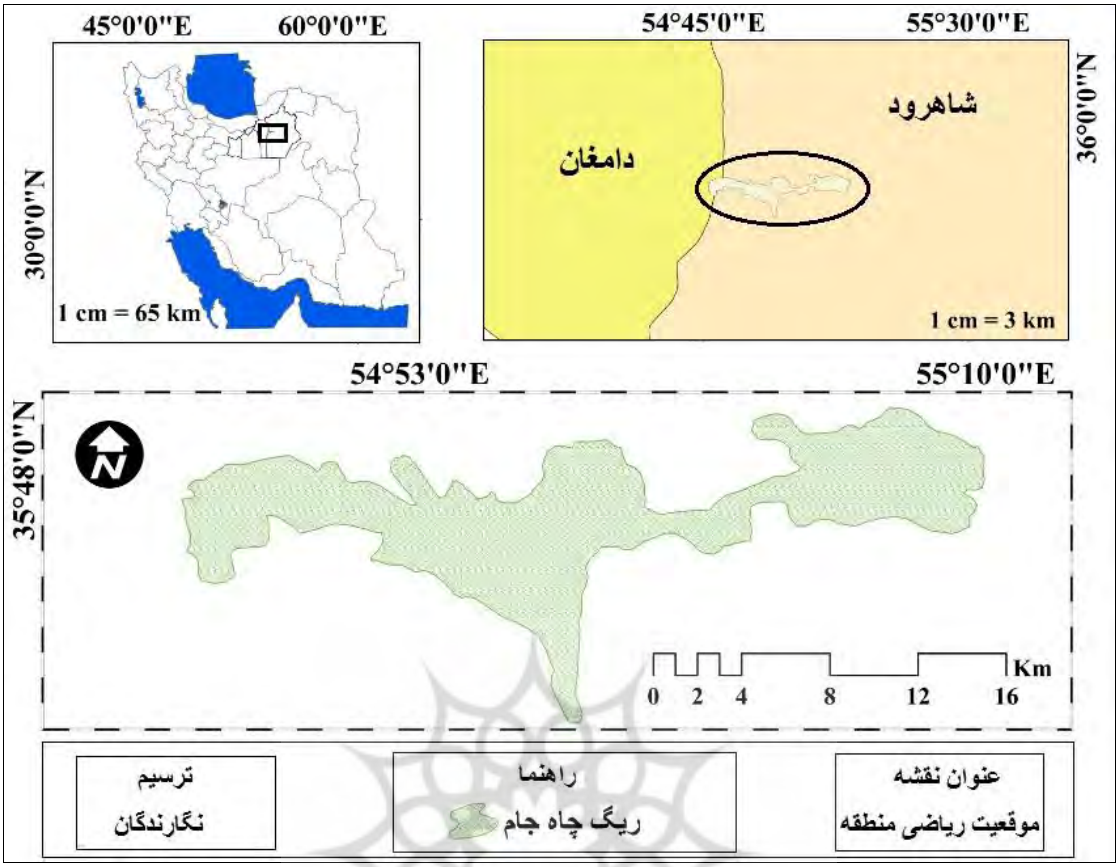
مقدمه

امروزه بیابان‌زایی، مشکل بزرگ بسیاری از کشورهای جهان، به‌ویژه کشورهای در حال توسعه است. نتیجهٔ این فرایند، نابودی منابع تجدیدشونده در این کشورهاست (احمدی، ۱۳۸۳: ۲۰). بیابان‌زایی، فرایندی است که بر اثر عوامل طبیعی و عملکرد نادرست انسان ایجاد می‌شود و به معنای کاهش استعداد اراضی بر اثر یک یا ترکیبی از فرآیندها از قبیل فرسایش بادی، فرسایش آبی، تخریب پوشش گیاهی، تخریب منابع آب، ماندابی شدن، شورشدن و قلیایی‌شدن خاک که با عوامل محیطی یا انسانی شدت می‌یابد (Danfeng et al, 2006). یکی از مهم‌ترین فرایندهای طبیعی در مناطق خشک، نیمه‌خشک و فراخشک فرسایش بادی است. این فرایند در مناطقی رخ می دهد که خاک حساس است و باد سرعت زیادی دارد. انتقال ذرات خاک به شیوه‌های معلق، جهشی و خزش انجام می‌شود و باعث خسارت‌های جدی به محیط زیست می‌شود. برای مقابله با این پدیده، می‌توان با ارائهٔ راهکارها وروش‌های مدیریتی مناسب و کارآمد، از شدت آن کم و از گسترش آن جلوگیری کرد. برای دستیابی به این هدف، ابتدا باید از فرایندهای بیابان‌زایی، عوامل تشدیدکننده و میزان شدت و ضعف آن، آگاهی کامل داشت تا بتوان به الگوی مناسب برای شناخت و کنترل آن دست یافت .مؤسسهٔ پژوهش‌های فرهنگستان علوم ترکمنستان، طرحی با دقت بیشتر از روش فائویونپ برای ارزیابی و تهیهٔ نقشهٔ بیابان‌زایی ارائه کرد. فرسایش بادی، مهم‌ترین عامل تخریب طی دورهٔ کواترنر در مناطق بیابانی ایران محسوب می‌شود؛ به‌علت کاهش تراکم پوشش گیاهی، باد موجب تخریب، حمل مواد و ایجاد ناهمواری‌های ماسه‌ای می‌شود. در شرایط کنونی، حدود ۳۰ میلیون هکتار از اراضی کشور تحت تأثیر باد قرار دارند (احمدی و فیض‌نیا، ۱۳۷۸: ۴۲۹). فضای وسیع دشت‌ها، فقر پوشش گیاهی، فراوانی ریزدانه‌ها، سست و منفصل بودن دانه‌ها از جمله عواملی هستند که موجب شکل‌زایی باد در دشت‌های داخلی می‌شوند (علائی طالقانی، ۱۳۸۴: ۲۹۵). رفاهی به نقل از مارشال (۱۹۷۱) و وسون و نانینگا (۱۹۸۶) بیان می‌کنند که ارتفاع، شکل و تراکم پوشش گیاهی در میزان فرسایش بادی تأثیر بسزایی دارند. نوع و تراکم پوشش گیاهی باعث دینامیک رسوبات در سیستم می‌شود؛ به گونه‌ای که پوشش گیاهی انتقال رسوب را کاهش می‌دهد و منبع آن را محدود می‌کند (Lancaster and Baas, ۸۲-۶۹ :۱۹۹۱). زمانی که رشد و توسعهٔ پوشش گیاهی تحت تأثیر دفن رسوبات و فرسایش قرار می‌گیرد، گونه‌های مختلف گیاهی مقاومت‌های متفاوتی نسبت به دفن بادرفت‌ها نشان می‌دهند. همچنین می‌توانند به‌صورت حمل و دفن انتخابی، روی تپه تأثیر بگذارند (۲۰۰۲: ۹۷۸-۹۸۸, Van der Stoel). مطالعات بسیاری روی مرفولوژی گونه‌های گیاهی و ویژگی‌های نبکا، به‌روش‌های گوناگون انجام شده است؛ به طوری که Tengberg and Chen (1995) به مطالعهٔ نبکاهای بورکینافاسو پرداخته است و نبکا را شاخصی برای ارزیابی فرسایش بادی و تخریب اراضی می‌داند. Khalaf و همکاران (۱۹۹۵) بیان کردند که مورفولوژی نبکاها با الگوهای رویشی کنترل می‌شود (Hesp and Mclachlan 2000) نیز بیان کردند که فرم و رویش

گونه‌های گیاهی نشان‌دهندهٔ مورفولوژی نبکا، شرایط اقلیمی و اکولوژی محل رشد آنها است. Bing و همکاران (۲۰۰۸) خصوصیات مورفولوژی نبکاها را بررسی کردند. Ardon و همکاران (۲۰۰۹) نیز تأثیر نبکاها را در تثلیت ماسه‌های روان بررسی کردند. Wang و همکاران (۲۰۱۰) نحوهٔ شکل‌گیری، تغییرات زیست‌محیطی و تکامل ژئومورفولوژیکی نبکاهای گز را در فلات آلاشان چین بررسی کردند. (Jianhui 2010) نیز سازوکار تشکیل، جای‌گزینی و توزیع فضایی نبکاها را در ارتباط با خصوصیات جریان هوا بررسی کرده است. ولی و قضاوی (۱۳۸۵) به بررسی واکنش گونه‌های مختلف گیاهی در مقابله با تنش‌های محیطی پرداخته است؛ وی بیان کرد که عمده‌ترین تنش‌های محیطی، تنش‌های شوری، خشکی و تدفینی است. پورخسروانی (۱۳۸۸) به بررسی خصوصیات مورفومتری نبکاها در کویر سیرجان، با روش‌های آماری پرداخته است. مقصودی و همکاران (۱۳۹۱) ضمن تحلیل ویژگی‌های ژئومورفیکی نبکاهای غرب دشت لوت، بیان کردند که نوع گونهٔ گیاهی، بر اندازهٔ رسوبات هر نبکا تأثیر زیادی دارد. نگهبان و همکاران (۱۳۹۲) به بررسی تراکم، ژئومورفولوژی، پهنه‌بندی ارتفاعی نبکاهای حاشیهٔ غربی دشت لوت و تأثیر پوشش گیاهی بر مورفولوژی آنها پرداخته‌اند؛ آنها بیان کردند که پراکندگی نبکاهای هر یک از گونه‌های گیاهی، از الگوی خاصی پیروی می‌کند. هدف این پژوهش، شناسایی مناسب‌ترین گونهٔ گیاهی نبکاهای کویرِ حاج علی قلی، با استفاده از تحلیل مورفومتری گونه‌های تشکیل‌دهندهٔ نبکا به‌روش تصمیم‌گیری چند معیاره (ELECTRE) است. نتایج حاصل از این پژوهش در مدیریت مناطق بیابانی، ریگ‌زارهای روان و جلوگیری از گسترش بیابان‌زایی در راستای توسعهٔ پایدار منطقه، اهمیت زیادی دارد.

محدوده و قلمرو پژوهش

منطقهٔ دردستِ مطالعه، ریگ چاه جام، از توابع شهرستان شاهرود در استان سمنان است که از قسمت جنوب‌شرقی تا جنوب کویر حاج علی قلی گسترده شده است. کویر حاج علی قلی، مهم‌ترین کویر استان سمنان است که در جنوب غربی شهرستان شاهرود و جنوب دامغان واقع شده است. این کویر، چاله‌ای رسوبی – ساختمانی است که در حال حاضر تحت تأثیر فرایندهای شکل‌زایی مختلف قرار دارد. به‌دلیل کمبود پوشش گیاهی و ریزش‌های جوی در اطراف این کویر، سیستم‌های شکل‌زایی بادی بر دیگر فرایندها تسلط دارند و می‌توان انواع فرسایش بادی را در این منطقه مشاهده کرد. ریگ چاه جام، با وسعتی حدود ۲۵۲۶۰ هکتار، یکی از مهم‌ترین ریگ‌های موجود در حاشیهٔ کویر حاج‌علی‌قلی است که به‌شکل نواری نامنظم در طول ۱۰ تا ۱۲ کیلومتر کشیده شده است (محمودی، ۱۳۸۳). این ریگ در محدوده‌ای به عرض ۳۵ درجه و ۴۵ دقیقه تا ۳۵ درجه و ۵۰ دقیقه و طول ۵۴ درجه و ۴۰ دقیقه تا ۵۵ درجه و ۱۰ دقیقهٔ جغرافیایی کشیده شده است (شکل ۱)

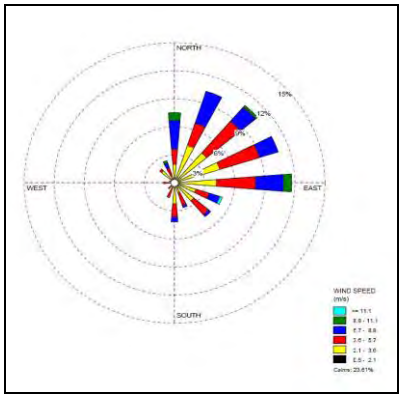


شکل ۱. موقعیت ریاضی منطقهٔ دردستِ مطالعه

موقعیت جغرافیایی خاص منطقه، وضعیت متضاد اقلیمی را در فصل‌های مختلف سال، هم از نظر منشأ توده هوای باران‌زا و هم وضعیت هوای سرد و گرم به وجود آورده است. همچنین، عامل‌های انسانی و طبیعی تشدیدکنندهٔ بیابان‌زا، سبب ایجاد شرایط متضاد اقلیمی است.

جدول ۱. مقدار عناصر اقلیمی منطقهٔ دردستِ مطالعه (میانگین یک دورهٔ آماری ۳۰ ساله)

دورهٔ زمانی / عناصر اقلیمی	زمستان	بهار	تابستان	پاییز	سالیانه
میانگین حداقل دما به سانتی‌گراد	-۰/۷۵	۱۴/۶۵	۱۹/۹۸	۳/۵۳	۹/۳۲
میانگین حداکثر دما به سانتی‌گراد	۱۳/۷۳	۳۲/۵۴	۳۹/۰۲	۲۰/۰۱	۲۶/۳۴
میانگین حداقل رطوبت نسبی به درصد	۴۱/۰۱	۲۶/۳۳	۲۹/۸۱	۳۷/۷۳	۳۲/۳۳
میانگین حداکثر رطوبت نسبی به درصد	۶۵/۰۳	۴۲/۱۰	۴۳/۶۶	۵۵/۴۲	۵۰/۴۹
میانگین بارندگی به میلی‌متر	۴۶/۱۶	۲۰/۷۶	۲/۵۵	۱۶/۳۳	۸۵/۸۱
میانگین سرعت باد به نات	۳/۳	۶/۳	۷/۵	۲/۵	۴/۹۵



شکل ۲. گلباد سالیانهٔ منطقهٔ مطالعه‌شده

روش‌شناسی تحقیق

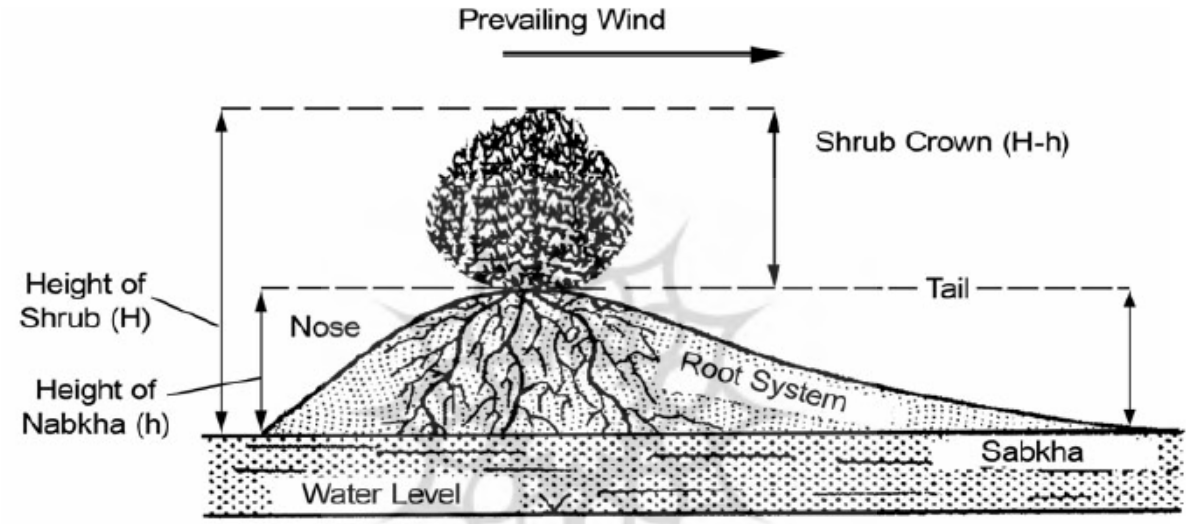
برای اندازه‌گیری شاخص‌های لازم، ابتدا به بررسی ویژگی‌های محیطی محدودهٔ دردستِ مطالعه از طریق نقشه‌های توپوگرافی ۱:۵۰۰۰۰، تصاویر ماهواره‌ای گوگل‌ارث و بازدیدهای میدانی پرداخته شد. سپس مطالعات میدانی منطقه، تعیین موقعیت نبکاها و اندازه‌گیری مؤلفه‌های مورفومتری نبکاها انجام شد. مهم‌ترین ویژگی‌های اندازه‌گیری‌شده در نبکاها عبارتند از ارتفاع گیاه، قطر تاج پوشش، ارتفاع نبکا، تراکم در هکتار و حجم نبکا که با محاسبهٔ حجم نبکا میزان سازگاری گونهٔ گیاهی نسبت به دیگر مؤلفه‌های آن گونه محاسبه می‌شود. روش نمونه‌برداری در این پژوهش، بر اساس روش تک بُعدی و واحد نمونه‌برداری طولی انجام گرفته است. این روش امکان نمونه‌برداری تصادفی را در کل محدودهٔ مطالعاتی فراهم می‌کند. بنابراین برای پوشش کامل منطقهٔ مطالعاتی، ۶ ترانسکت یک کیلومتری با استفاده از دستگاه GPS در نظر گرفته شد. ابتدا در قسمت جنوبی منطقهٔ دردستِ مطالعه، نقاط ابتدایی ترانسکت‌ها با GPS تعیین و سپس در جهت شمال جغرافیایی مسیری به‌طول یک کیلومتر طی شد و در امتداد آن نبکاهای برخوردکرده با مسیر اندازه‌گیری شد. مبنای اندازه‌گیری مؤلفه‌های نبکا در شکل (۳) است که انواع ویژگی‌های اندازه‌گیری نبکا و نحوهٔ نمونه‌برداری آن را نشان می‌دهد. اندازه‌گیری مؤلفه‌های مورفومتری نبکا از طریق متر نواری به‌شرح زیر است:

حجم نمونه‌های مطالعاتی به موقعیت نبکاها، نسبت به محل ترانسکت‌های مستقرشده بستگی دارد. در مجموع، ۴۶۲ نبکا از گونه‌های مختلف ارزیابی شده است (جدول ۲). از این تعداد، ۱۵۰ نبکا مربوط به گونهٔ بوته‌ای اشنان، ۴۵ نبکا مربوط به گونهٔ درخچه‌ای گز، ۶۰ نبکا مربوط به گونهٔ بوته‌ای خارشتر، ۲۸ نبکا مربوط به گونهٔ بوته‌ای گون، ۴۵ نبکا مربوط به گونهٔ بوته‌ای قیچ، ۸۰ نبکا مربوط به گونهٔ بوته‌ای علف‌شور و ۵۴ نبکا مربوط به گونهٔ درخچه‌ای تاق است.

برای محاسبهٔ قطر تاج پوشش گیاه میانگین دو قطر اندازه‌گیری تاج گیاه، برای اندازه‌گیری ارتفاع گیاه بلندترین شاخهٔ گیاه تا قلهٔ نبکا، به‌منظور اندازه‌گیری ارتفاع نبکا ارتفاع قلهٔ نبکا تا سطح قاعدهٔ آن و برای قطر قاعدهٔ نبکا اندازه‌گیری قطر متوسط قاعده به‌وسیله متر نواری، ملاک عمل قرار گرفت. حجم مخروط نیز از طریق رابطهٔ ۱ محاسبه شد (Dougill and Thomas, 2002).

رابطهٔ (۱) $V = 0/5(0/33\ \pi\ R2\ H)$

در این رابطه، V: حجم مخروط نبکا به مترمربع، H: ارتفاع مخروط نبکا به متر، و R: شعاع قاعدهٔ مخروط نبکا به متر است. پس از اندازه‌گیری مؤلفه‌های مورفومتری نبکاها، به تجزیه و تحلیل این مؤلفه‌ها و رتبه‌بندی گونه‌های گیاهی تشکیل‌دهندهٔ آن به‌روش تصمیم‌گیری چند معیاره پرداخته شد و مناسب‌ترین گونه برای ایجاد نبکا در منطقه انتخاب شد که باعث جلوگیری از حرکت رسوبات و مانع گسترش بیابان‌زایی می‌شود. در شکل (۴) نمونه‌هایی از نبکاهای موجود در منطقه نشان داده شده است.



شکل ۳. توضیح تصویری مؤلفه‌های مورفومتری نبکا

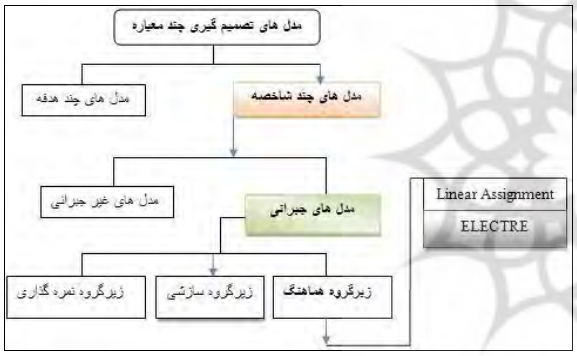
شکل ۴. نمونه‌ای از نبکاهای موجود در منطقهٔ دردستِ مطالعه

جدول ۲. آمار توصیفی مؤلفه‌های مورفومتری نبکاهای منطقهٔ دردستِ مطالعه

نوع نبکا	تعداد نمونه	مؤلفه	میانگین	حداقل	حداکثر	چواگی	انحراف معیار
		ارتفاع نبکا	۰/۲۳	۰/۰۹	۰/۴۵	۰/۶۱۹	۴/۳۲
		حجم نبکا	۰/۲۹۰	۰/۱۸	۱/۵۰	۱/۲۵	۵/۳۵
اشنان	۱۵۰	قطر تاج پوشش	۰/۱۰	۰/۰۵	۱/۸۰	۰/۷۸۵	۸/۴۵
		ارتفاع گیاه	۰/۲۹	۰/۱۳	۰/۵۶	۱/۸۷	۶/۶۵
		قطر قاعدهٔ نبکا	۰/۲۳	۰/۰۱۱	۲/۵۸	۰/۴۵۹	۸/۹۰
		ارتفاع نبکا	۰/۷	۰/۴۵	۱/۱۰	۰/۵۷۴	۴/۵۴
		حجم نبکا	۱/۶	۰/۸	۱/۸۰	۱/۹۰	۳/۶۵
گز	۴۵	قطر تاج پوشش	۳/۱۰	۰/۸۰	۵/۵۰	۰/۸۸۵	۶/۶۰
		ارتفاع گیاه	۱/۵۰	۰/۸۴	۲/۱۰	۰/۴۹۰	۴/۸۰
		قطر قاعدهٔ نبکا	۰/۳۸	۰/۱۲	۰/۹۵	۱/۲۰	۰/۰۱۱
		ارتفاع نبکا	۰/۲۱	۰/۰۸	۰/۶	۱/۲۰	۲/۳۰
		حجم نبکا	۰/۰۱۹	۰/۰۰۶۰	۰/۱۸۰	۱/۲۰	۲/۳۰
خارشتر	۶۰	قطر تاج پوشش	۰/۶۴	۰/۲۵	۰/۹۶	۱/۹۰	۲/۱۰
		ارتفاع گیاه	۰/۳۲	۰/۱۲	۰/۴۵	۰/۴۵	۶/۳۵
		قطر قاعدهٔ نبکا	۰/۶۲	۰/۳۲	۰/۶۵	۰/۴۵۹	۱/۹۸
		ارتفاع نبکا	۰/۲۰	۰/۰۸	۰/۳۵	۰/۸۴۵	۳/۳۵
		حجم نبکا	۰/۰۵۶	۰/۰۰۸	۰/۱۰	۱/۱۰	۲/۹۸
گون	۲۸	قطر تاج پوشش	۰/۰۵	۰/۰۰۶	۰/۱۱	۰/۷۴۵	۴/۲۵
		ارتفاع گیاه	۰/۵۶	۰/۳۲	۰/۷۵	۰/۸۸۹	۳/۳۵
		قطر قاعدهٔ نبکا	۰/۱۵	۰/۰۹	۰/۲۵	۱/۳۵	۲/۳۵
		ارتفاع نبکا	۰/۶۰	۰/۲۰	۱/۱۰	۰/۷۴۵	۴/۳۵
		حجم نبکا	۱/۴	۰/۹۰	۲/۱۰	۰/۵۴۷	۱/۵۴
قیچ	۴۵	قطر تاج پوشش	۲/۳۰	۱/۲۰	۳/۹۰	۰/۹۸۷	۶/۲۵
		ارتفاع گیاه	۱/۵۰	۰/۹۰	۲/۳۰	۱/۵۴	۳/۹۸
		قطر قاعدهٔ نبکا	۰/۳۵	۰/۱۱	۰/۹۰	۰/۶۵۸	۱/۶۸
		ارتفاع نبکا	۰/۲۱	۰/۱۰	۰/۳۵	۰/۶۵۸	۲/۳۵
		حجم نبکا	۰/۶۲	۰/۳۰	۰/۸۵	۱/۶۵	۵/۶۵
علف‌شور	۸۰	قطر تاج پوشش	۰/۶۰	۰/۴۰	۱	۰/۹۵۶	۳/۵۴
		ارتفاع گیاه	۰/۴۰	۰/۳۵	۰/۸۰	۱/۶۵	۱/۴۵
		قطر قاعدهٔ نبکا	۰/۲۳	۰/۰۷	۰/۳۱	۰/۶۵۸	۱/۳۵
		ارتفاع نبکا	۱/۱	۰/۶	۱/۷	۱/۶۵	۲/۶۸
		حجم نبکا	۲/۴۰	۰/۸۰	۳/۶۰	۰/۹۸۳	۱/۳۶۵
سیاه‌تاق	۵۴	قطر تاج پوشش	۴/۳۰	۲/۲۰	۵/۱۰	۰/۷۸۵	۲/۳۵۶
		ارتفاع گیاه	۱/۷۰	۰/۷۰	۲/۵۰	۱/۳۶۵	۳/۹۵۸
		قطر قاعدهٔ نبکا	۰/۸	۰/۴۰	۱/۲۰	۱/۸۹۵	۲/۶۹۵

مبانی نظری روش ELECTRE

در دهه‌های اخیر، الگوهای تصمیم‌گیری چند معیاره (MCDM)[1] توجه پژوهشگران زیادی را برای تصمیم‌گیری‌های پیچیده به خود جلب کرده است. این الگوهای تصمیم‌گیری به دو دسته تقسیم می‌شوند: الگوهای چند هدفی (MODM)[2] و الگوهای چند شاخصی (MADM)[3]؛ به طوری که الگوهای چند شاخصی برای انتخاب گزینه‌های برتر استفاده می‌شود. الگوهای ارزیابی برای یک MADM به دو الگو جبرانی و غیرجبرانی تقسیم می‌شوند. الگو غیرجبرانی شامل روش‌هایی است که اغلب نیاز به کسب اطلاعات از DM نداشته است و به یک جواب عینی می‌رسد. در الگو جبرانی، تبادل بین شاخص‌ها مجاز است؛ یعنی ضعف یک شاخص ممکن است با امتیاز شاخص دیگر جبران شود. روش الکترهیکی از متدهای الگوهای جبرانی است. در این روش، همهٔ گزینه‌ها با استفاده از مقایسه‌های «غیررُتبه‌ای» ارزیابی می‌شود. کلیهٔ مراحل این روش بر مبنای یک مجموعهٔ هماهنگ و یک مجموعهٔ ناهماهنگ پایه‌ریزی می‌شوند؛ از این رو، به این روش «آنالیز هماهنگی» می‌گویند. روش الکتره به‌وسیلهٔ بنایون[4] ارائه شد و سپس وان دلفت،[5] نیچکامپ،[6] روی[7] و سایر همکارانش این روش را توسعه دادند. در روش الکتره، از مفهوم تسلط به‌صورت ضمنی استفاده می‌شود. در این روش، گزینه‌ها به‌صورت زوجی با هم مقایسه می‌شوند و گزینهٔ مسلط و ضعیف (غالب و مغلوب) شناسایی و گزینه‌های ضعیف و مغلوب حذف می‌شوند (roy, 1991: 49-73). الکتره، یکی از روش‌های تصمیم‌گیری چند معیاره است که ضمن ترکیب شاخص‌های کمی، کیفی و وزن‌دهیِ متناسب با اهمیت هر معیار، در انتخاب بهترین گزینه به تصمیم‌گیران کمک می‌کند. در این شیوه، گزینه‌های فرضی مسئله، برحسب امتیاز آنها از هر شاخصی رتبه‌بندی می‌شود و رتبهٔ نهایی گزینه‌ها از طریق یک فرایند جبران خطی[8] مشخص می‌شود. جایگاه این دو الگو، در شکل (۵) نشان داده شده است. فرایند حل به‌گونه‌ای است که به مقیاس شاخص‌های کمی و کیفی نیازی نیست.



شکل ۵. جایگاه روش ELECTRE در میان روش‌های تصمیم‌گیری چند معیاره

یافته‌های پژوهش

بیابان‌زایی یکی از مهم‌ترین بحران‌های جهان امروز است. حدود هزار و سیصد میلیون انسانِ ساکن در بیش از ۱۱۰ کشو، از آثار زیان‌بار آن در رنج هستند؛ همچنین پیامدهای اقتصادی، اجتماعی و سیاسی آن، بر ساکنان دیگر نواحی تأثیر می‌گذارد (Diallo, 2001). ایران نیز که حدود ۸۸/۶ درصد از مساحتش در قلمرو سرزمین‌های خشک است، دارای

[1] Multi Criteria Decision Making
[2] Multi Objectiv Decision Making
[3] Multi attribute Decision Making
[4] Banayoun
[5] van Delft
[6] Nijkamp
[7] Roy
[8] Linear Compensatory Process

زیست‌بومی شکننده است. یکی از راه‌حل‌های جلوگیری از گسترش بیابان‌ها، تثبیت ماسه‌های روان به‌وسیلهٔ توسعهٔ نبکازارها است. همانگونه که پیش‌تر اشاره شد، نبکاها اشکال تراکمی هستند که در سیستم فرسایش بادی و مناطق ماسه‌ای متوسط، خشک و نیمه‌خشک وجود دارند (Nickling & Wolfe, 1994: 16; Tengberg & Chen, 1998: 182). این رویداد و نحوهٔ تشکیل آن از شرایط آب و هوایی، اندازه و نوع مواد بادرفتی، پوشش گیاهی، نیرو و ظرفیت انتقال باد و منبع تأمین رسوبات بادی تأثیر می‌پذیرد (Hugenholtz & Wolf, 2005: 45). به طوری که، نوع پوشش گیاهی و تراکم آن باعث تثبیت و کاهش انتقال رسوب سیستم‌های بادی شده است و منبع تأمین ماسه را محدود می‌کند (Lancaster& Baas, 1998: 80). در این میان، گونه‌های گیاهی مختلف هنگامی که تحت تأثیر دفن رسوبات قرار می‌گیرند، مقاومت‌های مختلف از خود نشان می‌دهند و بر حمل و تثبیت مواد بادرفتی تأثیر می‌گذارند (Maun & Perumal, 1999: 14; Van der Stoel et al, 2002: 979). بنابراین شناسایی نوع نبکاها برای توسعهٔ سیستم نبکازارها و حداکثر تثبیت ماسه به‌وسیلهٔ آن‌ها، می‌تواند مهم‌ترین عامل بازدارنده در سیستم‌های بادی مخرب باشد. برای این موضوع، ابتدا باید انواع مختلف نبکاهای منطقهٔ دردستِ مطالعه شناسایی و سپس اولویت‌بندی شود. برای به دست آوردن نتایج درست، باید مهم‌ترین شاخص‌های مورفومتری نبکا تعریف و اندازه‌گیری میدانی شود (جدول ۲). پس از تعیین مهم‌ترین شاخص‌های مورفومتری و اندازه‌گیری آنها، بهترین گونه از طریق الگوریتم الکتره انتخاب می‌شود. این مراحل عبارتند از:

گام نخست: تشکیل ماتریس تصمیم

با توجه به معیارها و تعداد گزینه‌ها و ارزیابی همهٔ گزینه‌ها برای معیارهای مختلف، ماتریس تصمیم به‌صورت زیر تشکیل می‌شود.

$$X=\begin{bmatrix} x_{11} & \dots & x_{1n} \\ \vdots & \dots & .... \\ x_{1m} & \dots & x_{mn} \end{bmatrix}$$

که در آن X_{ij} عملکرد گزینهٔ iام (i=1,2,... ,m) در رابطه با معیار jام (j=1,2,3 ,... ,n) است (جدول ۳).

جدول ۳. ماتریس تصمیم (X)

گونه / شاخص‌ها	ارتفاع نبکا	حجم نبکا	قطر تاج پوشش	ارتفاع گیاه	قطر قاعدهٔ نبکا
اشنان	۰/۲۳	۰/۲۹	۰/۱	۰/۲۹	۰/۲۳
گز	۰/۷	/۱/۱۶	۳/۱	۱/۵	۰/۳۸
خارشتر	۰/۲۱	۰/۰۱۹	۰/۶۴	۰/۳۲	۰/۶۲
گون	۰/۲	۰/۰۶۵	۰/۰۵	۰/۶۵	۰/۱۵
قیچ	۰/۶	۱/۴	۲/۳	۱/۵	۰/۳۵
علف‌شور	۰/۲۱	۰/۶۲	۰/۶	۰/۴	۰/۲۳
سیاه‌تاق	۱/۱	۲/۴	۴/۳	۱/۷	۰/۸

واحد ارتفاع گیاه، ارتفاع نبکا، قطر تاج پوشش و قطر قاعده، به متر و واحد حجم، به مترمکعب است.

گام دوم: بی‌مقیاس‌کردن ماتریس تصمیم

در این مرحله سعی می‌شود، معیارها با ابعاد مختلف به معیارهای بدون‌بُعد تبدیل شود (جدول ۴). ماتریس R به‌شکل زیر تعریف شود.

روش‌های مختلفی برای بی‌بُعدکردن وجود دارد؛ اما در روش الکتره معمولاً از رابطهٔ زیر استفاده می‌شود (Tille, 2003: 19-21).

رابطهٔ (۲)

$$R=\begin{bmatrix} r_{11} & ... & r_{1n} \\ \vdots & .... & ... \\ r_{m1} & ... & r_{mn} \end{bmatrix} \quad r_{ij}=\frac{x_{ij}}{\sqrt{\sum_{i=1}^{m} x_{ij}^2}}$$

جدول ۴. ماتریس تصمیم بی‌مقیاس‌شده (R)

شاخص‌ها / گونه	ارتفاع نبکا	حجم نبکا	قطر تاج پوشش	ارتفاع گیاه	قطر قاعدهٔ نبکا
اشنان	۰/۱۵۲۵	۰/۰۸۸۷	۰/۰۱۴۱	۰/۱۰۲۲	۰/۱۹۳۰
گز	۰/۵۶۳۴	۰/۵۵۰۷	۰/۵۷۶۸	۰/۵۲۸۷	۰/۳۱۸۹
خارشتر	۰/۱۳۹۲	۰/۰۰۵۸	۰/۰۹۰۰	۰/۱۱۲۸	۰/۵۲۰۴
گون	۰/۱۳۲۶	۰/۰۱۷۱	۰/۰۰۷۰	۰/۱۹۷۴	۰/۱۲۵۹
قیچ	۰/۵۹۶۵	۰/۶۴۲۵	۰/۶۰۵۰	۰/۵۹۹۲	۰/۶۷۱۴
علف‌شور	۰/۱۳۹۲	۰/۱۸۹۷	۰/۰۸۴۴	۰/۱۴۱۰	۰/۱۹۳۰
سیاه‌تاق	۰/۴۹۷۱	۰/۴۸۹۵	۰/۵۳۴۶	۰/۵۲۸۷	۰/۲۹۳۸

گام سوم: تعیین ماتریس وزن معیارها

ماتریس W یک ماتریس قطری است که فقط عناصرِ روی قطر اصلی آن غیرصفر و مقدار این عناصر برابر با ضریب اهمیت بردار است (جدول ۵).

$$W=\begin{bmatrix} w_1 & ... & 0 \\ \vdots & w_2 & ... \\ 0 & ... & w_n \end{bmatrix}$$

جدول ۵. ماتریس مقایسهٔ زوجی معیارهای مختلف (S)

شاخص‌ها / گونه‌ها	حجم نبکا	قطر تاج پوشش	ارتفاع نبکا	ارتفاع گیاه	قطر قاعدهٔ نبکا	بردار وزن
حجم نبکا	۱	۳	۳	۷	۹	۰/۵۰۲۸
قطر تاج پوشش	۰/۳۳	۱	۳	۵	۷	۰/۲۶۰۲
ارتفاع نبکا	۰/۲	۰/۳۳	۱	۳	۵	۰/۱۳۴۴
ارتفاع گیاه	۰/۱۴	۰/۲	۰/۳۳	۱	۳	۰/۰۶۷۸
قطر قاعدهٔ نبکا	۰/۱۱	۰/۱۴	۰/۲	۰/۳۳	۱	۰/۰۴۴۸
جمع	۱/۷۸	۴/۶۷	۹/۵۳	۱۶/۳۳	۲۵	۱

گام چهارم: ماتریس تصمیم وزن‌دار نرمال‌شده

ماتریس تصمیم وزن‌دار، از ضرب ماتریس تصمیم بی‌مقیاس‌شده در ماتریس وزن معیارها به دست می‌آید (جدول ۶).

$$V=R\times W=\begin{bmatrix} v_{11} & ... & v_{1n} \\ \vdots & ... & ... \\ v_{m1} & ... & v_{mn} \end{bmatrix}$$

جدول ۶. ماتریس تصمیم وزن‌دار نرمال‌شده (V)

گونه / شاخص‌ها	ارتفاع نبکا	حجم نبکا	قطر تاج پوشش	ارتفاع گیاه	قطر قاعدهٔ نبکا
اشنان	۰/۰۲۱۳	۰/۰۴۴۸	۰/۰۰۴۵	۰/۰۰۶۱	۰/۰۰۵۸
گز	۰/۰۶۴۷	۰/۲۴۷۰	۰/۱۴۰۵	۰/۰۳۱۷	۰/۰۰۹۶
خارشتر	۰/۰۱۹۴	۰/۰۰۲۹	۰/۰۲۹۰	۰/۰۰۶۸	۰/۰۱۵۶
گون	۰/۰۱۸۵	۰/۰۰۸۶	۰/۰۰۲۳	۰/۰۱۱۸	۰/۰۰۳۸
قیچ	۰/۰۵۵۵	۰/۲۱۶۱	۰/۱۰۴۲	۰/۰۳۱۷	۰/۰۰۸۸
علف‌شور	۰/۰۱۹۴	۰/۰۹۵۷	۰/۰۲۷۲	۰/۰۰۸۶	۰/۰۰۵۸
سیاه‌تاق	۰/۱۰۱۷	۰/۳۷۰۵	۰/۱۹۴۹	۰/۰۳۶۰	۰/۰۲۰۱

گام ششم: تشکیل ماتریس موافق

برای تشکیل ماتریس توافق، باید عناصر شاخص توافق را محاسبه کرد (جدول ۷).

رابطهٔ (۳)

$$c_{ke} = \frac{\sum_{j \in s_{ke}} W_j}{\sum_{j=1} W_j}$$

برای مجموع وزن‌های نرمال شده $\sum_{j \in 1} W_j$ مساوی یک است، بنابراین:

رابطهٔ (۴)

$$c_{ke} = \sum_{j \in s_{ke}} W_j$$

$$C = \begin{bmatrix} - & c_{12} & \dots & c_{1m} \\ c_{21} & - & \dots & c_{2m} \\ \vdots & \vdots & - & \vdots \\ c_{m1} & \dots & c_{m(m-1)} & - \end{bmatrix}$$

جدول ۷. ماتریس توافق (C)

گونه / شاخص‌ها	ارتفاع نبکا	حجم نبکا	قطر تاج پوشش	ارتفاع گیاه	قطر قاعدهٔ نبکا
اشنان	۰/۰۰۰	۰/۰۵۷۱	۰/۷۰۱۷	۰/۹۹۶۶	۰/۰۵۷۱
گز	۱/۰۵۶۶	۰/۰۰۰	۱/۰۲۶۶	۱/۰۵۶۶	۱/۰۵۶۶
خارشتر	۰/۴۱۲۰	۰/۰۸۷۱	۰/۰۰۰۰	۰/۴۹۰۴	۰/۰۸۷۱
گون	۰/۱۱۷۱	۰/۰۷۱	۰/۶۲۳۳	۰/۰۰۰۰	۰/۰۵۷۱
قیچ	۱/۰۵۶۶	۱/۱۱۷۱	۱/۰۲۶۶	۱/۰۵۶۶	۰/۰۰۰۰
علف‌شور	۰/۹۱۸۲	۰/۰۵۷۱	۰/۷۶۱۷	۰/۹۹۶۶	۰/۰۵۷۱
سیاه‌تاق	۱/۰۵۶۶	۱/۰۵۶۶	۱/۰۵۶۶	۱/۰۵۶۶	۱/۰۵۶۶

گام هفتم: تعیین ماتریس مخالف

شاخص بدون توافق (مخالف) به‌صورت زیر تعریف می‌شود (roy, 1991: 49-73).

رابطهٔ (۵)

$$d_{ke} = \frac{\max_{j \in I_{ke}} |v_{kj} - v_{ej}|}{\max_{j \in J} |v_{kj} - v_{ej}|}$$

$$D = \begin{bmatrix} - & d_{12} & \dots & d_{1m} \\ d_{21} & - & \dots & d_{2m} \\ \vdots & \vdots & - & \vdots \\ d_{m1} & \dots & d_{m(m-1)} & - \end{bmatrix}$$

نتایج حاصل از شاخص بدون توافق در جدول (۸) نشان داده شده است.

جدول ۸. ماتریس مخالف (D)

گونه / شاخص‌ها	ارتفاع نبکا	حجم نبکا	قطر تاج پوشش	ارتفاع گیاه	قطر قاعدهٔ نبکا
اشنان	۰	۱	۰/۵۸۴	۰/۱۵۸	۱
گز	۰	۰	۰/۰۲۴	۰	۰
خارشتر	۱	۱	۰	۰/۲۱۳	۱
گون	۱	۱	۱	۰	۱
قیچ	۰	۱	۰/۰۳۱	۰	۰
علف‌شور	۰/۰۳۶	۱	۰/۱۰	۰/۰۳۸	۱
سیاه‌تاق	۰	۰	۰	۱/۰۳	۰

گام هشتم: تشکیل ماتریس تسلط موافق

مقدار موافقت، از رابطهٔ زیر به دست می‌آید (Roy,1991: 49-73).

رابطهٔ (۶)
$$\bar{c} = \sum_{\substack{k=1 \\ k\neq e}}^{m}\sum_{\substack{e=1 \\ e\neq k}}^{m} \frac{c_{ke}}{m(m-1)}$$

ماتریس تسلط موافق (F) با توجه به مقدار موافقت تشکیل می‌شود و اعضای آن براساس رابط زیر مشخص می‌شود (Vami, 1992).

رابطهٔ (۷)
$$f_{ke} = \begin{cases} 0 & c_{ke} \geq \bar{c} \\ 1 & c_{ke} < \bar{c} \end{cases}$$

نتایج حاصل از شاخص ماتریس تسلط موافق در جدول (۹) نشان داده شده است.

جدول ۹. ماتریس تسلط موافق (F)

گونه / شاخص‌ها	ارتفاع نبکا	حجم نبکا	قطر تاج پوشش	ارتفاع گیاه	قطر قاعدهٔ نبکا
اشنان	۰	۰	۱	۱	۰
گز	۱	۰	۱	۱	۱
خارشتر	۰	۰	۰	۰	۰
گون	۰	۰	۱	۰	۰
قیچ	۱	۰	۱	۱	۰
علف‌شور	۱	۰	۱	۱	۰
سیاه‌تاق	۱	۱	۱	۱	۱

گام نهم: تشکیل ماتریس تسلط مخالف

مقدار مخالف از رابطهٔ زیر به دست می‌آید (Roy,1991: 49-73).

رابطهٔ (۸)
$$\bar{d} = \sum_{\substack{k=1 \\ k\neq e}}^{m}\sum_{\substack{e=1 \\ e\neq k}}^{m} \frac{d_{ke}}{m(m-1)}$$

ماتریس عناصر تسلط مخالفت (G) به‌صورت زیر محاسبه می‌شود (roy, 1991: 49-73).

رابطهٔ (۹)
$$g_{ke} = \begin{cases} 0 & d_{ke} \geq \bar{d} \\ 1 & d_{ke} < \bar{d} \end{cases}$$

نتایج حاصل از شاخص ماتریس تسلط موافق در جدول (۱۰) نشان داده شده است.

جدول ۱۰ ماتریس تسلط مخالف (G)

گونه / شاخص‌ها	ارتفاع نبکا	حجم نبکا	قطر تاج پوشش	ارتفاع گیاه	قطر قاعدهٔ نبکا
اشنان	۰	۰	۰	۱	۰
گز	۱	۰	۱	۱	۱
خارشتر	۰	۰	۰	۱	۱
گون	۰	۰	۰	۰	۰
قیچ	۱	۰	۱	۱	۰
علف‌شور	۱	۰	۱	۱	۰
سیاه‌تاق	۱	۱	۱	۰	۱

گام دهم: تشکیل ماتریس تسلط نهایی

رابطهٔ (۱۰)

$$h_{ke} = f_{ke} . g_{ke}$$

ماتریس تسلط نهایی H از ضرب تک‌تک درایه‌های ماتریس تسلط موافق F در ماتریس تسلط مخالف G حاصل می‌شود (جدول ۱۱) (Roy,1991: 49-73).

جدول ۱۱. ماتریس تسلط نهایی (H)

گونه / شاخص‌ها	ارتفاع نبکا	حجم نبکا	قطر تاج پوشش	ارتفاع گیاه	قطر قاعدهٔ نبکا
اشنان	۰	۰	۰	۱	۰
گز	۱	۰	۱	۱	۱
خارشتر	۰	۰	۰	۰	۰
گون	۰	۰	۰	۰	۰
قیچ	۱	۰	۱	۱	۰
علف‌شور	۱	۰	۱	۱	۰
سیاه‌تاق	۱	۱	۱	۰	۱

گام یازدهم: حذف‌کردن گزینه‌های با رضایت کمتر و انتخاب بهترین گزینه (جدول ۱۲).

جدول ۱۲. تعداد مسلط‌شدن و مغلوب‌شدن هر یک از گونه‌های انتخابی

گونه‌ها	تعداد مسلط‌شدن	تعداد مغلوب‌شدن	اختلاف
اشنان	۱	۵	-۴
گز	۵	۱	۴
خارشتر	۰	۶	-۶
گون	۰	۶	-۶
قیچ	۴	۲	۲
علف‌شور	۳	۳	۰
سیاه‌تاق	۵	۱	۴

نتیجه‌گیری

برای شناخت مشکلات زیست‌محیطی هر منطقه، به‌منظور برنامه‌ریزی و مدیریت اصولی برای رفع مشکلات اقتصادی و اجتماعی، باید عوامل و محدودیت‌های آن را بشناسیم؛ سپس با تجزیه و تحلیل علمی، به مراکز علمی و پژوهشی برای رسیدن به توسعهٔ پایدار کمک می‌کنیم. حرکت ماسه‌های بادی به‌عنوان یک خطر زیست‌محیطی در مناطق خشک و نیمه‌خشک، باعث می‌شود سالیانه هزاران تُن ماسهٔ روان اراضی کشاورزی، مراکز سکونتگاهی و راه‌های دسترسی را در خود فرو بَرد و موجب نابودی آنها، مهاجرت روستاییان و زیان‌های اقتصادی بی‌شماری می‌شود. شناخت دقیق و بررسی آماری نبکاهای منطقهٔ مطالعاتی و تحلیل علمی آنها به‌عنوان عامل بازدارندهٔ ماسه‌های متحرک، می‌تواند در مدیریت محیط منطقه و استفادهٔ بهینه از منابع طبیعی بسیار مفید باشد. نتایج پژوهش ۷ نوع نبکای متفاوت با شاخص‌های گوناگون مورفومتری را نشان می‌دهد؛ به گونه‌ای که دامنهٔ تفاوت امتیازات، ۵ امتیاز برای گونه‌های گز و سیاه‌تاق و ۶- امتیاز برای گونه‌های خارشتر را نشان می‌دهد و نشان‌دهندهٔ ابعاد متفاوت نوع نبکا و گونهٔ گیاهی آن است؛ زیرا گونه‌های گز و تاق به‌علت ابعاد بزرگ‌تر، مانعی در برابر جریان باد بوده و با کاهش سرعت و شدت باد، ماسه‌های بیشتری را به مهار می‌کند. شاخص‌های اندازه‌گیری‌شده نشان می‌دهد نبکاهای گز و تاق با داشتن بیشترین ارتفاع و قطر تاج پوشش، حداکثر حجم تثبیت ماسه را دارند. در مجموع، از بین ۷ نوع نبکای مطالعاتی، نبکاهای گز و تاق با کسب بیشترین امتیاز، بیشترین اهمیت را برای تثبیت ماسه‌های روان دارند و بهترین گزینه برای توسعهٔ نبکازارها در راستای تثبیت ماسه‌های روان در منطقهٔ مطالعاتی هستند. اما نبکاهای خارشتر و گون با کسب امتیاز منفی در گروه گیاهان مفید و مؤثر برای توسعهٔ سیستم نبکا در منطقه قرار نمی‌گیرند؛ زیرا دارای کمترین کارایی برای تثبیت ماسه‌های روان هستند. در مجموع، گونه‌های گیاهی گز و سیاه‌تاق با توجه به ویژگی‌های مورفومترشان بهترین گزینه برای توسعهٔ نبکازارها در راستای تثبیت ماسه‌های روان در منطقهٔ مطالعاتی هستند و درصورت اجراشدن، بالاترین بهره‌بری را خواهند داشت.

منابع

احمدی، حسن؛ فیض‌نیا، سادات، (۱۳۷۸). سازندهای دورهٔ کواترنر مبانی نظری و کاربردی آن در منابع طبیعی، انتشارات دانشگاه تهران.

احمدی، حسن، (۱۳۸۷). ژئومورفولوژی کاربردی (بیابان- فرسایش بادی)، جلد دوم، انتشارات دانشگاه تهران.

قدسی‌پور، حسن، (۱۳۸۷)، فرآیند تحلیل سلسله‌مراتبی، چاپ پنجم، انتشارات دانشگاه صنعتی امیرکبیر، تهران.

محمودی، فرج الله، (۱۳۸۳). ژئومورفولوژی دینامیک، چاپ ششم، انتشارات دانشگاه پیام نور، تهران.

موسوی، سیدحجت؛ پورخسروانی، محسن؛ محمودی محمد آبادی، طیبه، (۱۳۸۹). گروه‌بندی مقایسه‌ای نبکاهای شمال‌شرق کویر سیرجان با استفاده از الگوریتم TOPSIS، مطالعات جغرافیایی مناطق خشک، شمارهٔ اول، صص ۸۷- ۱۰۵.

مقصودی، مهران؛ نگهبان، سعید؛ چزغه، سمیرا، (۱۳۹۱). مقایسه و تحلیل ویژگی‌های ژئومورفیکی نبکاهای چهار گونهٔ گیاهی در غرب دشت لوت (شرق شهداد-

دشت تکاب)، مجلهٔ پژوهش‌های جغرافیای طبیعی، سال چهل و چهارم، شمارهٔ ۷۹، صص ۵۵- ۷۶.

ولی، عباسعلی؛ قضاوی، غلامرضا، (۱۳۸۲). مطالعهٔ روابط بین تراکم گونه‌های گیاهی با میزان شوری و بافت خاک در شوره‌زار کرسیاه داراب، مجلهٔ بیابان، جلد ۸، شمارهٔ ۲.

علایی طالقانی، محمود، (۱۳۸۰). ژئومورفولوژی ایران، نشر قومس.

نگهبان، سعید؛ یمانی، مجتبی؛ مقصودی، مهران؛ عزیزی، قاسم، (۱۳۹۲). بررسی تراکم، ژئومورفولوژی و پهنه‌بندی ارتفاعی نبکاهای حاشیهٔ غرب دشت لوت و تأثیر پوشش گیاهی بر مورفولوژی آنها، پژوهش‌های ژئومورفولوژی کمی، شمارهٔ ۴، صص ۱۷- ۴۲.

Ardon, K., H. Tsoar, and D.G. Blumberg. (2009). Dynamics of nebkhas superimposed on a parabolic dune andtheir effect on the dune dynamics, Journal of Arid Environments: Vol 73: 1014˚1022.

Bing, L., Z. Wenzhi, and Y. Rong. (2008). Characteristics and spatial heterogeneity of Tamarix ramosissima Nebkhas in desert-oasis ecotones, Journal of Acta Ecologica Sinica, Vol 28(4): 1446-1455.

-Baas, A.C.W. (2007). Complex systems in Geomorphology, Journal of Geomorphology, No. 91:311-331.

Danfeng, S. (2006). Agicultural causes of desertification risk in Minqin, China. Journal of Environmental Management, Vol 79: 348-356.

Dougill, A.J., A.D. Thomas. (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, No. 50: 413-423.

Diallo, H.A. (2001). On the occasion of a Conference on Desertification at the "Ciudad de las Artes Ylas Ciencias"-Valencia, Spain, 30 November 2001.

Hesp, P., A. Mclachlan. (2000). Morphology, dynamics, ecology and fauna of Arc Totheca populifolia and Azania regions nebkha dunes, Journal of arid environments, No.44: 155-172.

Jianhui, D., Y. Ping, and D. Yuxiang. (2010). The progress and prospects of nebkhas in arid areas, Journal of Geography Scince, Vol. 20(5): 712-728.

Khalaf, F.I., R. Miska, and A. Al-Douseri. (1995). Sedimentolongical and Morphological characteristics of some nebkha deposits in the northern coastal plain of Kuwait, Arabia, Journal Arid Environment, Vol. 29: 267-292.

Lancaster, N., Baas. A.C.W. (1998). Influence of Vegetation Cover on Sand Transport by Wind: Field Studies at Owens Lake, California, Journal of Earth Surface Processes and Landforms, No. 23: 69˚82.

Maun, M.A., J. Perumal. (1999). Zonation of Vegetation on Lacustrine Coastal Dunes: Effects of Burial by Sand. Journal of Ecology Letters, No. 2: 14˚18.

Nickling, W.G., S.A. Wolfe. (1994). The morphology and origin of Nebkhas, region of Mopti, Mali, West Africa. Journal of Arid Environments, No. 28: 13 -30.

Roy, B. (1991). The outranking Approach and the founbation of ELECTRE Methods, Theory and Decision, No.31: 49-73.

Saaty, T. L (2001). Decision making for leader, RWS Publication, 315P.

Tengberg, A., D. Chen. (1998). A comparative analysis of nebkha in central Tunisia and northern BurkinaFaso. Journal of Geomorphology, No. 22: 181-192.

TiLLe, M., A.G. Dumont. (2003). Methods of Multicriteria Decision Analys Within the Road Project like an Element of the Sustainability, 3 rd Swiss Transport ReserchConferense ,March 19-21.

Vander Stoel, C.D., W.H. Van der Putten, H. Duyts. (2002). Development of a Negative Plant˚soil Feedback in the Expansion Zone of the Clonalgrass Ammophila Arenaria Following Root Formation and Nematode Colonization. Journal of Ecology, Vol 90 (6): 978˚988.

Vami, l. (1992). Proiect opportunity Study on Integrated use of the RazgahNepheline

Palaeoclimatology, Palaeoecology: Vol. 297, Pp. 697˚706.

Analysis of Nebka morphometric parameters and introduction of the most appropriate type for quicksand stabilization, using ELECTRE algorithm (Case Study: Chah Jam Erg)

ores, Iran by metallurgical processing into Alumina Cement, sodium Carbonate and potash, final report.

Wang, X., et al .2010. Nebkha formation: Implications for reconstructing environmental changes over thepast several centuries in the Ala Shan Plateau, China. Journal of Palaeogeography,

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی