

مقایسهٔ نبکاهای گونه‌های گیاهی خارشتر، اسپند و سبد پاکوتاه برای تثبیت ماسه‌های روان با استفاده از الگوریتم TOPSIS (مطالعهٔ موردی: منطقهٔ صمدآباد شهرستان سرخس)

محمدجواد یوسفی^۱، علیرضا راشکی^{۲*}، محمد فرزام^۳، محمدتقی کاشکی^۴

تاریخ دریافت: ۱۳۹۵/۱۱/۲۷

تاریخ پذیرش: ۱۳۹۶/۴/۱

چکیده:

نبکاها گروهی از اشکال ناهمواری ترسیمی هستند که بر اثر تجمع رسوبات بادی در اطراف گیاهان شکل می‌گیرند و ایجاد و توسعهٔ آن‌ها متأثر از عوامل گوناگونی است. توسعهٔ چشم‌انداز نبکا می‌تواند به‌عنوان عاملی به‌منظور حفظ هماهنگی بین نیروهای عمل‌کنندهٔ زیست‌محیطی و کاهش آثار تخریبی ماسه‌های روان بر سیستم‌های انسانی عمل کند. در این راستا شناسایی سازگارترین گونهٔ گیاهی نبکا از اهمیت بسیاری برخوردار است. هدف از این پژوهش، ارزیابی مقایسه‌ای نبکاهای منطقهٔ صمدآباد شهرستان سرخس با استفاده از الگوریتم TOPSIS و معرفی مناسب‌ترین گونهٔ گیاهی نبکا برای تثبیت ماسه‌های روان از طریق تحلیل مؤلفه‌های مورفومتری آن است. به این منظور، ابتدا مهم‌ترین مشخصه‌های مورفومتری ۱۲۰ نبکا نظیر ارتفاع نبکا، طول نبکا، حجم نبکا، ارتفاع گیاه، محیط گیاه، طول گیاه و حجم گیاه، از گونه‌های سبد پاکوتاه، اسپند و خارشتر با روش استفاده از ترانسکت اندازه‌گیری شد. سپس با ارزیابی مقایسه‌ای آن‌ها از طریق الگوریتم TOPSIS، مبادرت به اولویت‌بندی نبکاهای مطالعاتی شد. نتایج نشان می‌دهد که نبکای گونهٔ اسپند با وزن ۰/۶۹۵ بیشترین ارجحیت و بهره‌وری را برای تثبیت ماسه‌های روان دارد. نبکای گونهٔ خارشتر نیز با وزن ۰/۵۶۶ نسبت به نبکای گونهٔ سبد پاکوتاه از ارجحیت بیشتری برخوردار است. در مقابل نبکای سبد پاکوتاه با وزن ۰/۰۷۳، کمترین ارجحیت و بهره‌وری را داشت که نتیجهٔ حاصل شده به‌دلیل ویژگی‌های نامطلوب ریخت‌شناسی این گونه در مقایسه با دو گونهٔ موردبررسی دیگر است و توسعهٔ چشم‌انداز آن‌ها در منطقهٔ مورد مطالعه به هیچ عنوان پیشنهاد نمی‌شود. نتایج این پژوهش در مدیریت سیستمی مناطق بیابانی و طرح‌های تثبیت ماسه‌های متحرک شهرستان سرخس ارزنده خواهد بود.

واژه‌های کلیدی: الگوریتم TOPSIS، تثبیت ماسه، سرخس، صمدآباد، نبکا.

۱. دانشجوی کارشناسی ارشد، دانشکده منابع طبیعی و محیط زیست، دانشگاه فردوسی مشهد

۲. استادیار، دانشکده منابع طبیعی و محیط زیست، دانشگاه فردوسی مشهد، نویسندهٔ مسئول / Email: a.rashki@um.ac.ir

۳. دانشیار، دانشکده منابع طبیعی و محیط زیست، دانشگاه فردوسی مشهد

۴. مربی، مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی خراسان رضوی

مقدمه

حفاظت از محیط زیست و منابع طبیعی به عنوان بستر توسعه و زیربنای سازندگی، برای دستیابی به اهداف توسعه پایدار، از اهمیت بسزایی برخوردار است (حسینی، ۲۰۰۳). هم‌اکنون بحران‌های زیست محیطی و هدررفت منابع طبیعی را می‌توان به عنوان دلایل مهم سیستم‌های مدیریت محیط زیست مطرح کرد (جوزی و صفاریان، ۲۰۱۱). مدیریت بهینه منابع طبیعی که ماهیتی دینامیک دارند، نیازمند ارزیابی و طبقه‌بندی توان‌های اکولوژیکی و محیطی وابسته به آن‌هاست. از این طریق می‌توان توانایی‌ها و محدودیت‌های کنونی محیطی را به تفکیک عوامل و متغیرهای مؤثر شناسایی کرد و به منظور بهره‌وری بهینه با انجام عملیات اصلاح، توسعه و ترویج، به تدریج محدودیت‌ها را کاهش، توانایی‌ها را افزایش و توان آینده آن‌ها را پیش‌بینی کرد (نجیب‌زاده و همکاران، ۲۰۰۸). بنابراین به فراخور شرایط محیطی حال به منظور نیل به سطحی از توسعه پایدار، روشی مناسب با درجه اطمینان بالا برای ارزیابی و مدیریت منابع طبیعی مورد نیاز است (مخدوم، ۱۹۹۸). برای شناخت و پی بردن به معضلات زیست محیطی هر منطقه، به منظور برنامه‌ریزی و مدیریت اصولی برای رفع مشکلات حاکم بر وضع اقتصادی و اجتماعی مراکز سکونتگاهی، شناسایی دقیق عوامل محدودکننده بسیار لازم و ضروری است و تجزیه و تحلیل علمی آن‌ها برای نیل به اهداف توسعه پایدار، کمک شایانی به مراکز علمی و پژوهشی می‌کند. پویایی ماسه‌های بادی به عنوان مخاطره زیست محیطی در نواحی خشک و نیمه خشک، باعث می‌شود سالانه هزاران تن ماسه روان، اراضی کشاورزی، مراکز سکونتگاهی و راه‌های دسترسی را در کام خود فرو برده و سبب نابودی آن‌ها، مهاجرت روستائیان و زیان‌های اقتصادی بی‌شماری شود. این مسائل باعث عدم اجرای طرح‌های محرومیت‌زدایی نظیر ساخت راه‌های ارتباطی، اجرای طرح‌های عمرانی و کشاورزی شده و باعث ایجاد فقر مضاعف اقتصادی در بین ساکنان منطقه و مهاجرت آن‌ها به مناطق دیگر می‌شود. با وجود این، شناخت و بررسی دقیق آماری نیکاهای منطقه مطالعاتی و تحلیل علمی خصوصیات آن‌ها به عنوان عامل بازدارنده

ماسه‌های متحرک می‌تواند در مدیریت محیط منطقه و استفاده بهینه از منابع طبیعی آن، بسیار مفید و ارزنده باشد.

در بین سیستم‌های بادی که از لحاظ مقدار بار رسوب فقیر و غنی هستند، تشکیلات متفاوتی از تپه‌های ماسه‌ای را می‌توان مشاهده کرد (هرسن^۱، ۲۰۰۴) که عوارض نیکایی یکی از آن‌هاست. نیکا حاصل تعامل فرسایش بادی، رطوبت و پوشش گیاهی منطقه است (احمدی، ۲۰۰۸). بدین صورت که وجود گیاه در مسیر حمل ماسه‌های روان مانع ایجاد کرده و باعث تجمع ماسه در پای گیاه می‌شود، که به مرور زمان انباشته‌ای از ماسه همراه با خزانه‌های گیاهی تشکیل می‌شود (لانگفورد^۲، ۲۰۰۰)، به این عارضه نیکا یا تل نباتی می‌گویند (محمودی، ۱۳۸۳). درحقیقت، نیکا انعکاسی از حضور حیات در بیابان است که به صورت تجمع رسوبات بادی در اطراف گیاهان مناطق خشک ظاهر می‌شود (احمدی، ۲۰۰۸). نیکاه‌ها به واسطه آشفتگی چشم‌اندازهای بیابانی تشکیل می‌شوند و مرفولوژی آن‌ها از طریق الگوهای رویشی تشکیل دهنده آن‌ها کنترل می‌شود (خلف^۳ و همکاران، ۱۹۹۵). به عبارتی، شکل نیکا تابعی از اندازه، تراکم و میزان رشد گیاه میزبان است (نیکلینگ و والف^۴، ۱۹۹۴).

ساختار و عملکرد اکوسیستم نیکا را ارتباطات درونی و بیرونی بین مؤلفه‌های مرفولوژی گیاهی، مشخصه‌های فرسایش بادی و ویژگی‌های محیط طبیعی تعیین می‌کند (پورخسروانی و همکاران، ۲۰۰۹). به عبارت دیگر، اکوسیستم نیکا یک سیستم باز قلمداد می‌شود که از روابط بین نیروهای عمل کننده، فرایندهای بادی، نحوه رسوب گذاری و پوشش گیاهی نشئت می‌گیرد (ولی و پورخسروانی، ۲۰۰۸) و مرفولوژی آن از فرسایش و تراکم رسوب در طول زمان، نسبت به پوشش گیاهی در مناطق خشک و نیمه خشک ناشی می‌شود (دوگیل و توماس^۵، ۲۰۰۲). بنابراین می‌توان گفت در مدیریت محیط، حفظ هماهنگی بین نیروهای عمل کننده

^۱ Hersen

^۲ Langford

^۳ Khalaf

^۴ Nikling and Wolf

^۵ Dougill and Thomas

فلات آشالان در چین را در ارتباط با سازوکار تکامل بیابان گیی در طول زمان بررسی کرده و بیان داشته‌اند که تشکیل نبکای گز در این منطقه توسط آب‌های زیرزمینی کنترل می‌شود؛ زیرا در بسیاری از دوره‌ها، سطح آب زیرزمینی که عامل بقای گونه گیاهی گز است، بالا بوده است. جیان هو^۱ و همکاران (۲۰۱۰) سازوکار تشکیل، جایگزینی و توزیع فضایی نبکاها در ارتباط با خصوصیات جریان هوا، تعادل بین فرسایش و رسوب، خصوصیات زیست‌محیطی و فیزیولوژیکی پوشش گیاهی، مشخصه‌های بارش و آب‌های زیرزمینی مناطق خشک شمال چین را مورد مطالعه قرار داده و بیان کرده‌اند که برای حفظ و ترمیم محیط زیست مناطق خشک و نیمه‌خشک، توسعهٔ نبکاها و تنوع پوشش گیاهی نقش مثبتی دارد. غریب و معتمد (۲۰۰۴) با مطالعهٔ تپه‌های ماسه‌ای سیستان و بلوچستان به این نتیجه رسیدند که در مناطقی که ذخیرهٔ 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 برخانه‌ها در اثر افزایش پوشش گیاهی بر روی آن‌ها می‌دانند. پورخسروانی (۲۰۰۹) به بررسی خصوصیات مورفومتری نبکا و مرفولوژی گیاهی آن با استفاده از روش‌های آماری در کویر سیرجان پرداخته و با تعیین ارتباط آماری بین مشخصه‌های مورفومتری نبکا و مرفولوژی گیاهی آن، سازگارترین گونهٔ گیاهی نبکا را در این منطقه شناسایی کرده است. هدف از این پژوهش، گروه‌بندی مقایسه‌ای و شناسایی مناسب‌ترین گونهٔ گیاهی نبکاهای مناطق خانگیان و صمدآباد شهرستان سرخس با استفاده از تحلیل مهم‌ترین مشخصه‌های مورفومتری نبکا از طریق با استفاده از الگوریتم TOPSIS است؛ به عبارت دیگر، این پژوهش سعی دارد تا با استفاده از تجزیه و تحلیل مؤلفه‌های مورفومتری نبکا از طریق با استفاده از این الگوریتم، مناسب‌ترین و سازگارترین گونهٔ گیاهی نبکا با ویژگی‌های زیست‌محیطی را برای عملیات‌های تثبیت ماسه‌های روان از طریق توسعهٔ نبکاراهای مناطق مطالعاتی، شناسایی و معرفی کند. نتایج حاصل از این پژوهش، در مدیریت محیط مناطق

چشم‌انداز نبکا به منظور کاهش آثار تحمیلی بر محیط و سیستم‌های زراعی و سکونتگاهی همجوار، بسیار لازم و ضروری است.

محققان متعددی به بررسی خصوصیات مرفولوژی گونه‌های گیاهی و ویژگی‌های نبکا با روش‌های گوناگون پرداخته‌اند؛ به‌طوری‌که تنگبرگ و چن^۱ (۱۹۹۵) با مطالعهٔ نبکاهای بورکینافاسو، ایجاد نبکا را متأثر از فعالیت کاهندهٔ 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. خلف و همکاران (۱۹۹۵) ضمن مطالعهٔ عوارض ماسه‌ای در دشت‌های شمال کویت گزارش کرده‌اند که مرفولوژی نبکاها با الگوی رویشی گونه‌های گیاهی کنترل می‌شود؛ به‌طوری‌که ارتفاع نبکا با ارتفاع تاج بوته و طول نبکا با ارتفاع گیاه رابطهٔ معنی‌داری دارد. هسپ و مکچلان^۲ (۲۰۰۰)، ضمن بررسی مرفولوژی و اکولوژی نبکاها در سواحل جنوبی آفریقای جنوبی گزارش کردند که فرم و رشد گونه‌های گیاهی منعکس‌کنندهٔ مرفولوژی نبکا، شرایط اقلیمی و اکولوژی محل رشد آن است. بینگ^۳ و همکاران (۲۰۰۸) خصوصیات مرفولوژی و روابط بین مشخصه‌های مورفومتری، الگوی مکانی و عدم تجانس فضایی نبکای گز در صحرا و واحهٔ اکوتونس چین را مورد بررسی قرار داده و معتقدند که متوسط ارتفاع نبکا، حجم و قطر تاج پوشش گیاه در نبکاهای گز بیابان گیی کوچک‌تر از نبکاهایی است که در صحرا وجود دارد، درحالی‌که مقدار مؤلفهٔ ارتفاع بوته و پوشش گیاهی حالتی معکوس دارد. اردان^۴ و همکاران (۲۰۰۹) تأثیر نبکا در تثبیت ماسه‌های روان برخانه‌های فلسطین را بررسی و بیان کردند که تفاوت معنی‌داری بین میزان فرسایش و رسوب نبکاهای مستقرشده در سه بخش برخانه وجود دارد. وانگ^۵ و همکاران (۲۰۱۰) نحوهٔ شکل‌گیری، تغییرات زیست‌محیطی و تکامل ژئومرفولوژیکی نبکاهای گز

^۱Tengberg and Chen

^۲Hesp and Mclachlan

^۳Bing

^۴Ardon

^۵Wang

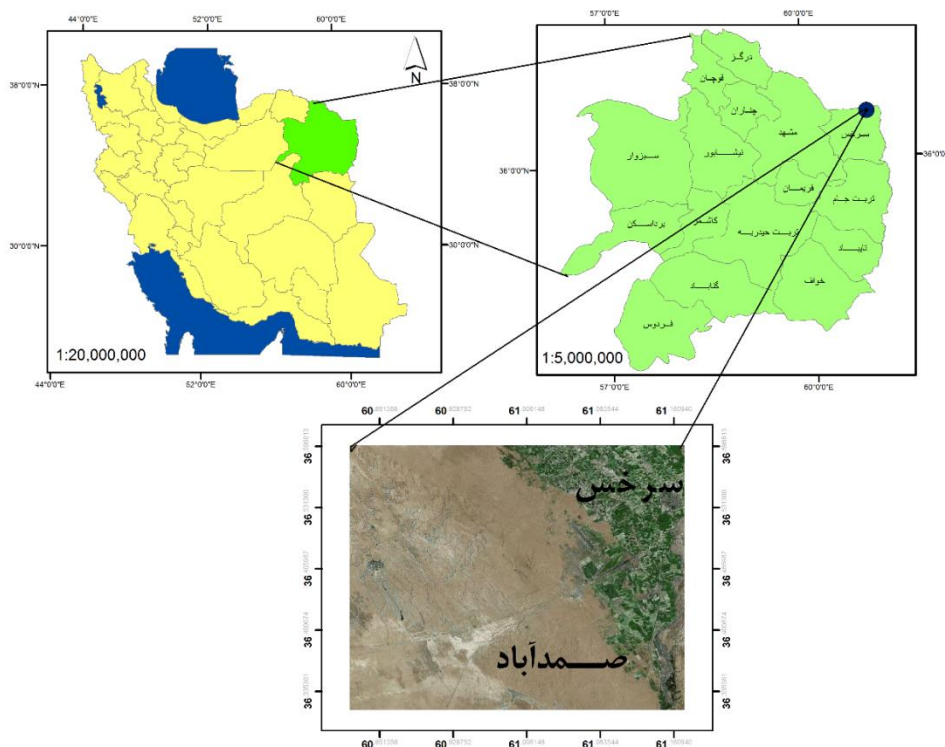
بیابانی و ریگزارهای روان منطقه مطالعاتی از اهمیت چشمگیری برخوردار خواهد بود.

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 ۳۶ درجه و ۱۸ دقیقه عرض شمالی و ۶۱ درجه و ۳ دقیقه تا ۶۱ درجه و ۱۲ دقیقه طول شرقی در جنوب شهرستان سرخس و در کنار رودخانه تجن و مرز ترکمنستان واقع شده است. مساحت این کانون بحرانی ۲۱ هزار و ۵۶۲ هکتار است. ارتفاع متوسط منطقه صمدآباد ۷۵۰ متر از سطح دریا و متوسط بارندگی ۱۸۷/۶ میلی‌متر و میانگین دمای سالانه ۱۴/۴ درجه سانتی‌گراد، و جهت باد غالب از سمت شمال غرب به سمت جنوب شرق است (غلامی، ۲۰۱۳). این منطقه در همسایگی جنوب صحرای بزرگ قره قوم ترکمنستان قرار دارد و از این رو، به شدت تحت تأثیر عوامل حاکم بر توسعه بیابان بوده

و استعداد گسترش بیابان را دارد. به لحاظ زمین‌شناسی نیز این منطقه در حوضه رسوبی کپه داغ واقع می‌باشد و اقلیم این منطقه نیز براساس روش دومارتن خشک ذکر شده است. استحصال آب زیرزمینی در دشت سرخس غالباً از طریق چاه‌های بهره‌برداری عمیق و کم‌عمق صورت می‌گیرد. با توجه به آمار شرکت سهامی آب منطقه‌ای خراسان رضوی، هیچ چشمه یا قناتی در دشت سرخس وجود ندارد و بهره‌برداری از آب‌های زیرزمینی در این دشت توسط ۴۵۵ حلقه چاه عمیق و کم‌عمق صورت می‌گیرد (همان).

پس از بازدید میدانی از منطقه ملاحظه شد که در این منطقه به علت وزش باد، دارا بودن پوشش گیاهی بوته‌ای، خاک ماسه‌ای و واقع شدن در منطقه حمل رسوبات، نیکاهای متعددی شکل گرفته که از بارزترین نیکاهای ایجادشده در سایت مطالعاتی این پژوهش، نیکاهای حاصل‌شده از گیاهان سبد پاکوتاه، خارشتر و اسپند است.



شکل (۱): موقعیت جغرافیایی منطقه مورد مطالعه

مواد و روش‌ها

نخستین گام در انجام این پژوهش بررسی، تعیین حدود و آشنایی با ویژگی‌های محیطی محدوده مطالعاتی از طریق

نقشه‌های توپوگرافی ۱:۵۰۰۰۰، تصاویر ماهواره‌ای گوگل ارث و بازدیدهای میدانی است. گام بعدی مراجعات میدانی به منطقه، تعیین موقعیت نیکاهای و اندازه‌گیری مؤلفه‌های مورفومتری آن‌هاست. مهم‌ترین مشخصه‌های اندازه‌گیری شده عبارت‌اند از:

نبکای ابتدایی ترانسکت مورد ارزیابی قرار گرفت. در مجموع، تعداد ۴۰ نبکای خارشتر، ۴۰ نبکای اسپند و ۴۰ نبکای سبد پاکوتاه بررسی شدند. اندازه‌گیری مؤلفه‌های مورفومتری نبکا از طریق متر نواری انجام شد و برای محاسبهٔ حجم نبکا از فرمول حجم مخروط و برای محاسبهٔ حجم گیاه با توجه به شکل گیاهان مورد مطالعه از فرمول حجم استوانه استفاده شد. مشخصات گیاه‌شناسی گونه‌های گیاهی منطقه مطالعاتی به شرح جدول (۱) بوده و همچنین تصویری از هر نبکای مورد بررسی در منطقه در شکل (۲) آمده است.

ارتفاع نبکا، طول نبکا، حجم نبکا، ارتفاع گیاه، محیط گیاه، طول گیاه و حجم گیاه (مبنای اندازه‌گیری براساس شکل ۲) است. روش نمونه‌برداری در این پژوهش براساس روش تک‌بعدی و واحد نمونه‌برداری طولی صورت گرفته است. این روش امکان نمونه‌برداری تصادفی نبکاها را در کل محدودهٔ مطالعاتی فراهم می‌آورد.

بنابراین در هریک از سه سایت مورد نظر، دو ترانسکت به طول ۱۰۰ متر زده شد که یکی از آن‌ها در جهت وزش باد و دیگری در جهت عمود بر وزش باد قرار داشتند و سپس در امتداد هر ترانسکت مشخصه‌های مورفومتری ذکر شده برای ۲۰

جدول (۱): مشخصات گونه‌های گیاهی تشکیل‌دهندهٔ نبکاها در منطقهٔ مطالعاتی (مظفریان، ۲۰۰۳: ۲۶۷)

نام علمی	نام فارسی	خانواده	فرم حیاتی	فرم رویشی
Alhaji maurorumuom	خارشتر	Fabaceae	علفی چندساله	همی کریپتوفیت
Peganum harmala	اسپند	Nitrariaceae	علفی چندساله	همی کریپتوفیت
Stipagrostis plumose	سبد پاکوتاه	Gramineae	علفی چندساله	همی کریپتوفیت



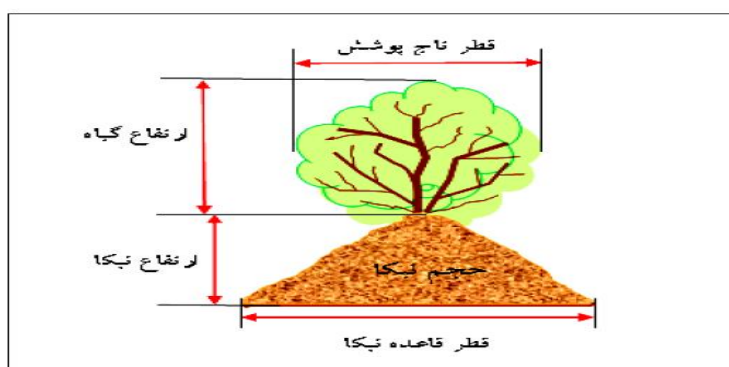
شکل (۲): تصویری از نیکاهای مطالعاتی: الف. نبکای خارشتر؛ ب. نبکای سبد پاکوتاه؛ ج. نبکای اسپند

مبانی نظری الگوریتم TOPSIS

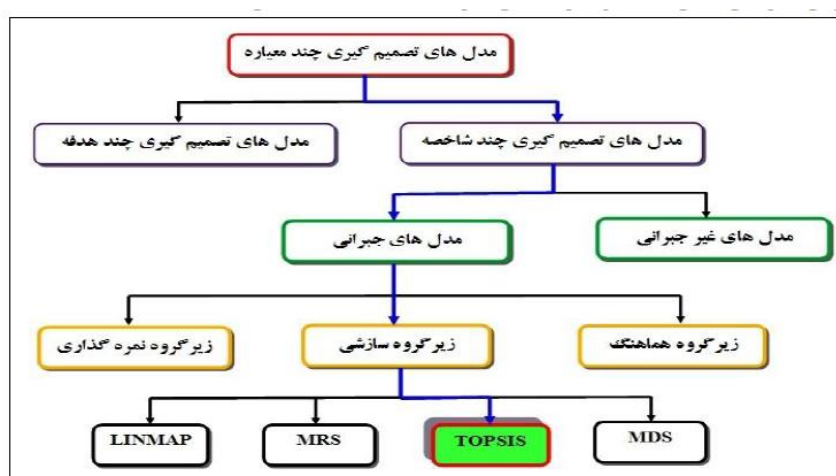
ضعف موجود در یک شاخص توسط مزیت شاخص دیگر جبران نمی‌شود. مدل‌های جبرانی شامل روش‌هایی هستند که در آن‌ها مبادلهٔ بین شاخص‌ها مجاز است (حسین زاده و همکاران، ۲۰۰۷). در این پژوهش، برای نیل به اهداف از الگوریتم TOPSIS استفاده شده است. این مدل را یون و هوانگ برای اولین بار در سال ۱۹۸۱ ارائه کردند (هاگن هالتز، ۲۰۰۵) که جزو مدل‌های تصمیم‌گیری چندشاخصه و از نوع جبرانی و زیرگروه سازشی است (شکل ۳) و به همین دلیل همپوشانی شاخص‌ها در نقاط قوت و ضعف خود، توانایی بالقوه‌ای در حل مسائل چندگزینه‌ای دارد (کهنسال و رفیعی، ۱۳۸۷).

امروزه یکی از کاربردی‌ترین روش‌های مدیریت و برنامه‌ریزی محیطی، استفاده از تکنیک‌هایی است که بتوان از طریق آن‌ها، با توجه به معیارهای کمی و کیفی متعدد، به انتخاب بهترین گزینه دست یافت. از مهم‌ترین این تکنیک‌ها می‌توان به مدل‌های تصمیم‌گیری چندمعیاره اشاره کرد. مدل‌های تصمیم‌گیری چندمعیاره به دو دسته تقسیم می‌شوند: مدل‌های چندهدفه و مدل‌های چندشاخصه.

مدل‌های چندشاخصه شامل دو روش جبرانی و غیرجبرانی‌اند. روش‌های غیرجبرانی شامل روش‌هایی هستند که در آن‌ها مبادله بین شاخص‌ها مجاز نیست؛ بدین معنی که نقطه



شکل (۳): توضیح تصویری مؤلفه‌های مورفومتری نیکاهای مطالعاتی (مقصودی، ۲۰۰۶)



شکل (۴): جایگاه الگوریتم TOPSIS در بین مدل های تصمیم گیری چند معیاره (نسترن و همکاران، ۱۳۸۹)

(شانیان، ۲۰۰۶).

مراحل حل مسئله توسط الگوریتم TOPSIS شامل ۸ مورد است و برای بهره‌گیری از این مدل، مراحل زیر باید طی گردد (اولسان، ۲۰۰۴؛ طاهرخانی، ۲۰۰۷؛ کهنسال و رفیعی، ۲۰۰۸؛ نسترن و همکاران، ۲۰۱۹؛ حسین زاده و همکاران، ۲۰۰۷):

مرحله ۱: تشکیل ماتریس داده‌ها براساس n آلترناتیو و k شاخص

به‌طور کلی در مدل TOPSIS، ماتریس $n \times m$ که دارای m گزینه و n معیار است، مورد ارزیابی قرار می‌گیرد. در این الگوریتم، فرض می‌شود هر شاخص و معیار در ماتریس تصمیم‌گیری دارای مطلوبیت افزایشی و یا کاهشی یکنواخت است.

این الگوریتم یک تکنیک تصمیم‌گیری چندشاخصه جبرانی بسیار قوی برای اولویت‌بندی گزینه‌ها از طریق شبیه کردن آن‌ها به جواب ایده‌آل است که به تکنیک وزن‌دهی حساسیت بسیار کمی دارد (طاهرخانی، ۲۰۰۷؛ نسترن و همکاران، ۲۰۱۰). از مهم‌ترین مزایای این روش می‌توان به موارد زیر اشاره کرد:

۱. معیارهای کمی و کیفی را باهم در مباحث اولویت‌بندی و تصمیم‌گیری به‌کار می‌گیرد.

۲. خروجی مدل می‌تواند ترتیب اولویت گزینه‌ها را مشخص سازد.

۳. این مدل تضاد و مطابقت بین گزینه‌ها را در نظر می‌گیرد.
۴. نتایج حاصل از این مدل کاملاً منطبق با روش‌های تجربی است.

۵. معیارها و شاخص‌های مدل، ضرایب وزنی اولیه را پذیرا هستند.

۶. روش کار این مدل ساده و سرعت آن نیز متناسب است.

این ماتریس ضرب شود. ماتریس به‌دست‌آمده از این فرایند ماتریس نرمالیزه وزن‌دهی شده است که آن را با علامت V نشان می‌دهند.

$$V_{ij} = R_{ij} \cdot W_{n,n} = \begin{bmatrix} v_{11} & v_{1j} & \dots & v_{1n} \\ \vdots & \vdots & & \vdots \\ v_{m1} & v_{mj} & \dots & v_{mn} \end{bmatrix}$$

مرحله ۵: مشخص کردن ایدئال مثبت (A^+) و ایدئال منفی (A^-) به ترتیب از طریق رابطه‌های (۴) و (۵):

$$A^+ = \{ (\max V_{ij} | j \in J), (\min V_{ij} | j \in J) | i = 1, 2, \dots, m \} = \{v_1^+, v_2^+, \dots, v_j^+, \dots, v_n^+\} \quad (4)$$

$$A^- = \{ (\min V_{ij} | j \in J), (\max V_{ij} | j \in J) | i = 1, 2, \dots, m \} = \{v_1^-, v_2^-, \dots, v_j^-, \dots, v_n^-\} \quad (5)$$

مرحله ۶: محاسبهٔ اندازهٔ جدایی گزینه نام با ایدئال‌ها، با استفاده از روش اقلیدسی، از طریق روابط (۶) و (۷):

$$d_{i+} = \text{فاصله گزینه } i \text{ ام از ایده آل مثبت} = \sqrt{\sum_{j=1}^n (v_{ij} - v_j^+)^2} : i = 1, 2, \dots, m \quad (6)$$

$$d_{i-} = \text{فاصله گزینه } i \text{ ام از ایده آل منفی} = \sqrt{\sum_{j=1}^n (v_{ij} - v_j^-)^2} : i = 1, 2, \dots, m \quad (7)$$

مرحله ۷: محاسبهٔ نزدیکی نسبی گزینه i (A_i) به راه‌حل ایدئال با استفاده از رابطه (۸)

$$Cl_{i+} = \frac{d_{i-}}{d_{i+} + d_{i-}}; 0 \leq Cl_{i+} \leq 1 : i = 1, 2, \dots, m \quad (8)$$

در این مرحله چنانچه $A_i = A^+$ باشد، $di^+ = 0$ بوده و $cli = 1$ و در صورتی که $A_i = A^-$ باشد، $di^- = 0$ بوده و $cli = -1$ واحد شد. بنابراین هر اندازه گزینه A_i به راه‌حل ایدئال نزدیک‌تر باشد، ارزش cli^+ به واحد نزدیک‌تر خواهد بود.

مرحله ۸: رتبه‌بندی گزینه‌ها براساس ترتیب نزولی cli^+

این میزان بین ۰ و ۱ در نوسان است. در این راستا $cli^+ = 1$ نشان‌دهندهٔ بالاترین رتبه و $cli^+ = 0$ نیز نشان‌دهندهٔ کمترین رتبه است.

نتایج

در محدودهٔ مطالعاتی، نیکاهای متعددی می‌توان مشاهده کرد که تقریباً اکثر آن‌ها، با توجه به گونه‌های گیاهی، اشکال متنوعی دارند (شکل ۴). آمار توصیفی پارامترهای مورفومتری نیکاهای

$$A_{ij} = \begin{bmatrix} a_{11} & a_{12} & \dots & a_{1n} \\ a_{21} & a_{22} & \dots & a_{2n} \\ \vdots & \vdots & & \vdots \\ a_{n1} & a_{n2} & \dots & a_{nn} \end{bmatrix}$$

مرحله ۲: استاندارد کردن داده‌ها و تهیهٔ ماتریس نرمالیزه (R)

به دلیل آنکه احتمال قوی وجود دارد که مقادیر کمی تعلق گرفته به معیارها و شاخص‌ها، دارای یک واحد نباشند، بایستی ابعاد و واحد آن‌ها را از بین برده و این مقادیر کمی را به ارقام بی‌بعد تبدیل کرد. این عمل از طریق رابطه (۱) صورت می‌گیرد و نتیجهٔ آن ماتریس نرمالیزه (R) است.

$$R_{ij} = \frac{a_{ij}}{\sqrt{\sum_{i=1}^m a_{ij}^2}} \quad (1)$$

$$R_{ij} = \begin{bmatrix} r_{11} & r_{12} & \dots & r_{1n} \\ r_{21} & r_{22} & \dots & r_{2n} \\ \vdots & \vdots & & \vdots \\ r_{n1} & r_{n2} & \dots & r_{nn} \end{bmatrix}$$

مرحله ۳: تعیین وزن هریک از شاخص‌ها (W_j) براساس

رابطه (۲) و تعدیل W_j محاسبه‌شده از طریق رابطه (۳)

در این مرحله، وزن هریک از شاخص‌ها را براساس رویکردها و نظریه‌های کارشناسانه، نظیر روش لین‌مپ^۲، مدل AHP، مدل انتروپی^۳ و نیز براساس اهمیت هر معیار محاسبه می‌شود. باید در نظر داشت که مجموع وزن معیارها بایستی برابر با یک باشد. در این پژوهش برای محاسبهٔ مقادیر W_j از مدل AHP استفاده شده است.

$$\sum_{j=1}^n w_j = 1 \quad (2)$$

$$W'_i = \text{وزن تعدیل شده} = \frac{\lambda w_{i \cdot j}}{\sum_{j=1}^n \lambda w_{i \cdot j}} \quad (3)$$

مرحله ۴: ایجاد ماتریس نرمالیزهٔ وزین (V) با اعمال W_j

به‌عنوان ورودی به الگوریتم

برای هم‌ارزش کردن مقادیر درایه‌های ماتریس نرمالیزه، تک‌تک اوزان پارامترها باید به‌صورت نظیربه‌نظیر در ستون‌های

^۲ Linmap

^۳ Antropi

منطقه به شرح جدول (۲) می باشد.



شکل (۵): تصاویری از نیکاهای منطقه مورد مطالعه

جدول (۲): آمار توصیفی مؤلفه های مورفومتری نیکاهای مطالعاتی

نوع نیکا	تعداد نمونه	مؤلفه	میانگین	حداقل	حداکثر	انحراف معیار
خارشتر	۴۰	ارتفاع نیکا (m)	۰/۳۳	۰/۰۸	۰/۸۰	۰/۱۶۸
		طول نیکا (m)	۱/۹	۰/۴	۲/۴۰	۰/۵۳۹
		حجم نیکا (m^3)	۰/۱۶۹	۰/۰۰۵	۰/۸۲۹	۰/۲۱۸
		ارتفاع گیاه (m)	۰/۴۲	۰/۱۲	۰/۹۵	۰/۲۰۱
		طول گیاه (m)	۰/۸۸	۰/۲۵	۲/۰۰	۰/۴۲۹
		محیط گیاه (m^2)	۲/۱۷۳	۰/۷۰۰	۵/۹۰	۱/۲۴۷
		حجم گیاه (m^3)	۰/۱۲۷	۰/۰۰۲	۰/۵۲۴	۰/۱۳۹
اسپند	۴۰	ارتفاع نیکا (m)	۰/۳۰	۰/۰۷	۰/۹۰	۰/۲۳۰
		طول نیکا (m)	۱/۱۲	۰/۲۶	۳/۵۰	۰/۷۷۲
		حجم نیکا (m^3)	۰/۲۵۴	۰/۰۰۳	۲/۰۷۷	۰/۴۷۲
		ارتفاع گیاه (m)	۰/۵۲	۰/۱۵	۱/۲۵	۰/۲۹۹
		طول گیاه (m)	۰/۸۶	۰/۱۴	۱/۹۷	۰/۵۶۲
		محیط گیاه (m^2)	۲/۱۷۲	۰/۴۶۰	۵/۰۱۰	۱/۴۶۸
		حجم گیاه (m^3)	۰/۶۵۲	۰/۰۰۴	۲/۸۱۰	۱/۱۰۹
سبد پاکوتاه	۴۰	ارتفاع نیکا (m)	۰/۲۶	۰/۱۱	۰/۷۳	۰/۱۳۷
		طول نیکا (m)	۱/۰۶	۰/۵۵	۲/۳۰	۰/۴۵۹
		حجم نیکا (m^3)	۱/۱۳۰	۰/۰۰۹	۰/۶۲۳	۰/۱۷۵
		ارتفاع گیاه (m)	۰/۳۹	۰/۱۹	۰/۵۲	۰/۰۹۹
		طول گیاه (m)	۰/۷۸	۰/۳۸	۱/۶۰	۰/۳۰۷
		محیط گیاه (m^2)	۱/۶۸۰	۰/۷۰۰	۴/۱۰	۰/۹۰۹
		حجم گیاه (m^3)	۰/۲۲۶	۰/۰۳۲	۱/۰۰۵	۰/۲۲۲

همان طور که در مباحث پیشین تشریح شد، نیکاهای اشکال مناطق ماسه ای متوسط و خشک و نیمه خشک ظاهر می شود تراکمی بادرفتی هستند که در سیستم فرسایش بادی و در

(نیک‌لینگ و والف، ۱۹۹۴). این عارضه و نحوهٔ تشکیل و تحول آن از شرایط آب‌وهوایی، اندازه و نوع مواد بادرفتی، پوشش گیاهی، نیرو و ظرفیت انتقال باد و منبع تأمین رسوبات بادی تأثیر می‌پذیرد (والف، ۲۰۰۵)؛ به‌طوری‌که نوع پوشش گیاهی و تراکم آن باعث تثبیت و کاهش انتقال رسوبات سیستم بادی شده و منبع تأمین ماسه را محدود می‌کند (لنکستر، ۱۹۹۸). در این میان، گونه‌های گیاهی مختلف زمانی که تحت تأثیر عمل تدفین توسط رسوبات قرار می‌گیرند، مقاومت‌های متفاوتی از خود نشان داده و می‌توانند بر حمل و تثبیت مواد بادرفتی تأثیر بگذارند (واندراستوتل^۱ و همکاران، ۲۰۰۲). بنابراین شناسایی نوع نیکاهای Vander Stoep برای توسعهٔ سیستم نیکازارها و حداکثر تثبیت ماسه توسط آن‌ها می‌تواند به‌عنوان مهم‌ترین عامل بازدارنده در سیستم‌های بادی مخرب مدنظر قرار گیرد. برای این مهم بایست در ابتدا انواع مختلف نیکاهای منطقهٔ مطالعاتی شناسایی و سپس اولویت‌بندی شود. برای حصول به نتایج بهینه، مهم‌ترین شاخص‌های مورفومتری نیکا و مورد اندازه‌گیری میدانی قرار گرفت (جدول ۲). نتیجهٔ حاصل از شناسایی نیکاهای اندازه‌گیری مؤلفه‌های مورفومتری آن‌ها به‌صورت ماتریس داده‌ها در مدل TOPSIS می‌باشد (جدول ۳). پارامترهای مورفومتری مذکور در ماتریس داده‌ها به‌عنوان مهم‌ترین شاخص‌های مورفولوژی اولویت‌بندی نیکاهای در نظر گرفته شده‌اند. دیگر نتایج حاصل از محاسبهٔ وزن نسبی نیکاهای از نظر انواع پارامترهای مورفومتری با استفاده از الگوریتم TOPSIS به‌شرح جداول (۳) تا (۱۰) و شکل (۶) است.

جدول (۳): مهم ترین نوع نیکاهای مطالعاتی و پارامترهای مورفومتری آن‌ها (ماتریس A در مدل TOPSIS)

گونه	پارامتر	ارتفاع نبکا	طول نبکا	حجم نبکا	ارتفاع گیاه	طول گیاه	محیط گیاه	حجم گیاه
خارشر	۰/۳۳	۱/۹۰	۰/۱۶۹	۰/۴۲	۰/۸۸	۲/۱۷۳	۰/۱۲۷	
اسپند	۰/۳۰	۱/۱۲	۰/۲۵۴	۰/۵۲	۰/۸۶	۲/۱۷۲	۰/۶۵۲	
سبد پاکوتاه	۰/۲۶	۱/۰۶	۰/۱۳۱	۰/۳۹	۰/۷۷	۱/۶۸۰	۰/۲۲۶	

به دلیل هم مقیاس نبودن مقادیر پارامترهای مورفومتری نیکاهای مطالعاتی و برای از بین بردن این مقیاس، مقادیر پارامترها بایستی نرمالیزه شود. این عملیات از طریق تقسیم تک تک درایه‌های ماتریس داده‌ها بر مجذور مجموع ستونی توان دو درایه‌ها صورت می‌گیرد (رابطه ۱). نتیجه حاصل به شرح ماتریس نرمالیزه پارامترهاست (جدول ۴).

جدول (۴): ماتریس نرمالیزه پارامترهای مورفومتری نیکاهای مطالعاتی (ماتریس R در مدل TOPSIS)

گونه	پارامتر	ارتفاع نبکا	طول نبکا	حجم نبکا	ارتفاع گیاه	طول گیاه	محیط گیاه	حجم گیاه
خارشر	۰/۶۳۴	۰/۷۷۷	۰/۵۰۹	۰/۵۴۴	۰/۶۰۴	۰/۶۲۱	۰/۱۸۱	
اسپند	۰/۵۸۴	۰/۴۵۸	۰/۷۶۵	۰/۶۷۳	۰/۵۹۱	۰/۶۲۰	۰/۹۳۰	
سبد یا کم تاه	۰/۵۰۶	۰/۴۳۳	۰/۳۹۴	۰/۵۰۱	۰/۵۳۴	۰/۴۷۹	۰/۳۲۲	

برای هم‌ارزش نمودن مقادیر درایه‌های ماتریس نرمالیزه (جدول ۴)، مجموع اوزان مقایسه‌های پارامترهای مورفومتری نیکا نسبت به یکدیگر لازم است. در این پژوهش، وزن هریک از پارامترها براساس اهمیت هر معیار به صورت مقایسه زوجی آن‌ها از طریق نظریات کارشناسی متخصصان در مدل AHP محاسبه شد (جدول ۵). سپس مقادیر اوزان پارامترها به صورت نظریه‌نظیر در ستون‌های ماتریس نرمالیزه ضرب شده، نتیجه حاصل به شرح ماتریس نرمالیزه و وزن‌دهی شده پارامترهاست (جدول ۶).

جدول (۵): ماتریس مقایسه زوجی پارامترهای مورفومتری نیکا و محاسبه W_j آن‌ها از طریق مدل AHP

مقادیر W_j	حجم گیاه	محیط گیاه	طول گیاه	ارتفاع گیاه	حجم نیکا	طول نیکا	ارتفاع نیکا	پارامتر
۰/۱۴۵۷	۳	۳	۳	۳	۰/۲۰	۰/۳۳	۱	ارتفاع نیکا
۰/۲۰۸۲	۳	۳	۳	۳	۰/۳۳	۱	۳	طول نیکا
۰/۳۷۲۴	۴	۴	۴	۵	۱	۳	۵	حجم نیکا
۰/۰۳۹۲	۰/۲۵	۰/۳۳	۰/۳۳	۱	۰/۲۰	۰/۳۳	۰/۳۳	ارتفاع گیاه
۰/۰۵۹۸	۰/۳۳	۰/۵۰	۱	۳	۰/۲۵	۰/۳۳	۰/۳۳	طول گیاه
۰/۰۸۱۰	۱	۱	۲	۳	۰/۲۵	۰/۳۳	۰/۳۳	محیط گیاه
۰/۰۹۳۸	۱	۱	۳	۴	۰/۲۵	۰/۳۳	۰/۳۳	حجم گیاه

نرخ ناسازگاری: ۰,۰۹ (ماتریس سازگار است)

جدول (۶): ماتریس نرمالیزه وزین پارامترهای مورفومتری نیکاهای مطالعاتی (ماتریس V در مدل TOPSIS)

گونه	پارامتر	ارتفاع نیکا	طول نیکا	حجم نیکا	ارتفاع گیاه	طول گیاه	محیط گیاه	حجم گیاه
------	---------	-------------	----------	----------	-------------	----------	-----------	----------

خارشتر	۰/۰۹۲	۰/۱۶۲	۰/۱۸۹	۰/۰۲۱	۰/۰۳۶	۰/۰۵۰	۰/۰۱۷
اسپند	۰/۰۸۵	۰/۰۹۵	۰/۲۸۵	۰/۰۲۶	۰/۰۳۵	۰/۰۵۰	۰/۰۸۷
سبد پاکوتاه	۰/۰۷۴	۰/۰۹۰	۰/۱۴۷	۰/۰۱۹	۰/۰۳۲	۰/۰۳۹	۰/۰۳۰

مقادیر پارامترها به‌عنوان ایدئال مثبت و حداقل آن‌ها به‌عنوان ایدئال منفی مطرح است (جدول ۷) و به‌تبع آن بیشترین فاصله را تا ایدئال منفی داشته باشد. محاسبهٔ فاصلهٔ اقلیدسی نیکاهای نسبت به ایدئال‌ها از طریق رابطه‌های (۶) و (۷) صورت گرفته و نتیجهٔ حاصل به‌شرح جدول (۸) است.

با توجه به اینکه در این پژوهش، گروه‌بندی و اولویت‌بندی نیکاهای براساس حداکثر تثبیت ماسهٔ روان مدنظر است و این اصل که هر اندازه مقادیر پارامترهای مورفومتری نیکا نظیر قطر تاج پوشش، ارتفاع گیاه و... بیشتر باشد، نیکا قادر خواهد بود ماسهٔ بیشتری را تثبیت کند؛ در نتیجه، حداکثر

جدول (۷): مقادیر ایدئال مثبت و ایدئال منفی پارامترهای مورفومتری نیکاهای مطالعاتی

حجم گیاه	محیط گیاه	طول گیاه	ارتفاع گیاه	حجم نیکا	طول نیکا	ارتفاع نیکا	پارامتر
۰/۰۸۷	۰/۰۵۰	۰/۰۳۶	۰/۰۲۶	۰/۲۸۵	۰/۱۶۲	۰/۰۹۲	A ⁺
۰/۰۳۰	۰/۰۳۹	۰/۰۳۲	۰/۰۱۹	۰/۱۴۷	۰/۰۹۰	۰/۰۷۴	A ⁻

جدول (۸): فاصلهٔ اقلیدسی نیکاهای از ایدئال‌های مثبت و منفی

سبد پاکوتاه	اسپند	خارشتر	پارامتر
۰/۱۶۶	۰/۰۶۸	۰/۱۲۱	D _i ⁺
۰/۰۱۳	۰/۱۵۵	۰/۱۵۸	D _i ⁻

جدول (۱۰): امتیاز و رتبه‌بندی نیکاهای مطالعاتی

سبد پاکوتاه	اسپند	خارشتر	نیکا
۰/۰۵۵	۰/۵۲۱	۰/۴۲۴	امتیاز (منطق فازی)
سوم	اول	دوم	رتبه

بحث و نتیجه‌گیری

با توجه به ویژگی‌های گیاه‌شناختی، هیدرولوژیکی، زمین‌شناسی، اقلیمی و ژئومورفولوژیکی منطقهٔ مطالعاتی و اهداف طرح‌ریزی‌شده در پژوهش، می‌توان گفت که نوع نیکا و پارامترهای مورفومتری آن متعدد و متفاوت است. اما این پژوهش سعی کرده تا مهم‌ترین نوع نیکا و مؤثرترین مؤلفه‌های مورفومتری آن‌ها را مدنظر قرار دهد. نتیجهٔ حاصل به‌صورت معرفی مهم‌ترین نیکا و پارامترهای مورفومتری آن‌ها به‌صورت شاخص‌ها و گزینه‌ها در جداول ماتریسی پژوهش حاضر ارائه شده است.

نتایج پژوهش حاضر نمایانگر تمایز سه نوع نیکای متفاوت با پارامترهای گوناگون مورفومتری است؛ به‌طوری‌که دامنهٔ امتیازات نیکاهای از حداکثر ۰/۵۲۱ برای گونهٔ اسپند و حداقل ۰/۰۵۵ برای گونهٔ سبدپاکوتاه مبین این ادعاست و ابعاد متفاوت نوع نیکا و گونهٔ گیاهی آن را نشان می‌دهد؛ زیرا نیکای اسپند با

فاصلهٔ نسبی نیکاهای مطالعاتی به راه‌حل ایدئال از طریق تقسیم فاصلهٔ اقلیدوسی از ایدئال منفی بر مجموع فاصلهٔ اقلیدوسی از ایدئال مثبت و ایدئال منفی محاسبه می‌شود (رابطهٔ ۸)، نتایج حاصل از آن به‌شرح جدول (۹) است. هر اندازه این مقدار به راه‌حل ایدئال و واحد نزدیک‌تر باشد، نیکای موردنظر ارزش رجحانی بیشتری داشته و در اولویت بالاتری قرار می‌گیرد. بنابراین می‌توان نیکاهای موجود در مسئلهٔ مفروض را براساس فاصلهٔ نسبی آن‌ها به راه‌حل ایدئال اولویت‌بندی کرد. نتایج حاصل از رتبه‌بندی وزنی نیکاهای مطالعاتی به‌شرح جدول (۱۰) است. این نتایج نشان می‌دهد که نیکای گونهٔ اسپند از نظر مؤلفه‌های مورفومتری کمترین فاصله را با راه‌حل ایدئال و بیشترین وزن را دارند. در مقابل نیکای سبد پاکوتاه بیشترین فاصله را با راه‌حل ایدئال و کمترین وزن را دارد.

جدول (۹): فاصلهٔ نسبی نیکاهای مطالعاتی به راه‌حل ایدئال

سبد پاکوتاه	اسپند	خارشتر	Cl _i
۰/۰۷۳	۰/۶۹۵	۰/۵۶۶	مقدار

مطالعاتی دارند. بنابراین نبکای اسپند با توجه به موارد فوق الذکر، کمترین فاصله اقلیدوسی با ایدئال مثبت (۰/۰۶۸) و کمترین فاصله نسبی با راه حل ایدئال (۱) را دارد، در نتیجه بیشترین وزن (۰/۶۹۵) و بالاترین اولویت (اول) را به خود اختصاص داده است. سایر نتایج به شرح جداول (۳) تا (۱۰) می باشد. در مجموع می توان گفت که از بین سه نوع نبکای مطالعاتی، نبکای اسپند با وزن ۰/۶۹۵ بیشترین اهمیت و ارجحیت را برای طرح تثبیت ماسه های روان دارد. نبکای خارشر با وزن ۰/۵۶۶ در رده دوم اهمیت قرار دارد. بنابراین برای اجرای طرح تثبیت ماسه های متحرک در منطقه مطالعاتی، در درجه اول سیستم نبکای اسپند و در مرحله دوم، توسعه سیستم نبکای خارشر بیشترین اهمیت را دارند و در صورت توسعه و اجرای آن بالاترین بهره وری را خواهند داشت. در مقابل نبکای سبد پاکوتاه با وزن ۰/۰۷۳، کمترین ارجحیت و بهره وری را داشته و توسعه چشم انداز آن ها به هیچ عنوان پیشنهاد نمی شود.

حجم بزرگ تر خود توانسته است مانند مانعی در برابر جریان باد مقاومت کرده و با کاهش سرعت و شدت باد، ماسه بیشتری را به دام اندازد. اما مقایسه نبکاهای خارشر و اسپند نشان می دهد که نبکای خارشر با داشتن قطر تاج پوشش و ارتفاع گیاه بیشتر از اسپند حجم کمتری نسبت به آن دارد، این حاکی از کارکرد متفاوت نوع تاج پوشش، آیرودینامیک گیاه و مانع شدن متفاوت آن در برابر سرعت و شدت باد مسلح به ماسه است. باوجوداین، ارزیابی مقادیر پارامترهای مورفومتری و گروه بندی مقایسه های نبکاهای مطالعاتی از طریق مدل TOPSIS مبین سه گروه با اولویت بندی متفاوت از مدل های اکولوژیکی و گیاه شناختی است. در این میان نبکای اسپند بیشترین مقادیر پارامترهای مورفومتری را به خود اختصاص داده است. با توجه به نظریات کارشناسی و مقایسه زوجی پارامترهای مورفومتری با مدل AHP، مؤلفه های حجم و طول گیاه به ترتیب با اوزان ۰/۳۷۲۴ و ۰/۲۰۸۲ بیشترین اهمیت را در گروه بندی نبکاهای

منابع

- Ahmadi, H., 2008, Applied Geomorphology (desert-wind erosion), Second Edition, Tehran University Press, Tehran.
- 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 Enviroments, No.73, pp 1014-1022.
- Bing, L, Z., Wenzhi, Y., Rong .2008. Characteristics and spatial heterogeneity of Tamarix ramosissima Nebkhas in desert-oasis ecotones, Journal of Acta Ecologica Sinica: Vol. 28 (4), Pp. 1446-1455.
- 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 , Pp. 413-423.
- Gharib, M.H., Motamed, A., 2003, Assessment of changes in sand dunes coastal of sisthan and bluchestan province from 1967 to 1993, Geographic preceding studies at Tehran University, No. 50, pp. 35-48.
- Gholami tabasi, 2013, Vegetation and sand changes in sand dunes due to some wind erosion control operations (Samad Abad of Sarakhs)
- Hersen, P. 2004. On the crescentic shape of barchan dunes, The European Physical Journal B: Vol. 37, Pp. 507-514.
- 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, Pp.155-172.
- Hoseani, S.M., 2003, Assessment of changes in coastal sand dunes Sistan and Baluchestan Province From 1967 to 1993, Geographic preceding studies, Issue 50, Pages 35 to 48.
- Hosseanzadeh, M., 2007, Geopark and its related capabilities in Iran, Journal of Geography Education, Courses 22, Issue 1.
- Hugenholtz. C.H, Wohfe.S.A, 2005, Biogeomorphic Model of Dunefield Activation and Stabilization on the Northern Great Plains, Journal of Geomorphology, No. 70, pp.53-70.
- Jianhui, D., Y., Ping, D., Yuxiang .2010. The progress and prospects of nebkhas in arid areas, Journal of Geography Science: Vol. 20 (5), Pp. 712-728.
- Jozzi, S.A., Safarian, Sh., 2011, Abadan environmental analysis using TOPSIS,

- Ecology, No. 58, pages 53 to 66.
14. Khalaf, F.I., R., Miska, A., Al-Douseri .1995. Sedimentological and Morphological characteristics of some nebkha deposits in the northern coastal plain of Kuwait, Arabia, Journal Arid Environment: Vol. 29, Pp. 267-292.
 15. Kohansal, R., Rafiee, H., 2008, Selection and ranking systems traditional sprinkler and irrigation in Khorasan Razavi, Journal of Agricultural Science and Technology, No. 1, pp. 91-104.
 16. 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, pp. 69-82.
 17. Langford, R.P. 2000. Nabkha (Coppice Dune) Fields of South-central New Mexico, U S A. Journal of Arid Environments, Vol. 46, Pp. 25-41.
 18. Maghsudi, M., 2006, Understanding the processes affecting the development of sand effects (Case study: effects Sirjan sand pits), Journal of Geographical Research Tehran University, No. 56, Ss149-160.
 19. Mahmoudi, F., 2004, Dynamic geomorphology, Sixth Printing, Payam Noor University Press, Tehran.
 20. Makhadmeh, M., 1998, The basis of land use, Tehran, Tehran University Press, third edition.
 21. Mozafarian, V., 2003, Culture names of plants, Farhang Moaser Press, Tehran.
 22. Najibzadeh, M.R., et al, 2008, Ability to pasture with ecological use ERAMS and GIS (Case Study: Yekehchnar field Maravehtapeh).
 23. Nastaran, M., Abolhasani, F., Ezadi, M., 2010, Application of TOPSIS techniques in analyzing and prioritizing sustainable development of urban areas (Case Study: urban areas of Esfahan), Geography and Environmental Planning Journal, Vol. 21, Issue 38, pp. 83-100.
 24. 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, Pp. 13-30.
 25. Olson, D.L. (2004), **Comparison of Weights in TOPSIS Models**; Journal of Mathematical and Computer Modeling, No. 40, Pp. 721-727.
 26. Pourkhoranani, M., Vali A.A., Moayeri, M., 2009, Investigating the relationship between herbal morphology and plant morphometric properties of nematodes of the species Roumaria Turkestanica, Natural Geography Research, No. 69, 99-113.
 27. Shani, A., 2006, Application of multi-criteria decision-making techniques to choose the right strategy for the implementation of IT projects, Industrial Management Institute of Iran, Tehran.
 28. Taherkhani, M., 2007, Application of TOPSIS in prioritizing the establishment of agricultural industries in rural areas, Journal of Economic Research, 6, No. 3, pp. 59-71.
 29. Tengberg, A., D., Chen .1995. A comparative analysis of nebkha in central Tunisia and northern Burkina Faso, Journal of Geomorphology, No. 22, Pp. 181-192.
 30. Van der Stoep, C.D., Van der Putten, W.H., Duyts, H., (2002), Development of a Negative Plant-soil Feedback in the Expansion Zone of the Clonal grass Ammophila Arenaria Following Root Formation and Nematode Colonization, Journal of Ecology: 90 (6), Pp. 978-988.
 31. Vali A.A., Pourkhoranani, M., 2008, Comparative Analysis of Relationships Between Necka's Morphometric Components and Herbal Morphology of Tamarix, Romaria and Alhaji Maniferea in kafeye kheyr abad of

- Jan, Geography and Environmental Planning, No. 35, 119-134.
32. Wang, X., Wang, T., Dong, Z., Liu, X., Qian, G., (2006). Nebkha development and its significance to wind erosion and land degradation in semi arid northern China. Journal of Arid Environments, No. 65, Pp. 129-141.
33. Wang, X., et al. 2010. Nebkha formation: Implications for reconstructing environmental changes over the past several centuries in the Ala Shan Plateau, China. Journal of Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology: Vol. 297, Pp. 697-706.

Application of TOPSIS algorithm in order to identify the most suitable plant species to form Nebkhas for stabilizing sand particles (Case study: Samad-Abad, Sarakhs, Iran)

Mohammadjavad Yoosefi¹, Alireza Rashki^{2*}, Mohammad Farzam³, Mohammadtaghi Kashki⁴

Received: 15/2/2017

Accepted: 22/6/2017

Abstract

Environmental crisis and the consequent loss of natural resources are the main reasons which force managers to pursue methods to manage risks and solve environmental tensions. This study was conducted in Samad-Abad as a center of wind erosion located in the southern part of Sarakhs region, Islamic Republic of Iran, near the Turkmenistan border and the Tajan River. Following field investigations and satellite imagery analysis, the study area was determined. Using 6 transects (3 upwind and 3 leeward), each 100 m long, we measured nebkhas' morphometric characteristics (including height, length & volume) and plant characteristics (including height, perimeter & volume). Fourteen nebkhas were analyzed for each species (*Stipagrostis*, *Alhagi* and *Peganum*). In a comparative analysis of nebkhas associated with *Stipagrostis*, *Peganum* and *Alhagi* using TOPSIS model, the final weight was calculated as 0.434, 0.521 and 0.055 for *Alhagi*, *Peganum* and *Stipagrostis*, respectively. Therefore, as clearly explained by the TOPSIS model, *Peganum* is revealed to be the most suitable plant species for stabilizing moving particles in the region followed by *Alhagi* and *Stipagrostis*. Regarding nebkhas' morphometric characteristics and plant morphological features as the input criteria for AHP model, the results showed *Peganum* to be the most suitable species for stabilizing moving sands followed by *Alhagi* and *Stipagrostis*. *Stipagrostis* nebkhas, with an average weight of 0.073, showed the least efficiency and desirability. Therefore, it was concluded that the observed result was due to this species' undesirable morphological traits compared with the two others species in the study. Consequently, developing the landscape cover by this species is not advised.

Keywords: Sarakhs, Nebkhas, TOPSIS algorithm, stabilizing sand, Samad-Abad.

1. M. Sc. Student Faculty of Natural Resources and Environmental, Ferdowsi University of Mashhad

2. Assistant Professor Faculty of Natural Resources and Environmental, Ferdowsi University of Mashhad;
Email: a.rashki@um.ac.ir

3. Associate Professor Faculty of Natural Resources and Environmental, Ferdowsi University of Mashhad

4. preceptor Natural Resources and Agriculture of Khorasan Razav