

انتخاب مناسب‌ترین نوع گونه گیاهی نیکا برای تثبیت ماسه‌های روان با استفاده از مدل AHP (مطالعه موردی: ریک نجار آباد، شمال شرق طرود)

سیدحجت موسوی^{۱*}، مسعود معیری^۲، عبدالله سیف^۳، عباسعلی ولی^۴

۱- دانشجوی دکتری ژئومرفولوژی، گروه جغرافیای طبیعی، دانشگاه اصفهان.

۲- دانشیار ژئومرفولوژی، گروه جغرافیای طبیعی، دانشگاه اصفهان. m_moayeri_2008@yahoo.com

۳- استادیار ژئومرفولوژی، گروه جغرافیای طبیعی، دانشگاه اصفهان. abdsafe@yahoo.com

۴- استادیار ژئومرفولوژی، گروه مهندسی منابع طبیعی، دانشگاه کاشان. abvali@yahoo.com

تاریخ دریافت: ۹۰/۳/۱۱ تاریخ پذیرش: ۹۰/۱۱/۲۹

چکیده

رخداد مسائل زیست محیطی و اتلاف منابع طبیعی از جمله علل ایجاد راهکارهای مدیریت ریسک و بحران محیط زیست هستند. یکی از مهمترین مشکلات زیست محیطی شمال شرق طرود، هجوم ماسه‌های روان به مراکز سکونت، راههای ارتباطی و تأسیسات زیربنایی است. سیستم محیطی در مقابل تنش ماسه‌های متحرک، واکنش نشان داده و با ایجاد اکوسیستم نیکا سعی در تعدیل فشار فرسایش بادی می‌کند. بنابراین توسعه چشم‌انداز نیکا می‌تواند به عنوان عاملی به منظور حفظ هماهنگی بین نیروهای عمل‌کننده زیست محیطی و کاهش آثار تخریبی ماسه‌های روان بر سیستم‌های انسانی عمل کند. در این راستا شناسایی سازگارترین گونه گیاهی نیکا از اهمیت بالایی برخوردار است. هدف از این پژوهش ارزیابی مقایسه‌ای نیکاهای شمال شرق طرود با استفاده از مدل AHP و معرفی مناسب‌ترین گونه گیاهی نیکا برای تثبیت ماسه‌های روان از طریق تحلیل مؤلفه‌های مورفومتری آن است. به این منظور ابتدا مهمترین مشخصه‌های مورفومتری ۶۷ نیکا، نظیر حجم نیکا، ارتفاع نیکا، قطر تاج پوشش گیاه، ارتفاع گیاه، قطر قاعده نیکا و شیب نیکا، از گونه‌های تاغ، گز، اشنان و خارشر به روش نمونه‌برداری طولی اندازه‌گیری میدانی شد. سپس با ارزیابی مقایسه‌ای آنها از طریق مدل AHP، مبادرت به اولویت‌بندی نیکاهای مطالعاتی شد. نتایج نشان می‌دهد که نیکای گونه تاغ با وزن ۰/۵۰۵ بیشترین ارجحیت و بهره‌وری را برای تثبیت ماسه‌های روان دارد. نیکای گونه گز نیز با وزن ۰/۳۰۲ نسبت به نیکای گونه تاغ از اهمیت کمتر و نسبت به نیکاهای گونه اشنان و خارشر از ارجحیت بیشتری برخوردار است.

کلید واژه

ریک نجارآباد، طرود، نیکا، مدل AHP، تثبیت ماسه.

سر آغاز

شناسایی کرد و به منظور بهره‌وری بهینه با انجام عملیات اصلاح، توسعه و ترویج، بتدریج محدودیت‌ها را کاهش، توانایی‌ها را افزایش و توان آینده آنها را پیش‌بینی کرد (نجیب‌زاده و همکاران، ۱۳۸۷). 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، ۱۳۷۸). 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

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، ۱۳۸۲). هم‌اکنون بحران‌های زیست محیطی و هدر رفت منابع طبیعی را می‌توان به عنوان دلایل مهم ایجاد سیستم‌های مدیریت محیط زیست مطرح کرد (جوزی و صفاریان، ۱۳۹۰). 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 منابع محیطی را به تفکیک عوامل و متغیرهای مؤثر

طول زمان، نسبت به پوشش گیاهی در مناطق خشک و نیمه خشک ناشی می‌شود (Dougill and Thomas, 2002). بنابراین می‌توان گفت در مدیریت محیط، حفظ هماهنگی بین نیروهای عمل کننده چشم‌انداز نیکا 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 نیکا با روش‌های گوناگون پرداخته‌اند، به طوری که Tengberg and Chen (1995) با مطالعه نیکاهای بورکینافاسو، ایجاد نیکاها را متأثر از فعالیت‌های کاهنده نیروی محیط در مناطقی که پوشش گیاهی استقرار دارد گزارش کرده و از نیکا به عنوان شاخصی مناسب برای ارزیابی فرسایش بادی و تخریب اراضی یاد می‌کنند. Khalaf و همکاران (1995) ضمن مطالعه عوارض ماسه‌ای در دشت‌های شمال کویت گزارش کرده‌اند که مرفولوژی نیکاها با الگوهای رویشی گونه‌های گیاهی کنترل می‌شود، به طوری که ارتفاع نیکا با ارتفاع تاج بوته و طول نیکا با ارتفاع گیاه رابطه معنی‌داری دارد. Hesp and Mclachlan (2000) ضمن بررسی مرفولوژی و اکولوژی نیکاها در سواحل جنوبی آفریقای جنوبی گزارش کرده‌اند که فرم و رشد گونه‌های گیاهی منعکس‌کننده مرفولوژی نیکا، شرایط اقلیمی و اکولوژی محل رشد آن است. Bing و همکاران (2008) خصوصیات مرفولوژی و روابط بین مشخصه‌های مورفومتری، الگوی مکانی و عدم تجانس فضایی نیکای گز در صحرا و واحه اکوتونس چین را مورد ارزیابی قرار داده و معتقدند که متوسط ارتفاع نیکا، حجم و قطر تاج پوشش گیاه در نیکاهای گز بیابان گبی کوچکتر از نیکاهایی است که در صحرا وجود دارد در حالی که مقدار مؤلفه ارتفاع بوته و پوشش گیاهی حالتی معکوس دارد. Ardon و همکاران (2009) تأثیر نیکا در تثبیت ماسه‌های روان برخان‌های فلسطین را بررسی و بیان کردند که تفاوت معنی‌داری بین میزان فرسایش و رسوب نیکاهای مستقر شده در سه بخش برخان وجود دارد. Wang و همکاران (2010) نحوه شکل‌گیری، تغییرات زیست محیطی و تکامل ژئومرفولوژیکی نیکاهای گز فلات آلاشان در چین را در ارتباط با سازوکار تکامل بیابان گبی در طول زمان بررسی کرده و بیان داشته‌اند که تشکیل نیکای گز در این منطقه توسط آبهای زیرزمینی کنترل می‌شود زیرا در بسیاری از دوره‌ها، سطح آبهای زیرزمینی که عامل بقای گونه گیاهی گز است، بالا بوده است. Jianhui و همکاران (2010) سازوکار تشکیل، جایگزینی و توزیع فضایی نیکاها در ارتباط با

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 روستاییان و زیانهای اقتصادی بشمارد 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 و 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 واقع باشد.

بین سیستم‌های بادی که از لحاظ مقدار بار رسوب فقیر و غنی هستند، تشکیلات متفاوتی از تپه‌های ماسه‌ای می‌توان مشاهده کرد (Hersen, 2004) که عوارض نیکایی یکی از آنهاست. نیکا حاصل تعامل فرسایش بادی، رطوبت و پوشش گیاهی منطقه است (احمدی، ۱۳۸۷). 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)، به این عارضه نیکا، یا تل نباتی می‌گویند (محمودی، ۱۳۸۳). در حقیقت نیکا انعکاسی از حضور حیات در بیابان است که به صورت تجمع رسوبات بادی در اطراف گیاهان مناطق خشک ظاهر می‌شود (احمدی، ۱۳۸۷). نیکاها به واسطه آشفتگی چشم‌اندازهای بیابانی تشکیل می‌شوند و مرفولوژی آنها از طریق الگوهای رویشی گونه گیاهی تشکیل دهنده آنها کنترل می‌شود (Khalaf et al., 1995). به عبارتی، شکل نیکا تابعی از اندازه، تراکم و میزان رشد گیاه میزبان است (Nikling and Wolf, 1994).

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، ۱۳۸۸). به عبارت دیگر اکوسیستم نیکا یک سیستم باز قلمداد می‌شود که از روابط بین نیروهای عمل کننده، فرایندهای بادی، نحوه رسوبگذاری و پوشش گیاهی نشأت می‌گیرد (ولی و پورخسروانی، ۱۳۸۸) و مرفولوژی آن از فرسایش و تراکم رسوب در

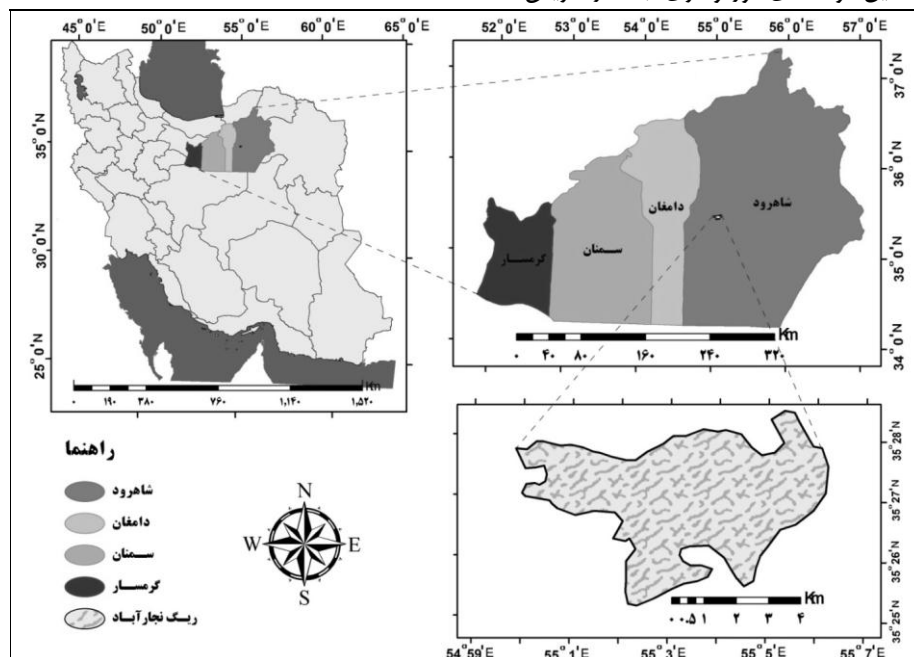
روش تحلیل سلسله مراتبی، مناسب‌ترین و سازگارترین گونه گیاهی نیکا با ویژگی‌های زیست محیطی را برای عملیات‌های تثبیت ماسه‌های روان از طریق توسعه نیکازارهای منطقه مطالعاتی، شناسایی و معرفی کند. نتایج حاصل از این پژوهش در مدیریت محیط مناطق بیابانی و ریگزارهای روان منطقه مطالعاتی از اهمیت چشمگیری برخوردار خواهد بود.

منطقه مطالعاتی

منطقه مورد مطالعه در این پژوهش، ریگ نجارآباد بوده که در شمال شرق طرود، از توابع شهرستان شاهرود، در استان سمنان و در حاشیه شمالی کویر بزرگ مرکزی واقع شده است. به دلیل کمبود پوشش گیاهی و ریزش‌های جوی در اطراف این کویر، سیستم‌های شکل‌زایی بادی بر دیگر فرایندها حاکمیت دارند و می‌توان انواع رخساره‌های فرسایش بادی را در این منطقه مشاهده کرد. ریگ نجارآباد با وسعت ۲۸۶۴/۸۸۶ هکتار یکی از ریگ‌های موجود در حاشیه شمالی کویر بزرگ مرکزی است که به صورت نامنظم در امتداد غربی- شرقی در طول ۸ کیلومتر کشیده شده است. این ریگ در محدوده‌ای بین ۲۵° تا ۲۹° عرض شمالی و ۵۴° تا ۵۷° طول شرقی واقع شده است (شکل شماره ۱).

خصوصیات جریان هوا، تعادل بین فرسایش و رسوب، خصوصیات زیست محیطی و فیزیولوژیکی پوشش گیاهی، مشخصه‌های بارش و آبهای زیرزمینی مناطق خشک شمال چین را مورد مطالعه قرار داده و بیان داشته‌اند که برای حفظ و ترمیم محیط زیست مناطق خشک و نیمه خشک، توسعه نیکاه‌ها و تنوع پوشش گیاهی نقش مثبتی دارد. غریب‌رضا و معتمد (۱۳۸۳) 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 نیکاه‌های این مناطق را حاصل تغییر شکل تپه‌های ماسه‌ای، بویژه برخان‌ها در اثر افزایش پوشش گیاهی بر روی آنها می‌دانند. پورخسروانی (۱۳۸۸) به بررسی خصوصیات مورفومتری نیکا و مرفولوژی گیاهی آن با استفاده از روشهای آماری در کویر سیرجان پرداخته و با تعیین ارتباط آماری بین مشخصه‌های مورفومتری نیکا و مرفولوژی گیاهی آن، سازگارترین گونه گیاهی نیکا را در این منطقه شناسایی کرده است.

هدف از این پژوهش گروه‌بندی مقایسه‌ای و شناسایی مناسب‌ترین گونه گیاهی نیکاه‌های شمال شرق طرود با استفاده از تحلیل مهم‌ترین مشخصه‌های مورفومتری نیکا از طریق روش تحلیل سلسله مراتبی است. به عبارت دیگر این پژوهش سعی دارد تا با استفاده از تجزیه و تحلیل مؤلفه‌های مورفومتری نیکا از طریق

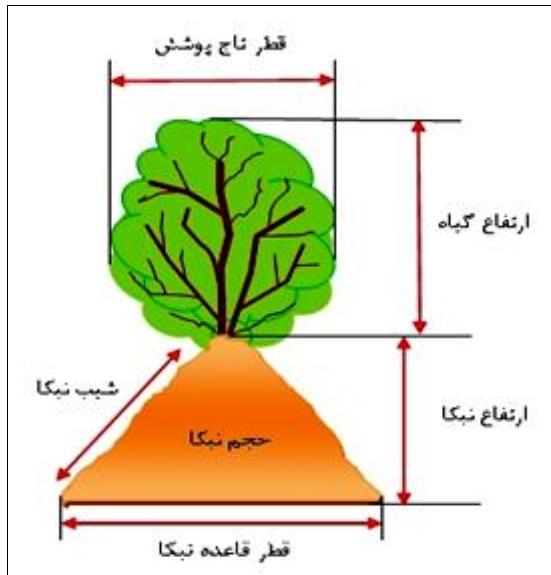


شکل شماره (۱): موقعیت جغرافیایی محدوده مطالعاتی (منبع: نگارندگان)

مواد و روشها

رابطه (۱): $V = 0.5 (\pi R^2 H)$

در این رابطه V: حجم مخروط نیکا به متر مکعب، H: ارتفاع مخروط نیکا به متر و R: شعاع قاعده مخروط نیکا به متر است.



شکل شماره (۲): توضیح تصویری مؤلفه‌های مورفومتری نیکا

(منبع: موسوی و همکاران، ۱۳۸۹)

مبنای نظری

در این پژوهش برای ارزیابی مقایسه‌ای و تعیین مناسب‌ترین نوع گونه گیاهی نیکا از روش تحلیل سلسله مراتبی استفاده شده است. فرایند تحلیل سلسله مراتبی یکی از کارآمدترین تکنیک‌های تصمیم‌گیری چند معیاره است که اولین بار توسط Thomas L. Saaty در دهه ۱۹۷۰ ارائه شد. این روش بر اساس مقایسه زوجی مشخصه‌ها بنا نهاده شده و امکان بررسی سناریوهای مختلف را به مدیران می‌دهد. این فرایند گزینه‌های کمی و کیفی مختلف را در تصمیم‌گیری دخالت داده و امکان تحلیل حساسیت روی معیارها و زیرمعیارها را دارد، و از یک مبنای نظری قوی برخوردار بوده و بر اساس اصول بدیهی بنا نهاده شده است (Saaty, 1986; 1994).

فرایند تحلیل سلسله مراتبی روش ساده 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 et al., 2006; Chen,)

نخستین گام در انجام این پژوهش؛ بررسی، تعیین حدود و آشنایی با ویژگی‌های محیطی محدوده مطالعاتی با وسعت ۲۸۶۴/۸۸۶ هکتار، از طریق نقشه‌های توپوگرافی ۱:۵۰۰۰۰، تصاویر ماهواره‌ای گوگل ارث و بازدیدهای میدانی است. گام بعدی مراجعات میدانی به منطقه، تعیین موقعیت نیکاها و اندازه‌گیری مؤلفه‌های مورفومتری آنها است. مهمترین مشخصه‌های اندازه‌گیری شده عبارتند از: حجم نیکا، ارتفاع نیکا، قطر تاج پوشش گیاه، ارتفاع گیاه، قطر قاعده نیکا و شیب نیکا. روش نمونه‌برداری در این پژوهش بر اساس روش تک‌بعدی و واحد نمونه‌برداری طولی صورت گرفته است. این روش امکان نمونه‌برداری تصافی نیکاها را در کل محدوده مطالعاتی فراهم می‌آورد.

بنابراین برای پوشش کامل منطقه مطالعاتی، ۸ ترانسکت یک کیلومتری با استفاده از دستگاه GPS در نظر گرفته شد. بدین گونه که ابتدا در قسمت جنوبی محدوده مطالعاتی نقاط ابتدایی ترانسکت‌ها با GPS تعیین و سپس در جهت شمال جغرافیایی مسیری به طول یک کیلومتر طی شد و در امتداد آن نیکاهای برخورد کرده با مسیر، اندازه‌گیری شد.

حجم نمونه مطالعاتی به موقعیت نیکاها نسبت به محل ترانسکت‌های مستقر شده بستگی دارد. در مجموع تعداد ۶۷ نیکا مورد اندازه‌گیری و ارزیابی قرار گرفت. از این تعداد، ۱۶ عدد نیکای گونه تاغ، ۱۸ عدد نیکای گونه گز، ۲۱ عدد نیکای گونه اشنان و ۱۲ عدد نیکای گونه خارشتر را شامل می‌شود.

مبنای اندازه‌گیری مؤلفه‌های مورفومتری نیکا شکل شماره (۲) است که انواع مشخصه‌های قابل اندازه‌گیری نیکا و نحوه نمونه‌برداری آنها را نشان می‌دهد (موسوی و همکاران، ۱۳۸۹). اندازه‌گیری مؤلفه‌های مورفومتری نیکا نیز از طریق متر نواری و به شرح موارد زیر انجام شد:

برای محاسبه قطر تاج پوشش گیاه میانگین دو قطر اندازه‌گیری شده تاج گیاه؛ برای اندازه‌گیری ارتفاع گیاه بلندترین شاخه گیاه تا قله نیکا؛ به منظور اندازه‌گیری ارتفاع نیکا، ارتفاع قله نیکا تا سطح قاعده آن و برای قطر قاعده نیکا، اندازه‌گیری قطر متوسط قاعده به وسیله متر نواری ملاک عمل قرار گرفت.

شیب مخروط نیکا از طریق دستگاه شیب‌سنج و حجم مخروط نیکا نیز از طریق رابطه (۱) محاسبه شد (Dougill and Thomas, 2002).

سطح ۱: شامل هدف کلی بوده و انتخاب مناسب‌ترین نوع گونه گیاهی نیکا را در بر می‌گیرد.

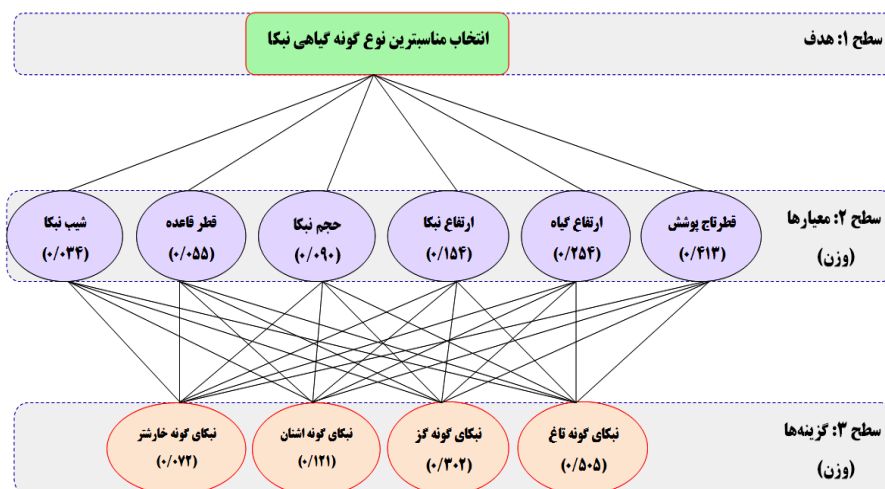
سطح ۲: این سطح معیارها را در بر گرفته و شامل مؤلفه‌های مورفومتری نیکا است.

سطح ۳: این سطح گزینه‌ها را در بر گرفته و شامل انواع گونه‌های گیاهی نیکا در منطقه مطالعاتی است.

در پایان برای اطمینان از جواب نهایی، سازگاری و ناسازگاری آن را نیز مورد آزمون قرار داد (قدسی‌پور، ۱۳۸۸).

ساختار سلسله مراتبی اولویت‌بندی نیکا و انتخاب مناسب‌ترین گونه

ساختار سلسله مراتب انتخاب مناسب‌ترین نوع گونه گیاهی نیکا براساس مشخصه‌های مورفومتری در ریگ نجارآباد شامل سطوح زیر است (شکل شماره ۳):



شکل شماره (۳): ساختار سلسله مراتبی انتخاب مناسب‌ترین نوع گونه گیاهی نیکا در منطقه مطالعاتی (منبع: نگارندگان)

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

برای این منظور ابتدا باید مقادیر هر یک از ستون‌های ماتریس مقایسه زوجی با هم جمع و مقدار هر عنصر به جمع ستونی خود تقسیم شود تا ماتریس مقایسه زوجی، استاندارد شود (رابطه ۲). سپس میانگین عناصر در هر سطر از ماتریس استاندارد را محاسبه کرده که در نتیجه آن بردار وزن مشخصه‌های نیکا ایجاد می‌شود (رابطه ۳).

$$r_{ij} = \frac{a_{ij}}{\sum_{i=1}^m a_{ij}} \quad \text{رابطه (۲)}$$

$$W_i = \frac{\sum_{i=1}^n r_{ij}}{n} \quad \text{رابطه (۳)}$$

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

وزن دهی به مؤلفه‌های مورفومتری نیکا و تهیه ماتریس مقایسه زوجی معیارها و گزینه‌ها

در فرایند تحلیل سلسله مراتبی بیشترین وزن به لایه‌ای تعلق می‌گیرد که بیشترین تأثیر را در تعیین هدف دارد (قدسی‌پور، ۱۳۸۸). به عبارت دیگر معیار وزن دهی هر واحد اطلاعاتی نیز براساس بیشترین نقشی است که آن در داخل لایه دارد (Lopez and Zink, 1991) (جدول شماره ۱).

جدول شماره (۱): نحوه وزن دهی به لایه‌ها بر اساس ارجحیت (قدسی‌پور، ۱۳۸۷)

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

عوامل موثر با استفاده از روش تقریبی میانگین گیری حسابی محاسبه و مقادیر آن در سطر نهایی هر ماتریس گزارش شده است.

یافته‌های تحقیق

نحوه تشکیل و تحول نیکا از شرایط آب‌وهوایی، منبع تأمین رسوب، اندازه و نوع مواد بادرفتی، پوشش گیاهی، نیرو و ظرفیت انتقال باد تأثیر می‌پذیرد، به طوری که نوع پوشش گیاهی و تراکم آن باعث تثبیت و کاهش انتقال رسوبات بادی شده و منبع تأمین ماسه را محدود می‌کند. در منطقه مطالعاتی نیکاهای متنوعی می‌توان مشاهده کرد که با توجه به گونه‌های گیاهی، اشکال متنوعی دارند (شکل شماره ۴).

مشخصات آمار توصیفی مشخصه‌های مورفومتری نیکاهای مطالعاتی به شرح جدول شماره (۳) است. با توجه به هدف پژوهش، نوع نیکا و حجم ماسه‌ی تثبیت شده به وسیله آن می‌تواند به عنوان مهمترین عامل ارزیابی سنجش تثبیت ماسه باشد. بنابراین برای مؤلفه‌های قطر تاج پوشش و ارتفاع گیاه باید بالاترین وزن را در نظر گرفت. وزن دهی به سایر مؤلفه‌ها می‌تواند براساس نوع و میزان تأثیرات آنها در حجم ماسه تثبیت شده صورت گیرد. به عبارت دیگر بیشترین تأثیر مؤلفه‌های مورد نظر در حجم نیکا با بیشترین وزن دهی برابر خواهد بود. نتایج حاصل از محاسبه وزن نسبی نیکاهای از نظر انواع مشخصه‌های مورفومتری، ماتریس‌های مقایسه زوجی و ماتریس‌های استاندارد آنها به شرح جداول شماره (۴ تا ۱۱) و اشکال شماره (۵ تا ۷) است.



شکل شماره (۴): نیکاهایی از گونه‌گز در منطقه مطالعاتی

(منبع: نگارندگان)

تعیین امتیاز نهایی نیکاهای و انتخاب بهترین گونه 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 (Moreno - Jimenez et al., 2005; Bertolini et al., 2006). به عبارت دیگر امتیاز نهایی هر یک از نیکاهای حاصل جمع تلفیق ضرایب نوع نیکاهای مشخصه‌های مورفومتری آنها محاسبه می‌شود (رابطه ۴).

$$V_H = \sum_{k=1}^n W_k (g_{ij}) \quad \text{رابطه (۴)}$$

در این رابطه V_H : امتیاز نهایی گزینه j (نیکا)، W_k : وزن هر معیار و g_{ij} : وزن گزینه‌ها (نیکاهای) در ارتباط با معیارها (مؤلفه‌های مورفومتری) است.

محاسبه نرخ ناسازگاری سیستم نیکا

نرخ ناسازگاری معیاری است 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 $\lambda \max W$ به دست آید. با تقسیم مقدار $\lambda \max W$ بر W مربوطه مقدار $\lambda \max$ محاسبه می‌شود. سپس متوسط $\lambda \max$ را محاسبه کرده و مقدار شاخص ناسازگاری را از طریق رابطه (۵) می‌توان محاسبه کرد (قدسی پور، ۱۳۸۸):

$$I.I. = \frac{\lambda \max - n}{n - 1} \quad \text{رابطه (۵)}$$

نرخ ناسازگاری نیز از طریق رابطه (۶) محاسبه می‌شود که در آن مقدار $I.I.R$ نیز از جدول شماره (۲) استخراج می‌شود:

$$I.R. = \frac{I.I.}{I.I.R} \quad \text{رابطه (۶)}$$

جدول شماره (۲): مقادیر $I.I.R$ ماتریس‌های تصادفی

n	۱	۲	۳	۴	۵	۶	...
$I.I.R$	۰	۰	۰/۵۸	۰/۹	۱/۱۲	۱/۲۴	...

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 تصمیم گیرنده در قضاوت‌های خود تجدید نظر کند (Dey and Ramcharen, 2008). نرخ ناسازگاری برای ماتریس‌های

جدول شماره (۳): آمار توصیفی مؤلفه‌های مورفومتری نیکاهای مطالعاتی

گونه گیاهی مشخصه	نوع گونه تعداد نمونه	تاغ	گز	اشنان	خارشتر
		۱۶	۱۸	۲۱	۱۲
حجم نیکا (متر مکعب)	میانگین	۱۸/۹۱۴	۱۵/۳۲۵	۲/۸۳۶	۱/۸۶۱
	انحراف معیار	۶/۵۸۷	۴/۹۵۱	۱/۶۴۹	۱/۸۴۳
ارتفاع گیاه (متر)	میانگین	۳/۳۲۲	۲/۹۸۳	۰/۷۹۸	۰/۵۰۸
	انحراف معیار	۴/۰۵۹	۳/۸۷۳	۱/۳۵۷	۱/۳۱۹
قطر تاج پوشش (متر)	میانگین	۴/۸۷۷	۴/۱۳۷	۱/۲۲۳	۰/۸۰۳
	انحراف معیار	۷/۵۵۷	۷/۱۰۷	۳/۸۹۷	۲/۳۲۱
ارتفاع نیکا (متر)	میانگین	۴/۱۴۷	۲/۵۴۱	۰/۸۷۵	۰/۵۱۳
	انحراف معیار	۸/۹۴۶	۸/۹۲۶	۲/۶۵۴	۲/۳۵۷
قطر قاعده نیکا (متر)	میانگین	۱۱/۱۸۲	۹/۸۶۴	۱/۵۶۱	۰/۹۱۸
	انحراف معیار	۱۰/۱۵۳	۷/۵۴۵	۴/۱۱۲	۲/۲۵۸
شیب نیکا (درصد)	میانگین	۳۶/۳۰۸	۳۵/۷۵۸	۴۱/۶۵۶	۳۲/۴۱۹
	انحراف معیار	۱۴/۴۰۵	۱۶/۱۶۸	۱۸/۳۵۷	۱۵/۴۹۸

جدول شماره (۴): ماتریس مقایسه زوجی، ماتریس استاندارد و بردار وزن نیکاهای مطالعاتی نسبت به حجم نیکا

حجم	ماتریس مقایسه زوجی				ماتریس استاندارد				بردار وزن
	تاغ	گز	اشنان	خارشتر	تاغ	گز	اشنان	خارشتر	
تاغ	۱	۳	۷	۹	۰/۶۳۰	۰/۶۷۰	۰/۶۱۸	۰/۴۵۰	۰/۵۹۲
گز	۰/۳۳۳	۱	۳	۷	۰/۲۱۰	۰/۲۲۳	۰/۲۶۵	۰/۳۵۰	۰/۲۶۲
اشنان	۰/۱۴۳	۰/۳۳۳	۱	۳	۰/۰۹۰	۰/۰۷۴	۰/۰۸۸	۰/۱۵۰	۰/۱۰۱
خارشتر	۰/۱۱۱	۰/۱۴۳	۰/۳۳۳	۱	۰/۰۷۰	۰/۰۳۲	۰/۰۲۹	۰/۰۵۰	۰/۰۴۵
جمع	۱/۵۸۷	۴/۴۷۶	۱۱/۳۳۳	۲۰	۱	۱	۱	۱	۱

نرخ ناسازگاری: ۰/۰۰۳۲

جدول شماره (۵): ماتریس مقایسه زوجی، ماتریس استاندارد و بردار وزن نیکاهای مطالعاتی نسبت به قطر تاج پوشش

قطر تاج پوشش	ماتریس مقایسه زوجی				ماتریس استاندارد				بردار وزن
	تاغ	گز	اشنان	خارشتر	تاغ	گز	اشنان	خارشتر	
تاغ	۱	۲	۴	۵	۰/۵۱۳	۰/۵۳۳	۰/۵۳۳	۰/۴۱۷	۰/۴۹۹
گز	۰/۵۰۰	۱	۲	۴	۰/۲۵۶	۰/۲۶۷	۰/۲۶۷	۰/۳۳۳	۰/۲۸۱
اشنان	۰/۲۵۰	۰/۵۰۰	۱	۲	۰/۱۲۸	۰/۱۳۳	۰/۱۳۳	۰/۱۶۷	۰/۱۴۰
خارشتر	۰/۲۰۰	۰/۲۵۰	۰/۵۰۰	۱	۰/۱۰۳	۰/۰۶۷	۰/۰۶۷	۰/۰۸۳	۰/۰۸۰
جمع	۱/۹۵	۳/۷۵	۷/۵	۱۲	۱	۱	۱	۱	۱

نرخ ناسازگاری: ۰/۰۰۱۸

جدول شماره (۶): ماتریس مقایسه زوجی، ماتریس استاندارد و بردار وزن نیکاهای مطالعاتی نسبت به ارتفاع گیاه

ارتفاع گیاه	ماتریس مقایسه زوجی				ماتریس استاندارد				بردار وزن
	تاغ	گز	اشنان	خارشتر	تاغ	گز	اشنان	خارشتر	
تاغ	۱	۲	۵	۶	۰/۵۳۶	۰/۵۴۱	۰/۵۸۸	۰/۴۲۹	۰/۵۲۳
گز	۰/۵۰۰	۱	۲	۵	۰/۲۶۸	۰/۲۷۰	۰/۲۳۵	۰/۳۵۷	۰/۲۸۳
اشنان	۰/۲۰۰	۰/۵۰۰	۱	۲	۰/۱۰۷	۰/۱۳۵	۰/۱۱۸	۰/۱۴۳	۰/۱۲۶
خارشتر	۰/۱۶۷	۰/۲۰۰	۰/۵۰۰	۱	۰/۰۸۹	۰/۰۵۴	۰/۰۵۹	۰/۰۷۱	۰/۰۶۸
جمع	۱/۸۶۷	۳/۷	۸/۵	۱۴	۱	۱	۱	۱	۱

نرخ ناسازگاری: ۰/۰۰۴۳

جدول شماره (۷): ماتریس مقایسه زوجی، ماتریس استاندارد و بردار وزن نیکاهای مطالعاتی نیکا نسبت به ارتفاع نیکا

ارتفاع نیکا	ماتریس مقایسه زوجی				ماتریس استاندارد				بردار وزن
	تاغ	گز	اشنان	خارشتهر	تاغ	گز	اشنان	خارشتهر	
تاغ	۱	۲	۷	۸	۰/۵۶۶	۰/۶۰۴	۰/۴۸۳	۰/۴۴۴	۰/۵۲۴
گز	۵	۱	۶	۷	۰/۲۸۳	۰/۳۰۲	۰/۴۱۴	۰/۳۸۹	۰/۳۴۷
اشنان	۰/۱۴۳	۰/۱۶۷	۱	۲	۰/۰۸۱	۰/۰۵۰	۰/۰۶۹	۰/۱۱۱	۰/۰۷۸
خارشتهر	۰/۱۲۵	۰/۱۴۳	۰/۵۰۰	۱	۰/۰۷۱	۰/۰۴۳	۰/۰۳۴	۰/۰۵۶	۰/۰۵۱
جمع	۱/۷۶۸	۳/۳۱۰	۱۴/۵	۱۸	۱	۱	۱	۱	۱

نرخ ناسازگاری: ۰/۰۰۷۱

جدول شماره (۸): ماتریس مقایسه زوجی، ماتریس استاندارد و بردار وزن نیکاهای مطالعاتی نسبت به قطر قاعده نیکا

قطر قاعده نیکا	ماتریس مقایسه زوجی				ماتریس استاندارد				بردار وزن
	تاغ	گز	اشنان	خارشتهر	تاغ	گز	اشنان	خارشتهر	
تاغ	۱	۲	۷	۹	۰/۵۷۰	۰/۵۹۸	۰/۵۱۹	۰/۴۷۴	۰/۵۴۰
گز	۰/۵۰۰	۱	۵	۷	۰/۲۸۵	۰/۲۹۹	۰/۳۷۰	۰/۳۶۸	۰/۳۳۱
اشنان	۰/۱۴۳	۰/۲۰۰	۱	۲	۰/۰۸۱	۰/۰۶۰	۰/۰۷۴	۰/۱۰۵	۰/۰۸۰
خارشتهر	۰/۱۱۱	۰/۱۴۳	۰/۵۰۰	۱	۰/۰۶۳	۰/۰۴۳	۰/۰۳۷	۰/۰۵۳	۰/۰۴۹
جمع	۱/۱۷۵	۳/۳۴۳	۱۳/۵	۱۹	۱	۱	۱	۱	۱

نرخ ناسازگاری: ۰/۰۰۲۹

جدول شماره (۹): ماتریس مقایسه زوجی، ماتریس استاندارد و بردار وزن نیکاهای مطالعاتی نسبت به شیب نیکا

شیب نیکا	ماتریس مقایسه زوجی				ماتریس استاندارد				بردار وزن
	تاغ	گز	اشنان	خارشتهر	تاغ	گز	اشنان	خارشتهر	
تاغ	۱	۲	۳	۴	۰/۴۸۰	۰/۵۲۲	۰/۴۶۲	۰/۴۰۰	۰/۴۶۶
گز	۰/۵۰۰	۱	۲	۳	۰/۲۴۰	۰/۲۶۱	۰/۳۰۸	۰/۳۰۰	۰/۲۷۷
اشنان	۰/۳۳۳	۰/۵۰۰	۱	۲	۰/۱۶۰	۰/۱۳۰	۰/۱۵۴	۰/۲۰۰	۰/۱۶۱
خارشتهر	۰/۲۵۰	۰/۳۳۳	۰/۵۰۰	۱	۰/۱۲۰	۰/۰۸۷	۰/۰۷۷	۰/۱۰۰	۰/۰۹۶
جمع	۲/۰۸۳	۳/۸۳۳	۶/۵	۱۰	۱	۱	۱	۱	۱

نرخ ناسازگاری: ۰/۰۰۹۳

جدول شماره (۱۰): ماتریس مقایسه زوجی مشخصه‌های مورفومتری نیکاهای مطالعاتی نسبت به یکدیگر

معیارها	قطر تاج پوشش	ارتفاع گیاه	ارتفاع نیکا	حجم نیکا	قطر قاعده نیکا	شیب نیکا
قطر تاج پوشش	۱	۲	۳	۵	۷	۹
ارتفاع گیاه	۰/۵۰۰	۱	۲	۳	۵	۷
ارتفاع نیکا	۰/۳۳۳	۰/۵۰۰	۱	۲	۳	۵
حجم نیکا	۰/۲۰۰	۰/۳۳۳	۰/۵۰۰	۱	۲	۳
قطر قاعده نیکا	۰/۱۴۳	۰/۲۰۰	۰/۳۳۳	۰/۵۰۰	۱	۲
شیب نیکا	۰/۱۱۱	۰/۱۴۳	۰/۲۰۰	۰/۳۳۳	۰/۵۰۰	۱
جمع	۲/۲۸۷	۴/۱۷۶	۷/۰۳۳	۱۱/۸۳۳	۱۸/۵	۲۷

جدول شماره (۱۱): ماتریس استاندارد و بردار وزن مشخصه‌های مورفومتری نیکاهای مطالعاتی نسبت به یکدیگر

معیارها	قطر تاج پوشش	ارتفاع گیاه	ارتفاع نیکا	حجم نیکا	قطر قاعده نیکا	شیب نیکا	بردار وزن
قطر تاج پوشش	۰/۴۳۷	۰/۴۷۹	۰/۴۲۷	۰/۴۲۳	۰/۳۷۸	۰/۳۳۳	۰/۴۱۳
ارتفاع گیاه	۰/۲۱۹	۰/۲۳۹	۰/۲۸۴	۰/۲۵۴	۰/۲۷۰	۰/۲۵۹	۰/۲۵۴
ارتفاع نیکا	۰/۱۴۶	۰/۱۲۰	۰/۱۴۲	۰/۱۶۹	۰/۱۶۲	۰/۱۸۵	۰/۱۵۴
حجم نیکا	۰/۰۸۷	۰/۰۸۰	۰/۰۷۱	۰/۰۸۵	۰/۰۸۰	۰/۱۱۱	۰/۰۹۰
قطر قاعده نیکا	۰/۰۶۲	۰/۰۴۸	۰/۰۴۷	۰/۰۴۲	۰/۰۵۴	۰/۰۷۴	۰/۰۵۵
شیب نیکا	۰/۰۴۹	۰/۰۳۴	۰/۰۲۸	۰/۰۲۸	۰/۰۲۷	۰/۰۳۷	۰/۰۳۴
جمع	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱

نرخ ناسازگاری: ۰/۰۰۸۷

نیکاهای (گزینه‌ها) به دست می‌آید. نتایج حاصل از محاسبه وزن نهایی نیکاهای مطالعاتی به شرح روابط (۷) تا (۱۱) و شکل شماره (۷) است.

رابطه (۷): وزن نیکای گونه تاغ:

$$\begin{aligned} & (0/466 \times 0/413) + (0/540 \times 0/254) + (0/524 \times 0/154) + \\ & (0/523 \times 0/090) + (0/499 \times 0/055) + (0/592 \times 0/034) \\ & = 0/505 \end{aligned}$$

رابطه (۸): وزن نیکای گونه گز:

$$\begin{aligned} & (0/277 \times 0/413) + (0/331 \times 0/254) + (0/347 \times 0/154) + \\ & (0/283 \times 0/090) + (0/281 \times 0/055) + (0/262 \times 0/034) \\ & = 0/302 \end{aligned}$$

رابطه (۹): وزن نیکای گونه اشنان:

$$\begin{aligned} & (0/161 \times 0/413) + (0/080 \times 0/254) + (0/078 \times 0/154) + \\ & (0/126 \times 0/090) + (0/140 \times 0/055) + (0/101 \times 0/034) \\ & = 0/121 \end{aligned}$$

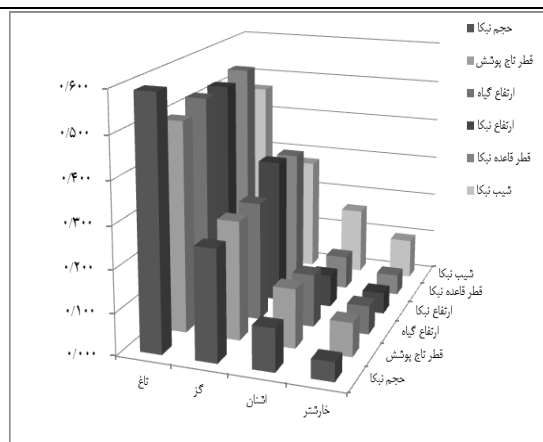
رابطه (۱۰): وزن نیکای گونه خارشتر:

$$\begin{aligned} & (0/096 \times 0/413) + (0/049 \times 0/254) + (0/051 \times 0/154) + \\ & (0/068 \times 0/090) + (0/080 \times 0/055) + (0/045 \times 0/034) \\ & = 0/072 \end{aligned}$$

نتیجه‌گیری

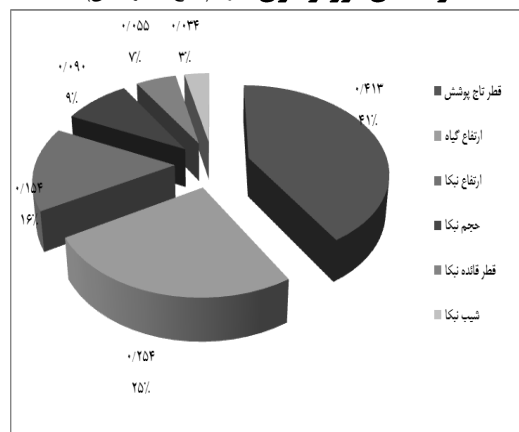
چشم‌انداز نیکا عکس‌العمل طبیعی اکوسیستم در مقابل تنش فرسایش بادی بوده و اکوسیستم با ایجاد این عارضه سعی در تعدیل فشار باد مسلح به رسوب می‌کند. به عبارت دیگر سیستم محیطی با اتخاذ راهکارهای پس‌خوراندن منفی سعی در خنثی کردن تنش فرسایش بادی کرده که نتیجه آن ایجاد چشم‌انداز نیکاست. بنابراین گسترش نیکاهای روان می‌تواند از تنش محیطی مناطق خشک و هجوم ماسه‌های روان به مناطق مسکونی و تأسیسات زیربنایی جلوگیری کند. در نتیجه شناسایی و معرفی سازگارترین گونه گیاهی نیکا 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 چهار نوع نیکای مطالعاتی، نیکای گونه تاغ با وزن ۰/۵۰۵ بیشترین اهمیت و ارجحیت را برای طرح تثبیت ماسه‌های روان دارد. نیکای گونه گز نیز با وزن ۰/۳۰۲، نسبت به نیکای گونه تاغ از اهمیت کمتر و نسبت به نیکاهای گونه اشنان و خارشتر از ارجحیت بیشتری برخوردار است. بنابراین برای اجرای طرح تثبیت ماسه‌های متحرک در منطقه مطالعاتی، در درجه



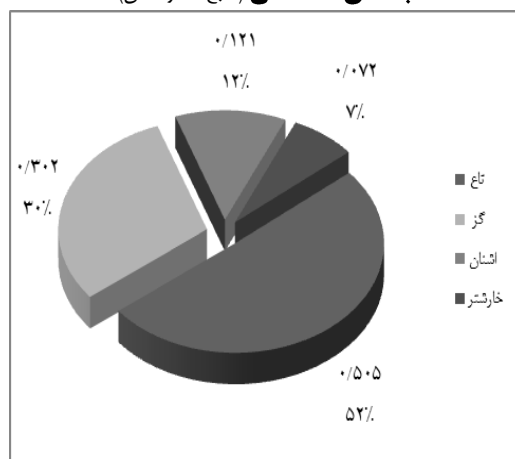
شکل شماره (۵): وزن نیکاهای مطالعاتی نسبت به

مؤلفه‌های مورفومتری آنها (منبع: نگارندگان)



شکل شماره (۶): وزن نهایی هر یک از مؤلفه‌های مورفومتری

نیکاهای مطالعاتی (منبع: نگارندگان)



شکل شماره (۷): وزن نهایی هر یک از نیکاهای مطالعاتی

(منبع: نگارندگان)

وزن نهایی هر نیکا در فرایند سلسله مراتبی آن از مجموع حاصلضرب وزن مشخصه‌های مورفومتری (معیارها) در وزن نوع

توجه به گونه گیاهی، سرشت اکولوژیکی و ژئومورفولوژیکی خود عملکرد متفاوتی در برابر فرسایش بادی بروز می‌دهد. مشخصه‌های اندازه‌گیری شده نیز نشان می‌دهد که نیکای گونه تاغ با دارا بودن بیشترین قطر تاج پوشش و ارتفاع گیاه، حداکثر حجم ماسه تثبیت شده را به خود 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 نیکاهای مطالعاتی از طریق مدل AHP مبین چهار گروه با اولویت‌بندی متفاوت است. با توجه به مقایسه زوجی مشخصه‌های مورفومتری نیکا، مؤلفه‌های قطر تاج پوشش، ارتفاع گیاه و ارتفاع نیکا به ترتیب با اوزان $0/413$ ، $0/254$ و $0/145$ بیشترین اهمیت را در تثبیت ماسه بر عهده دارند.

بنابراین نیکای گونه تاغ با توجه به موارد سابق‌الذکر، حداکثر قطر تاج پوشش (میانگین = $4/88$ متر)، ارتفاع گیاه (میانگین = $3/32$ متر) و ارتفاع نیکا (میانگین = $4/15$ متر) را دارد، در نتیجه بیشترین وزن ($0/505$) و بالاترین اولویت (اول) را به خود اختصاص داده است.

اول توسعه نیکای گونه تاغ و در مرحله دوم نیکای گونه گز بیشترین اهمیت را دارند و در صورت توسعه و اجرای آن بالاترین بهره‌وری را خواهند داشت. در مقابل نیکای گونه‌های اشنان و خارشتر، به ترتیب با وزن‌های $0/121$ و $0/072$ ، 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 زیست محیطی آن را نیز مدنظر قرار گیرد.

در مجموع نتایج پژوهش حاضر نشان‌دهنده تمایز چهار نوع نیکای متفاوت با مشخصه‌های گوناگون مورفومتری است. به طوری که دامنه متفاوت امتیاز نیکاهای از حداکثر $0/505$ برای گونه تاغ و حداقل $0/072$ برای گونه خارشتر مبین این ادعاست و ابعاد متفاوت نوع نیکا و گونه گیاهی آن را نشان می‌دهد، زیرا نیکاهای گونه تاغ و گز با ابعاد بزرگتر خود توانسته‌اند مانند مانعی در برابر جریان باد مقاومت کرده و با کاهش سرعت و شدت باد، ماسه بیشتری را به دام اندازند. دامنه امتیازت به گونه‌ای است که اختلاف بین نیکاهای زیاد بوده و این حاکی از عملکرد متفاوت مشخصه‌های مورفومتری و نوع گونه گیاهی نیکاست. بنابراین اکوسیستم نیکا با

منابع مورد استفاده

- احمدی، ح. ۱۳۸۷. ژئومورفولوژی کاربردی (بیابان - فرسایش بادی)، جلد دوم، تهران، انتشارات دانشگاه تهران، چاپ سوم.
- پورخسروانی، م. ۱۳۸۸. تحلیل رابطه آماری بین مؤلفه‌های مورفولوژی گیاهی و مورفومتری نیکاهای (مطالعه موردی: نیکاهای کویر نمک سیرجان)، پایان نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه اصفهان، مرداد ماه.
- پورخسروانی، م.؛ ولی، ع. و معیری، م. ۱۳۸۸. بررسی ارتباط مورفولوژی گیاهی با خصوصیات مورفومتری نیکاهای گونه روماریا تورکستانی، پژوهش‌های جغرافیای طبیعی، شماره ۶۹، صص ۹۹ تا ۱۱۳.
- جوزی، س.ع. و صفاریان، ش. ۱۳۹۰. تجزیه و تحلیل محیط زیستی نیروگاه گازی آبادان با استفاده از روش TOPSIS، محیط شناسی، شماره ۵۸، صص ۵۳ تا ۶۶.
- حسینی، س. م. ۱۳۸۲. امکان سنجی ایجاد سازمان‌های غیر دولتی حفاظت از محیط زیست و منابع طبیعی، محیط شناسی، شماره ۳۱، صص ۱۰۵ تا ۱۱۴.
- غریب رضا، م. ر. و معتمد، ا. ۱۳۸۲. بررسی تغییرات تپه‌های ماسه‌ای ساحلی استان سیستان و بلوچستان (از سال ۱۳۴۶ تا ۱۳۷۲)، پژوهش‌های جغرافیایی، شماره ۵۰، صص ۳۵ تا ۴۸.
- قدسی پور، ح. ۱۳۸۸. فرایند تحلیل سلسله مراتبی، تهران، انتشارات دانشگاه صنعتی امیر کبیر، چاپ ششم.
- محمودی، ف. ا. ۱۳۸۳. ژئومورفولوژی دینامیک، تهران، انتشارات دانشگاه پیام نور، چاپ ششم.

موسوی، س. ح.؛ پورخسروانی، م. و محمودی محمدآبادی، ط. ۱۳۸۹. گروه‌بندی مقایسه‌ای نیکاهای شمال شرق کویر سیرجان با استفاده از الگوریتم TOPSIS، مطالعات جغرافیایی مناطق خشک، شماره اول، صص ۸۷ تا ۱۰۵.

نجیب زاده، م. ر. و همکاران. ۱۳۸۷. ارزیابی توانایی اکولوژیک برای کاربری مرتع با استفاده از ERAMS و GIS (مطالعه موردی: حوزه یکه چنار مراوه تپه)، فصلنامه تحقیقات مرتع و بیابان ایران، جلد ۱۵، شماره ۲، صص ۲۰۰ تا ۲۱۴.

ولی، ع. و پورخسروانی، م. ۱۳۸۸. تحلیل مقایسه‌ای ارتباطات بین مؤلفه‌های مورفومتری نبکا و مرفولوژی گیاهی گونه‌های تاماریکس، رومریا و آل هاقی مانیفریا در کفه خیرآباد سیرجان، مجله جغرافیا و برنامه‌ریزی محیطی، شماره ۳۵، صص ۱۱۹ تا ۱۳۴.

Ardon, K., H., Tsoar, D.G., Blumberg. 2009. Dynamics of nebkhas superimposed on a parabolic dune and their effect on the dune dynamics, *Journal of Arid Environments*: Vol. 73, Pp. 1014–1022.

Bertolini, M., M., Braglia, G., Carmignani. 2006. Application of the AHP methodology in making a proposal for a public work contract, *International Journal of Project Management*: Vol. 24, Pp. 422–430.

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.

Chen, Y.W. 2001. Implementing an Analyses Hierarchy Process by Fuzzy integral, *International Journal of Fuzzy Systems*. Vol. 3(3), Pp. 493-502.

Dey, P.K., E.K., Ramcharan. 2000. Analytic hierarchy process helps select site for limestone quarry expansion in Barbados, *Journal of Environmental Management*: Vol. 88, Pp. 1384–1395.

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.

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.

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.

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.

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.

Lopez, H.J., J.A., Zink. 1991. GIS-assisted modelling of soil-induced mass movement hazards: a case study of the upper Coello river basin, Tolima, Colombia. *ITC Journal*: Vol. 4, Pp. 202–220.

-
- Moreno-Jiminez, J.M., et al .2005. A spreadsheet module for consistent consensus building in AHP decision making, *Journal of Group Decision and Negotiation*, vol. 14, Pp. 89–108.
- 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.
- Saaty, T.L. 1986. Axiomatic foundation of analytical hierarchy process, *Journal of Management science*, Vol. 31, No. 7, Pp. 841-855.
- Saaty, T.L. 1994. Highlights and critical points in the theory and application of the analytical hierarchy process, *European Journal of operational research*: Vol. 74, Pp. 426-447.
- 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.
- 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.
- Yue, J., B., Chen, M.C., Wang .2006. Generating ranking groups in The Analytic Hierarchy Process, *Journal of the Operational Research Society*, Vol. 57, No 2, Pp. 190-201.