



ارزیابی کارایی روش‌های AHP و AHP گروهی در انتخاب بهترین گونه پیکان ماسه‌ای جهت تثبیت ماسه‌های روان (مطالعه موردی: ریگ نجار آباد)

علیرضا عرب عامری*^۱، غلامرضا مقامی مقیم^۲، خلیل رضایی^۳، کورش شیرانی^۴، امیرحسین حلبیان^۵

۱. دانشجوی دکتری ژئومورفولوژی دانشکده ادبیات و علوم انسانی، دانشگاه تربیت مدرس، تهران- ایران
 ۲. استادیار ژئومورفولوژی دانشکده علوم زمین، دانشگاه دامغان، دامغان- ایران
 ۳. استادیار رسوب شناسی دانشکده زمین شناسی، دانشگاه خوارزمی، تهران- ایران
 ۴. استادیار بخش تحقیقات حفاظت خاک و آبخیزداری، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان اصفهان، سازمان تحقیقات آموزش و ترویج کشاورزی، اصفهان- ایران
 ۵. دانشیار گروه جغرافیا دانشکده ادبیات و علوم انسانی، دانشگاه پیام نور، اصفهان- ایران
- * نویسنده مسئول: alireza.ameri91@yahoo.com

تاریخ دریافت: ۱۳۹۵/۰۲/۲۸ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۶/۰۳/۲۰

چکیده

یکی از مهم‌ترین معضلات محیطی منطقه طرود هجوم ماسه‌های روان به سازه‌های انسانی و مناطق مسکونی می‌باشد که نیازمند بررسی دقیق و ارائه راه‌حل اصولی و کاربردی می‌باشد. بدین منظور در مقاله حاضر با استفاده از دو روش تصمیم‌گیری چند معیاره شامل روش‌های AHP و GAHP به انتخاب بهترین گونه گیاهی پیکان ماسه‌ای در ریگ نجار آباد واقع در جنوب شرقی شهرستان شاهرود پرداخته شد. بدین منظور، پس از مشخص کردن منطقه مورد مطالعه با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای و عکس‌های هوایی، بررسی‌های میدانی آغاز شده و با استفاده از ترانسکت بر اساس روش تک بعدی و واحد نمونه‌برداری طولی، ۴ نوع پیکان ماسه‌ای شامل گونه‌های گیاهی الحاجی مانیفرا (*A. Mannifera*)، سیدلیتزا فلوریدا (*S. Florida*)، ریوماریا تورکستانیکا (*R. Turcestanica*) و زیگوفیلوم یورپیتروم (*Z. Eurypterum*) مشخص و خصوصیات مرفومتريک آنها شامل طول پیکان ماسه‌ای، حجم پیکان ماسه‌ای، حداکثر عرض پیکان ماسه‌ای، قطر تاج پوشش و ارتفاع گیاه اندازه‌گیری گردید، درگام بعد اقدام به انتخاب بهترین گونه با استفاده از روش‌های AHP و GAHP گردید. نتایج پژوهش حاضر بیانگر این نکته است که روش GAHP کارایی بالاتری را نسبت به روش AHP در تعیین گونه‌های مناسب از خود نشان داده است. گونه *Z. Eurypterum* در روش GAHP با کسب (۵۷/۰ امتیاز) و در روش AHP با کسب (۴۷/۰ امتیاز) بیشترین تاثیر را در تثبیت ماسه‌های روان در منطقه مطالعاتی داشته است. بر اساس نتایج، برای اجرای طرح‌های تثبیت ماسه‌های متحرک در منطقه مورد مطالعه، در درجه اول توسعه پیکان‌های ماسه‌ای گونه *Z. Eurypterum* و در مرحله دوم پیکان‌های ماسه‌ای گونه *A. Mannifera* بیشترین اهمیت را دارند و در صورت توسعه و اجرای آن بالاترین بهره‌وری را خواهند داشت. نتایج حاصل از مقاله حاضر در زمینه طرح‌های تثبیت ماسه‌های روان می‌تواند مورد استفاده برنامه ریزان محیطی قرار گیرد.

واژگان کلیدی: فرآیند تحلیل سلسله مراتبی؛ ترانسکت؛ مدیریت بیابان؛ جنوب شرق شاهرود

■ مقدمه

مناطق خشک و نیمه خشک بیش از ۳۶ درصد از خشکی های کره زمین را شامل می شود که از این مقدار ۱۹ درصد کاملاً خشک می باشد و حدود یک سوم آن با ماسه های روان پوشانده شده است و تخمین زده می شود که هر ساله بر اثر فرسایش خاک نزدیک به ۵۰۰ میلیون تن غبار تولید و در هوا پراکنده می شود (۲۵). ۱۰ تا ۲۰ درصد از مناطق خشک، برخی از اشکال شدید تخریب زمین را متحمل شده اند و تخمین زده شده است که در نتیجه آن، زندگی ۲۵۰ میلیون انسان در کشورهای در حال توسعه تحت تأثیر قرار گرفته باشد که به علت رشد جمعیت و تغییر اقلیم این جمعیت متأثر دائماً در حال افزایش است (۳۰، ۲۸). در ایران نیز، شرایط خشک و فراخشک حاکم بر آن، با بارندگی کمتر از ۱۵۰ میلیمتر در سال موجب شده است که حدود ۸۰ میلیون هکتار از مساحت کشور را مناطق کویری، تپه های ماسه ای و مناطق با پوشش گیاهی ناچیز بپوشاند (۳۱).

فرسایش بادی یکی از مظاهر فرآیندهای فرسایش در مناطق خشک است. مهمترین عوامل فرسایش بادی عبارتند از همواری نسبی، نبود پوشش گیاهی، وزش بادهای غالب و وجود سازندهای سست آبرفتی (۴۰). یکی از مهم ترین معضلات محیطی منطقه طرود هجوم ماسه های روان به سازه های انسان ساخت و مناطق مسکونی می باشد که نیازمند بررسی دقیق و ارائه راه حل اصولی و کاربردی می باشد. شناخت و بررسی دقیق و آماری گونه های گیاهی پیکان های ماسه ای این منطقه و تحلیل خصوصیات مرفومتريک آنها و در نهایت معرفی مناسب ترین گونه گیاهی برای تثبیت ماسه های روان از طریق تشکیل پیکان ماسه ای می تواند در مدیریت محیطی منطقه مطالعاتی و تثبیت ماسه های متحرک بسیار مفید باشد (۲۶). اکوسیستم ها به واسطه کارکردهایی که در سامانه حمایت از حیات در زمین دارند، از اهمیت بالایی برخوردار هستند (۱۳). گیاهان از طریق ایجاد پوشش سطحی، به دام انداختن ذرات و مهم تر از همه کاهش سرعت جریان هوا، باعث حفاظت از سطح زمین در برابر

فرسایش می شوند (۶، ۷، ۹، ۱۴، ۱۶، ۱۸، ۲۲، ۳۲، ۴۱، ۴۲، ۴۳، ۴۴).

پیکان های ماسه ای به عنوان یکی از ساده ترین لندهای تراکم بادی در مناطق بیابانی می باشند که نقش مهمی در تثبیت ماسه های روان دارند (۲۴، ۴۲، ۴۳). بیشترین حجم ماسه های بادی از طریق جهش جابه جا می شوند. چنانچه در مسیر سقوط این دانه ها مانعی وجود داشته باشد به علت کاهش سرعت باد در برخورد با این مانع دانه ها به زمین می افتند و در محلی که کمترین میزان فشار وجود دارد روی هم متمرکز می شوند (۲۴).

فرآیند انتخاب بهترین گونه گیاهی برای تثبیت ماسه های روان به دلیل دخیل بودن معیارهای متعدد پیچیده، مشکل و خسته کننده می باشد. حل این مشکل مستلزم طی یک فرآیند منسجم و علمی بمنظور اتخاذ تصمیمی درست و مبتنی بر اصول علمی است. چنین فرآیندی مستلزم ساختاردهی مسئله در یک قالب روشن است که از یک سو کلیه فاکتورها و معیارهای دخیل در تصمیم گیری را بنحو شایسته ای در بر گیرد و از سوی دیگر امکان قضاوت های آگاهانه و به دور از سردرگم شدن در انبوه مسائل موجود را فراهم سازد (۲، ۴۶). استفاده از روش های تصمیم گیری چند هدفه (Multi Objective) و چندمعیاره (Multi Criteria) یکی از راه کارهایی است که محققان برای غلبه بر این پیچیدگی ها به کار گرفته اند که امکان تجزیه و تحلیل درخور مسائل را در یک چارچوب منطقی فراهم می آورد (۱۵). در دهه های اخیر توجه بسیاری از پژوهشگران به مدل های تصمیم گیری چند معیاره (Multiple Criteria- Decision- Making, MCDM) برای تصمیم گیری های پیچیده معطوف شده است (۳۳، ۳۴، ۳۵، ۳۶، ۳۷). در این نوع از تصمیم گیری ها برای بهینه سازی مدل، به جای استفاده از یک معیار سنجش، از چند معیار استفاده می شود (۳۷). Opricovic و همکاران (۲۰۰۴) در مطالعه خود با تصریح بر این که MCDM فرآیندی پویا و پیچیده است، آن را شامل دو سطح مدیریتی و مهندسی دانسته اند. آنها سطح

(۲۷). عرب عامری و پورخسروانی (۱۳۹۵) به مقایسه کارایی سیستم نیکایی ایجاد شده توسط گونه های مختلف بیابانی در تثبیت ماسه های روان با استفاده از روش تخصیص خطی در منطقه بیابانی شمال سیرجان پرداخته اند و به این نتیجه رسیدند که در برنامه ریزی اجرای تثبیت ماسه بادی در منطقه، توسعه سیستم نیکایی گونه تاماریکس بالاترین اهمیت و کارایی را دارد (۱). بررسی پیشینه تحقیق بیانگر این است که تحقیقاتی که تاکنون انجام گرفته است در زمینه نیکا و ویژگی های مورفولوژیکی آنها می باشد و تاکنون در زمینه انتخاب بهترین نوع پیکان های ماسه ای برای تثبیت ماسه های روان پژوهشی صورت نگرفته است. هدف پژوهش حاضر شناسایی مناسب ترین گونه گیاهی پیکان ماسه ای در منطقه ریگ نجارآباد از طریق روش های AHP و GAHP می باشد. به عبارت دیگر مقاله حاضر سعی دارد تا با استفاده از تجزیه و تحلیل مؤلفه های مفومتری پیکان های ماسه ای از طریق روش های AHP و GAHP، مناسب ترین و سازگارترین گونه گیاهی پیکان ماسه ای با ویژگی های زیست محیطی را برای عملیات تثبیت ماسه های روان از طریق توسعه پیکان های ماسه ای منطقه مطالعاتی، شناسایی و معرفی کند.

■ مواد و روش ها

موقعیت منطقه

منطقه مورد مطالعه در پژوهش حاضر، 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 ریزش های جوی در اطراف این کویر، سیستم های شکل زایی بادی بر دیگر فرآیندها حاکمیت دارند و می توان انواع رخساره های فرسایش بادی را در این منطقه مشاهده کرد. ریگ نجارآباد با وسعت ۲۸/۶۴ کیلومتر مربع یکی از ریگ های 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 محدوده بین ۳۵ درجه و ۲۵ دقیقه تا ۳۵ درجه و ۲۹ دقیقه عرض شمالی

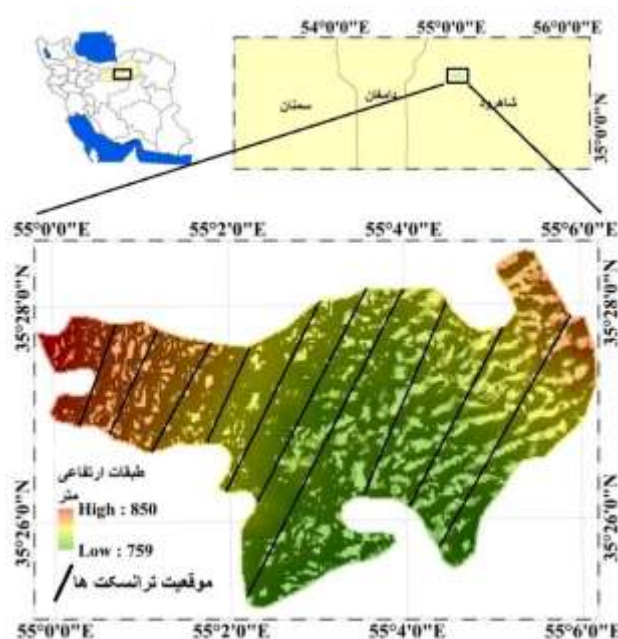
مدیریتی اهداف را مشخص کرده و گزینه بهینه نهایی را

انتخاب می کنند. تصمیم گیرندگان (Decision Makers, DMs)، در سطوح مدیریتی و مهندسی قادرند راه حل های سطح مهندسی را پذیرفته یا رد کنند. از این رو، ماهیت چندگانه بودن معیارهای تصمیمات در این سطح مورد تاکید قرار می گیرد (۲۹). به منظور غلبه بر مسائل MCDM روش های زیادی همچون پرامتی (Preference Ranking Organization Method for Enrichment Evaluations, PROMETHEE) و فرآیند تحلیل سلسله مراتبی (Analytical Hierarchy Process, AHP) توسعه یافته اند (۱۷).

تحقیقات معدودی در زمینه بررسی عوارض حاصل از تراکم ماسه های روان بوسیله پوشش نباتی و انتخاب بهترین نوع پوشش نباتی برای تثبیت ماسه های روان صورت گرفته است. Khalaf و همکاران (۱۹۹۵) ویژگی های مورفولوژیکی چند نوع نیکا در دشت ساحلی شمالی کویت را بررسی کرده اند (۱۹). Ardon و همکاران (۲۰۰۹) تاثیر نیکا در تثبیت ماسه های روان برخان های فلسطین را بررسی کرده اند (۴). Al-Awadhi و Al-Dousari (۲۰۱۳) ویژگی های مورفولوژیکی و توسعه نیکاهای ساحلی را در منطقه شمال شرق کویت مورد ارزیابی قرار دادند (۵). Yong Zhong و همکاران (۲۰۱۲) ضمن مطالعه پراکنندگی و ویژگی های نیکاهای گونه *Nitraria sphaerocarpa* در بیابان گبی بیان می کنند که نیکاهای مطالعه شده در اندازه های مختلف وجود دارند و میانگین ارتفاع و طول آنها به ترتیب ۱۵ و ۱۸ سانتیمتر می باشد. همچنین رابطه خطی بین ارتفاع و طول نیکاهای نشان می دهد که اکثر آنها در مرحله رشد قرار دارد (۴۷). Yamani و Arabameri (۲۰۱۵) به بررسی انتخاب بهترین گونه نیکایی جهت تثبیت ماسه های روان در ریگ چاه جام با استفاده از سه روش از روش های تصمیم گیری چند معیاره پرداخته اند و به این نتیجه رسیدند که گونه هالیکسیلون آفیوم بیشترین کارایی را در تثبیت ماسه های روان دارد (۴۶). موسوی و همکاران (۱۳۸۹) به گروه بندی مقایسه ای نیکاهای شمال شرق کویر سیرجان با استفاده از الگوریتم TOPSIS پرداخته اند

منطقه مورد مطالعه از آمار یکساله ایستگاه کليمانولوژی طرود استفاده شده است (شکل ۲).

و ۵۴ درجه و ۵۹ دقیقه ۵۵ درجه و ۷ دقیقه طول شرقی واقع شده است (شکل شماره ۱). برای ترسیم گلباد



شکل ۱. موقعیت منطقه مورد مطالعه به همراه ترانسکت ها

نمونه برداری تصادفی را در کل محدوده مطالعاتی فراهم می آورد. بنابراین برای پوشش کامل منطقه مطالعاتی ۱۰ ترانسکت با استفاده از دستگاه GPS در نظر گرفته شد (شکل ۱). حجم نمونه بستگی به موقعیت پیکان های ماسه ای نسبت به محل ترانسکت های مستقر شده داشته است که در مجموع ۴۸ پیکان ماسه ای از گونه *A. Mannifera*، ۱۶ پیکان ماسه ای از گونه *S. Florida*، ۱۴ پیکان ماسه ای از گونه *R. Turcestanica* و ۴۳ پیکان ماسه ای از گونه *Z. Eurypterum* ارزیابی گردید.

در گام دوم، اقدام به مشخص کردن مولفه های مرفومتريک پیکان های ماسه ای گردید. بدین منظور در ابتدا ۴ نوع گونه گیاهی که باعث تشکیل پیکان های ماسه ای در منطقه مطالعاتی شده بود انتخاب گردید (جدول ۱) و سپس اقدام به تعیین ۵ پارامتر مرفومتريک پیکان های ماسه ای شامل ارتفاع پیکان ماسه ای، حجم پیکان ماسه ای، حداکثر عرض پیکان ماسه ای، قطر تاج پوشش و ارتفاع گیاه به منظور اندازه گیری گردید.

روش پژوهش

مقاله حاضر از نظر هدف، تحقیقی کاربردی می باشد. در بخش ادبیات تحقیق برای جمع آوری مطالب از روش کتابخانه ای و میدانی و در بخش تعیین وزن معیارها از خبرگان نظرسنجی شد که از این حیث از روش پرسشنامه ای استفاده گردید. در مقاله حاضر از مواد و ابزار مختلفی برای اندازه گیری مولفه های مرفومتريک پیکان های ماسه ای و گیاه استفاده گردید. برای بررسی مرفومتريک پیکان های ماسه ای و گیاهان از متر، ژالون و GPS و همچنین برای مشخص کردن محدوده مورد مطالعه از نقشه های توپوگرافی ۱:۵۰۰۰۰، تصاویر ماهواره ای گوگل ارث و بازدیدهای میدانی استفاده شد. ابتدا با استفاده از عکس های هوایی و تصاویر ماهواره ای منطقه مورد مطالعه تعیین حدود گردید و سپس با مراجعات حضوری به منطقه، قلمرو توسعه پیکان های ماسه ای مشخص گردید. در گام بعد اقدام به نمونه برداری گردید. روش نمونه برداری در مقاله حاضر بر اساس روش تک بعدی و واحد نمونه برداری طولی صورت گرفت. این روش امکان

نمونه‌ای از پیکان‌های ماسه‌ای منطقه مورد مطالعه در شکل (۲) نشان داده شده است.

جدول ۱. مشخصات گونه‌های گیاهی تشکیل دهنده پیکان‌های ماسه‌ای در منطقه مطالعاتی

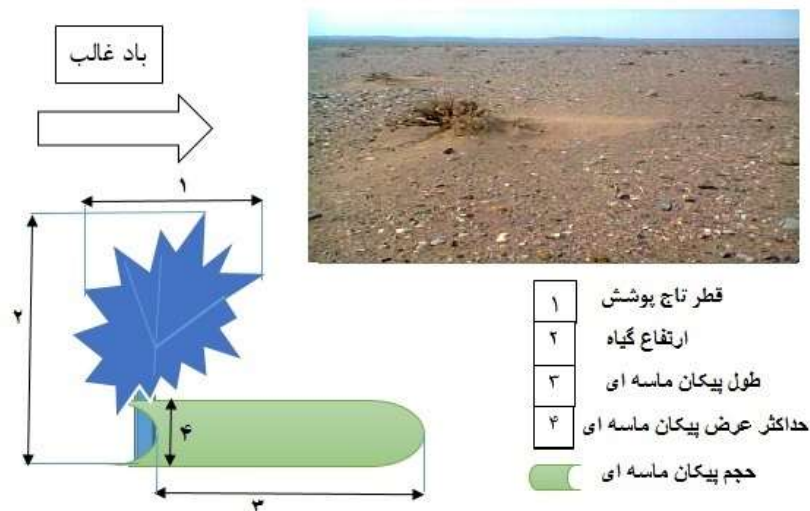
نام فارسی	نام علمی	نام مخفف	خانواده	فرم	فرم رویشی
اشنان	<i>Seidlitzia florida</i>	<i>S. Florida</i>	<i>Tamaricaceae</i>	بوته ای	فانروفیت
قیچ	<i>Zygophyllum eurypterum</i>	<i>Z. Eurypterum</i>	<i>Z. atriplicoides</i>	بوته ای	فانروفیت
خارشتر	<i>Alhagi mannifera</i>	<i>A. Mannifera</i>	<i>Fabaceae</i>	فورب چند ساله	همی کریپتوفیت
گل گزی	<i>Reaumuria Turcestanica</i>	<i>R. Turcestanica</i>	<i>Tamaricaceae</i>	بوته ای	کاموفیت



شکل ۲. نمایی از پیکان‌های ماسه‌ای منطقه مطالعاتی

پوشش و ارتفاع گیاه گردید. مبنای اندازه‌گیری مولفه‌های مرفومتريک پیکان‌های ماسه‌ای شکل شماره (۳) می‌باشد که انواع مشخصه‌های قابل اندازه‌گیری پیکان‌های ماسه‌ای و نحوه اندازه‌گیری آنها را نشان می‌دهد.

در گام سوم، پس از انتخاب پیکان‌های ماسه‌ای و مؤثرترین پارامترهای مرفومتريک آنها، اقدام به اندازه‌گیری پارامترهای مرفومتريک شامل ارتفاع پیکان ماسه‌ای، حجم پیکان ماسه‌ای، حداکثر عرض پیکان ماسه‌ای، قطر تاج



شکل ۳. توضیح تصویری مولفه‌های مرفومتريک پیکان‌های ماسه‌ای

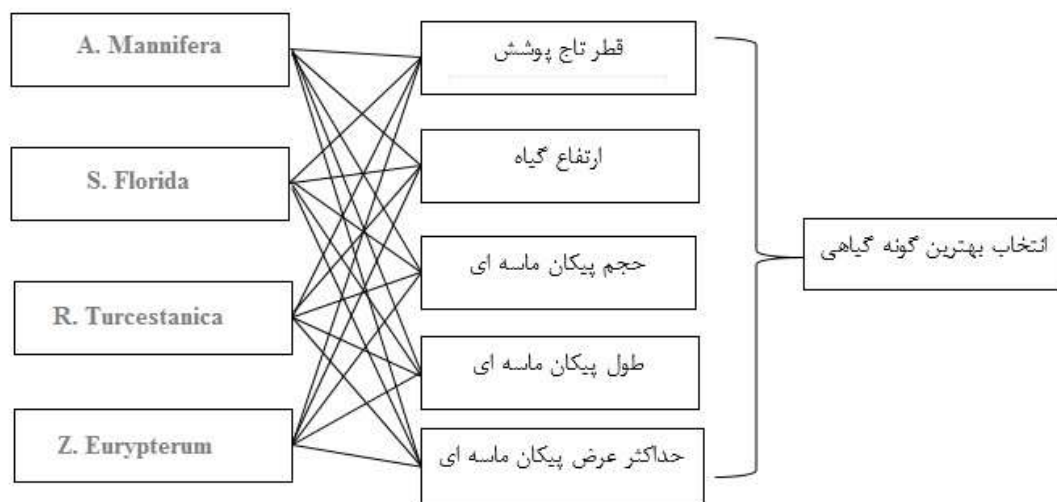
AHP یک فرآیند سلسله مراتبی تحلیلی برای تصمیم‌گیری چند معیاره است که توسط Saaty (۱۹۸۰) ارائه شده است (۳۸). ماهیت کاربردی این روش سبب شده است تا طی دو دهه گذشته در بسیاری از زمینه‌های کاربردی گوناگون و حل مسائل تصمیم‌گیری بزرگ و پیچیده به کار رود (۲۱). Dagdeviren و همکاران (۲۰۰۹) بیان کرده‌اند که ابتدا روش AHP مسئله تصمیم‌گیری چند معیاری پیچیده را به سلسله مراتب عناصر تصمیم، یعنی هدف، معیار و گزینه‌های تصمیم مرتبط با آن مسئله تبدیل می‌کند (۱۰). در مقاله حاضر از یک درخت تصمیم سه سطحی شامل: ۱- هدف "انتخاب بهترین گونه گیاهی"، ۲- معیارها "قطر تاج پوشش، ارتفاع گیاه، حجم پیکان ماسه‌ای، طول پیکان ماسه‌ای، حداکثر عرض پیکان ماسه‌ای" و ۳- گزینه‌ها "گونه‌های *S. Florida*، *A. Mannifera*، *R. Turcestanica* و *Z. Eurypterum*" استفاده شده است (شکل ۴).

برای محاسبه قطر تاج پوشش گیاه، میانگین دو قطر تاج گیاه، برای اندازه‌گیری ارتفاع گیاه، بلندترین شاخه گیاه، به منظور اندازه‌گیری طول پیکان ماسه‌ای، فاصله قاعده تا نوک پیکان، برای محاسبه قطر طوقه گیاه، متوسط قطر ساقه اصلی ۵ سانتی متری بالای طوقه گیاه ملاک عمل قرار گرفته است و حجم پیکان ماسه‌ای نیز از طریق معادله (۱) محاسبه گردید (۱۲).

$$V = 0.5 (0.33 \pi R^2 H) \quad (1)$$

V : حجم مخروط پیکان ماسه‌ای به متر مکعب، H : ارتفاع پیکان ماسه‌ای به متر، π عدد پی و معادل ۳/۱۴ می‌باشد و R : شعاع قاعده مخروط پیکان ماسه‌ای به متر است و از این طریق مشخصات مرفومتریک پیکان‌های ماسه‌ای گونه‌های گیاهی مختلف اندازه‌گیری و ماتریس اولیه برای مدلسازی آماده گردید.

در آخرین گام پس از جمع آوری داده‌ها و تشکیل ماتریس تصمیم اولیه اقدام به تعیین بهترین گونه گیاهی پیکان ماسه‌ای با استفاده از روش‌های AHP و GAHP گردید.



شکل ۴. ساختار سلسله مراتبی

مقیاس ۱ تا ۹، (جدول ۲) باید به عنوان میزان اهمیت معیارها نسبت به یکدیگر تخصیص داده شود (۸). همچنین Vidal و همکاران (۲۰۱۰) بیان داشتند که اعداد میانی ۲، ۴، ۶، ۸ برای اصلاح مقایسه شوند (۴۵).

گام دوم، مقایسه گزینه‌ها و معیارهاست. Bogdanovic و همکاران (۲۰۱۲) تصریح کردند، مقایسه زوجی باید با پرسش از تصمیم‌گیرنده آغاز گیرد. بدین شکل که مثلاً پرسیده شود با توجه به هدف تصمیم، کدام

جدول ۲. قضاوت کارشناسی در مقایسه زوجی عوامل موثر در تحلیل سلسله مراتبی سامانه‌ها (۳۹)

مقدار عددی	ارجحیت
۱	اهمیت با مطلوبیت یکسان
۳	کمی محسوس
۵	به نسبت مشخص
۷	بسیار مشخص
۹	کاملاً مشخص
۲،۴،۶،۸	رده‌های بینابین

گام چهارم، اعتبارسنجی وزن دهی‌ها می‌باشد. برای اعتبارسنجی مقایسات زوجی انجام گرفته میان معیارها، ضریب یکنواختی ماتریس‌ها بوسیله معادله ۴ محاسبه گردید:

$$CI = \frac{\lambda_{max} - n}{n - 1} \quad (۴)$$

که در آن CI ، ضریب یکنواختی ماتریس مقایسات زوجی، λ_{max} بزرگترین بردار ویژه ماتریس مقایسات زوجی و n ، تعداد معیارهای مسئله می‌باشد. و سپس با استفاده از معادله ۵ نرخ سازگاری محاسبه گردید:

$$CR = \frac{CI}{RI} \quad (۵)$$

که در آن RI ، شاخص سازگاری تصادفی است که از ماتریس مقایسه‌های زوجی که به طور تصادفی تولید شده، حاصل می‌گردد (جدول ۳).

جدول ۳. شاخص‌های تصادفی سازگاری (۳۸)

اعداد معیارها	۱	۲	۳	۴	۵	۶
مقدار RI	۰/۰۰	۰/۰۰	۰/۵۸	۰/۹۰	۱/۱۲	۱/۲۴
عداد معیارها	۷	۸	۹	۱۰	۱۱	۱۲
مقدار RI	۱/۳۲	۱/۴۱	۱/۴۵	۱/۴۹	۱/۵۱	۱/۴۸

گام نهمی رتبه بندی گزینه‌ها (گونه‌های پیکان‌های ماسه‌ای) به منظور تثبیت ماسه‌های روان با استفاده از پارامترهای مرفومتريک و اعمال روش‌های AHP و GAHP می‌باشد.

گام سوم، محاسبه وزن هر یک از معیارها و گزینه‌ها می‌باشد. بر اساس مطالعات Macharis، برای به دست آوردن وزن‌ها طبق معادله ۲ عمل گردید (۲۳):

$$a_{ij} = a_j / \sum_{i=1}^n a_j \quad a_j, j = 1,2,3, \dots, n \quad (۲)$$

که در آن a_j : مقادیر هر یک از درآیه‌های ستون‌ها و a_{ij} : مقادیر نرمال شده هر یک از درآیه‌ها می‌باشد. به منظور نرمال‌سازی، باید هر عنصر بر حاصل جمع همه عناصر همان ستون از ماتریس مقایسه زوجی تقسیم شود. سپس وزن‌ها از طریق معادله ۳ محاسبه گردد:

$$w_i = \sum_{i=1}^n a_{ij} / n \quad a_{ij} = 1,2, \dots, n \quad (۳)$$

که در آن w_i : وزن هر یک از معیارها، a_{ij} : مقادیر نرمال شده هر یک از درآیه‌ها و n : تعداد معیارها می‌باشد.

اگر نرخ سازگاری کوچک‌تر از ۰/۱ باشد، مقایسه‌ها قابل قبول است. اما اگر بزرگتر یا مساوی ۰/۱ باشد، در آن صورت قضاوت‌ها ناسازگار بوده و باید مقادیر ماتریس مقایسه‌های زوجی دوباره بررسی و تجدید نظر شوند.

^۱Consistency index

قضایات گروهی در AHP

هنگامی که در حل یک مسئله، به جای یک DM، نیاز به چند DM باشد، نظرهای همگی آنها باید در هر ماتریس تصمیم‌گیری لحاظ شود. در این باره از تصمیم‌گیری گروهی، از میانگین هندسی برای عناصر ماتریس استفاده گردید. بدین ترتیب:

$$a_{ij} = \left(\sum_{i=1}^k a_{ij1} \right)^{1/k}; \quad 1 = 1, 2, \dots, k \quad (6)$$

$$i, j = 1, 2, 3, \dots, n; \quad i \neq j$$

که در آن، ۱ تعداد تصمیم‌گیرندگان است. نظر DM های مختلف زمانی وارد محاسبات گروهی گردید که نرخ سازگاری نظرات هر DM کمتر از ۰/۱ باشد. به منظور رتبه بندی گزینه‌ها با استفاده از روش GAHP، پس از تعیین معیارها و گزینه‌ها از متخصصان خواسته شد که ماتریس‌های مقایسات زوجی را برای تعیین وزن معیارها و گزینه‌ها تکمیل کنند. بدین منظور، پرسشنامه تحلیل سلسله مراتبی طراحی و توسط ۸ ژئومرفولوژیست به

منظور انتخاب بهترین گونه گیاهی پیکان ماسه‌ای برای تثبیت ماسه‌های روان در منطقه مورد مطالعه پاسخ داده شد و در نتیجه نظر افراد مختلف در رتبه بندی در نظر گرفته شد. در ابتدا به دلیل ناسازگاری برخی از ماتریس‌های مقایسه زوجی حاصل از نظر خبرگان، نیاز به توزیع مجدد و اصلاح پرسشنامه‌ها ایجاد شد تا سازگاری ماتریس‌ها و در نتیجه اعتبار پرسشنامه تأیید شود. ماتریس‌های مقایسه زوجی با استفاده از رابطه (۶) ترکیب و ماتریس جامع تشکیل شد. پس از تعیین وزن معیارها و گزینه‌ها به رتبه‌بندی گزینه‌ها با روش GAHP پرداخته شد. به طور کلی مراحل تحقیق به شرح زیر است: ۱- تعیین محدودیتهای مورد مطالعه به وسیله عکس‌های هوایی و تصاویر ماهواره‌ای و تصاویر ماهواره‌ای، ۲- مشخص کردن گونه‌های مورد مطالعه و مشخصات مرفومتريک آنها، ۳- اندازه‌گیری خصوصیات مرفومتريک پیکان‌های ماسه‌ای، ۴- ساخت پایگاه داده ۵- رتبه بندی گونه‌های پیکان‌های ماسه‌ای به منظور تثبیت ماسه‌های روان با استفاده از روش‌های AHP و GAHP، ۶- ارزیابی نتایج و ارائه پیشنهادات (شکل ۵).



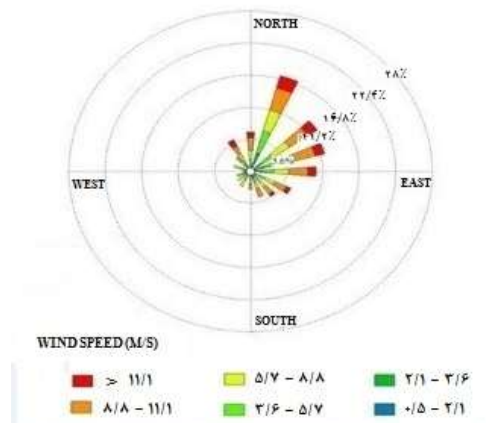
شکل ۵. مراحل انجام پژوهش

گلباد منطقه مورد مطالعه

برای ترسیم گلباد منطقه مورد مطالعه از آمار یک‌ساله ایستگاه کلیماتولوژی طرود، واقع در روستای طرود که در ۵ کیلومتری منطقه مورد مطالعه قرار گرفته است،

استفاده شده است. گلباد منطقه نشان می‌دهد که بیشترین فراوانی بادها جهت شمال شرقی دارند (شکل ۶). با توجه با این موارد جهت پیکان‌های ماسه‌ای در منطقه شمال شرق - جنوب غرب می باشند، زیرا ماسه‌های

روان تحت تاثیر بادهای غالب منطقه حرکت کرده و در جهت بادهای غالب پیکان‌های ماسه‌ای شکل گرفته‌اند.



شکل ۶. گلباد سالیانه منطقه مورد مطالعه

نتایج

با توجه به ویژگی‌های گیاه‌شناسی، هیدرولوژیکی، زمین‌شناسی، اقلیمی و ژئومورفولوژیکی منطقه مطالعاتی و اهداف طرح‌ریزی شده در پژوهش حاضر، می‌توان گفت که نوع پیکان‌های ماسه‌ای و پارامترهای موفومتری آن متعدد و متفاوت است. در مقاله حاضر به بررسی مهمترین

نوع پیکان‌های ماسه‌ای شامل پیکان‌های ماسه‌ای گونه‌های *A. Mannifera* ، *S. Florida* ، *R. Turcestanica* ، *Z. Eurypterum* و مؤثرترین پارامتر-های مرفومتری آنها شامل طول پیکان ماسه‌ای، حجم پیکان ماسه‌ای، حداکثر عرض پیکان ماسه‌ای، قطر تاج پوشش و ارتفاع گیاه پرداخته شده است (جدول ۴).

جدول ۴. مشخصات مرفومتری پیکان‌های ماسه‌ای

انحراف از معیار	واریانس	دامنه	حداکثر	حداقل	میانگین	* پارامترها	گونه‌های گیاهی
۵/۰۰۸	۰/۳۵۵	۱۹	۴۹	۳۰	۳۹/۰۷	ارتفاع گیاه	<i>A. Mannifera</i>
۶/۹۸۳	۰/۳۴۳	۲۷	۱۰۹	۸۲	۹۲/۸۳	قطر تاج پوشش	
۱۱/۵۲	-۰/۰۷۹	۴۵	۱۱۰	۶۵	۸۳/۳۳	طول پیکان	
۵/۳۳۶	-۰/۲۵۴	۲۳	۰/۱۴	۰/۰۶	۰/۰۹	حجم پیکان	
۵/۳۳۶	-۰/۲۵۴	۲۳	۴۷	۲۴	۳۶/۴۳	حداکثر عرض پیکان	
۴/۴۸۵	۰/۲۲۱	۱۷	۳۱	۱۴	۲۲/۱۳	ارتفاع گیاه	<i>S. Florida</i>
۴/۷۷۵	۰/۲۷۳	۱۷	۹۴	۷۷	۸۴/۸۹	قطر تاج پوشش	
۱۱/۵۲۳	-۰/۰۷۹	۴۵	۱۰۰/۷	۵۵/۷	۷۹/۰۳	طول پیکان	
۰/۰۱۱	۳/۰۱۸	۰/۰۶۹	۰/۱۱	۰/۰۴۱	۰/۰۶۳	حجم پیکان	
۵/۳۳۶	-۰/۲۵۴	۲۳	۴۵/۸	۲۲/۸	۳۵/۲۳	حداکثر عرض پیکان	
۵/۰۰۸	۰/۳۵۵	۱۹	۳۹/۸	۲۰/۸	۲۹/۸۷	ارتفاع گیاه	<i>R. Turcestanica</i>
۶/۹۸۳	۰/۳۴۳	۲۷	۱۰۲/۲	۷۵/۲	۸۶/۰۳	قطر تاج پوشش	
۱۰/۱۹۳	-۰/۲۳۳	۴۴	۸۹	۴۵	۶۶/۹۶	طول پیکان	
۰/۰۱۹	۱/۰۰۵	۰/۰۸	۰/۱	۰/۰۲	۰/۰۵	حجم پیکان	
۷/۱۴۱	۱/۱۶۶	۴۲	۶۰	۱۸	۳۳/۲۶	حداکثر عرض پیکان	
۴/۴۸۵	۰/۲۲۱	۱۷	۸۳	۶۶	۷۴/۱۳	ارتفاع گیاه	<i>Z. Eurypterum</i>
۴/۷۷۵	۰/۲۷۳	۱۷	۱۸۹	۱۷۲	۱۷۹/۸۹	قطر تاج پوشش	
۱۰/۱۹۳	-۰/۲۳۳	۴۴	۱۸۹	۱۴۵	۱۶۶/۹۶	طول پیکان	
۰/۰۱۹	۱/۰۰۵	۰/۰۸	۰/۶۱	۰/۵۳	۰/۵۶	حجم پیکان	
۷/۱۴۱	۱/۱۶۶	۴۲	۱۰۵	۶۳	۷۸/۲۶	حداکثر عرض پیکان	

* واحد ارتفاع گیاه، قطر تاج پوشش، طول و حداکثر عرض به سانتیمتر، حجم به متر مکعب

و GAHP گردید. نتایج حاصله به صورت جداول (۵ تا ۸) و شکل ۷ می باشد.

پس از مشخص کردن نوع پیکان های ماسه ای و مهمترین پارامترهای مرفومتری آنها اقدام به تعیین وزن و رتبه بندی گونه های گیاهی با استفاده از روش های AHP

جدول ۵. ماتریس مقایسات زوجی، ماتریس استاندارد و بردار وزن معیارها نسبت به یکدیگر (AHP)

	ماتریس مقایسات زوجی					ماتریس نرمالیزه					بردار وزن (W)
	X ₁	X ₂	X ₃	X ₄	X ₅	X ₁	X ₂	X ₃	X ₄	X ₅	
X ₁	۱	۳	۵	۷	۹	۰/۵۵۹	۰/۶۴۱	۰/۵۲۴	۰/۴۲۸	۰/۳۶	۰/۵۰۲
X ₂	۰/۳۳	۱	۳	۵	۵	۰/۱۸۶	۰/۲۱۳	۰/۳۱۴	۰/۳۰۶	۰/۲۸	۰/۲۶۰
X ₃	۰/۲۰	۰/۳۳	۱	۳	۵	۰/۱۱۱	۰/۰۷۱	۰/۱۰۴	۰/۱۸۳	۰/۲۰	۰/۱۳۴
X ₄	۰/۱۴	۰/۲۰	۰/۳۳	۱	۳	۰/۰۷۹	۰/۰۴۲	۰/۰۳۴	۰/۰۶۱	۰/۱۲	۰/۰۶۷
X ₅	۰/۱۱	۰/۱۴	۰/۲۰	۰/۳۳	۱	۰/۰۶۲	۰/۰۳۰	۰/۰۲۰۹	۰/۰۲۰۴	۰/۰۴	۰/۰۳۴
جمع	۱/۷۹	۴/۶۸	۹/۵۳	۱۶/۳۳	۲۵	۱	۱	۱	۱	۱	۱

نرخ ناسازگاری ۰/۰۹۷

* X₁: قطر تاج پوشش، X₂: ارتفاع گیاه، X₃: حجم پیکان، X₄: طول پیکان، X₅: عرض پیکان.

جدول ۶. ماتریس وزن هر یک از گزینه ها با توجه به معیارها

معیارها گزینه ها	X ₁	X ₂	X ₃	X ₄	X ₅
*A	۰/۲۸۱	۰/۲۸۳	۰/۳۴۷	۰/۳۳۱	۰/۲۷۷
B	۰/۰۸۰	۰/۰۶۸	۰/۰۷۸	۰/۰۸۰	۰/۱۶۱
C	۰/۱۴۰	۰/۱۲۶	۰/۰۵۱	۰/۰۴۹	۰/۰۹۶
D	۰/۴۹۹	۰/۵۲۳	۰/۵۲۴	۰/۵۴۰	۰/۴۶۶
نرخ ناسازگاری	۰/۰۰۱۸	۰/۰۰۴۱	۰/۰۰۶۹	۰/۰۳۰	۰/۰۰۹۱

* A: Mannifera, B: S. Florida, C: R. Turcestanica, D: Z. Eurypterum.

* X₁: قطر تاج پوشش، X₂: ارتفاع گیاه، X₃: حجم پیکان، X₄: طول پیکان، X₅: عرض پیکان.

نتایج حاصل از محاسبه وزن نهایی پیکان های ماسه ای با روش AHP به شرح روابط ۷ تا ۱۰ می باشد:

$$R. Turcestanica = (X_1 W \times CX_1) + (X_2 W \times CX_2) + (X_3 W \times CX_3) + (X_4 W \times CX_4) + (X_5 W \times CX_5) \quad (9)$$

$$Z. Eurypterum = (X_1 W \times DX_1) + (X_2 W \times DX_2) + (X_3 W \times DX_3) + (X_4 W \times DX_4) + (X_5 W \times DX_5) \quad (10)$$

$$A. Mannifera = (X_1 W \times AX_1) + (X_2 W \times AX_2) + (X_3 W \times AX_3) + (X_4 W \times AX_4) + (X_5 W \times AX_5) \quad (7)$$

$$S. Florida = (X_1 W \times BX_1) + (X_2 W \times BX_2) + (X_3 W \times BX_3) + (X_4 W \times BX_4) + (X_5 W \times BX_5) \quad (8)$$

جدول ۷. ماتریس مقایسات زوجی، ماتریس استاندارد و بردار وزن معیارها نسبت به یکدیگر (GAHP)

	ماتریس مقایسات زوجی					ماتریس نرمالیزه					بردار وزن (W)
	* X ₁	X ₂	X ₃	X ₄	X ₅	* X ₁	X ₂	X ₃	X ₄	X ₅	
X ₁	۶/۴۱۲	۱/۸۹۷	۱	۴/۵۶۴	۶/۴۷۱	۰/۳۶۳	۰/۴۹۶	۰/۴۸۷	۰/۴۰۶	۰/۶۱۵	۰/۴۷۴۰
X ₂	۵/۷۶۲	۱	۰/۵۲۷	۳/۱۶۹	۲/۳۲۱	۰/۳۲۶	۰/۲۶۱	۰/۲۵۷	۰/۳۸۲	۰/۲۱۲	۰/۲۶۷۹
X ₃	۲/۷۵۶	۰/۴۳۱	۰/۱۴۸	۱/۹۱۲	۱	۰/۱۵۶	۰/۱۱۲	۰/۰۷۲	۰/۱۷۰	۰/۰۹۱	۰/۱۲۰۶
X ₄	۱/۷۱۷	۰/۳۱۶	۰/۲۱۹	۱	۰/۵۲۳	۰/۰۹۷	۰/۰۸۲	۰/۱۰۶	۰/۰۸۹	۰/۰۴۷	۰/۰۸۴۷
X ₅	۱	۰/۱۷۴	۰/۱۵۶	۰/۵۸۲	۰/۳۶۲	۰/۰۵۶	۰/۰۴۵	۰/۰۷۶	۰/۰۵۱	۰/۰۳۳	۰/۰۵۲۶۱
جمع	۱/۶۵۶	۳/۸۱۷	۲/۰۵	۱۱/۲۲	۱۰/۹۴	۱	۱	۱	۱	۱	۱

نرخ ناسازگاری ۰/۰۵۶

* X₁: قطر تاج پوشش، X₂: ارتفاع گیاه، X₃: حجم پیکان، X₄: طول پیکان، X₅: عرض پیکان

جدول ۸. ماتریس وزن هر یک از گزینه‌ها با توجه به معیارها

معیارها گزینه‌ها	* X ₁	X ₂	X ₃	X ₄	X ₅
* A	۰/۲۶۲	۰/۲۸۲	۰/۲۵۰	۰/۲۸۴	۰/۲۵۶
B	۰/۱۰۰۶	۰/۰۵۵	۰/۱۱۸	۰/۱۰۶	۰/۱۲۶
C	۰/۰۴۵	۰/۱۱۶	۰/۰۴۴	۰/۰۵۳	۰/۰۵۲
D	۰/۵۹۱	۰/۵۴۵	۰/۵۸۶	۰/۵۵۶	۰/۵۶۵
نرخ ناسازگاری	۰/۰۰۹۸	۰/۰۰۶۸	۰/۰۰۶۹	۰/۰۰۴۵	۰/۰۰۸۷

* A: Mannifera، B: S. Florida، C: R. Turcestanica، D: Z. Eurypterum

* X₁: قطر تاج پوشش، X₂: ارتفاع گیاه، X₃: حجم پیکان، X₄: طول پیکان، X₅: عرض پیکان

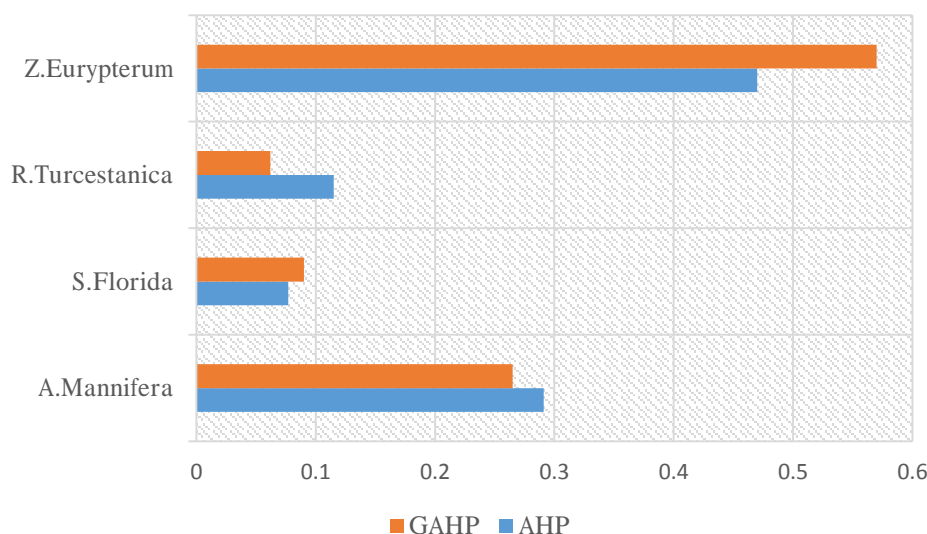
نتایج حاصل از محاسبه وزن نهایی پیکان‌های ماسه‌ای با روش GAHP به شرح روابط ۱۱ تا ۱۴ می‌باشد:

$$R. Turcestanica = (X_1W \times CX_1) + (X_2W \times CX_2) + (X_3W \times CX_3) + (X_4W \times CX_4) + (X_5W \times CX_5) \quad (13)$$

$$A. Mannifera = (X_1W \times AX_1) + (X_2W \times AX_2) + (X_3W \times AX_3) + (X_4W \times AX_4) + (X_5W \times AX_5) \quad (11)$$

$$Z. Eurypterum = (X_1W \times DX_1) + (X_2W \times DX_2) + (X_3W \times DX_3) + (X_4W \times DX_4) + (X_5W \times DX_5) \quad (14)$$

$$S. Florida = (X_1W \times BX_1) + (X_2W \times BX_2) + (X_3W \times BX_3) + (X_4W \times BX_4) + (X_5W \times BX_5) \quad (12)$$



شکل ۷. وزن نهایی گزینه‌ها با روش های AHP و GAHP

■ بحث و نتیجه‌گیری

درک روابط بین پراکنش پوشش گیاهی و عوامل محیطی تاثیرگذار بر آن یکی از چالش‌های مدیریت پوشش گیاهی می‌باشد (۳۰). با توجه به پیشرفت‌هایی که امروزه در علم جغرافیا و علوم محیطی دیگر صورت گرفته است، می‌توان با استفاده از روش‌های مدل‌سازی این روابط را کمی نموده و به حل این مشکل کمک کرد. به عبارت دیگر می‌توان در یک محدوده جغرافیایی مشخص پراکنش پتانسیل گونه‌ها را مشخص نمود (۳). نتایج حاصل از مدل‌سازی می‌تواند در طرح‌های مقابله بیولوژیک با فرسایش موثر باشد (۴۸). در تشکیل ژئوفرم پیکان ماسه‌ای فرآیندهای متعددی موثر می‌باشند که مهمترین آنها فرآیندهای بادرفتی و بیولوژیکی می‌باشند. فرآیند بادرفتی به صورت نیروی محرک عمل نموده و فرآیند بیولوژیکی به عنوان نیروی مقاوم در برابر فرآیند بادرفتی عکس‌العمل نشان داده و مقاومت می‌کند و باعث به دام انداختن ماسه در قسمت تحتانی گیاه می‌شود. بنابراین، گونه‌های مختلف با توجه به سرشت اکولوژیکی خود عملکرد متفاوتی در برابر فرآیندهای بادرفتی از خود نشان می‌دهند. نتایج حاصل از مقاله حاضر مبین چهار گونه پیکان ماسه‌ای متفاوت با مشخصات گوناگون مرفومتری می‌باشد. در مقاله حاضر از میان ۴ گونه گیاهی مورد بررسی گونه *Z. Eurypterum* بالاترین و

حداکثر امتیاز را به خود اختصاص داده است. ارتفاع بلند این گیاه و داشتن قطر تاج پوشش زیاد باعث شده است تا این گیاه همانند مانعی بزرگ در مقابل باد مسلح به رسوب عمل نموده و باعث کاهش سرعت باد و رسوبگذاری مواد در پشت خود شود. از این رو این گیاه توانایی زیادی در تثبیت ماسه‌های روان از خود در منطقه مورد مطالعه نشان داده است. در مقابل گونه‌های *R. Turcestanica* و *S. florida* کمترین امتیاز را به خود اختصاص داده‌اند و با توجه به ارتفاع کوتاه و قطر تاج پوشش کم، گیاه مناسبی جهت توسعه پیکان‌های ماسه‌ای و تثبیت ماسه‌های روان شناخته نشده‌اند. بنابراین برای اجرای طرح‌های تثبیت ماسه‌های متحرک در منطقه مورد مطالعه، در درجه اول توسعه پیکان‌های ماسه‌ای گونه *Z. Eurypterum* و در مرحله دوم پیکان‌های ماسه‌ای گونه *A. Mannifera* بیشترین اهمیت را دارند و در صورت توسعه و اجرای آن بالاترین بهره‌وری را خواهند داشت. بر اساس نتایج حاصل از روش AHP، گونه‌های *Z. Eurypterum*، *A. Mannifera*، *R. Turcestanica* و *S. florida* به ترتیب با کسب امتیازات (۰/۴۷۰، ۰/۲۹۱، ۰/۱۱۵، ۰/۰۷۷) در رتبه‌های اول تا چهارم قرار گرفته‌اند و بر اساس روش GAHP، گونه‌های *Z. Eurypterum*، *A. Mannifera*، *S. Florida* و *R. Turcestanica* به ترتیب با کسب امتیازات (۰/۵۷، ۰/۲۶۵، ۰/۰۹، ۰/۰۶) در رتبه‌های اول تا

روش مورد استفاده کاملاً شبیه به هم نمی‌باشند، لذا ضروری است که انتخاب روش مناسب برای تصمیم‌گیری با دقت بیشتری صورت گیرد. با توجه به این که در روش GAHP از نظرات چندین متخصص برای تعیین وزن معیارها و گزینه‌ها استفاده می‌گردد، در نتیجه روش GAHP دارای دقت و کارایی بالاتری در انتخاب بهترین گونه گیاهی پیکان ماسه‌ای می‌باشد که با نتایج (۲۶) که به انتخاب مناسب‌ترین نوع گونه گیاهی نبکا برای تثبیت ماسه‌های روان با استفاده از مدل AHP پرداخته‌اند و مدل AHP را به عنوان یک مدل کارآمد در زمینه تصمیم‌گیری‌های چند معیاره معرفی کرده‌اند مطابقت دارد. در مجموع نتایج مقاله حاضر نشان داد که گونه‌های مختلف با توجه به سرشت اکولوژیک تاج پوشش خود عملکرد متفاوتی در مقابل فرآیند بادرفتی از خود نشان می‌دهند. نتایج حاصل از مقاله حاضر با نتایج (۱۱) که در تحلیل ارتباطات موجود بین اجزاء تراکم پوشش تاجی با میزان ترسیب، وجود پیچیدگی در روابط حاکم را به کمک تنوع تراکم پوشش تاجی و نحوه عملکرد آنها در به دام انداختن رسوب‌های بادی و شکل‌گیری اشکال ناهمواری نبکا توجیه نموده است مطابقت دارد.

چهارم قرار گرفته‌اند. نتایج حاصل از مقاله حاضر در رابطه با تاثیر پارامترهای مرفومتريک در رتبه‌بندی گونه‌های گیاهی عامل، با نتایج حاصل از مطالعات (۱، ۲۶، ۴۶) مطابقت دارد. Yamani و Arabameri (۲۰۱۵) به ارزیابی مقایسه‌ای و انتخاب بهترین گونه نبکا برای تثبیت ماسه‌های روان در ریگ چاه جام با استفاده از سه روش تصمیم‌گیری چند معیاره شامل روش‌های ELECTRE، TOPSIS و Linear Assignment پرداخته‌اند و به این نتیجه رسیدند که گونه هالیکسیلون آفیلوم به دلیل ارتفاع بلندتر، قطر تاج پوشش بیشتر و همچنین سازگاری مناسب‌تر با محیط جهت تثبیت ماسه‌های روان نسبت به گونه‌های دیگر مناسب‌تر می‌باشد (۴۶). عرب عامری و پورخسروانی (۱۳۹۵) نیز به بررسی مقایسه کارایی سیستم نبکایی ایجاد شده توسط گونه‌های مختلف بیابانی در تثبیت ماسه‌های روان در منطقه بیابانی شمال سیرجان با استفاده از روش تخصیص خطی پرداخته‌اند و به این نتیجه رسیدند که نبکای گونه *Tamarix macatensis* با توجه به پارامترهای مرفومتريک بیشترین تاثیر را در تثبیت ماسه‌های روان داشته است (۱). نتایج حاصل از مقاله حاضر نشان داد که نتایج حاصل از دو

■References

1. Arabameri, A.R., and Pourkhosravani, M. (2016). A Comparison of Nebka System Effectiveness Created by Various Desert Species in Stabilization of Quick Sands Using Linear Method (Case Study: Desert area of Northern Sirjan). *Range and Desert Research*, 2, 284-292.
2. Arabameri, A.R., and Maghsoudi, M. (2016). Numerical analysis of morphometrical affiliation of sand arrows and operative species (Case study: Najjar Abad Erg, Shahrood). *Arid Biome*, 6(2), 39-53.
3. Anderson, R. P., and Martinez-Meyer, E. (2004). Modeling species geographic distributions for conservation assessments: an implementation with the spiny pocket mice (*Heteromys*) of Ecuador. *Biological Conservation*, 116, 167-179.
4. Ardon, K., Tsoar, H., and Blumberg, D.G. (2009). Dynamics of nebkhas superimposed on a parabolic dune and their effect on the dune dynamics. *Arid Environments*, 73, 1014-1022.
5. Al-Awadhi, J. M., and Al-Dousari, A. M. (2013). Morphological Characteristics and Development of Coastal Nabkhas, North-East Kuwait. *Earth Sciences*, 3, 949-958.
6. Bonham, C.D. (1989). *Measurement for Terrestrial Vegetation*, John Wiley & Sons, Inc. New York.
7. Biederman, L.A., and Whisenant, S.G. (2011). Using mounds to create microtopography alters plant community development early in restoration. *Restor Ecol*, 19, 53-61.
8. Bogdanovic, D., Nikolic, D., and Ilic, I. (2012). Mining Method Selection by Integrated AHP and PROMETHEE Method. *Anais Academ*, Brasil, 84, 219-233.

9. Corrigan, B. M., Van Wyk, B. E., Geldenhuys, C. J., and Durand, J. F. (2008). Vegetation cover changes of the Sand Forest in the Kwa Nibela Peninsula. South African. *Journal of Botany*, 74, 364-382.
10. Dagdeviren, M., Yavuz, S., and Kilinc, N. (2009). Weapon Selection Using the AHP and TOPSIS Methods under Fuzzy Environment. *Exp. Syst. Appl.*, 36, 8143-8151.
11. Danin, A. (1996). Plants of desert dunes. Springer, 18, 136-177.
12. Dougill, A. J., and Thomas, A.D. (2002). Nebkha dunes in the Molopo Basin, South Africa and Botswana formation controls and their validity as indicators of soil degradation. *Journal of Arid Environment*, 50, 413-423.
13. Eslamian, Z., Ghorbani, M., Mesbahzadeh, T., and Rafiee, H. (2016). Estimates of Participation and Willingness to Pay by Local Communities in Protecting and Reviving Deserts Areas (Case Study: Noush Abad of Aran and Bidgol County). *Desert Management*, 3, 77-88, (In Farsi).
14. Jasem, M. (2014). The Effect of a Single Shrub on Wind Speed and Nabkhas Dune Development: A Case Study in Kuwait. *Geosciences*, 5, 20-26.
15. Guiqina, W., Lib, Q., Guoxuea, L., and Lijunc, C. (2009). Landfill Site Selection Using Spatial Information Technologies and AHP: A Case Study in Beijing, China. *Environmental Management*, 90, 2414-2421.
16. Haney, A., Marlin, B., Steven, A., Emily, L., and Tom, P. (2008). Gradient analysis of an eastern sand savanna's woody vegetation, and its long-term responses to restored fire processes. *Forest Ecology and Management*, 256, 1560-1571.
17. Halouani, N., Chabchoub, H., and Martel, J.M. (2009). PROMETHEE-MD-2T Method for Project Selection. *European Journal of Operational Research*, 195, 841-849.
18. Karavas, N., Kyriacos, G., Margarita, A., and Dimitris, D. (2005). Vegetation and sand characteristics influencing nesting activity of *Caretta caretta* on Sekania beach. *Biological Conservation*, 121, 177-188.
19. Khalaf, F.I., Miska, R., and Al-Douseri, A. (1995). Sedimentological and Morphological characteristics of some nebkha deposits in the northern coastal plain of Kuwait. Arabia. *Arid Environment*, 29, 267-292.
20. Lang, L.L., Wang, X.M., Hasi, E., and Hua, T. (2013). Nebkha (coppice dune) formation and significance to environmental change reconstructions in arid and semiarid areas. *Geography*, 25, 344-358.
21. Leung, P., Muraoka, J., Nakamoto, S.T., and Pooley, Z. (1998). Evaluating Fisheries Management Options in Hawaii Using Analytic Hierarchy Process (AHP). *Fisheries Research*, 36, 171-183.
22. Li, Q., Xu, J., Li, H., Wang, S., Yan, X., Xin, Z., Jiang, Z., Wang, L., and Jia, Z. (2013). Effects of aspect on clonal reproduction and biomass allocation of layering modules of *Nitraria tangutorum* in nebkhas dunes. *Fisheries Research*, 8, 1-6.
23. Macharis, C., Springael, J., Brucker, K.D., and Verbeke, A. (2004). PROMETHEE and AHP: The Design of Operational Synergies in Multicriteria Analysis, Strengthening PROMETHEE with Ideas of AHP. *European Journal of Operational Research*, 153, 307-317.
24. Mahmoudi, F.A. (2006). Dynamic Geomorphology. Payame Noor Publisher. Tehran, (In Farsi).
25. Motamed, A. (2000). Geomorphology, Samt Publication. Tehran, (In Farsi).
26. Mousavi, S.H., Moyari, M., Sayf, A., and Vali, A.A. (2012). Selection of the most appropriate plant species for stabilizing of sand dunes using AHP model (Case study: Najarabad Erg, Northeastern of troud. *Environmentalogy*, 61, 105-116, (In Farsi).
27. Mousavi, S.H., Pourkhosravani, M., and Mahmoudi Mohammadabadi, T. (2010). The Comparative Grouping North East Desert Sirjan nebkhas Using TOPSIS. *Arid Regions Geographic Studies*, 1, 87-105, (In Farsi).
28. Okin, G. S., Parsons, A. J., Wainwright, J., Herrick, J.E., Bestelmeyer, B.T., Peters, D.P.C., and Fredrickson, E.L. (2009). Do changes in connectivity explain desertification. *Bioscience*, 59, 237-244.

29. Opricovic, S., and Tzeng. G.H. (2004). Decision Aiding Compromise Solution by MCDM Methods: A Comparative Analysis of VIKOR and TOPSIS. *European Journal of Operational Research*, 156, 445-455.
30. Piri Sahragard, H., Zare Chahouki, H.A., and Azarnivand, H. (2015). Modelling of Plant Species Distribution In Arid Regions Using Artificial Neural Networks (ANN) (Case Study: Hozeh Soltan Rangelands of Qom Province). *Desert Management*, 3, 27-40.
31. Refayi, H. (2004). Wind Erosion and its control Methods. Tehran university publication, Tehran, (In Farsi).
32. Musick, H.B., and Gillette, S.M. (1996). Wind-tunnel Modeling of the Influence of Vegetation Structure on Saltation Threshold. *Earth Surface Processes and Landforms*, 21, 589-606.
33. Sadeghiravesh, M. H., and Zehtabian, G. (2013). Combat desertification alternatives classification with using of Multi Attribute Decision Making (MADM) view point and Weighted Sum Model (WSM), Case study: Khezr Abad region. Yazd province, *Pajouhesh & Sazandeghi*, 100, 1-11.
34. Sadeghiravesh, M. H., Zehtabian, G. R., Ahmadi, H., and Khosravi, H. (2013). Using Analytic Hierarchy Process method and Ordering Technique to Assess Combating desertification Alternatives (Case study: Khezrabad, Yazd, Iran). *Earth Environment. Science*, 7, 51-60.
35. Sadeghiravesh, M. H., Zehtabian, G., and Khosravi, H. (2014). Application of AHP and ELECTRE models for assessment of combating desertification alternatives. *Desert*, 19, 141-153.
36. Sadeghiravesh, M. H., Khosravi, H., Abolhasani, A., and Shekoochi, S. (2016). Evaluation of Combating Desertification Alternatives using PROMETHEE Model. *Geography and Geology*, 8, 28-41.
37. Sadeghravesh, M.H., Khosravi, H., and Ghasemian, S. (2016). Assessment of combating-desertification strategies using the linear assignment method. *Solid Earth*, 7, 673-683.
38. Saaty, T.L. (1980). *The Analytic Hierarchy Process*, McGraw Hill, New York.
39. Saaty, T. L., and Vargas, G. L. (2001). *Models, Methods, Concepts, and Applications of the Analytic Hierarchy Process*. Kluwer Academic Publisher, Boston.
40. Tavakkoli Fard, A., Nazari Samani, A.A., Ghasemieh, H., and Mashhadi, N. (2013). Application of Aeolian Sediments Granulometry Characteristics to Determine the Morphology of Homogenous Sand Dunes through Multivariate Data Analysis (Case Study: Kashan Erg). *Desert Management*, 1, 13-26, (In Farsi).
41. Tsoar, H., and Müller, J. T. (1986). The role of vegetation in the formation of linear sand dunes. *Aeolian Geomorphology*, 75-95.
42. Wiggs, G. F. S., Thomas, D. S. G., Bullard, J. E., and Livingstone, I. (1995). Dune mobility and vegetation cover in the southwest Kalahari Desert. *Earth Surface Processes and Landforms*, 20, 515-530.
43. Wiggs, G. F. S., Livingstone, I., Thomas, D. S. G., and Bullard, J. E. (1996). Airflow and roughness characteristics over partially vegetated linear dunes in the southwest Kalahari Desert. *Earth Surface Processes and Landforms*, 21, 19-34.
44. Wolfe, S.A., and Nickling, W.G. (1993). The Protective Role of Sparse Vegetation in Wind Erosion. *Progress in Physical Geography*, 17, 50-68.
45. Vidal, L.A., Sahin, E., Martelli, N., Berhoune, M., and Bonan, B. (2010). Applying AHP to Select Drugs to be produced by Anticipation in a Chemotherapy. *Compounding Unit. Exp. Syst. Appl*, 37, 1528-1534.
46. Yamani, M., and Arabameri, A.R. (2015). Comparison and evaluation of three methods of multi attribute decision making methods in choosing the best plant species for environmental management (Case study: Chah Jam Erg). *Natural Environment Change*, 1, 49-62.
47. Yong Zhong, S.U., Rong, Y., ZhiHui, Z., and Ming, W. D. (2012). Distribution and Characteristics of *Nitraria sphaerocarpa nebkhas* in a Gobi habitat outside an oasis in Hexi Corridor region. *Sciences in Cold and Arid Regions*, 4, 0288-0295.
48. Zare Chahouki, M. A., and Zare Chahouki, A. (2010). Predicting the distribution of plant species using logistic regression (Case study: Garizat rangelands of Yazd province). *Desert Journal*, 15, 151-158.

Evaluating the efficiency of AHP and group AHP for selecting the best arrow sand species for stabilizing the quicksand (Case study: Najar Abad Erg)

A.R. Arabameri^{*1}, Gh.R. Maghami Moghim², Kh. Rezaei³, K. Shirani⁴, A.H. Halabian⁵

1. Ph.D. Student of Geomorphology, Tarbiat Modarres University, Tehran, Iran
2. Assistant Professor of Geomorphology, Dameghan University, Dameghan, Iran
3. Assistant professor of Geology, Faculty of Earth Sciences, Kharazmi University, Tehran, Iran
4. Assistant Professor of Soil Conservation and Watershed Management Research, Isfahan Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, AREEO, Isfahan, Iran
5. Associate Professor, Payam Noor University, Tehran, Iran

* Corresponding Author: alireza.ameri91@yahoo.com

Received date: 17/05/2016

Accepted date: 10/06/2017

Abstract

One of the most important environmental problems of Toroud region is the influx of quicksand into the buildings and settlements of the regions which need precise study and presenting the underlying and practical solutions. For this reason, the best plant species of arrow sand in Najar Abad Erg have been selected in this research in Najar Abad Erg in south-eastern of Shahrood city by using 2 methods of Multiple Criteria- Decision- Making (MCDM) methods including Analytical Hierarchy Process (AHP) and Group Analytical Hierarchy Process (GAHP) methods. Therefore, after specifying the studied region by satellite images and aerial photos, the field studies began and by using transect and Based on one-dimensional method and longitudinal sampling unit, four plant species of arrow sand including *Alhagi mannifera*, *Seidlitzia Florida*, *Reaumuria Turcestanica* and *Zygophyllum eurypterum* specified and their morphometric characteristics including arrow sand length, arrow sand volume, maximum width of arrow sand, covering crest canopy diameter and plant height have been measured. Then, the best species have been selected by using AHP and GAHP methods. The results indicate that group AHP method has better efficiency than AHP method to defining the suitable species. The *Zygophyllum eurypterum* with obtain of 0.57 score in group AHP and with obtain of 0.47 score in AHP method have the most effect on stabilizing the quicksand in studied region. According to results, for implementing the plans of quicksand stabilization in studied region; developing the arrows sand of *Zygophyllum eurypterum* species and then the *Alhagi mannifera* species are the most important species respectively. So, they will have the maximum efficiency if developing and implement them. The result of this research about quicksand stabilization plans can be utilized by environmental planners.

Keywords: Analytical Hierarchy Process, Transect, Desert Management, southeast of Shahrood