Archive of SID

نشریه شمـاره ۱۲، پاییز و زمستان ۱۳۹۷، صفحات ۱۹ تا ۳۲

نشریه مدیریت بیابـان

www.isadmc.ir

انجمن علمی مدیریت و کنترل مناطق بیابانی ایران

تعیین توزیع مکانی تپهٔ نبکا گونهٔ *Halocnemum Strobilaceum* با بهره‌گیری از تابع G در دشت آق‌قلا استان گلستان

محسن حسینعلی‌زاده[۱*]، محمد علی نژاد[۲]، نرگس کریمی‌نژاد[۳]، علی محمدیان بهبهانی[۱]

۱. استادیار گروه آبخیزداری و مدیریت مناطق بیابانی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، گرگان، ایران.
۲. کارشناس ارشد مدیریت مناطق بیابانی، باشگاه پژوهشگران جوان، واحد گرگان، دانشگاه آزاد اسلامی، گرگان، ایران.
۳. دانشجوی دکتری مدیریت و کنترل بیابان، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، گرگان، ایران.
* نویسنده مسئول: mhalizadeh@gau.ac.ir

تاریخ دریافت: ۱۳۹۷/۰۲/۲۵ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۷/۰۶/۲۴

چکیده

درک فرایندهای پراکنش گیاهان و تحلیل الگوی مکانی آن‌ها، تأثیر برهم‌کنش گیاهان با محیط را آشکار می‌کند. نبکا به عنوان پدیدهٔ شاخص برهم‌کنش گیاه- رسوب نقش مهمی بر حفظ پوشش گیاهی و تثبیت ماسه‌های روان بازی می‌کند. این پژوهش با هدف ارزیابی برهم‌کنش نبکا و گیاه، بر اساس روش میدانی و اندازه‌گیری متغیرهای مورفومتری و ثبت موقعیت دقیق ۳۲۲ نبکا و ۱۱۹ گیاه در بخشی از دشت آق‌قلا در شمال‌غربی استان گلستان، انجام شد. برای بررسی الگوی پراکنش مکانی نبکاها و گیاهان و همچنین ارتباط متقابل بین آن‌ها و تأثیر متغیرهای خاک بر الگوی پراکنش آن‌ها، از توابع تک و دو متغیر G و تابع همبستگی نشان‌دار استفاده شد. نتایج تابع مکانی همبستگی جفتی تک متغیره نشان داد که الگوی پراکنش گیاه *Halocnemum Strobilaceum* در فاصله‌های بین ۰ تا ۲۳ متر، پراکنده و نامنظم است و این بدین معناست که گیاهان برای شکل‌گیری دارای رقابت خاصی با یکدیگر نیستند. علاوه بر آن، الگوی مکانی نبکاها نیز در فاصله‌های بین ۰ تا ۲۳ متر به صورت پراکنده است. همچنین نتایج تابع دو متغیره g(r) در فاصله‌های بین صفر تا ۵۰ متر نشان داد که گیاه و نبکا ارتباط متقابل مثبتی با یکدیگر داشته و بر شکل‌گیری و پراکنش یکدیگر تأثیر مستقیم می‌گذارند. نتایج تابع همبستگی نشان‌دار kmm(r) نشان داد که به احتمال ۹۵٪ ویژگی‌های خاک از جمله: هدایت الکتریکی، اسیدیته، ماده آلی، نسبت جذب سدیم، سدیم تبادلی و کج‌شدگی رسوبات نبکا بر الگوی پراکنش نبکاها در این منطقه تأثیرگذار هستند.

واژگان کلیدی: الگوی مکانی؛ تابع G؛ تابع همبستگی نشان‌دار؛ فرسایش بادی

www.SID.ir

Archive of SID

■ مقدمه

فرسایش خاک، فرایندی پیچیده و خطری ژئومورفولوژیک است که نرخ آن شاخص جامعی برای ارزیابی درجه توسعه‌یافتگی و پایداری برنامه‌های مدیریت زمینی کشورها و خطری بالقوه برای حیات بشری به‌شمار می‌آید (۱۸). تخریب اراضی بر اثر تغییر کاربری و بهره-برداری بیش از ظرفیت منابع محیطی در مناطقی مشاهده می‌شود که به دلیل کمبود آب و فقر پوشش گیاهی، خاک که یکی از مهم‌ترین منابع طبیعی است، در برابر روند تخریبی نیروهای فرسایشی مانند باد رو به تحلیل می‌رود. باد و فرسایش بادی از عوامل اصلی و مهم فرسایش خاک در مناطق خشک و نیمه‌خشک با خاک حساس محسوب می‌شود (۲۰). تشکیل نبکاها به‌عنوان یکی از اشکال تجمعی رسوب در مناطق بیابانی ناشی از به تله افتادن رسوبات بادی در مسیر حمل آن‌ها می‌باشد که عمدتا این رسوبات در پای بوته‌های گیاهی تثبیت می‌شوند. نبکا نقش بسیار مهمی را در پایداری بوم نظام‌های مناطق خشک و فراخشک ایفا می‌کند. به عنوان نمونه: مهم‌ترین نقش آن در نگهداری و حفظ پوشش گیاهی است. همچنین در تثبیت ماسه‌های متحرک در مناطق بیابانی و نیمه‌بیابانی اهمیت بسیار زیادی دارد و سکونتگاه‌ها و تأسیسات انسانی را تا حدودی از هجوم ماسه‌های بادی ایمن می‌کند. تشکیل نبکا توسط گیاه موجب تغییرات فیزیکو- شیمیایی خاک مانند: افزایش مواد آلی، تغییر در اسیدیته و افزایش مواد مغذی خاک می‌گردد (۲۴) به عبارتی، مطالعه الگوی نقطه‌ای مکانی گیاهان به درک بهتری از نحوه توزیع گیاهان، ارتباط آن‌ها با یکدیگر و اکوسیستم اطرافشان و بررسی اثرات متقابل آن‌ها منجر می‌شود (۸).

در پژوهش‌های انجام‌شده در مورد گیاهان در مناطق خشک و نیمه‌خشک، رفتارهای بوم‌شناختی[1] متفاوت به وجود می‌آید. بارزترین دلیل آن به‌کنش‌های مختلفی همچون تأثیر تسهیل‌کنندگی یک گیاه بر استقرار گیاه دیگر، رقابت بر سر منابع، نوع پراکنش بذر و ناهمگنی‌های محیطی می‌تواند باعث اجتماع‌پذیری و یا دوری گیاهان از یکدیگر شود (۱۱، ۱۲). همچنین بین گیاهان با یکدیگر و با محیط اطرافشان روابط متقابل پیچیده‌ای وجود دارد که شناسایی و درک این روابط، اطلاعات ارزشمندی در مورد ساختار جوامع گیاهی را فراهم می‌کند. بهترین راه برای رسیدن به این هدف، استفاده از آماره‌های اختصاری[2] مناسبی است که از طریق آن‌ها می‌توان با شناسایی الگوهای مکانی مورد نظر، ویژگی‌های کلیدی نهفته در توزیع مکانی گیاهان یا هر متغیر دیگر در یک جامعه را تشریح کرده (۱۳) و به تحلیل توصیفی اثرات متقابل بین گیاهان و رخساره‌های مختلف پرداخت. در پژوهشی که با هدف تحلیل مقایسه‌ای روابط میان مؤلفه‌های مورفومتری نبکا و مورفولوژی چندین گونه‌ی گیاهی در کفه‌ی خیرآباد سیرجان انجام شده است، نتیجه گرفتند برای تشکیل و تکامل نبکا، عامل فرم رویشی گیاهان مؤثر است (۲۲). مقایسه و تحلیل ویژگی‌های ژئومورفولوژیک نبکاهای چهار گونه‌ی گیاهی در دشت تکاب، نشان داد که ارتفاع گونه در اندازه و بزرگی نبکا بسیار اهمیت داردو بین ارتفاع گونه و اندازه نبکا همبستگی زیادی وجود دارد و نوع گونهٔ گیاهی بر اندازه رسوبات تأثیر زیادی دارد (۱۷).

اراضی مرتعی دشت آق‌قلا در شمال گرگانرود و استان گلستان با اقلیم نیمه‌خشک و بیابانی و بادهای گرم و خشک، همچنین خاک‌هایی با بافت ریزدانه، درصد املاح بسیار زیاد، پوشش گیاهی اندک همراه با توفان‌های گرد و غبار بوده که مجموع این ویژگی‌ها، منطقه‌ای شکننده و حساس در برابر فرسایش بادی را در فصول خشک ایجاد کرده است (۵). این منطقه در استان گلستان از جمله مناطقی است که تحت تأثیر خطر بیابان‌زایی و پیامدهای متعاقب آن قرار دارد که با توجه به وضعیت معیشت و زندگی ساکنین نزدیک به منطقه و اقتصاد مبتنی بر کشاورزی و دامداری، نیازمند پژوهش و مطالعه می‌باشد. در پژوهش‌هایی که تاکنون انجام شده است آنالیز مکانی گیاهان و نبکاها در این منطقه کمتر مورد توجه واقع شده و با عنایت به اینکه شناخت تغییرات مختلف الگوی مکانی نبکاها، در بررسی نحوه عملکرد بوم‌شناختی توده‌های گیاهی دشت آق‌قلا مهم محسوب شده و همچنین در نظر گرفتن این مهم که نبکاها حاصل از تجمع رسوبات در پای گیاهان

[1] Ethology

[2] Summary Statistics

www.SID.ir

Archive of SID

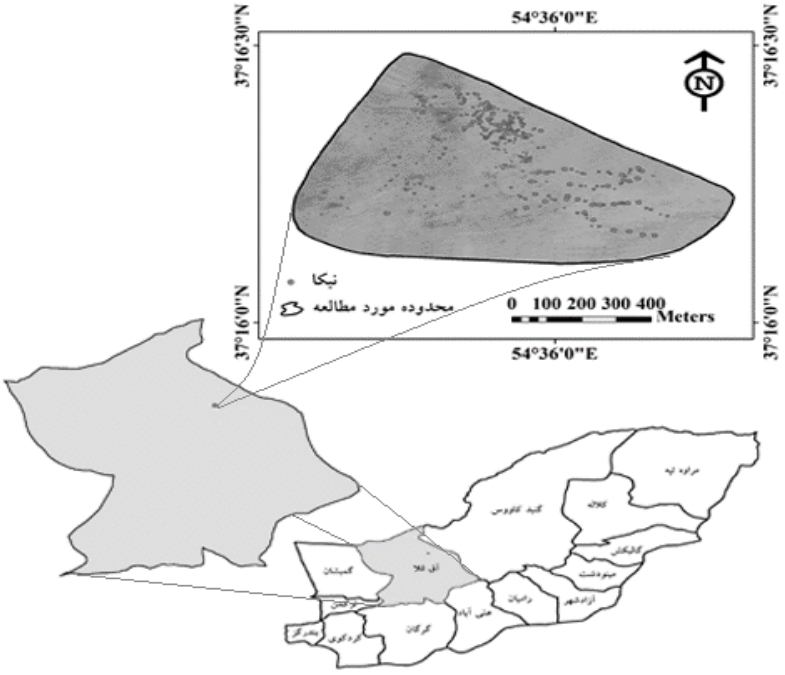
می‌باشند، اولین اقدام مؤثر در این زمینه، درک فرایندهای موجود در پوشش گیاهی این مناطق و بررسی توزیع مکانی گیاهان شاخص این رویشگاه و نحوه مدیریت آن‌ها است. برای تحلیل الگوی نقطه‌ای با استفاده از روش‌های آماری مناسب به‌ویژه آماره‌های اختصاری تک و دومتغیره، تابع K رایپلی، تابع L، تابع همبستگی جفتی g(r)، تابع توزیع نزدیک‌ترین همسایه D(r)، تابع O(r) O-ring و ... در سال‌های اخیر پیشرفت‌های فراوانی ایجاد شده است (۶).

برآوردکننده‌های متفاوتی از تابع همبستگی جفتی g(r) نیز طراحی شده‌اند که می‌توانند جنبه‌های کاملاً متفاوتی از نوع خاص روابط بین رخساره‌ها را نشان داده و به‌صورت کمّی، تراکم‌پذیری و رابطه متقابل بسیار ظریف بین گیاهان و نبکاها را تشریح کند. تابع همبستگی جفتی g تک متغیره، یکی از مشتقات تابع K رایپلی است که بیانگر تراکم گیاهان و تپه‌های ماسه‌ای نبکا، در دایره‌ای با شعاع r و مرکز تصادفی در محدوده مورد بررسی است (۱۶). با این کارکرد، یکی از جنبه‌های مهم بوم‌شناسی فردی[1] موجود در جامعه گیاهی را که کمتر مورد توجه قرارگرفته است، را می‌توان تعیین کرد. بنابراین با توجه به اهمیت گیاهان در دشت آق‌قلا و نقش مهم آن در امر حفاظت از فرسایش بادی و تشکیل نبکا، هدف از پژوهش حاضر تعیین الگوی پراکنش مکانی گیاهان و نبکاها با استفاده از تابع همبستگی جفتی g تک و دو متغیره، و شناخت روابط متقابل بوم‌شناختی این دو با هم در بخشی از دشت آق‌قلای استان گلستان است.

■ مواد و روش‌ها

منطقه مورد بررسی

پژوهش حاضر در بخشی از مراتع شمالی استان گلستان انجام شد. موقعیت مکانی این عرصه در طول جغرافیایی "۵۴°۳۵'۳۹ تا "۵۴°۳۶'۱۰ شرقی و عرض "۱۶'۸ °۳۷ تا "۲۶ '۱۶ °۳۷ شمالی قرار دارد. این قطعه با مساحتی بالغ بر ۲۸ هکتار در شمال‌غربی استان گلستان و شمال شهرستان آق‌قلا واقع شده است (شکل۱). در این منطقه کمینه و بیشینه ارتفاع از سطح دریا به ترتیب ۶ و ۸ متر است (۳). سیمای عمومی منطقه به‌عنوان یک پهنه فرسایش بادی هموار و مسطح و دارای دریاچه‌های فصلی شور و تپه‌های ماسه‌ای فسیل‌شده با فعالیت فصلی و ابعاد و تیپ‌های مختلف است. به‌طورکلی نشانگر محیطی شبه-پلایایی با اراضی شور و قلیایی و ماندابی و مستعد برای فرسایش بادی و تشدید خطر بیابان‌زایی به ویژه در فصول خشک است (۲).



شکل ۱. موقعیت مکانی محدوده موردمطالعه در محدوده مراتع شمالی شهرستان آق‌قلا، استان گلستان

[1] Autecology

www.SID.ir

Archive of SID

روش کار

عملیات میدانی

ابتدا با بازدید میدانی، جهت ثبت دقیق موقعیت هر یک از نبکاها و گیاهان موجود در منطقه موردمطالعه، از دوربین نقشه‌برداری Total Station مدل Leica-TCR407 که دارای برد طول یاب ۳۵۰۰ متر با تک منشور با دقت 2mm، استفاده شد (شکل ۲). نوع گونه‌ی گیاهی نبکاها در کل منطقه از نوع *Halocnemum Strobilaceum* است (شکل۳). این گیاه چندساله، بیشتر بوته‌ای، دارای انشعابات گوشتی، متعلق به خانواده اسفناجیان[1] است که در شمال غرب، مرکز، شمال شرق، جنوب و جنوب شرق ایران پراکنده می‌باشد (۴) و در استان گلستان نیز از گمیشان تا اینچه‌برون، شمال بندر ترکمن و شمال گنبد گسترش دارد (۱). موقعیت کلیه نبکاها و گیاهان موجود در منطقه مورد بررسی تعیین (شکل ۴)، همچنین ابعاد هر یک از ۳۲۲ نبکا با استفاده از متر نواری اندازه‌گیری شد. نمونه خاک هر کدام از آن‌ها نیز برای انجام آزمایش‌های خاک و تحلیل رسوب‌شناسی از عمق ۵-۰ سانتی‌متری نبکاها جمع‌آوری و پس از انتقال به آزمایشگاه، از الک ۲ میلی‌متری عبور داده شد. سپس آزمایش‌های فیزیکو-شیمیایی از جمله: دانه‌بندی و دانه بندی (گرانولومتری) با بهره گیری از الک‌های استاندارد[2] (۲۱)، EC با دستگاه EC متر، pH با دستگاه pH متر(۱۹)، OM[3] به روش والکی بلاک (۲۳)، SAR به روش تیتراسیون و با دستگاه فلیم فتومتر و ESP بر اساس SAR (۲۱) و با استفاده از رابطه مربوطه انجام شد. در پایان پردازش و تجزیه و تحلیل‌های مکانی داده‌ها با استفاده از توابع همبستگی جفتی g تک و دو متغیره و تابع همبستگی نشان‌دار[4] انجام شد. شکل ۵، مراحل انجام پژوهش را نشان می‌دهد.

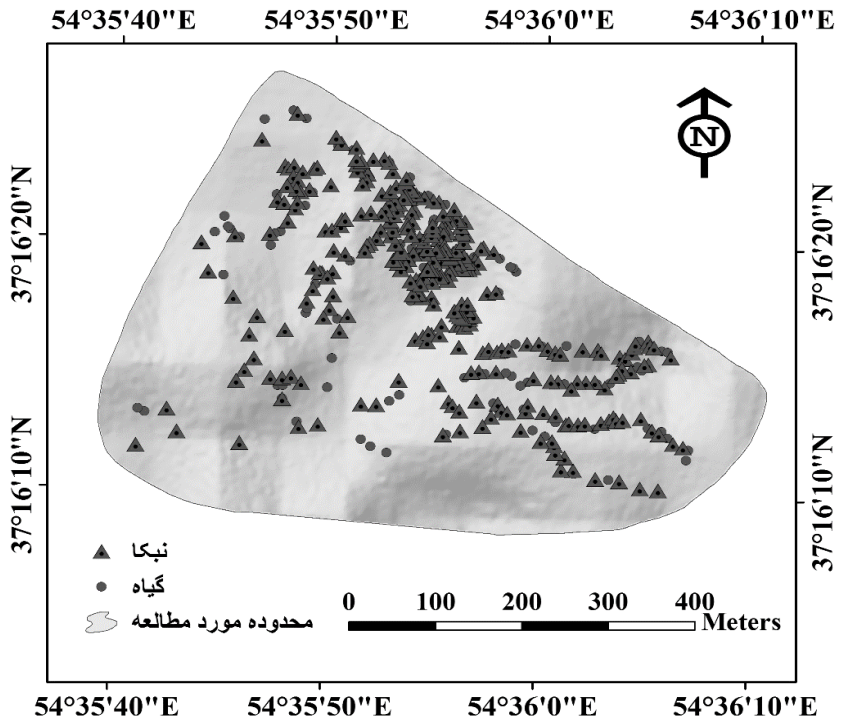
شکل ۲. ثبت موقعیت مکانی نبکاها و گیاهان، با استفاده از دوربین

شکل ۳. نبکای شکل‌گرفته از گونه گیاهی *Halocnemum Strobilaceum* در منطقه موردمطالعه

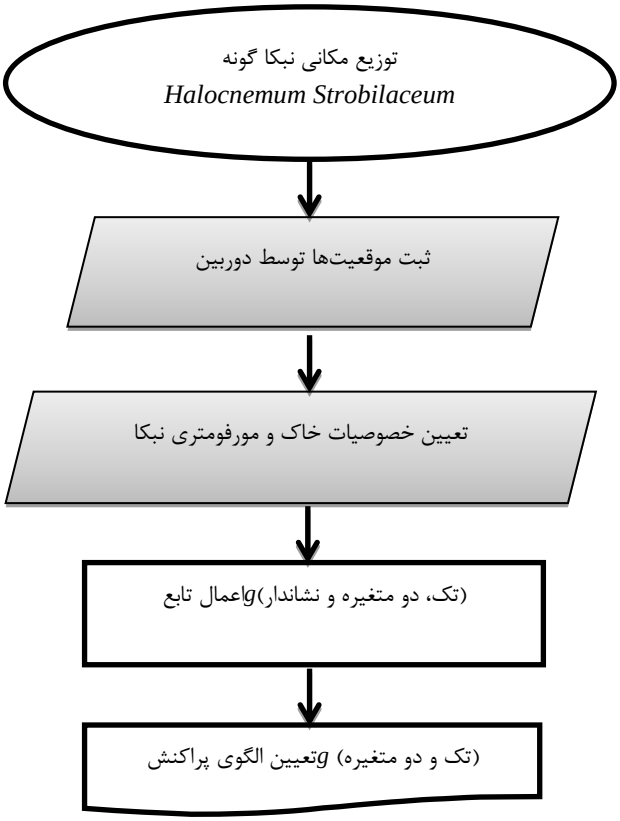
[1] Chenopodiaceae
[2] American Standard Test Mesh
[3] Organic Matter
[4] Marked Correlation Function

www.SID.ir

Archive of SID



شکل ۴. پراکنش مکانی نبکا و گیاهان در منطقه موردمطالعه



شکل ۵. مراحل انجام تحقیق

تابع همبستگی جفتی g تک متغیره

با استفاده از این تابع که مشتق تابع K می‌باشد (رابطه ۱)، تغییرات در فاصله‌های مکانی مختلف بهتر نشان داده می‌شود. همچنین این روش در مقایسه با روش‌های دیگر مانند تابع K، L و ... حساسیت بیشتری نسبت به تغییرات الگوی مکانی در هر نقطه دارد (۱۴). از

www.SID.ir

Archive of SID

تابع g (رابطه ۱) برای تعیین الگوی مکانی کپه‌ای، تصادفی و پراکنده بودن نبکاها و گیاهان در منطقه موردمطالعه استفاده شد:

$$g(r) = \frac{1}{2\pi r}\frac{dK(r)}{dr} \qquad (۱)$$

$dK(r)$ و dr مشتق تابع K رایپلی، $\prod$ عدد صحیح ۳/۱۴ و r فاصله شعاعی یک موقعیت با موقعیت دیگری است. در صورتیکه مقدار این تابع برابر یک باشد، الگوی مکانی تصادفی و در صورتیکه مقدار آن بیشتر و کمتر از مقدار عددی یک باشد، به ترتیب الگوی مکانی کپه‌ای و پراکنده را نشان می‌دهد.

تابع همبستگی جفتی g دو متغیره

این تابع از جمله توابع همبستگی مکانی است که با استفاده از آن می‌توان تغییرات تراکم نبکاها را در مقیاس‌های مختلف تجزیه‌وتحلیل کرد و فواصل بین نبکاهای موجود در یک نقشه را به صورت توزیع مکانی در نظر گرفت. تابع $g_{12}(r)$ از جمله توابع دو متغیره است که به‌منظور بررسی اثرات متقابل بین رخساره نبکا و گیاه، و همچنین مطالعه اجتماع‌پذیری آن‌ها مورد استفاده قرار گرفت (۷، ۱). اگر مقدار این تابع از مقدار عددی یک، بیشتر شود چنین استنباط می‌شود که نبکاها و گیاهان بر رشد یکدیگر اثر تسهیل‌کنندگی مثبت دارند و بنابراین شرایط را برای استقرار یکدیگر فراهم کرده اند. مقادیر تابع کمتر از یک، نشان دهنده اثر منفی نبکاها و گیاهان بر یکدیگر هستند. بعبارتی رقابت بین آن‌ها بر سر منابع بوده است و استقلال نبکاها و گیاهان و عدم اندرکنش آن‌ها با قرار گرفتن خط تابع در بین حدود مونت‌کارلو تشخیص داده شد (۶).

تابع همبستگی نشان‌دار

تکنیک‌های کلاسیک تجزیه و تحلیل الگوی نقطه‌ای، ساختار مکانی الگوها را تنها بر مبنای فاصله، توضیح می‌دهد. با این حال نقاط یا موقعیت‌ها ممکن است ویژگی‌های دیگری داشته باشند و وجود ساختار همبستگی مکانی در نشان‌ها منوط به الگوی مکانی نقاطی است که دارای نشان یا متغیرهای کمکی هستند. تابع همبستگی نشان‌دار نرمال شده از تابع آزمون، جفت نمونه‌ای از نقاطی است که به‌وسیله فاصله r از هم جدا شده‌اند. برای محاسبه تابع همبستگی نشان‌دار، از (رابطه ۲) استفاده می‌شود.

$$K_{mm}(r) = \frac{E_{ij}[m_i, m_j]}{E[m, m']} \qquad (۲)$$

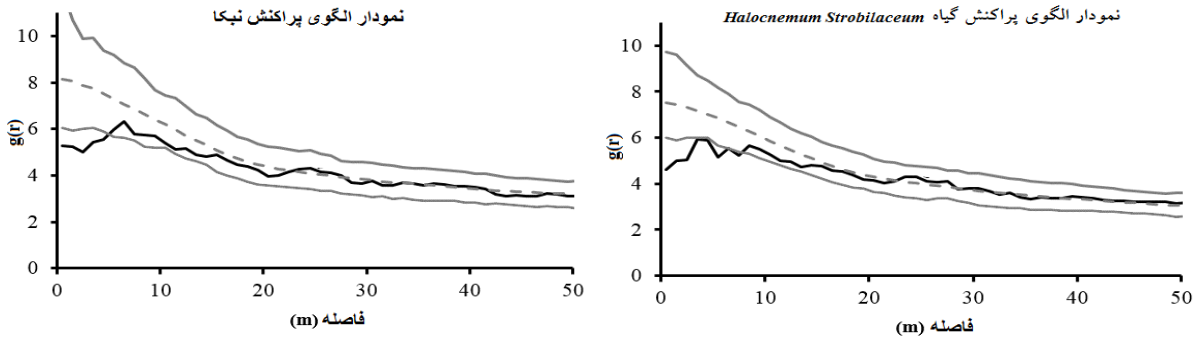
در این رابطه، E امید ریاضی است و m و 'm نشان‌های تصادفی هستند که از محدوده نشان‌ها انتخاب می‌شوند. تابع همبستگی نشان‌دار می‌تواند به‌صورت دو متغیره باشد. این موضوع باعث می‌شود اثرات متقابل پتانسیل بین دو الگو با جزئیات بیشتر مورد مطالعه قرار گیرد. علامت m_i الگوی مکانی شماره ۱، برای مثال الگوی مکانی نبکا و علامت m_j الگوی نقطه شماره ۲، الگوی مکانی گیاه که با فاصله r از الگوی نقطه شماره ۱ قرار گرفته است (۱۵). مقدار تابع همبستگی نشان‌دار برای مقادیر بیشتر و کمتر از یک، به‌ترتیب نشان دهنده همبستگی مثبت و منفی بوده و مقدار تابع برابر با یک، نشان دهنده استقلال الگوهای مورد بررسی است که در پژوهش حاضر در تحلیل‌ها مورد بررسی قرار گرفت.

■ نتایج

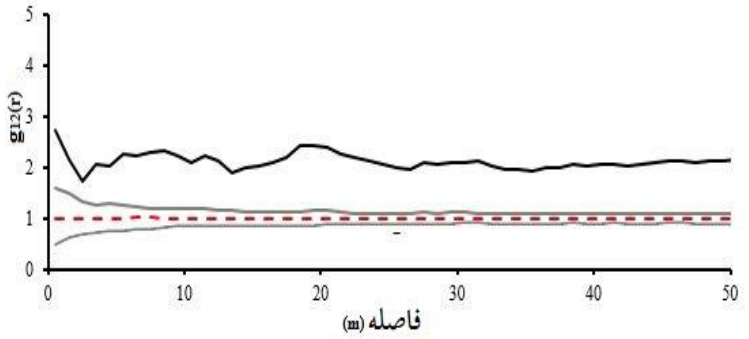
اندازه‌گیری‌های میدانی نشان داد که در محدوده مطالعاتی، ۳۲۲ نبکا با میانگین ارتفاع ۰/۳ متر و ۱۱۹ گیاه *Halocnemum Strobilaceum* وجود دارد که موقعیت آن‌ها ثبت شد. با توجه به تابع $g(r)$ مقدار تابع در فاصله‌های صفر تا ۵۰ متر نشان داد که الگوی مکانی گیاه *Halocnemum* و نبکاها به صورت پراکنده و نامنظم است و معنی‌داری این توزیع در فاصله‌های صفر تا ۸ متر در سطح ۰/۰۵ تأیید شده است. زیرا در این فاصله‌ها مقدار تابع بیرون از حدود مونت‌کارلو (۱۰) قرار دارد (شکل ۶). همچنین نتایج نشان داد که حضور گیاه و نبکا بر یکدیگر تأثیر مثبت دارد و اثرگذارند (شکل ۷).

www.SID.ir

Archive of SID



شکل ۶. نمودار الگوی پراکنش *Halocnemum Strobilaceum* و نبکاهای موجود با استفاده از تابع g(r) خط مشکی بیانگر تغییرات توزیع نبکا و گیاه، خطوط خاکستری محدوده توزیع تصادفی با استفاده از آزمون مونت کارلو است و خط چین نشان دهندهٔ مقدار پیش فرض در تابع g (۱۰)



شکل ۷. نمودار تابع g دومتغیره، روابط متقابل بین *Halocnemum Strobilaceum* و نبکاها. خط مشکی بیانگر تغییرات تابع g دومتغیره، خطوط خاکستری محدوده توزیع تصادفی با استفاده از آزمون مونت کارلو است و خط‌چین نشان دهنده مقدار پیش فرض در تابع (۱۰)

نتایج تحلیل تابع همبستگی نشان‌دار در بررسی اثر عوامل مختلف بر الگوی پراکنش نبکاها در منطقه موردمطالعه و در دشت آق‌قلا نشان داد که pH، EC، OM، SAR، ESP و کج‌شدگی رسوبات تپه‌ی ماسه‌ای نبکا بر کنار هم قرار گرفتن و همبستگی الگوی مکانی نبکاها تأثیر می‌گذارند. به‌عبارتی حدود تابع در بررسی اثر ویژگی‌های خاک بر الگوی پراکنش رخساره نبکا بیشتر از میانگین (یعنی مقدار عددی یک) است. از طرفی طول و عرض نبکا، میانگین قطر و جورشدگی رسوبات نبکاها بر پراکنش مکانی نبکاها تأثیر معنی‌داری نداشتند یعنی نمودار تابع این متغیرها، خط میانگین را قطع کرده و حول آن چرخش داشته است (شکل ۸).

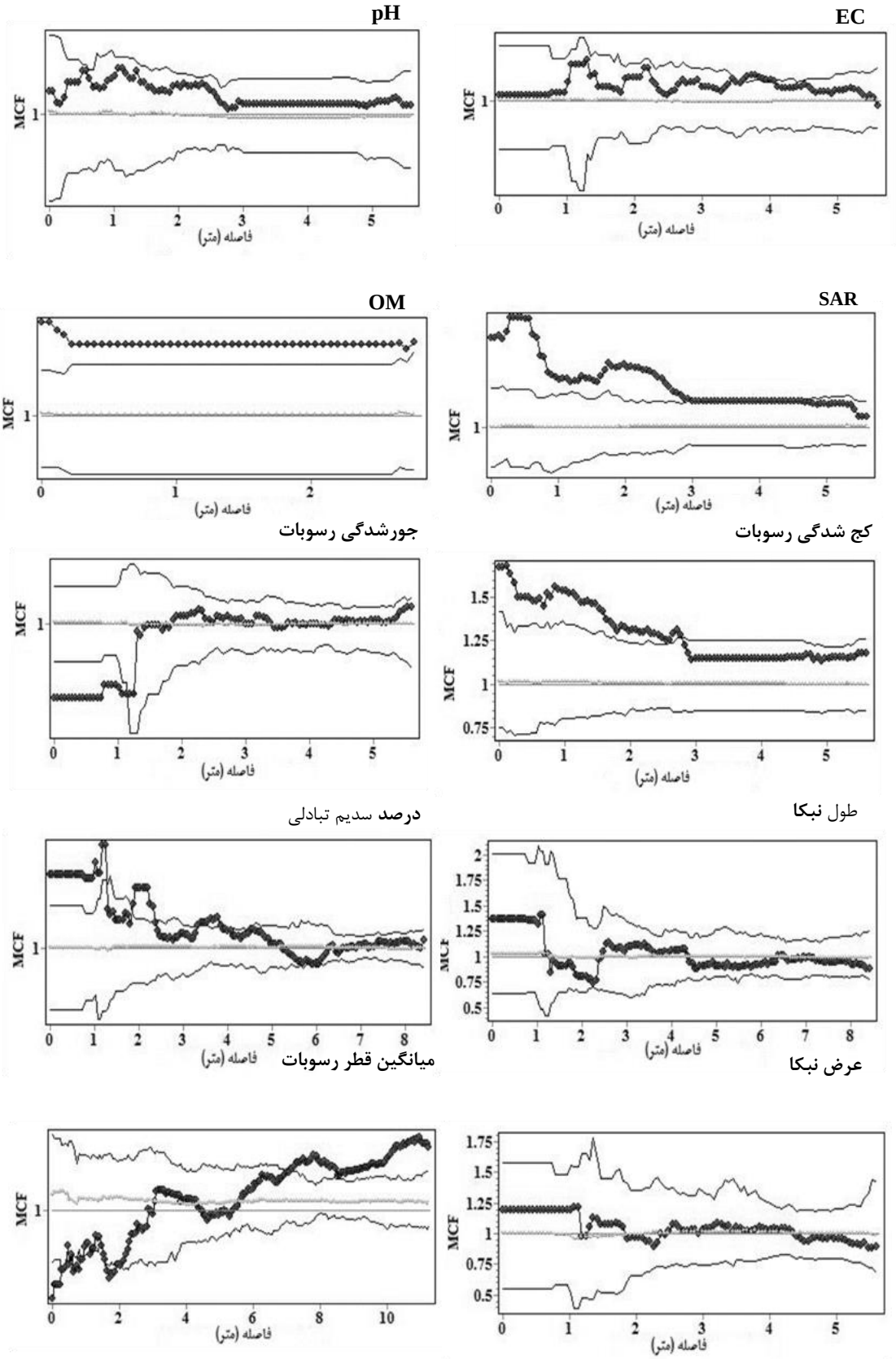
تأثیر هر کدام از متغیرهای مورد بررسی بر الگوی پراکنش مکانی نبکاها با استفاده از تابع همبستگی نشان‌دار بررسی شد (جدول ۱).

جدول ۱. متغیرهای مورد بررسی و نوع اثر آن‌ها بر الگوی پراکنش مکانی نبکاها در منطقه مورد مطالعه

متغیر	میانگین	تأثیر
EC (dS/m)	۱۴	تأثیرگذاری مثبت
pH	۶/۷۹	تأثیرگذاری مثبت
OM (%)	۳/۳	تأثیرگذاری مثبت
SAR $(cmol^{-1})^{0.5}$	۲۳/۳۴	تأثیرگذاری مثبت
ESP (%)	۲۵/۴۹	تأثیرگذاری مثبت
طول نبکا (متر)	۲/۳	بدون تأثیر
عرض نبکا (متر)	۱/۵۵	بدون تأثیر
میانگین قطر رسوبات (µm)	۳۱۹/۷۱	بدون تأثیر
جورشدگی (µm)	۱/۷۲	بدون تأثیر
کج‌شدگی (µm)	۰/۲	تأثیرگذاری مثبت

www.SID.ir

Archive of SID



شکل ۸. نمودار تابع همبستگی نشان‌دار در بررسی اثر عوامل مختلف بر پراکنش مکانی نبکا. خط مشکی بیانگر تغییرات تابع همبستگی نشان‌دار، خطوط خاکستری محدوده توزیع تصادفی با استفاده از آزمون مونت کارلو است و خط چین (خط ۱، افقی) نشان دهنده مقدار پیش فرض در تابع (۱۰).

www.SID.ir

Archive of SID

■ بحث و نتیجه‌گیری

الگوی مکانی هر متغیر تصادفی از جمله گیاه و نبکا در یک منطقه را می‌توان با استفاده از فرایندهای نقطه‌ای تحلیل کرد و با استفاده از آن، فرایندهای بوم-شناختی نهفته در پراکنش مکانی آن‌ها را شناسایی نمود (۱۳). بنابراین آگاهی از نوع ارتباط بوم‌شناختی گیاهان و تأثیر متقابل آن‌ها بر یکدیگر ضروری است تا با این آگاهی، امکان مدیریت بهینه گیاهان امکان‌پذیر گردد. پژوهش حاضر با هدف ارزیابی کنش‌های متقابل گیاهان و نبکاها به‌منظور درک بهتر بوم‌شناسی این متغیرها و آگاهی از نقش گیاه در به دام‌اندازی رسوبات در منطقه حمل فرسایش بادی و تشکیل نبکا در بخشی از دشت آق‌قلا در استان گلستان انجام شد.

به‌منظور دستیابی به این هدف، از روش‌های تحلیل الگوی نقطه‌ای مکانی استفاده شد تا ارتباط متقابل بین گیاهان و نبکاها و تأثیرگذاری و تأثیرپذیری آن‌ها بر یکدیگر، از جنبه‌های مختلف مورد تحلیل آماری قرار گیرد. همچنین تأثیر عوامل محیطی مختلف بر شکل-گیری نبکاها با استفاده از تابع همبستگی نشان‌دار مورد بررسی قرار گرفت.

با توجه به اینکه الگوی پراکنش عوارض نقطه‌ای با توجه به نوع عارضه و شرایط محیطی تحت تأثیر آن، متفاوت بوده و یک الگوی پراکنش را نمی‌توان به پراکنش سایر عوارض در مکان‌های متفاوت نسبت داد، در این بخش نتایج آنالیز مکانی الگوی پراکنش نبکاها و گیاهان کمتر با دیگر پژوهش‌های مکانی انجام‌شده تطابق یافته است. ارتباط مکانی بین گیاهان و نبکاها با استفاده از تابع دومتغیره g (شکل ۶) نشان داد که گیاهان و نبکاها در کلیه مقیاس‌های فاصله‌ای مورد مطالعه خارج از محدوده مونت‌کارلو قرار داشتند. نتایج تابع مکانی همبتگی جفتی تک متغیره نشان داد که الگوی پراکنش گیاه *Halocnemum Strobilaceum* در فاصله های بین ۰ تا ۲۳ متر پراکنده و نامنظم بود. این بدین معناست که گیاهان برای شکل‌گیری دارای رقابت خاصی با یکدیگر نمی‌باشند. علاوه بر آن، الگوی مکانی نبکاها نیز در فاصله‌های بین ۰ تا ۲۳ متر به صورت پراکنده است. همچنین نتایج تابع دو متغیره g(r) در فاصله های بین صفر تا ۵۰ متر تایید کرد که گیاه و نبکا ارتباط متقابل مثبتی با یکدیگر دارند و بر شکل-گیری و پراکنش یکدیگر تأثیر مستقیم می‌گذارند.

به عبارتی روابط متقابل بین گیاه *Halocnemum Strobilaceum* و نبکاها در تمامی مقیاس‌های فاصله‌ای، با یکدیگر مثبت است و در کنار یکدیگر تجمع پیدا کردند و گیاه و نبکا بر همدیگر تأثیرگذار و از همدیگر تأثیرپذیر هستند. با توجه به اینکه در طبیعت ابتدا گیاه مستقر شده و بعد از تجمع رسوبات در پای گیاه، نبکا تشکیل می‌شود، بنابراین گیاه بر روی پراکنش نبکا تأثیر مستقیم دارد. همچنین با توجه به نقش نبکا در نگهداری پوشش گیاهی و ایجاد شرایط مناسب برای استقرار سایر گیاهان در اطراف خود با گیاهان نیز دارای ارتباط متقابل و مثبت می‌باشد که تابع بررسی شده نیز این مهم را تایید می‌کند.

علاوه بر این، مقدار تابع در همه فاصله‌ها نشان‌دهنده ارتباط متقابل مثبت بین گیاه و نبکا بوده و به لحاظ آماری و در سطح ۰/۰۵ معنی‌دار بوده است. تابع G با توجه به اینکه حساسیت بالایی در نشان دادن الگوی مکانی دارد، حاکی از آنست که الگوی پراکنش گیاهان و نبکاها تا فاصله ۸ متر از یکدیگر به‌صورت پراکنده می‌باشد. این مهم نشان می‌دهد در این منطقه پراکنش نبکا و گیاه به عوامل خاصی ارتباط نداشته و هر گیاه توانسته آزادانه در هر موقعیتی رشد کند و با تجمع رسوبات منجر به تشکیل نبکا شود. به عبارتی این محدوده دارای شرایط یکسانی برای رشد گیاه در تمامی فواصل می‌باشد.

از تابع g_{22} - g_{11} جهت تعیین میزان تراکم الگوی مکانی نبکاها در یک منطقه در مقایسه با تراکم الگوی مکانی گیاهان استفاده می‌شود؛ به‌عنوان مثال الگوی مکانی نبکاها می‌تواند کپه‌ای‌تر از الگوی مکانی گیاهان در یک منطقه باشد. همچنین به‌منظور ارزیابی میزان تراکم نبکاها اطراف خودشان در مقایسه با میزان تراکم آن‌ها در اطراف گیاهان از تابع $g_{12} - g_{11}$ استفاده می‌شود؛ بدین معنی که تراکم نبکاها اطراف خودشان بیشتر است یا اطراف گیاهان (۶). نتایج توابع G دو

www.SID.ir

Archive of SID

متغیره نیز نشان داد که گیاهان و نبکاها در تمامی فواصل با هم دارای رابطه متقابل مثبت می‌باشند؛ بدین معنی که حضور یکی از این دو عامل می‌تواند باعث پراکنش بیشتر دیگری شود. با توجه به اینکه با رشد گیاه و تجمع رسوبات، رخسارهٔ نبکا پدیدار می‌شود، تأثیرگذاری مثبت آن‌ها امری طبیعی و حائز اهمیت است و برعکس آن نیز با تشکیل نبکا، شرایط برای استقرار سایر گونه‌ها در محیط فراهم شده و از این نظر رخساره نبکا اثر مثبتی در اصلاح و احیای مناطق خشک و نیمه خشک دارد.

نتایج تحلیل تابع همبستگی نشان‌دار حاکی از آنست که EC و pH به‌عنوان ویژگی‌های مهم شیمیایی خاک می‌توانند بر پراکنش نبکاها در فاصله‌های نزدیک‌تر اثر گذار باشد. EC و pH خاک دارای ارتباط متقابل مثبت با مکان‌های دارای نبکا است و در جاهایی که EC و pH خاک بیشتر بود، تراکم نبکاها افزایش یافت. مقدار EC و pH بر تشکیل و اندازه رخساره نبکا تأثیرگذار می‌باشند (۲۴)، در پژوهش حاضر نیز مشخص گردید که این متغیرها بر الگوی پراکنش نبکاها نیز تأثیر معنی‌داری دارند.

نتایج نشان داد که ماده آلی به‌عنوان یک ویژگی کمّی در منطقه موردمطالعه می‌تواند بر نحوه استقرار و همبستگی مکانی نبکاها تأثیر بگذارد. ماده آلی بر تشکیل و توسعه رخساره نبکا مؤثر است (۹)، در پژوهش حاضر نیز نشان داده شد که هر چه مقدار ماده آلی زیادتر باشد، با تأثیری که بر رشد گونه گیاهی دارد می‌تواند بر الگوی پراکنش مکانی نبکا نیز اثرگذار باشد. همچنین SAR و ESP خاک بر کنار هم قرار گرفتن نبکاها تا فاصله ۵ متر، تأثیر دارند. SAR و ESP در مکان‌های دارای نبکا دارای ارتباط متقابل مثبت با مکان‌های نبکا می‌باشند. مقدار SAR و ESP بر تشکیل و اندازه رخساره نبکا تأثیرگذار می‌باشند (۲۴)، در پژوهش حاضر نیز مشخص گردید که این خصوصیات شیمیایی خاک بر الگوی پراکنش مکانی نبکاها تأثیر معنی‌داری دارند.

نتایج نشان داد که طول و عرض نبکا به‌عنوان ویژگی‌های مورفومتری نبکاها در منطقه موردمطالعه نمی‌توانند بر نحوه استقرار و همبستگی مکانی نبکاها تأثیر بگذارد. با توجه به جهت شکل‌گیری نبکاها، و با توجه به الگوی پراکنش نبکاها در شمال آق‌قلا، که پراکنده هستند و بیانگر این است که شرایط یکسانی در سطح منطقه وجود دارد، طول و عرض نبکاها نیز دارای اختلاف زیادی نبودند و بیشتر نبکاهای موجود دایره‌ای شکل بودند. این مهم نیز الگوی پراکنش پراکنده و وجود شرایط یکسان در منطقه را اثبات می‌کند. بنابراین طول و عرض نبکاها به‌دلیل تفاوت اندک، در الگوی پراکنش نبکاها تأثیر معنی‌داری نداشتند. تابع همبستگی نشان‌دار حاکی از آن است که میانگین قطر و جورشدگی رسوبات نمی‌توانند بر کنار هم قرار گرفتن نبکاها در فاصله‌های مختلف تأثیر بگذارند. ولی نتایج این تابع بیانگر ارتباط متقابل مثبت بین کج‌شدگی رسوبات با پراکنش نبکا می‌باشد و هر چه کج‌شدگی رسوبات نبکاها بیشتر باشد یا تقارن رسوبات به سمت ذرات ریزدانه باشد، پراکنش نقاط کپه‌ای‌تر می‌باشد. به عبارتی هر چه مسیر حمل رسوبات بیشتر باشد، به پراکنش مکانی کپه‌ای‌تر نبکاها منجر می‌شوند. نتایج پژوهش حاضر نیز نشان داد که الگوی پراکنش نبکاها به پراکنش گیاهان و شرایط محیطی بستگی دارد و به عنوان شاخصی در توجه به حفظ و مدیریت پوشش گیاهی محسوب می‌شود که در چند کیلومتری شهر گرگان در استان گلستان، در یک محدوده ۲۸ هکتاری تراکم نبکا ۱۱/۵ عدد در هکتار می‌باشد.

با توجه به نتایجی که در خصوص تحلیل مکانی نبکاها و گیاهان به دست آمد، عوامل تأثیرگذار بر پراکنش رخساره نبکا می‌توان چنین استنباط کرد که در این منطقه گیاهان و نبکاهای تشکیل‌شده در فواصل مختلف بر یکدیگر تأثیر می‌گذارند. الگوی پراکنش نبکاها تحت تأثیر عوامل مختلف، پراکنده و تصادفی تشخیص داده شد که نشان می‌دهد در این منطقه منابع غذایی، آبی و ... به گونه‌ای است که گیاهان نیز برای دسترسی به نیاز خود تحت تأثیر رقابت قرار نداشته باشند و در فواصل مختلف از یکدیگر بدون هیچ نظمی قرار بگیرند. به نظر می‌رسد برای مدیریت اراضی

www.SID.ir

Archive of SID

در مناطق بیابانی، الگوی پراکنش یکنواخت مناسب‌تر از سایر الگوها است. به این دلیل که در رخدادی مانند نبکا که تشکیل آن در منطقه حمل فرسایش بادی است، می‌تواند با پوشش کامل یک منطقه درصد قابل توجهی از ماسه‌های روان و رسوبات ریزدانه‌تر را به دام اندازد. اما در عمل، این الگوی پراکنش کمتر رخ می‌دهد و گیاهان به جهت دسترسی به منابع غذایی، الگوی پراکنش کپه‌ای را ترجیح می‌دهند. زیرا پراکنش منابع غذایی در طبیعت یکنواخت نیست و همچنین بسته به نوع گونهٔ گیاهی، امکان رقابت و یا همزیستی آن‌ها متفاوت است. نتایج به وضوح بیانگر اهمیت گیاهان در کنترل و کاهش فرسایش بادی در منطقه می‌باشد که با عملکرد خود در تثبیت ماسه‌های روان و ایجاد نبکا نقش مؤثری در کاهش گرد و غبار دارد و از آثار مخرب این فرسایش می‌کاهد. لذا استفاده از گیاهان مناسب با شرایط محیطی هر منطقه در کاهش میزان فرسایش بادی توصیه می‌گردد. همچنین کاربرد آمار مکانی در بررسی الگوی مکانی، به‌عنوان یک کلید راهنما برای مدیریت منابع طبیعی در بوم‌نظام‌های بیابانی برای کنترل و کاهش فرسایش بادی قابل استفاده می‌باشد.

■ سپاسگزاری

پژوهش حاضر با اعتبار پژوهشی دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان با شماره شناسه ۹۴-۳۵۴-۹۵ انجام شده است که بدینوسیله مراتب قدردانی از معاونت پژوهشی و فناوری دانشگاه به عمل می‌آید.

■ References

1. Alavi, J., Zahedi Amiri, G., Nouri, Z., & Marvi Mohajer, M. R. (2014). Application of Ripley's K-function in detecting spatial pattern of Wych Elm species in Khayroud forests, North of Iran. *Wood and Forest Science*, 20(4), 21-39 (In Farsi).
2. Alinezhad, M., Hosseinalizadeh, M., Ownegh, M., & Mohammadian Behbahani. A. (2017). Geomorpho-Pedological Analysis of Nebka Landscape in Sufikam Plain, Golestan Province. *Desert Ecosystems Engineering Journal*, 6(16), 59-70 (In Farsi).
3. Arekhi, s. (1999). An investigation on traditional utilization of Gomishan rangeland and its role range improvement. Master's Thesis, University of Tehran: Tehran (In Farsi).
4. Asadi, M. (2001). Flora of IRAN. TEHRAN: Research institute of forests and rangelands.
5. Burns, S. L., Goya, J. F., Arturi, M. F., Yapura, P. F., & Perez, C. A. (2013). Stand dynamics, spatial pattern and site quality in Austrocedrus chilensis forests in Patagonia, Argentina. *Forest Systems*, 22, 170-178.
6. Castilla, A., Wiegand, T., Alonso, C., & Herrera, C. M. (2012). Disturbance-depended spatial distribution of sexes in a gynodioecious understory shrup. *Basic and Applied Ecology*, 13, 405 -413.
7. Churchill, D., Larson, A., Dahlgreen, M., Franklin, J., Hessburg, P., & Luts, J. (2013). Restoring forest resilience: from reference spatial patterns to silvicultural prescriptions and monitoring. *Forest Ecology and Management*, 291, 442-457.
8. Dale, M. T., Dixon. P., Fortin, M., Legendre, P., Myers, D., & Rosenberg, M. (2002). Conceptual and mathematical relationships among methods for spatial analysis. *Ecography*, 25, 558-577.

www.SID.ir

Archive of SID

9. Emantalab, N., Mosleharani, A., Ekhtesasi, M, R., Azimzadeh, H, R., & Sepahvand, A. (2013). Study some environmental effects Nebkas of species *Capparis decidua* In Jask area. *Environmental research*, 8, 131-138 (In Farsi).

10. Erfanifard, Y., & Beyranvand, F. (2015). Evaluation of Interspecific Interaction of (Dalbergia sissoo Roxb.) in the Khuzestan Province. *Applied Ecology*, 5(15), 15-25 (In Farsi).

11. Erfanifard, Y., Zare, L., & Feghhi, J. (2014). Application of nearest neighbour indices in Persian oak (Quercus brantii var. persica) coppice stands of Zagros forests. *Applied Ecology*, 2(5), 15-25 (In Farsi).

12. Ferrante, D., Oliva, G. E., & Fernandez, R. J. (2014). Soil water dynamics, root systems, and plant responses in a semiarid grassland of Southern Patagonia. *Arid Environments*, 104, 52-58.

13. Genet, A., Grabarnik, P., Sekretenko, O., & Pothier, D. (2014). Incorporating the mechanisms underlying inter-tree competition into a random point process model to improve spatial tree pattern analysis in forestry. *Ecological Modelling*, 288, 143-154.

14. Getzin, S., Wiegand, K., Schumacher, J., & Gougeon, F. A. (2008). Scale-dependent competition at the stand level assessed from crown areas. *Forest Ecology and Management,* 255, 2478-2485.

15. Getzin, S., Worbes, M., Wiegand, T., & Wiegand, K. (2011). Size dominance regulates tree spacing more than competition within height classes in tropical Cameroon. *Tropical Ecology*, 27, 93-102.

16. Illian, J., Penttinen, A., Stoyan, H., & Stoyan, D. (2008). Statistical analysis and modelling of spatial point patterns. England: John Wiley & Sons Ltd.

17. Maghsoudi, M., Negahban, S., Bagheri said-Shokeri, S., & Chezgheh, S. (2012). Comparative and Analysis of Nebkas Geomorphologic Features Four Plant Species in West of Lut (East of Shahdad - Takab Plain). *Physical Geography Research Quartery*, 79, 55-76 (In Farsi).

18. Ownegh, M., & Nohtani, M. (2004). Relationship between geomorphologic units and erosion and sediment yield in the kashidar watershed Gorganrud. *Agricultural Sciences and Natural Resources*, 11(1), 157-170 (In Farsi).

19. Pansu, M., & Gautheyrou, J. (2006). Handbook of Soil Analysis, Mineralogical, Organic and Inorganic Methods. New York: Springer.

20. Sabeti, Sh. (2007). The Study of Wind erosion mechanism and effect on the risk of desertification in the plains of the north of Aghghla (Golestan province). Master's Thesis, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources: Gorgan (In Farsi).

21. USDA Soil Survey Staff. (1972). Soil Survey Laboratory Methods and Procedures for Collecting Soil Sampels. *Report No*.1

22. Vali. A., & Purkhosravani, M. (2009). Comparison analysis Communication between Nebka morphometric components and Plant morphology Species *Reaumuria turkestanica*, *Tamarix mascatensis* and *Alhagi mannifera* in Kheir Abad Sirjan. *Geography and Environmental Planning*, 3, 119-134 (In Farsi).

www.SID.ir

Archive of SID

23. Walkly, A., & Black, I. A. (1934). An examination of the degtjareff method for determining soil organic matter and a proposed modification of the chromic acid titration method. *Soil Science*, 37, 29-38.

24. Zamani, F., Mosleharani, A., & Jafari, A. (2013). Characterization of soil, nebkha Haloxylon (Haloxylonaphyllum) and Qara Dagh (Nitrariaschoberi) (Case Study Nebkas of plain Segzi). *3rd national conference on wind erosion and dust storms*, Yazd (In Farsi)

.

www.SID.ir

Archive of SID
No. 12, Autumn & Winter, 2019, pp 19-32

Desert Management
www.isadmc.ir

Iranian Scientific Association of Desert Management and Control

Spatial Pattern Analysis of *Halocnemum Strobilaceum* (Nebkas) Using G Function (Case Study: Aq-Qala Plain, Golestan Province, Iran)

M. Hosseinalizade[1*], M. Alinejad[2], N. Kariminejad[3], A. Mohammadian behbahani[1]

1. Assistant Professor, Department of Watershed and Arid Lands Management, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources, Gorgan, Iran.
2. M.Sc, Arid Lands, Young Researchers Club, Gorgan Branch, Islamic Azad University, Gorgan, Iran.
3. Phd Student, Arid Lands Management, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources, Gorgan, Iran.

* Corresponding Author: mhalizadeh@gau.ac.ir

Received date: 15/05/2018 **Accepted date: 15/09/2018**

Abstract

Understanding of distribution of plants and analyzing their spatial pattern reveal the interactions of plants and environment. Nebka as an indicator phenomenon of plant-sediment interaction, plays an important role in protecting of vegetation and sand stabilization. The aim of the present study was to evaluate the interaction of Nebka and plant based on a field study, measuring the morphometric parameters, and precise point positioning. Therefore, 322 Nebkas and 119 plants were determined in the northern region of Aq-Qala, Golestan province. In order to investigate and determine the spatial pattern and interactions of Nebkas and plants, and impact of soil parameters on their distribution pattern, univariate and bivariate functions including g and mark correlation functions were used. The pair correlation function showed that spatial pattern of plant at distance of less than 23 m was irregular. This means there is no competition between plants at distance of less than 23 m. Furthermore spatial pattern of Nebka was irregular at distance of less than 23 m. Bivariate g function at distances less than 50 m indicated positive correlation between plant and Nebka. Therefore, all plants and Nebkas have a positive impact on formation and distribution of each other. Results of the MCF function with 95% probability showed that soil properties such as EC, pH, OM, SAR, and skewness of Nebka sediments influence the Nebka's pattern in the study area.

Keywords: R application; spatial pattern; G function; marked correlation function; wind erosion

www.SID.ir