پژوهش‌های جغرافیای طبیعی، دورهٔ ۵۰، شمارهٔ ۴، زمستان ۱۳۹۷
ص ۷۱۲- ۶۹۷

بررسی الگوی پراکنش مکانی نبکا (مطالعهٔ موردی: دشت صوفیکم، استان گلستان)

محمد علی‌نژاد- کارشناس ارشد مدیریت مناطق بیابانی، باشگاه پژوهشگران جوان و نخبگان، واحد گرگان، دانشگاه آزاد اسلامی، گرگان، ایران
محسن حسین‌علی‌زاده* - استادیار گروه آبخیزداری و مدیریت مناطق بیابانی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان
مجید اونق- استاد گروه آبخیزداری و مدیریت مناطق بیابانی دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان
علی محمدیان بهبهانی- استادیار گروه آبخیزداری و مدیریت مناطق بیابانی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان

تاریخ دریافت: ۱۳۹۷/۲/۲۸ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۷/۶/۶

چکیده

نبکا نقش‌های متعددی در پایداری اکوسیستم‌های مناطق خشک و فراخشک دارد؛ مهم‌ترین نقش آن حفظ پوشش گیاهی و تثبیت ماسه‌های روان است. تحقیق حاضر بر اساس روش میدانی شمارش ۱۴۷ نبکا در دشت صوفیکم استان گلستان انجام شده است. به‌منظور بررسی تعیین نوع الگوی پراکنش نبکاها و عوامل تأثیرگذار در پراکنش مکانی آن‌ها، خصوصیات مورفومتریک نبکاها (طول، عرض، و ارتفاع نبکاها) در عرصه تعیین شد و موقعیت مکانی آن‌ها ثبت گردید. همچنین، برای تعیین خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک از رأس نبکاها خاک نمونه‌بردار شد و سپس تحلیل مکانی نبکاها با استفاده از توابع k رایبلی، g تک‌متغیره، و تابع همبستگی نشان‌دار انجام شد. پراکنش مکانی نبکاها در فاصله‌های بین ۰ تا ۵۰ متر به‌صورت کپه‌ای تعیین شد. همچنین، تحلیل تابع همبستگی نشان‌دار با احتمال ۹۵درصد و در سطح ۵درصد برای پارامترهای طول نبکا، کج‌شدگی رسوبات، اسیدیته، و مادهٔ آلی خاک نبکاها بیانگر تأثیر این عوامل در الگوی پراکنش بود و سایر پارامترهای مورد مطالعه تأثیری نداشتند. با توجه به نقش مثبت نبکا در کاهش اثر فرسایش بادی، بررسی پراکنش مکانی و عوامل مؤثر در پراکنش و توسعهٔ نبکاها و ضرورت آگاهی از فرایندهای طبیعی آن‌ها می‌تواند در مدیریت بهتر به‌منظور کاهش میزان فرسایش بادی کاربردی باشد.

کلیدواژگان: آمار مکانی، استان گلستان، تابع همبستگی نشان‌دار، دشت صوفیکم، نبکا.

مقدمه

نبکا عارضه‌ای حاصل از برهم‌کنش فرایند فرسایش بادی، رطوبت منطقه، و پوشش گیاهی است. وجود گیاه در مسیر حمل فرسایش بادی به ایجاد مانع منجر می‌شود و باعث می‌گردد در پای گیاه رسوبات بادی تجمع کنند و به‌مرور زمان تله‌ای از ماسه با تاجی از پوشش گیاهی ایجاد شود که به آن نبکا یا تلماسهٔ گیاهی گفته می‌شود. نبکاها عموماً در سطوح هموار ایجاد می‌شوند که میزان ماسهٔ آن متوسط و سطح آب زیرزمینی آن زیاد یا رطوبت کافی برای رشد گیاه در آن فراهم باشد (احمدی، ۱۳۸۷: ۱۴۳). این رخساره گروهی از اشکال ناهمواری ترسیبی است که بر اثر تجمع رسوبات بادی در اطراف گیاهان شکل می‌گیرد و ایجاد و توسعهٔ آن‌ها متأثر از عوامل گوناگونی است. توسعهٔ چشم‌انداز نبکا می‌تواند عاملی باشد برای حفظ هماهنگی بین نیروهای عمل‌کنندهٔ زیست‌محیطی و کاهش آثار تخریبی ماسه‌های روان در سیستم‌های انسانی (یوسفی و همکاران، ۱۳۹۶: ۱). نبکاها از جمله چشم‌اندازهای نواحی خشک و نیمه‌خشک به‌شمار می‌روند و نقش مؤثری در بیابان‌زایی ایفا می‌کنند (ابراهیمی میمند، ۱۳۹۶: ۵۳۱).

* نویسندهٔ مسئول: ۰۹۳۹۰۹۹۴۹۴۸
E- mail: mhalizadeh@gau.ac.ir

با تشکیل نبکا، گیاه برای رشد و بقا از بارش اندک و رواناب سطحی محدود استفاده می‌کند. به عبارت دیگر، نبکا نوعی سازگاری با طبیعت در شرایط خشک بیابانی است (عظیم‌زاده و همکاران، ۱۳۹۲: ۵۳). از طرفی، نبکاها در تثبیت ماسه‌های متحرک در مناطق بیابانی و نیمه‌بیابانی اهمیت بسیار زیادی دارند و سکونتگاه‌ها و تأسیسات انسانی را تا حدودی از هجوم ماسه‌های بادی ایمن می‌کنند (نگارش و لطیفی، ۱۳۸۷: ۴۳). با توجه به اینکه نبکاها رخساره‌های ژئومورفولوژیک منطقهٔ حمل فرسایش بادی قلمداد می‌شوند، بررسی پراکنش فضایی و الگوی مکانی آن‌ها، همچنین عوامل تأثیرگذار در پراکنش آن‌ها می‌تواند از مهم‌ترین علائم و هشدارهای طبیعی فعالیت کانون‌های گردوغبار و حرکت ماسه‌های روان به‌شمار آید؛ به‌طوری‌که درک شناخت خصوصیات اکو- ژئومورفولوژیکی پیچیده در سیر تکامل چشم‌انداز نبکا می‌تواند در مدیریت تغییرات محیطی برای پیش‌بینی مراحل توالی بیابان‌زایی و تخریب اراضی بررسی آثار تغییر در نوع استفاده از اراضی و ایجاد و توسعهٔ شرایط تشکیل سیستم‌های پایدار مناطق خشک و نیمه‌خشک مؤثر واقع شود. جیانهویی و همکاران (۲۰۱۰: ۷۱۲) مکانیسم تشکیل، جانشینی، و توزیع فضایی نبکاهای شمال چین را با ویژگی‌های شکل، جریان هوای سطحی، وضعیت فرسایش و رسوب، ویژگی‌های فیزیولوژیکی پوشش گیاهی، و همچنین خاک منطقه بررسی و بیان کردند که برای حفظ و ترمیم محیط زیست مناطق خشک و نیمه‌خشک توسعهٔ نبکا نقش مهم و مثبتی دارد. جان گلیز و همکاران (۲۰۱۴: ۱۳۵)، با بررسی سرعت باد و انتقال رسوب در بادپناه پوشش گیاهی نبکا و نبکاهای بدون پوشش، به این نتیجه رسیدند که پوشش گیاهی نیمه‌متراکم در میزان بهبود بیشتر و تدریجی تشکیل پوشش گیاهی تأثیر می‌گذارد. همچنین، بازیابی حمل ماسه در بادپناه پوشش گیاهی نبکا سریع‌تر از شرایط بدون پوشش است. لو و همکاران (۲۰۱۶: ۱۲۶) به بررسی تأثیر مراحل رشد انواع گونه‌های گیاهی در مورفولوژی نبکاها در استپ‌های بیابانی چین پرداختند. بر اساس نتایج پژوهش آن‌ها، افزایش اندازهٔ نبکاها با افزایش تنوع گونهٔ گیاهی همراه است؛ ولی میزان تراکم در نبکاهای تکامل‌یافته کمتر است. آن‌ها همچنین بیان کردند که تنوع گونهٔ گیاهی در ناحیهٔ بین نبکاها در مقایسه با نبکاهای در حال رشد بسیار بیشتر است. کوتس و همکاران (۲۰۱۷: ۱) به تجزیه و تحلیل مکانی و زمانی و ظهور و گسترش نبکاها در اکوسیستم‌های صحرایی عربستان سعودی پرداختند؛ نتایج مطالعهٔ آن‌ها نشان داد که نبکاهای جدید بیشتر در اطراف نبکاهای قدیمی پیدایش داشته است؛ این می‌تواند به دلیل پراکندگی بذر گیاهان نبکاها و همگرایی رواناب در نزدیکی آن‌ها و همچنین نشان‌دهندهٔ رقابت غیرمنتظره در فاصلهٔ دورتر از نبکاها باشد. امینی و همکاران (۱۳۹۰: ۲۳۳) به تجزیه و تحلیل مکانی و فرم نبکاها به‌منظور بررسی فرسایش بادی و حفاظت خاک در منطقهٔ میانکاله و جنوب‌شرقی خزر پرداختند؛ نتایج آن‌ها نشان داد نبکاها در مناطقی با ارتفاع زیاد پایداری و استقرار کمتری دارند و میزان فرسایش بادی در این مناطق بیش از سایر مناطق است. مقصودی و همکاران (۱۳۹۱: ۵۵) نیز، با مقایسه و تحلیل ویژگی‌های ژئومورفولوژیکی نبکاهای چهار گونهٔ گیاهی در دشت تکاب، ارتفاع گونه را در اندازه و بزرگی نبکاها حائز اهمیت دانستند و بیان کردند بینِ ارتفاع گونه و اندازهٔ نبکا همبستگی بسیار زیادی وجود دارد. همچنین، زمانی و همکاران (۱۳۹۲: ۱)، با تحلیل خصوصیات خاک‌شناسی رسوبات نبکا در دشت سگزی اصفهان، نتیجه گرفتند که عواملی همچون اسیدیته، مقدار هدایت الکتریکی، مادهٔ آلی، و میزان سدیم خاک در تشکیل و توسعهٔ نبکا اثرگذارند. ایمان‌طلب و همکاران (۱۳۹۲) به بررسی برخی از آثار محیط زیستی نبکای گونهٔ کلیر در منطقهٔ جاسک پرداختند. آن‌ها با اندازه‌گیری خصوصیات فیزیکو- شیمیایی رسوبات نبکا و منطقهٔ مجاور همچنین حجم نبکاها نتیجه گرفتند مقدار مادهٔ آلی در خاک نبکا به‌طور معنی‌داری بیش از خاک بین نبکاهاست و مقدار هدایت الکتریکی و SAR در این دو محیط تفاوت معنی‌داری ندارد. ترنج‌زر و فتحی (۱۳۹۴: ۳۵) نقش گیاه بره‌تاغ[1] در تشکیل نبکا و رابطهٔ مورفومتری آن با ماسهٔ تجمع‌یافته

1. Halocnemum Strobilaceum

در اراضی ماسه‌ای حاشیهٔ کویر میغان اراک را مطالعه کردند. آن‌ها با اندازه‌گیری هر یک از پارامترهای طول، عرض، و ارتفاع نبکاها و تاج پوشش گیاهی بیان کردند که گونهٔ برەتاغ به‌طور میانگین قادر به تثبیت ۱۱۸٫۵۶ تن در هکتار است و با توجه به ابعاد نبکاهای تشکیل‌شده رقم درخور توجهی است و مانعِ فرسایش خاک می‌شود. همچنین، حجم نبکا با قطر تاج پوشش و مساحت تاج پوشش گیاه در سطح احتمال ۵درصد همبستگی معنی‌داری دارد و با ارتفاع گیاه در محدودهٔ مورد مطالعه رابطهٔ معنی‌داری وجود ندارد. ابراهیمی میمند و همکاران (۱۳۹۶: ۵۳۱) به تأثیر پوشش گیاهی بر پارامترهای رسوب‌شناسی و ژئومورفولوژیکی در نبکاهای شمال شهداد پرداختند؛ نتایج آن‌ها نشان داد که نوع پوشش گیاهی در پارامترهای ژئومورفولوژیکی بسیار مؤثر است و، با افزایش ارتفاع و انشعابات یک گیاه، نبکای تشکیل‌شده وسیع‌تر خواهد بود؛ ولی در پارامترهای رسوب‌شناسی تأثیر چندانی ندارد. یوسفی و همکاران (۱۳۹۶: ۳۵) به مقایسهٔ نبکاهای گونه‌های گیاهی خارشتر، اسپند، و سبد پاکوتاه برای تثبیت ماسه‌های روان در منطقهٔ صمدآباد شهرستان سرخس پرداختند. آن‌ها با بررسی مهم‌ترین مشخصه‌های مورفومتری ۱۲۰ نبکا نظیر ارتفاع، طول، و حجم نبکا و ارتفاع گیاه و محیط و حجم گیاه نتیجه گرفتند که گونهٔ اسپند و سبد پاکوتاه به‌ترتیب بیشترین و کمترین ارجحیت و بهره‌وری را در تثبیت ماسه‌های روان دارند.

اساساً در مطالعات کشاورزی و منابع طبیعی داده‌هایی بررسی و ارزیابی می‌شوند که مستقل از یکدیگر نیستند و نوعاً وابستگی آن‌ها ناشی از موقعیت و مکان قرارگرفتن آن‌ها در فضای مورد مطالعه است. این نوع داده‌ها داده‌های مکانی نامیده می‌شوند. از ویژگی عمدهٔ این داده‌ها نمایش هر داده با موقعیت آن و همبستگی مکانی این داده‌هاست. برخلاف آمار مکانی، که همبستگی ناشی از موقعیت و مکان قرارگرفتن داده‌ها در فضای مورد مطالعه را مد نظر قرار می‌دهد، در آمار کلاسیک معمولاً ترتیب و موقعیت مشاهداتی اهمیتی ندارد (گارسیا و همکاران، ۲۰۱۱: ۱۱۱۱). محل قرارگیری عوارض نقطه‌ای در یک منطقه با تعیین مختصات آن‌ها نسبت به یکدیگر به‌صورت یک سری نقاط یا الگو نشان داده می‌شود که به الگوی مکانی[1] موسوم است (جایارامان، ۲۰۰۰: ۲۵). به‌طورکلی، سه نوع الگوی مکانی اصلی در طبیعت وجود دارد که شامل الگوهای تصادفی، یکنواخت، و خوشه‌ای (کپه‌ای) است (لودوینگ و رینولدز، ۱۹۸۸: ۱۴۶). پراکنش تصادفی در یک جامعه بر یکنواختی محیط یا الگوهای رفتاری غیرانتخابی دلالت دارد (گاترل و همکاران، ۱۹۹۶: ۲۵۸). در پراکنش تصادفی، متغیر مورد مطالعه مستقل از هم قرار می‌گیرند و حضور یک عضو در پراکنش اعضای دیگر تأثیری ندارد. ساده‌ترین مدل تئوری برای الگوی پراکنش نقاط الگوی کاملاً تصادفی است (دیگل، ۲۰۰۳: ۳). در پراکنش یکنواخت، متغیر مورد نظر با فواصل منظم در کنار هم قرار می‌گیرد و نشان‌دهندهٔ فشار بر متغیر مورد مطالعه از سوی نیروهای عامل است (مارتینز و مارتینز، ۲۰۰۲: ۷۵۹). همچنین، در پراکنش خوشه‌ای[2] (کپه‌ای)، متغیرهای مورد مطالعه به‌صورت گروه‌هایی در کنار هم قرار می‌گیرند که این الگو می‌تواند به علت رفتار اجتماعی (تمایل در ایجاد گروه) و عدم تجانس (عدم یکنواختی) محیطی باشد (لودوینگ و رینولدز، ۱۹۸۸: ۸۵). الگوی مکانی عوارض در طبیعت مشخصهٔ مهمی در درک پویایی اکوسیستم است که در استقرار، رویش، رقابت، تجدید حیات، مرگ‌ومیر، استفاده از منابع توسط اشغال‌کنندگان عرصه، و سرانجام در توسعه و شرایط کلی طبیعت تأثیر می‌گذارد (اخوان و همکاران، ۱۳۸۹: ۳۲۴). همچنین، تحلیل الگوی مکانی عوارض نقطه‌ای در استفاده از منابع طبیعی اطلاعات مفیدی دربارهٔ تأثیر رقابت بر شرایط محیطی را به‌دست می‌دهد (اخوان و ثاقب طالبی، ۱۳۹۰: ۶۳۴). الگوهای مکانی ابزاری مناسب برای مدیریت بهینه در بسیاری از عرصه‌های خشک و نیمه‌خشک‌اند و معیار مهمی در شناخت تغییرات و پایش آن به‌شمار می‌آیند. درک توزیع مکانی نقاط مربوط به عوارض زمین در مناطق خشک و نیمه‌خشک و نحوهٔ شکل‌گیری آن‌ها بسیار دشوار است؛ زیرا عوامل پیچیده‌ای مانند وقوع تغییرات ناگهانی در این مناطق و

1. Spatial Pattern
2. Cluster

ناهمگنی‌های محیطی در آن دخالت دارد (چیپریتی و همکاران، ۲۰۱۴: ۷۷۸). با توجه به اینکه تعیین روابط بین متغیرها در مناطق خشک و نیمه‌خشک از اهمیت بسیار زیادی برخوردار است و تعیین الگوی مکانی در این مناطق باعث شناسایی روابط بین این متغیرها در این مناطق می‌شود، مطالعه و استفاده از روش‌های تحلیل الگوی نقطه‌ای، شناخت انواع آن‌ها، و همچنین اطلاعاتی که ارائه می‌دهند ضروری به‌نظر می‌رسد.

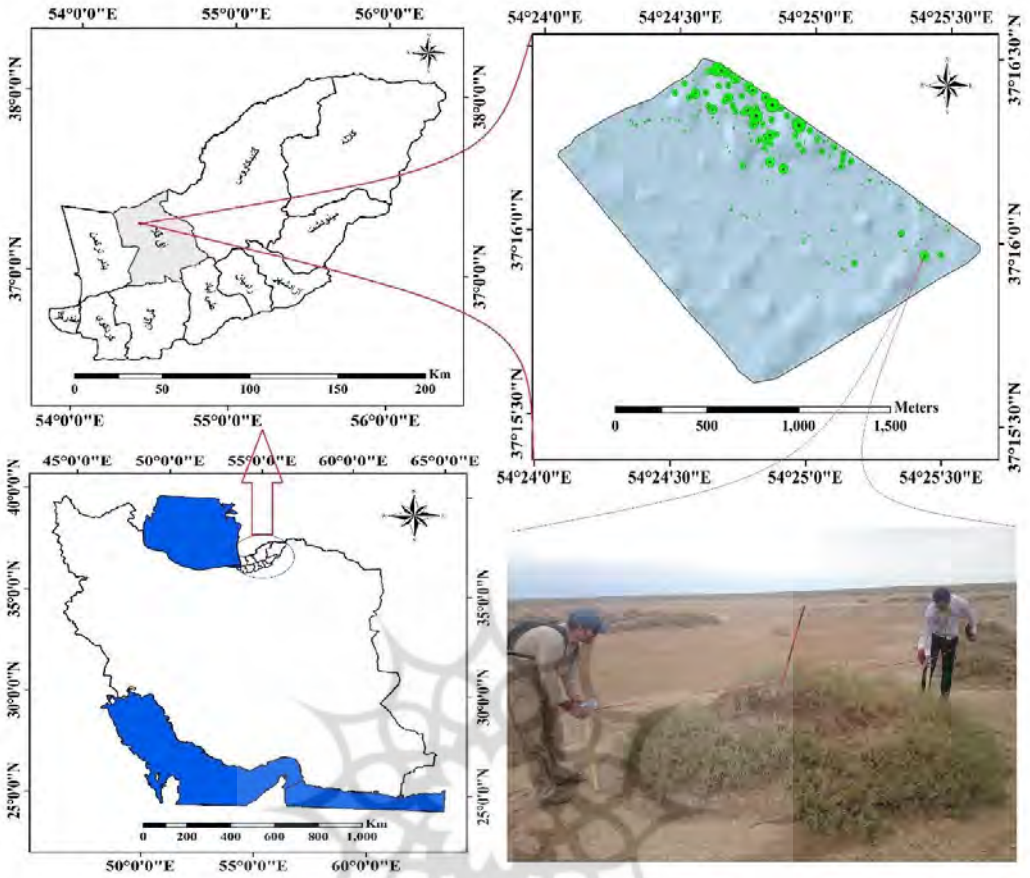
دشت صوفیکم در استان گلستان، با اقلیم نیمه‌خشک و بیابانی و بادهای گرم و خشک، همچنین خاک‌هایی با بافت ریزدانه و وجود طوفان‌های گردوغبار محلی، منطقه‌ای حساس در برابر فرسایش بادی است (هنردوست و همکاران، ۱۳۸۹: ۲). تپه‌های ماسه‌ای نبکا در این منطقه به‌دلیل عبور خط راه‌آهن، جادهٔ آق‌قلا- اینچه‌برون، اراضی کشاورزی، و مناطق روستایی تحت تأثیر خسارات فرسایش بادی حائز اهمیت‌اند و تا حدی مانعِ ورود گردوغبار و ماسه‌های روان می‌شوند (علی‌نژاد و همکاران، ۱۳۹۶: ۶۱). 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 ساکنان نزدیک به منطقه و اقتصاد مبتنی بر کشاورزی، نیازمند پژوهش و مطالعه است. تحقیقات اندکی دربارهٔ آنالیز مکانی رخسارهٔ نبکا در دشت صوفیکم انجام گرفته است. بنابراین، با توجه به اهمیتی که علم آمار مکانی در حصول اطلاعات مفید برای مدیریت بهتر در هر زمینه‌ای ارائه می‌کند، بررسی و آنالیز مکانی رخسارهٔ نبکا در دست‌یابی به اطلاعات مفید برای تصمیم‌گیری مدیریت بهترِ عرصه‌های منابع طبیعی درخور توجه است و در تحقیق حاضر به آن پرداخته خواهد شد.

مواد و روش‌ها

منطقهٔ مورد مطالعه

منطقهٔ مورد مطالعه به وسعت تقریبی ۱۹۵ هکتار در شمال‌غربی استان گلستان و در جنوب‌شرق دریای خزر بین عرض‌های جغرافیایی "۲۲ '۱۵ °۳۷ و "۲۹ '۱۶ °۳۷ شمالی و طول‌های جغرافیایی "۳۶ '۲۴ °۵۴ و "۳۹ '۲۵ °۵۴ شرقی واقع است. این منطقه از شمال به مرز مشترک ایران و ترکمنستان و در شرق به جادهٔ آق‌قلا- اینچه‌برون و دریاچهٔ آلاگل، از جنوب به سقرتپه و از غرب به کانال انتقال آب احداث‌شده توسط ادارهٔ منابع طبیعی محدود است (شکل ۱). سیمای عمومی منطقه به‌عنوان یک پهنهٔ فرسایش بادی هموار و مسطح و دارای دریاچه‌های فصلی شور و تپه‌های ماسه‌ای فسیل‌شده با فعالیت فصلی و ابعاد و تیپ‌های مختلف است و به‌طورکلی بیانگر محیطی شبه‌پلایایی با اراضی شور و قلیایی و ماندابی و مستعد برای فرسایش بادی و تشدید خطر بیابان‌زایی است (هنردوست، ۱۳۸۲: ۴۵). محدودهٔ مورد مطالعه تغییرات ارتفاعی زیادی نداشته و در مقیاس میکروتوپوگرافی ارتفاع منطقه دارای تغییرات جزئی (حداقل ۱۲- و حداکثر ۹- متر از سطح دریا) است. رسوبات کواترنر همهٔ منطقهٔ مورد مطالعه را پوشانده‌اند و در طی زمان‌های طولانی، بر اثر تغییر متناوب سطح دریای خزر و سیلاب‌های مکرر رودخانهٔ اترک و گرگان‌رود و همچنین طوفان‌های شدید بادی، در سرتاسر دشت صوفیکم این رسوبات گسترش یافته‌اند. نوع گونهٔ گیاهی نبکاها در محدودهٔ مطالعاتی هالکنموم[1] است؛ هالکنموم گیاهی است چندساله، متعلق به خانوادهٔ اسفناجیان[2]، و اولین تیپ گیاهی است که بعد از اتمام شوره‌زار در حاشیهٔ پلایا ظاهر می‌شود (شکل ۲). این گیاه با تاج نسبتاً وسیع نقش حفاظتی مهمی دارد و از حرکت نمک و خاک جلوگیری می‌کند و در نتیجه در مقابله با توسعهٔ بیابان و تخریب خاک بسیار مؤثر است (فتحی و همکاران، ۲۰۱۲: ۵۸۶).

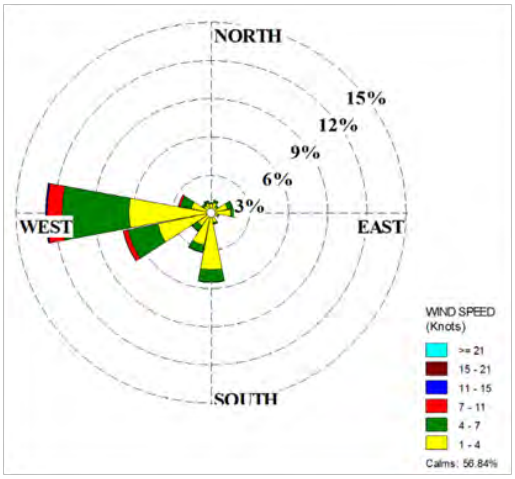
1. Halocnemum Strobilaceum
2. Chenopodiaceae



شکل ۱. نقشهٔ موقعیت دشت صوفیکم در استان گلستان و ایران

شکل ۲. عکس سیمای ظاهری نبکای تشکیل‌شده از گونهٔ هالکنموم در دشت صوفیکم (مهرماه ۱۳۹۶)

در طی فرایند رشد نبکاها، عواملی مانند فراوانی، تداوم باد غالب و سرعت باد، و وضعیت و شرایط انتقال رسوب می‌تواند تأثیرگذار باشد. بنابراین، با بررسی رژیم باد منطقهٔ (گلباد) و با استفاده از نرم‌افزار WRPLOT view و بررسی دورهٔ آماری سی‌سالهٔ آمار باد، ایستگاه هواشناسی هاشم‌آباد، به‌عنوان نزدیک‌ترین ایستگاه به محدودهٔ مورد مطالعه، انتخاب شد. جهتِ باد غالب در منطقه روند غربی- شرقی دارد (شکل ۳).



شکل ۳. گلباد سالانهٔ ایستگاه هاشم‌آباد، دورهٔ آماری ۱۹۸۴ـ ۲۰۱۴

روش تحقیق

پس از تعیین محدودهٔ مطالعاتی با استفاده از نرم‌افزار Google Earth Pro، نخست با بازدید میدانی از منطقه، همهٔ نبکاهای موجود در محدودهٔ موردمطالعه آماربرداری صددرصدی (سرشماری) شد. پارامترهای مورفومتری نبکاها- شامل ارتفاع، طول، و عرض همهٔ نبکاها- اندازه‌گیری و موقعیت مکانی آن‌ها به وسیلهٔ دستگاه GPS ثبت شد. برای برآورد حجم نبکاها از رابطهٔ ۱ استفاده شد (هسب و مکلاکلن، ۲۰۰۰: ۱۶۱).

$$V = \pi r^2 \times \frac{h}{3} \qquad (۱)$$

که در این رابطه $r = \frac{\text{عرض} + \text{طول}}{4}$، حجم نبکا =V، ۳٫۱۴= π ، و ارتفاع نبکا =h است.

در مجموع ۱۴۷ نبکا در منطقهٔ مطالعاتی ثبت و اندازه‌گیری شد. همچنین، نمونهٔ خاک از رأس نبکاها و عمق ۵-۰ سانتی‌متری تهیه و پس از انتقال نمونه‌ها به آزمایشگاه از الک ۲ میلی‌متری عبور داده شد. سپس، آزمایش‌های فیزیکو-شیمیایی مورد نیاز از جمله تعیین بافت خاک به روش هیدرومتری، دانه‌بندی (گرانولومتری) به روش ASTM[1]، اندازه‌گیری هدایت الکتریکی با استفاده از EC متر، اسیدیته با دستگاه pH متر، درصد کربن آلی خاک به روش والکی‌بلاک[2] (۱۹۳۴)، نسبت جذب سدیم به روش تیتراسیون و با استفاده از دستگاه فلیم فتومتر در آزمایشگاه بررسی شد. برای تعیین شاخص‌های مورفومتری نمونه‌ها (میانگین، جورشدگی، و کج‌شدگی) از نرم‌افزار GRADISTAT (بلات، ۲۰۰۰) استفاده شد که بر مبنای روابط فولک[3] (۱۹۷۴) استوار است. سپس، از نرم‌افزارهایی نظیر R (ایهاکا و جنتلمن، ۱۹۹۶) و Programit (تورستن، ۲۰۱۴) برای ایجاد پایگاه اطلاعاتی ویژگی‌های خاک، ابعاد نبکاها، پردازش داده‌ها، و تجزیه و تحلیل‌های آمار مکانی و تعیین الگوی پراکنش نبکاها استفاده شد. از آزمون خی‌دو[4]، توابع K رایپلی[5]، و G تک‌متغیره و همچنین تابع همبستگی نشان‌دار (MCF)[6] برای بررسی اثر عوامل مختلف در پراکنش فضایی نبکاها استفاده شد. نمودار جریانی مراحل تحقیق در شکل ۴ درج شده است. در آنالیز K رایپلی، نقاط با افزایش فاصله از یک

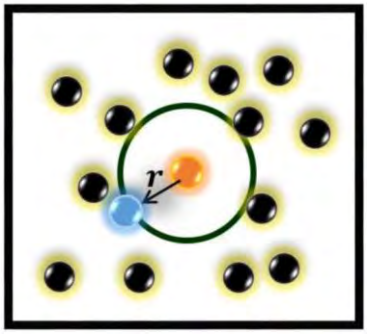
1. American Standard Test Mesh
2. Walkley-Black
3. Folk
4. Chi-squared
5. Ripley
6. Marked Correlation Function

نقطهٔ مرکزی شمارش می‌شوند. K رایپلی در واقع متوسط تراکم نقاط بر اساس تابعی از فاصلهٔ هر نقطه است (رایپلی، ۱۹۷۹: ۳۷۰). این روش مبتنی بر واریانس همهٔ فواصل نقطه به نقطه در یک فضای دوبُعدی است که این نوع آنالیز می‌تواند مقیاس‌های مختلف الگوی مکانی و وجود حالت تجمعی یا یکنواخت را تشخیص دهد. از تابع g برای تجزیه و تحلیل الگو در مقیاس‌های مختلف استفاده می‌شود. در این روش، با توجه به اینکه از تابع K مشتق گرفته می‌شود (رابطهٔ ۲)، تغییرات در فاصله‌های مکانی مختلف بهتر نشان داده می‌شود (شکل ۵). همچنین، این روش در مقایسه با تابع K حساسیت بیشتری به تغییرات الگوی مکانی در هر نقطه دارد (گتزین و ویگند، ۲۰۰۷: ۱۶۷).

$$g(r) = \frac{1}{2\pi r}\frac{dK(r)}{dr} \qquad (۲)$$

در حالت کاملاً تصادفی $g(r) = ۱$ و مقادیر کمتر از ۱ به الگوی مکانی یکنواخت و بیشتر از ۱ به کپه‌ای اشاره دارد.

شکل ۴. نمودار جریانی مراحل اجرای پژوهش در دشت صوفیکم



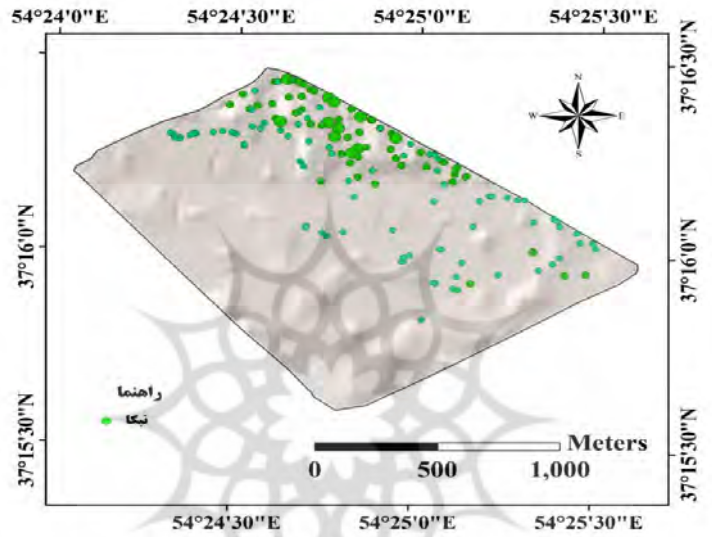
شکل ۵. نمودار تابع g تک‌متغیره در بررسی الگوی پراکنش نبکا

یافته‌های پژوهش

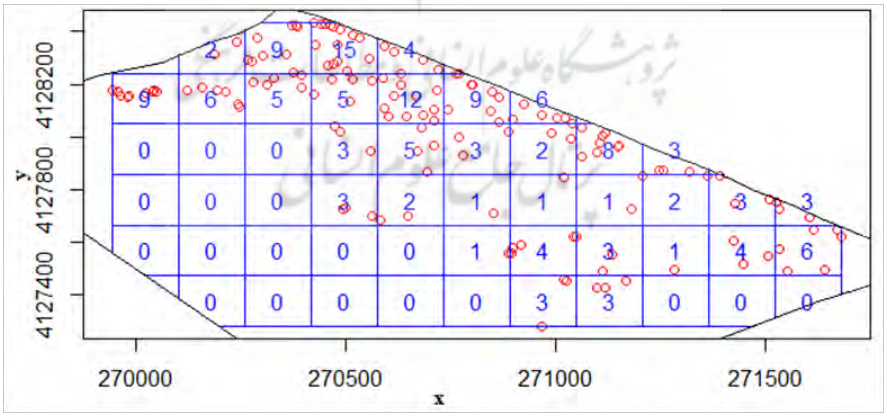
پراکنش نبکاها در منطقهٔ مورد مطالعه

بر اساس نتایج این پژوهش، پراکنش و تراکم نبکاها بیشتر در شمال و شمال‌غرب محدودهٔ مطالعاتی است و میزان تراکم آن‌ها تعداد ۰/۷۵ نبکا در هر هکتار است. موقعیت مکانی نبکاها در محدودهٔ مورد مطالعه در شکل ۶ درج شده است.

پراکنش فضایی شبکه‌ای نبکاها در منطقهٔ مورد مطالعه در شکل ۷ درج شده است. تعداد نبکاها در سلول‌هایی به ابعاد سلول (۱۹۰× ۱۵۵) متر نشان می‌دهد که حداکثر تعداد نبکای موجود در آن‌ها ۱۵ عدد و در شمال محدودهٔ مورد مطالعه واقع شده است. همچنین، متوسط فاصلهٔ نبکاها از یکدیگر در کل محدوده ۳۳ متر تعیین شد.



شکل ۶. نقشهٔ پراکنش نبکاها در دشت صوفیکم



شکل ۷. نقشهٔ فضایی شبکه‌ای نبکاها در محدودهٔ مورد مطالعه

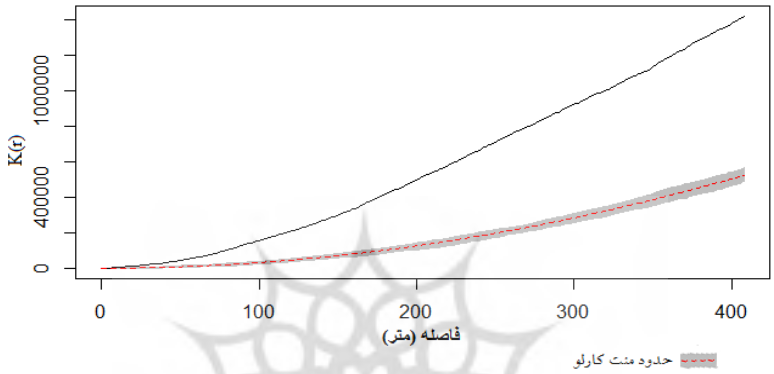
نتایج تابع k رایپلی

نتایج حاصل از آزمون خی‌دو نشان داد که مقدار p-Value برابر با $۲/۲ \times e^{-۱۶}$ است که کمتر از ۰/۰۵ است؛ این موضوع بیانگر آن است که نقاط دارای الگوی پراکنش تصادفی نیست. بنابراین، برای تشخیص دقیق الگوی پراکنش نبکاها از

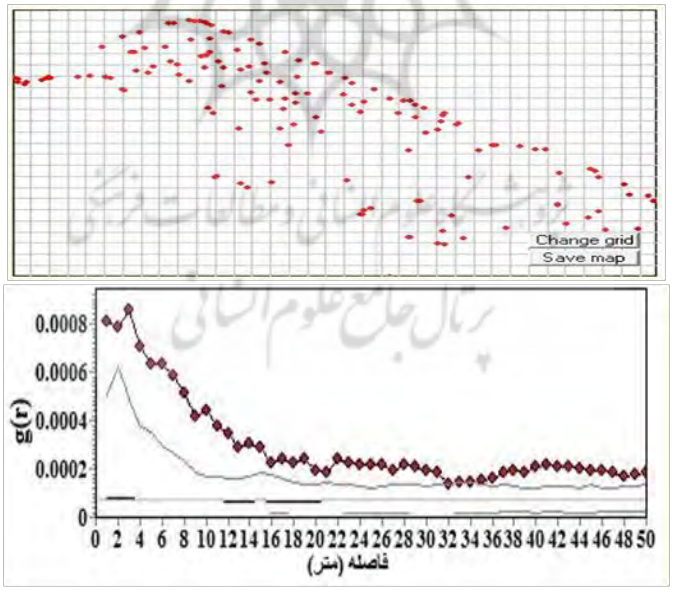
تابع k رایپلی استفاده شد. نمودار تابع $k(r)$ در بررسی الگوی مکانی نقاط نبکا نشان داد که مقدار تابع در همهٔ فواصل بیشتر از حدود مونت‌کارلو است و نبکاها دارای الگوی مکانی کپه‌ای است (شکل ۸).

نتایج تابع تک‌متغیره g(r)

نمودار تابع $g(r)$ در بررسی الگوی مکانی نقاط نبکا نشان داد که مقدار تابع در همهٔ فواصل دارای الگوی مکانی کپه‌ای بوده است. علاوه بر این، معنی‌داری توزیع کپه‌ای در سطح ۰٫۰۵ در فاصلهٔ ذکرشده به دلیل قرارگرفتن مقدار تابع بیرون از حدود مونت‌کارلو تأیید شده است (شکل ۹).



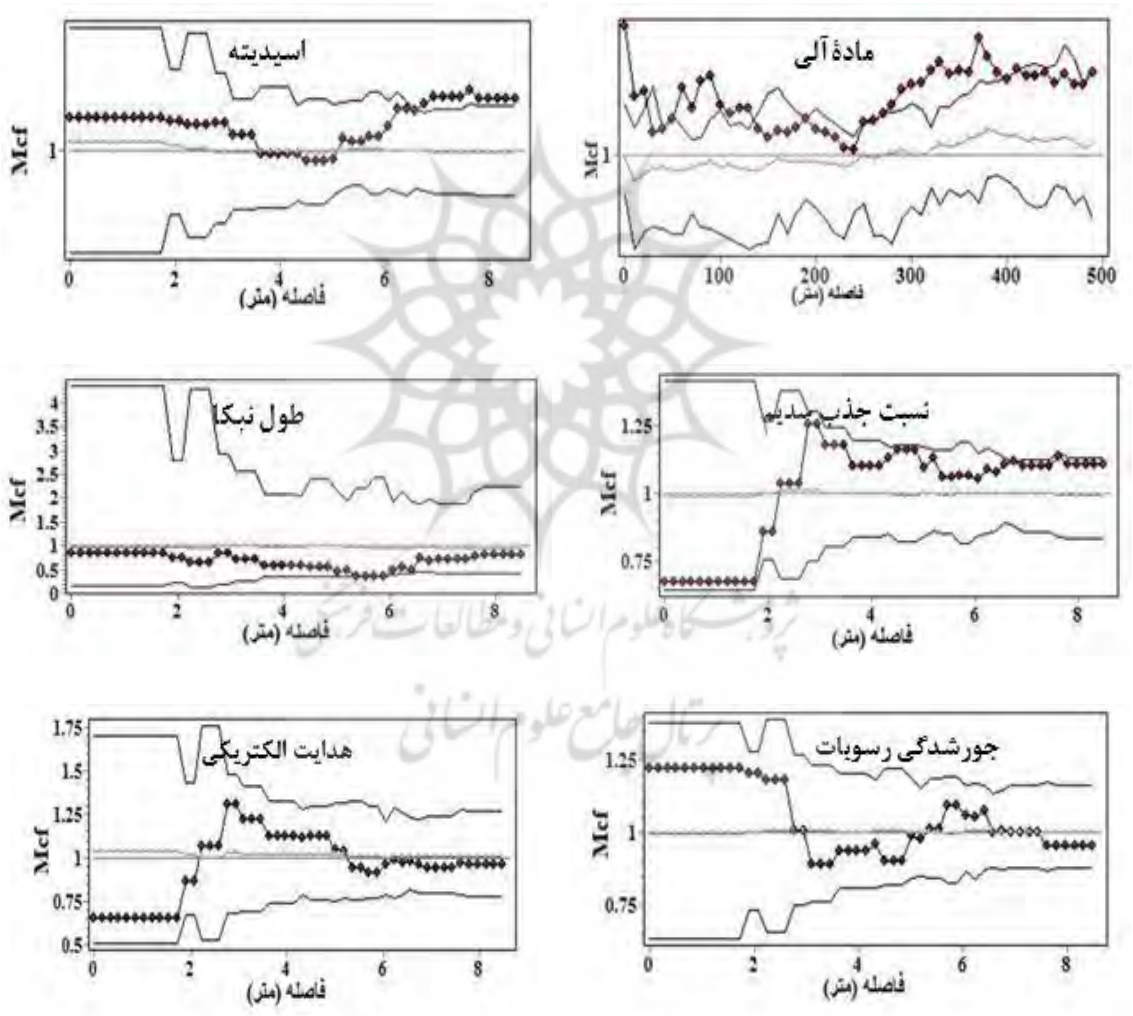
شکل ۸. نمودار تابع k(r) در تعیین الگوی مکانی نقاط نبکا در دشت صوفیکم (آق‌قلا)



شکل ۹. نمودار تابع g(r) در تعیین الگوی مکانی نقاط نبکا در دشت صوفیکم. خط‌چین قرمز بیانگر تغییرات تابع g و خطوط خاکستری بیانگر محدودهٔ توزیع تصادفی با استفاده از آزمون مونت کارلو است در نمودار تابع k(r) مقدار تابع در همهٔ فاصله‌ها بالاتر از حدود مونت‌کارلو است که بیانگر الگوی پراکنش کپه‌ای است. همچنین، تابع g(r) در فاصلهٔ صفر تا ۵۰ متر کپه‌ای‌بودن الگوی مکانی نبکاها در منطقه را تأیید می‌کند. بر اساس تابع g(r)، هر چه فاصلهٔ نبکاها از یکدیگر کمتر باشد الگوی پراکنش کپه‌ای‌تر می‌شود. این مهم بیانگر آن است که نبکاها در فاصلهٔ نزدیک‌تر همبستگی بیشتری دارند و تمایل به ایجاد گروه دارند. همچنین، توزیع نقاط نبکا در همهٔ فاصله‌ها نشان داد که تجمع آن‌ها در کنار یکدیگر به لحاظ آماری و در سطح ۵درصد معنی‌دار است.

نتایج تابع همبستگی نشان‌دار برای نبکاها

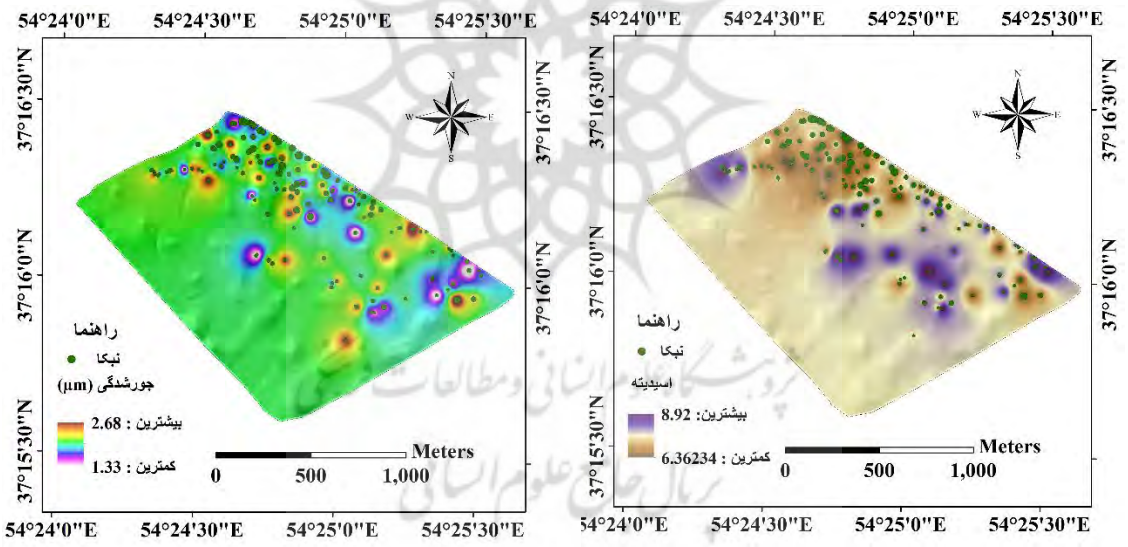
نتایج تحلیل تابع همبستگی نشان‌دار در منطقهٔ مورد مطالعه حاکی از آن است که اسیدیته، مادهٔ آلی، کج‌شدگی رسوبات، و طول نبکاها در پراکنش مکانی نبکاها تأثیر دارد یا به عبارتی حدود تابع در بررسی اثر خصوصیات خاک بر الگوی پراکنش رخسارهٔ نبکا بیشتر یا کمتر از میانگین، یعنی مقدار عددی یک، است. خصوصیاتی مانند هدایت الکتریکی، نسبت جذب سدیم و درصد سدیم تبادلی، بافت خاک، میانگین قطر، و جورشدگی رسوبات، عرض، ارتفاع، و حجم نبکاها در الگوی پراکنش آن‌ها بدون تأثیر بود؛ یعنی نمودار تابع این متغیرها خط میانگین را قطع کرده و حول آن چرخش داشته است (شکل ۱۰). نوع اثر هر یک از پارامترهای مورد بررسی بر الگوی پراکنش نبکاها در جدول ۱ درج شده است. همچنین، نقشهٔ برخی از خصوصیات خاک‌شناسی (جورشدگی رسوبات و اسیدیته) اندازه‌گیری‌شده تهیه شد (شکل ۱۱).



شکل ۱۰. نمودار تابع همبستگی نشان‌دار در بررسی اثر خصوصیات فیزیکو- شیمیایی خاک بر الگوی پراکنش نبکاها در دشت صوفیکم. خط‌چین قرمز بیانگر تغییرات تابع همبستگی نشان‌دار است، خطوط خاکستری بیانگر محدودهٔ توزیع تصادفی با استفاده از آزمون مونت کارلو، و خط‌چین خاکستری (خط ۱، افقی) نشان‌دهندهٔ مقدار پیش‌فرض تابع است

جدول ۱. پارامترهای مورد بررسی و نوع اثر آن‌ها بر الگوی پراکنش نبکاها در دشت صوفیکم

پارامتر		میانگین	انحراف معیار	تأثیر
هدایت الکتریکی (dS/m)		۲۷٫۷۳	۶٫۱	بدون تأثیر
اسیدیته		۷٫۳۶	۰٫۴۵	تأثیرگذاری مثبت
مادهٔ آلی (%)		۱٫۹۷	۰٫۵۱	تأثیرگذاری مثبت
نسبت جذب سدیم $(mmol^{-1})^{0/5}$		۲۹٫۶۱	۳٫۹۹	بدون تأثیر
درصد سدیم تبادلی $(mmol^{-1})^{0/5}$		۳۰٫۲۱	۲٫۸۷	بدون تأثیر
بافت خاک(%)	شن	۳۱٫۰۲	۹٫۹۴	بدون تأثیر
	رس	۲۴٫۰۲	۴٫۹۴	بدون تأثیر
	سیلت	۴۴٫۹۵	۷٫۰۵	بدون تأثیر
طول نبکا (m)		۴٫۲۴	۲٫۹۳	تأثیرگذاری منفی
عرض نبکا (m)		۲٫۳۲	۱٫۲۳	بدون تأثیر
ارتفاع نبکا (m)		۰٫۳۴	۰٫۲۳	بدون تأثیر
حجم نبکا (m^3)		۰٫۷۵	۰٫۹۴	بدون تأثیر
میانگین رسوبات (µm)		۳۵۰٫۳۳	۹۴٫۹۵	بدون تأثیر
جورشدگی (µm)		۲٫۰۴	۰٫۲۶	بدون تأثیر
کج‌شدگی (µm)		۰٫۱۶	۰٫۱۶	تأثیرگذاری مثبت



شکل ۱۱. نقشهٔ خصوصیات خاک‌شناسی (اسیدیته و جورشدگی رسوبات نبکا) در منطقهٔ مورد مطالعه

نتایج حاصل از تابع همبستگی نشان‌دار و بررسی تأثیر عوامل مختلف در پراکنش نبکاها نشان می‌دهد که هدایت الکتریکی، به‌منزلهٔ یک ویژگی شیمیایی خاک، نمی‌تواند بر کنار هم قرارگرفتن نبکاها در فاصله‌های مختلف تأثیر بگذارد. از طرفی، اسیدیتهٔ خاک توانسته بر کنار هم قرارگرفتن نبکاها در فاصله‌های مختلف تأثیر مثبت بگذارد؛ بدین معنا که هر جا مقدار pH خاک تا فاصلهٔ ۴ متر بیشتر باشد، الگوی پراکنش کپه‌ای‌تر می‌شود. این تابع نشان داد که مادهٔ آلی نبکاها در همهٔ فاصله‌های بررسی‌شده دارای ارتباط متقابل مثبت با پراکنش آن‌هاست. به‌عبارتی، هر چه میزان مادهٔ آلی بیشتر باشد، نوع الگوی مکانی نبکا کپه‌ای‌تر خواهد بود. نتایج حاکی از آن است که SAR و ESP از ویژگی‌های مهم شیمیایی و بافت، که یکی از ویژگی‌های فیزیکی خاک است، نمی‌توانند بر کنار هم قرارگرفتن نبکاها در فاصله‌های مختلف تأثیر

بگذارد. از جمله خصوصیات مورفومتری بررسی‌شده، طول نبکا به‌عنوان یک ویژگی کمّی توانسته در نحوهٔ استقرار و همبستگی مکانی نبکاها تأثیر متقابل منفی بگذارد؛ بدین معنی که هر چه طول نبکاها کمتر باشد پراکنش مکانی نبکاها کپه‌ای‌تر است. از طرفی، عرض، ارتفاع، و حجم نبکاها در الگوی پراکنش آن‌ها اثری نداشته است. از سه شاخص کج‌شدگی، جورشدگی، و میانگین قطر رسوبات نبکاها، تابع همبستگی نشان‌دار بیانگر تنها ارتباط متقابل مثبت بین کج‌شدگی رسوبات با پراکنش نقاط است. بنابراین، هر چه کج‌شدگی رسوبات نبکاها بیشتر باشد، پراکنش نقاط کپه‌ای‌تر است و در خصوص جورشدگی و میانگین قطر ذرات ارتباطی با الگوی پراکنش نشان نداد.

بحث و نتیجه‌گیری

رخسارهٔ نبکا از اشکال ژئومورفولوژی مهم در منطقهٔ حمل فرسایش بادی است. از طرفی، فرسایش بادی از عوامل تخریب سرزمین به‌شمار می‌آید که تحت تأثیر عوامل گوناگون در مناطق مختلف به شکل‌های متفاوت تشکیل و توسعه می‌یابد. در پژوهش حاضر الگوی پراکنش نبکاها تحت تأثیر عوامل مختلف، خوشه‌ای (کپه‌ای)، تشخیص داده شد که نشان می‌دهد در طبیعت منابع غذایی، رطوبتی، و ... مورد نیاز گیاه به‌صورت یکسان پخش نشده است و گیاهان نیز برای دسترسی به نیاز خود از الگوی منظمی پیروی نمی‌کنند. از طرفی، با توجه به اینکه تشکیل و توسعهٔ رخسارهٔ نبکا به رشد گیاه میزبان آن بستگی دارد، الگوی مکانی نبکا در ارتباط مستقیم با الگوی پراکنش گیاهان منطقه است. همچنین، می‌توان چنین استنباط کرد که نبکاهای تشکیل‌شده در فواصل نزدیک به یکدیگر بر روی هم تأثیرگذارند. به‌نظر می‌رسد برای مدیریت منابع و اراضی بیابانی الگوی پراکنش یکنواخت مناسب‌تر از سایر الگوهاست؛ زیرا رخساره‌ای مانند نبکا می‌تواند با پوشش کامل یک منطقه درصد قابل‌توجهی از گردوغبار را به دام اندازد؛ ولی در عمل با توجه به دلایل نام‌برده این الگوی پراکنش کمتر اتفاق افتاده و در محدودهٔ مطالعاتی گیاهان در یک رابطهٔ رقابتی با یکدیگر الگوی پراکنش کپه‌ای را ترجیح داده‌اند. با توجه به نتایجی که در خصوص آنالیز مکانی نبکاها به‌دست آمد، عوامل تأثیرگذار در پراکنش این رخساره مشخص شد. تحلیل تابع همبستگی نشان‌دار بیانگر آن است که هدایت الکتریکی، جورشدگی، و میانگین قطر رسوبات، حجم، ارتفاع، و عرض نبکا، میزان سدیم و بافت خاک نمی‌تواند بر کنار هم قرارگرفتن نبکاها در فاصله‌های مختلف تأثیر بگذارد؛ در حالی که اسیدیته، مادهٔ آلی، کج‌شدگی، و طول نبکاها در الگوی پراکنش نبکاها در دشت صوفیکم تأثیرگذار بوده‌اند. از آنجا که 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، نتایج حاصل از این بخش با سایر پژوهش‌های انجام‌شده در خصوص سایر عوارض مقایسه‌پذیر نخواهد بود. زمانی و همکاران (۱۳۹۲: ۶) بیان کردند که مقدار هدایت الکتریکی، اسیدیته، نسبت جذب سدیم، و درصد سدیم تبادلی در تشکیل و اندازهٔ رخسارهٔ نبکا تأثیرگذارند. در پژوهش حاضر نیز مشخص شد که از بین این خصوصیات فقط اسیدیتهٔ خاک در الگوی پراکنش نبکاها نیز تأثیر معنی‌داری دارد. ایمان‌طلب و همکاران (۱۳۹۲: ۱۳۶) نیز مادهٔ آلی را در تشکیل و اندازهٔ رخسارهٔ نبکا مؤثر دانستند و در تحقیق حاضر نیز نشان داده شد که هر چه میزان مادهٔ آلی زیادتر باشد، با تأثیری که در رشد گونهٔ گیاهی دارد، می‌تواند در الگوی پراکنش نبکا نیز اثرگذار باشد. مواد آلی به علت آثار سازنده‌ای که در ویژگی‌های فیزیکی (پایداری خاک‌دانه‌ها)، شیمیایی (افزایش ظرفیت نگه‌داری عنصری)، و بیولوژیکی دارد، رکن باروری خاک شناخته می‌شود (ایمان‌طلب و همکاران، ۱۳۹۲: ۱۳۶). مادهٔ آلی در دشت صوفیکم نشان داد در مکان‌هایی با مقدار بالای مواد آلی تراکم نبکا بیشتر است. مادهٔ آلی، با تأثیری که در رشد گیاهان دارد و باعث شکل‌گیری آن‌ها می‌شود، توانسته نقش

مستقیم و مثبتی در تشکل و تعداد نبکاها و همچنین الگوی پراکنش مکانی آن‌ها داشته باشد. از طرفی، بافت خاک از جمله رس، سیلت، و شن بر کنار هم قرارگرفتن نبکاها در محدودهٔ مورد مطالعه تأثیر نداشتند. بنابراین، در تحقیق حاضر تجمع نبکاها در کنار یکدیگر ارتباطی به نوع بافت خاک، میانگین رسوبات، و جورشدگی آن‌ها ندارد و می‌تواند تغییرنکردن محسوس بافت خاک در منطقه یکی از دلایل عدم تأثیر آن در الگوی پراکنش نبکاها در دشت صوفیکم باشد. نتایج این بخش از پژوهش حاضر با نتایج ابراهیمی میمند و همکاران (۱۳۹۶: ۵۳۱)، که بی‌تأثیربودنِ پوشش گیاهی در پارامترهای رسوب‌شناسی را نشان دادند، هم‌خوانی دارد. نتایج تحلیل تابع همبستگی نشان‌دار نشان داد که طول نبکا، به‌منزلهٔ یک ویژگی کمّی در منطقهٔ مورد مطالعه، بیانگر ارتباط متقابل منفی با پراکنش نبکاهاست و می‌تواند در نحوهٔ استقرار و همبستگی مکانی نبکاها تأثیر بگذارد. بدین معنی که هر چه طول نبکاها کمتر باشد، پراکنش نقاط کپه‌ای‌تر است و نبکاهای کوچک‌تر بیشتر بر یکدیگر اثر می‌گذارند. همچنین، عرض، ارتفاع، و حجم نبکاها نیز تأثیری در الگوی پراکنش آن‌ها نداشته است. این احتمال وجود دارد که، با گذشت زمان و تجمع بیشتر رسوبات، نبکاهای کوچک‌تر به هم متصل شده و نبکای بزرگ‌تری را تشکیل داده‌اند. همبستگی بین کج‌شدگی رسوبات و پراکنش نبکاها بیانگر ارتباط متقابل مثبت بین آن با الگوی مکانی نبکاهاست و هر چه مقدار آن بیشتر باشد یا تقارن رسوبات به سمت ذرات ریزدانه باشد، پراکنش نقاط کپه‌ای‌تر است؛ اما در خصوص میانگین قطر ذرات و جورشدگی آن‌ها ارتباط تأثیرگذاری در الگوی مکانی نبکاها نداشته‌اند. این احتمال وجود دارد که در مناطقی با وسعت‌های بزرگ‌تر، که رسوبات تحت تأثیر نیروی باد و نیروی سایشی بین ذرات که در راستای بادهای منطقه جابه‌جا می‌شوند، فرصت برای تغییر میانگین قطر و جورشدگی رسوبات وجود داشته باشد و در مسافت‌های طولانی تغییرات محسوس این خصوصیات مشاهده شود. دشت صوفیکم منطقه‌ای است با شرایط هیدرولوژیکی ویژه. وجود دریای خزر در غرب، بیابان قرقوم ترکمنستان در شمال، و رشته‌کوه البرز و جریان گرگان‌رود در جنوب و رود اترک در شمال‌شرق باعث حاکم‌شدن این شرایط در منطقه شده است. سراسر منطقه، به علت فیزیوگرافی بدون تغییرات ارتفاعی زیاد، چشم‌انداز صاف و هموار دشتی و همچنین خاک‌هایی با بافت ریزدانه و پوشش گیاهی تنک و پراکنده، وزش بادهای محلی و وجود طوفان‌های گرد و غبار، عرصه‌ای حساس و شکننده در معرض فرسایش بادی است. بنابراین، پژوهش حاضر، با توجه به اینکه نبکاها رخسارهٔ منطقهٔ حمل فرسایش بادی هستند، حائز اهمیت است. با توجه به شرایط منطقهٔ مورد مطالعه و تأثیر مثبت نبکاها در کاهش میزان فرسایش بادی و با توجه به نتایج حاصل از شناخت مهم‌ترین عوامل تأثیرگذار در پراکنش آن‌ها از جمله میزان مادهٔ آلی و سایر خصوصیات خاک‌شناسی مطالعه‌شده و با توجه به مقاوم‌بودن گونهٔ گیاهی هالکنموم به شرایط موجود منطقه، پیشنهاد می‌شود از این گونه در منطقهٔ شمال گرگان برای تثبیت ماسه‌های روان استفاده شود.

منابع

ابراهیمی میمند، س.؛ خانه‌باد، م.؛ زند مقدم، ح. و محبوبی، ا. (۱۳۹۶). تأثیر پوشش گیاهی بر پارامترهای رسوب‌شناسی و ژئومورفولوژیکی در نبکاهای شمال شهداد، *پنجمین همایش ملی ژئومورفولوژی و چالش‌های محیطی*، مشهد.

احمدی، ح. (۱۳۸۷). *ژئومورفولوژی کاربردی*، ج۲، چ۳، تهران: انتشارات دانشگاه تهران.

اخوان، ر.؛ ثاقب طالبی، خ.؛ حسنی، م. و پرهیزکار، پ. (۱۳۸۹). بررسی الگوی مکانی درختان طی مراحل تحولی جنگل در توده‌های دست‌نخوردهٔ راش (Fagus orientalis) در کلاردشت، فصل‌نامهٔ علمی- پژوهشی *تحقیقات جنگل و صنوبر ایران*، ۱۸(۲):۳۲۲-۳۳۶.

اخوان، ر. و ثاقب طالبی، خ. (۱۳۹۰). کارایی تابع دومتغیرهٔ K رایپلی در بررسی رقابت و اجتماع‌پذیری درختان (مطالعهٔ موردی: توده‌های دست‌نخوردهٔ راش کلاردشت)، فصل‌نامهٔ علمی- پژوهشی *تحقیقات جنگل و صنوبر ایران*، ۹(۴): ۶۳۲-۶۴۴.

امینی، آ.؛ موسوی حرمی، ر.؛ لاهیجانی، ح. و محبوبی، ا. (۱۳۹۰). تجزیه و تحلیل مکانی و فرم نبکاها به منظور بررسی فرسایش بادی و حفاظت خاک (مطالعهٔ موردی: میانکاله در جنوب‌شرقی خزر)، مجلهٔ *پژوهش‌های حفاظت آب و خاک*، ۱۸(۱۴): ۲۳۳-۲۴۰.

ایمان‌طلب، ن.؛ مصلح آرانی، ا.؛ اختصاصی، م.ر.؛ عظیم‌زاده، ح.ر. و سپه‌وند، ا. (۱۳۹۲). بررسی برخی از آثار محیط زیستی نبکای گونهٔ کلیر (capparis decidua) در منطقهٔ جاسک، *پژوهش‌های محیط زیست*، ۸: ۱۳۱- ۱۳۸.

ترنج‌زر، ح. و فتحی، آ. (۱۳۹۴). بررسی ویژگی‌های مورفومتری نبکاهای تیپ گیاهی بره‌تاغ (*Halocnemum Stroblaceum*) در کویر میغان (اراک)، مجلهٔ علمی- پژوهشی *مهندسی اکوسیستم بیابان*، ۹: ۳۵-۴۲.

زمانی، ف.؛ مصلح آرانی، ا. و جعفری، ع. (۱۳۹۲). بررسی خصوصیات خاک نبکای گونهٔ تاغ (*Haloxylonaphyllum*) و قره‌داغ (*Nitrariaschoberi*) (مطالعهٔ موردی: نبکاهای دشت سگزی اصفهان)، *سومین همایش ملی فرسایش بادی و طوفان‌های گرد و غبار*، یزد.

عظیم‌زاده، ح. و مصلح آرانی، ا. (۱۳۹۲). بررسی اثر نبکا بر نفوذپذیری اراضی در شرایط بیابانی و ارزیابی برخی معادلات نفوذ در گونه‌های ارمک و گز، مجلهٔ *مدیریت بیابان*، ۱: ۵۱-۶۲.

علی‌نژاد، م.؛ حسین‌علی‌زاده، م.؛ اونق، م. و محمدیان بهبهانی، ع. (۱۳۹۶). بررسی ژئومورفولوژیکی رخسارهٔ نبکا در دشت صوفیکم (آق‌قلا) استان گلستان، مجلهٔ علمی- پژوهشی *مهندسی اکوسیستم بیابان*، ۶(۱۶): ۵۹-۷۰.

مقصودی، م.؛ نگهبان، س.؛ باقری سیدشکری، س. و چزغه، س. (۱۳۹۱). مقایسه و تحلیل ویژگی‌های ژئومورفولوژیکی نبکاهای چهار گونهٔ گیاهی در غرب دشت لوت (شرق شهداد دشت تکاب)، فصل‌نامهٔ *پژوهش‌های جغرافیای طبیعی*، ۷۹: ۵۵-۷۶.

نگارش، ح. و لطیفی، ل. (۱۳۸۷). تحلیل ژئومورفولوژیکی روند پیشروی تپه‌های ماسه‌ای شرق دشت سیستان در خشک‌سالی‌های اخیر، *جغرافیا و توسعه*، ۱۲: ۴۳-۶۰.

هنردوست، ف. (۱۳۸۲). تلفیق روش‌های پهنه‌بندی خطر بیابان‌زایی FAO-UNEP و ICD برای ارائهٔ مدل منطقه‌ای در دشت گنبد داشلی برون استان گلستان، پایان‌نامهٔ کارشناسی ارشد، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان.

هنردوست، ف.؛ واحدبردی شیخ، م.؛ بیرودیان، ن. و ادهمی مجرد، م.م. (۱۳۸۹). ارزیابی و برنامه‌ریزی عملیات کنترل فرسایش خاک با مدل اسکولوگرام، *پنجمین همایش ملی علوم و مهندسی آبخیزداری*، کرج.

یوسفی، م.ج.؛ راشکی، ع.ر.؛ فرزام، م. و کاشکی، م.ت. (۱۳۹۶). مقایسهٔ نبکاهی گونه‌های گیاهی خارشتر، اسپند، و سبد پاکوتاه برای تثبیت ماسه‌های روان با استفاده از الگوریتم TOPSIS (مطالعهٔ موردی: منطقهٔ صمدآباد شهرستان سرخس)، مجلهٔ علمی-

پژوهشی مهندسی اکوسیستم بیابان، ۶(۱۵): ۳۵-۴۸.

Ahmadi, H. (2008). *Applied Geomorphology*, Vol. 2, Tehran University Press, Third edition, Tehran.

Akhavan, R. and Saghebtalebi, KH. (2011). Bivariate function performance Ripley's K in a competitive review of and community trees, (Case Study: undisturbed stands of beech kolardasht), *Journal of Forest Research and Iranian poplar*, 9(4): 632-644.

Akhavan, R.; Saghebtalebi, KH.; Hasani, M. and Parhizkar, P. (2010). Spatial pattern of forest development stages of trees in undisturbed stands of Beech (Fagus orientalis) in kolardasht, *Journal of Forest Research and Iranian poplar*, 18(2): 322-336.

Alinezhad, M.; Hosseinalizade, M.; Ownegh, M. and Mohammadian Behbahani, A. (2017). Geomorpho-Pedological Analysis of Nebka Landscape in Sufikam Plain, Golestan Province, *Desert Ecosystem Engineering Journal*, 6(16): 59-70.

Amini, A.; Moussavi Harami, R.; Lahijani, H.; Mahboobi, A. (2011). Local analysis and nebka's shape in order to study wind erosion and soil conservation (Case study:Miankaleh, southeast of Caspian Sea), *Journal of Soil and Water Protection Research*, 18(14): 233-240.

Azimzadeh, H. and Mosleharani, A. (2013). The effect of nebkhas on soil infiltration and evaluation of some infiltration equations in desert conditions (Case Study: Ephedra strobilacea and tamarix ramosissima species), *Desert Management Journal*, 1: 51-62.

Blott, S. (2000). *A grain size distribution and statistics package for the analysis of unconsolidated sediments by sieving or laser granulometer*, Surface processes and modern environments research group department of Geology, University of London.

Ebrahimi Meymand, S.; Khanebad, M.; Zand Moghadam, H. and Mahbubi, A. (1396). Effect of vegetation on Sedimentology parameters And geomorphology in the northern Nebkas in Shahdad, *5th National Conference on Geomorphology and Environmental Challenges*, Mashhad.

Emantalab, N.; Mosleharani, A.; Ekhtesasi, M.R.; Azimzadeh, H.R. and Sepahvand, A. (2010). Study of soil properties Nebkas of species Capparis In East port of Jask, *Second National Conference on wind erosion and dust storms*, Yazd University.

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

Cipriotti, P.A.; Aguiar, M.R.; Wiegand, T. and Paruelo, J.M. (2014). A complex network of interactions controls coexistence and relative abundances in Patagonian grass-shrub steppes, *Journal of Ecology*, 102: 776-788.

Diggle, P. (2003). *Statistical analysis of spatial point patterns*, Oxford University Press Inc, New York, 8.

Fathi, A.; Toranjzar, H. and Ahmadi, A. (2012). Assessment of sand has accumulated in emergence Nebka in vegetation type Halocnemum in Meighan desert, *The third national conference on combating desertification and sustainable development of wetlands desert of Iran*, Arak.

Garcia, P.M.; Xanat, A.N.; Josealbert, C.M. and Martin alfonso, M.B. (2011). Spatial patterns of soil degradation in Mexico, *African Journal of Agricultural Research*, 5: 1109-1113.

Gatrell, A.C.; Bailey, T.C.; Diggle, P.J. and Rowlingson, B.S. (1996). Spatial point pattern analysis and its application in geographical epidemiology, *Transactions of the Institute of British Geographers, New Series*, 21(1): 256-274.

Getzin, S. and Wiegand, K. (2007). A symmetric tree growth at the stand level: random crown patterns and the response to slope, *Forest Ecology and Management*, 242: 165-174.

Gillies, J.; Nield, J. and Nickling, W. (2014). Wind speed and sediment transport recovery in the lee of a vegetated and denuded nebkha within a nebkha dune field, *Aeolian Research*, 12: 135-141.

Hesp, P. and McLachlan, A. (2000). Morphology, dynamics, ecology and fauna of ctothecapopulifolia and Gazaniarigensnabkhadunes, *Journal of Arid Environment*, 4: 155-172.

Honardust, F. (2003). Combining the methods of zoning FAO-UNEP and ICD Desertification Risk To provide a regional model In Dashli-Burn, Golestan province. M.Sc. thesis, Majid ownagh. Desert management, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources.

Honardust, F.; Vahedberdi, SH.M.; Birudian, N. and Adhami mojarrad, M. (2009). Evaluation and control planning of soil erosion using Scalogram Model, *5 th National Conference on Science and Engineering Watershed Management Iran, Iran Watershed Association*, Karaj.

Ihaka, R. and Gentleman, R. (1996). R: a language for data analysis and graphics, *Journal of computational and graphical statistics*, 5(3): 299-314.

Jayaraman, K. (2000). *A statistical manual for forestry research*, Food and Agriculture Organization of the United Nations Regional Office for Asia and the Pacific, Bangkok, 231p.

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

Ludwing, J.A. and Reynolds, J.F. (1988). *Statistical ecology*, A primer on methods and computing John Wiley and Sons, New York, 201p.

Luo, W.; Zhao, W. and Liu, B. (2016). Growth stages affect species richness and vegetation patterns of nebkhas in the desert steppes of China, *Catena*, 137: 126-133.

Maghsoudi, M.; Negahban, S.; Bagheri said-Shokeri, S. and 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.

Martinez, W.L. and Martinez, A.R. (2002). Computational Statistics handbook with MATLAB, Chapman & Hall, *Forest Science*, 39(4): 756-775.

Maun, M.A. (1994). Adaptations enhancing survival and establishment of seedlings on coastal dune systems, *Vegetatio*, 111: 59-70.

Negaresh, H. and Latifi, L. (2008). Analysis Geomorphological The process of moving sand dunes East Sistan plain in the recent drought, *Geography and Development*, 12: 43-60.

Quets, J.; El-Bana, M.; Al-Rowaily, S.M.; Assaeed, A.; Temmerman, S. and Nijs, I. (2017). Emergence, survival, and growth of recruits in a desert ecosystemwith vegetation induced dunes (nebkhas): A spatiotemporal analysis, *Journal of Arid Environments*, 139: 1-10.

Ripley, B.D. (1979). Tests of randomness for spatial point patterns, *Journal of the Royal Statistical Society B*, 41(3): 368-374.

Thorsten, W. (2014). *Department of Ecological Modelling, Helmholtz Centre for Environmental Research - UFZ*, Permoserstr, 15. Germany.

Toranjzar, H. and Fathi, A. (2015). Morbometric characteristics of Nabakas Lamb vegetation type haloxylon In the Mighan desert (Arak), *Journal of the Ecosystem of Desert Engineering*, 9: 35-42.

Walkly, A. and 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.

Yoosefi1, M.J.; Rashki, A.; Farzam, M. and Kashki, M.T. (2017). Application of TOPSIS algorithm in order to identify the most suitable plant species to form Nebkhas for stabilizing sand particles (Case study: Samad-Abad, Sarakhs, Iran), *Desert Ecosystem Engineering Journal*, 6(15): 35-48.

Zamani, F.; Mosleharani, A. and 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.