فصلنامه علمی-پژوهشی تحقیقات مرتع و بیابان ایران
جلد ۲۳، شماره ۳، صفحه ۴۷۲-۴۵۴ (۱۳۹۵)

پهنه‌بندی تغییرات مکانی تراکم، پوشش تاجی و تولید گونه *Artemisia fragrans* با استفاده از روش‌های آمار مکانی در دامنه‌های جنوب‌شرقی سبلان

اردوان قربانی[۱*] و بهارک زارع حصاری[۲]

۱*- نویسنده مسئول، دانشیار، گروه مرتع و آبخیزداری، دانشگاه محقق اردبیلی، اردبیل، ایران، پست الکترونیک: a_ghorbani@uma.ac.ir

۲- دانش‌آموخته کارشناسی ارشد مرتع‌داری، دانشگاه محقق اردبیلی، اردبیل، ایران

تاریخ دریافت: ۹۳/۲/۲۵ تاریخ پذیرش: ۹۳/۱۲/۱۱

چکیده

این تحقیق با هدف امکان‌سنجی استفاده از آمار مکانی در بررسی تغییرات مکانی و تهیه نقشه تراکم، پوشش‌تاجی و تولید گونه *Artemisia fragrans* Willd. در مراتع جنوب‌شرقی سبلان انجام شد. ابتدا نرمال‌سازی داده‌ها با استفاده از نرم‌افزار SPSS16 انجام و بعد تجزیه‌وتحلیل‌های آمار مکانی شامل بررسی ساختار مکانی پارامترهای تراکم، پوشش‌تاجی و تولید گونه مورد مطالعه با ترسیم واریوگرام داده‌ها و تهیه نقشه پارامترها با استفاده از روش‌های مختلف درون‌یابی و آمار مکانی با نرم‌افزارهای $GS^{+}5$ و ArcGIS10 انجام شد. ارزیابی صحت نقشه‌ها با استفاده از روش ارزیابی متقابل (Cross validation)، جذر میانگین مربعات خطا (RMSE)، خطای اریب یا انحراف (MBE) و میانگین خطای مطلق (MAE) انجام شد. نتایج نشان داد که بهترین مدل واریوگرام مدل کروی بوده و داده‌ها نیز از ساختار مکانی قوی برخوردار بودند. از بین روش‌های آمار مکانی بهترین روش برای هر سه پارامتر گونه مورد مطالعه، روش‌های کوکریجینگ معمولی و عام بود. با توجه به نقشه‌های حاصل از این روش‌ها بیشترین مقدار تراکم، درصد پوشش تاجی و تولید گونه مورد مطالعه در بخش مرکزی و شمال‌شرق در ارتفاعات پایین و کمترین مقدار آن در بخش غربی و ارتفاعات حوزه بود. در مجموع با استفاده از روش‌های آمار مکانی می‌توان گونه‌های کلیدی و چندساله مراتع را با استفاده از نمونه‌برداری مناسب پهنه‌بندی کرد.

واژه‌های کلیدی: نقشه‌های پوشش گیاهی، درون‌یابی، آمار مکانی، *Artemisia fragrans*، سبلان، استان اردبیل.

مقدمه

مدیریت پایدار اکوسیستم مستلزم شناخت و ارزیابی تغییرات مکانی و زمانی در خصوصیات آن به‌منظور بهره‌برداری بهینه و پایدار از آن می‌باشد. مهمترین جزء اکوسیستم‌های مرتعی که برنامه‌ریزی استفاده از این منابع با ارزش بر اساس آن انجام می‌شود، خصوصیات پوشش گیاهیست. به‌عنوان مثال با توجه به میزان تولید در این اکوسیستم‌ها ظرفیت چرا تعیین می‌شود. از این‌رو شناخت پوشش گیاهی و روند تغییرات آن به‌منظور مدیریت و بهره‌برداری بهینه از مراتع حائز اهمیت است، زیرا مدیریت هیچ منبعی بدون شناخت علمی از آن میسّر نیست. به‌طوری‌که نقشه‌سازی پوشش گیاهی عمدتاً به صورت تفکیک جوامع یا تیپ‌های گیاهی و ترسیم به صورت واحدهایی در قالب نقشه مرسوم است. در ارتباط با پهنه‌بندی تک گونه‌ها معمولاً محل حضور گونه به صورت تک نقطه بر روی نقشه نشان داده می‌شود. با شکل‌گیری دانش آمار مکانی و با استفاده از نقاط ثبت شده حضور گونه با تعداد مناسب و در صورت وجود رابطه مکانی بین

داده‌ها می‌توان پهنه‌بندی و ارزیابی روند تغییرات گونه‌ها را انجام داد. بنابر گزارش Hengel (۲۰۰۷) و Le´on Ruiz و همکاران (۲۰۱۲) با استفاده از آمار مکانی می‌توان پارامترهایی از پوشش گیاهی را که در طول زمان از تغییرات کمتری برخوردار باشند، مورد بررسی قرار داد. همچنین Hengel (۲۰۰۷) گزارش کرده که از بین پارامترهای پوشش گیاهی تراکم، پوشش تاجی و تولید در ارتباط با گونه‌های چند ساله در رویشگاه‌های طبیعی با اقلیم پایدار مانند سبلان که تغییرپذیری کمتری طی سالیان مختلف دارند، می‌تواند مورد توجه قرار گیرد. در آمار مکانی می‌توان بین مقادیر یک کمیّت در جامعه، فاصله و جهت قرار گرفتن نمونه‌ها نسبت به یکدیگر ارتباط برقرار کرد. در این روش، ابتدا به بررسی وجود ساختار مکانی بین داده‌ها پرداخته می‌شود و بعد در صورت وجود ساختار، تحلیل داده‌ها انجام می‌شود. بنابراین، تخمین و نقشه‌سازی در آمار مکانی شامل دو مرحله است: الف) شناخت و مدلسازی ساختار مکانی متغیّر که بوسیله آنالیز واریوگرام قابل بررسی است و ب) تخمین متغیّر مورد نظر به وسیله روش‌های درون‌یابی و توابع آمار مکانی ازجمله وزن‌دهی عکس فاصله، کریجینگ و کوکریجینگ می‌باشد (Mohammadi, 2006).

روش‌های آماری مکانی برای بررسی منابع مختلف مانند آب، خاک، اقلیم و غیره توسط محققان مختلفی استفاده شده است، اما در رابطه با تغییرات مکانی پوشش گیاهی با استفاده از آن مطالعات معدودی انجام شده است. به‌عنوان مثال Cythia و همکاران (۲۰۰۰) برای تعیین ساختار مکانی مجموعه گیاهی در بیابان ماجیو آمریکا از آمار مکانی استفاده و به این نتیجه رسیدند که به‌دلیل ساختار مکانی متفاوت جوامع گیاهی، واریوگرام‌های متفاوتی برای جوامع گیاهی بدست می‌آید. همچنین در نهایت به این نتیجه رسیدند که استفاده از روش‌های سنجش از دوری و آمار مکانی برای طبقه‌بندی تولیدات گیاهی و ساختار جوامع گیاهی مناسب می‌باشد. Miller و Franklin (۲۰۰۲) در بیابان موجیو در کالیفرنیا اقدام به مدلسازی توزیع جوامع گیاهی با کمک روش‌های آمار مکانی کردند. نتایج آنان نشان داد که پوشش گیاهی در منطقه دارای ساختار مکانی است و کریجینگ روشی مناسب برای بررسی توزیع مکانی پوشش گیاهی می‌باشد. Ghorbani و همکاران (۲۰۱۱) تغییرپذیری مکانی درصد پوشش تاجی گونه *Festuca ovina* را در دامنه‌های جنوب‌شرقی سبلان با استفاده از روش‌های آمار مکانی و ۴۵ نمونه بررسی و به این نتیجه رسیدند که برای بررسی روند تغییرات این گونه به طریقه آمار مکانی به نمونه‌های بیشتری در سطح اکوسیستم‌های طبیعی نیاز است. Le´on Ruiz و همکاران (۲۰۱۲) با تلفیق سیستم اطلاعات جغرافیایی، آمار مکانی و کلاسیک امکان تهیه نقشه فنولوژی گونه *Vulpia geniculata* را در اسپانیا بررسی و نتیجه‌گیری کردند که از این چهارچوب می‌توان در بررسی و تهیه نقشه‌های فنولوژی گونه‌های گیاهی استفاده کرد. Jafarian و همکاران (۲۰۱۴) تغییرات مکانی خصوصیات کمی گونه *Artemisia aucheri* و برخی ویژگی‌های خاک با استفاده از زمین آمار در مراتع واوسر ساری را انجام و به این نتیجه رسیدند که مدل ویژگی‌های درصد آهک، تراکم و تولید این گونه ناحیه‌ای بوده و دارای وابستگی مکانی قابل استفاده در روش کریجینگ می‌باشند.

با توجه به اهمیت مراتع از جنبه‌های مختلف ازجمله تولید علوفه، حفاظت آب و خاک، تلطیف آب و هوا و غیره ضرورت دارد مدیریت پایدار و بهینه در سطح این اکوسیستم‌ها انجام شود. این امر مستلزم شناخت کاملی از جنبه‌های مختلف این اکوسیستم‌ها است. هر چند مطالعات زیادی در ارتباط با استفاده از آمار کلاسیک در شناخت پوشش گیاهی در نقاط مختلف کشور انجام شده است، امّا مطالعات چندانی در زمینه بررسی تغییرات مکانی پوشش گیاهی با استفاده از تکنیک‌های آمار مکانی به‌ویژه در ارتباط با پهنه‌بندی گونه‌های دارویی مانند *Ar. fragrans* انجام نشده است. این گونه در دامنه‌های پایین سبلان از گونه‌های غالب می‌باشد. با توجه به اهمیت این گونه از نظر خواص دارویی، حفاظت خاک، علوفه و عدم اطلاعات کافی در ارتباط با پراکنش آن در منطقه مورد مطالعه، این بررسی

به‌عنوان گام نخست در استفاده از تکنیک‌های آمار مکانی در بررسی گونه‌های گیاهی و با هدف بررسی روند تغییرات مکانی و تهیه نقشه تراکم، درصد پوشش تاجی و تولید این گونه در مراتع جنوب‌شرق سبلان انجام شده است.

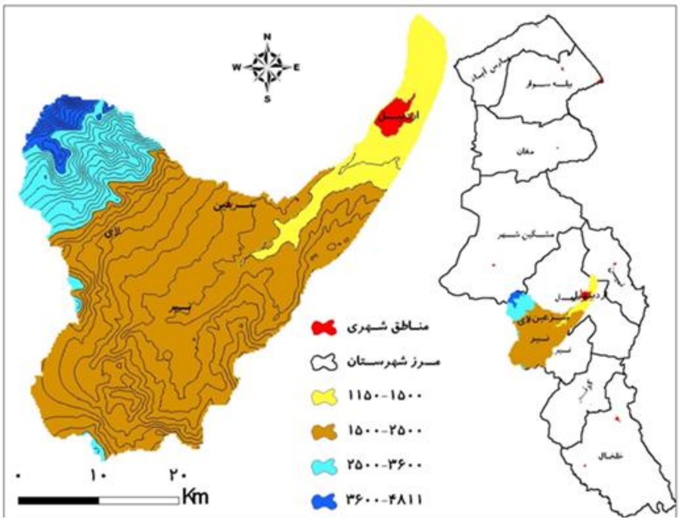
مواد و روش‌ها

موقعیت منطقه مورد مطالعه: حوضه آبخیز بالخی‌چای در محدوده ارتفاعی ۱۱۵۰ تا ۴۱۶۷ متر از سطح دریا در مختصات جغرافیایی ´۴۵°۴۷ تا ´۲۳°۴۸ طول شرقی و ´۵۱°۳۷ تا ´۲۲°۳۸ عرض شمالی قرار دارد (شکل ۱). براساس میانگین آمار ۳۰ ساله (۱۳۶۰-۱۳۹۰) ایستگاه هواشناسی داخل حوزه، متوسط بارندگی در این حوضه بین ۲۹۶ تا ۷۶۴ میلی‌متر و متوسط دما بین ۳/۹ تا ۷/۹ درجه سانتی‌گراد متغیّر است. این حوضه از نظر عوامل اکولوژیکی زنده و غیر زنده، بهره‌برداری و چگونگی انتشار گونه مورد مطالعه به چهار واحد رویشی عمده قابل تفکیک است (Ghorbani *et al.*, 2013). الف) واحد رویشی بخش دشتی و دامنه‌های پائین با شیب کمتر از ۱۲ درصد (در محدوده ارتفاعی ۱۱۵۰ تا ۱۵۰۰ متر از سطح دریا) که عمدتاً به اراضی زراعی آبی، دیم و مسکونی و صنعتی تغییر کاربری داده است؛ ب) واحد رویشی تپه ماهوری حد واسط بین منطقه دشتی و کوهستان سبلان (در محدوده ارتفاعی ۱۵۰۰ تا ۲۵۰۰ متر از سطح دریا) با شیب متنوع و خاک نسبتاً عمیق، که دامنه‌های منظم آن تبدیل به کاربری زراعی دیم شده است و فقط در دامنه‌های نامنظم به حالت طبیعی و مرتع و تیپ گیاهی باقی مانده است؛ ج) منطقه کوهستانی که عمدتاً از ارتفاع ۲۵۰۰ متری شروع و تا ارتفاع ۳۶۰۰ متری و بالاتر گسترش دارد. با توجه به محدودیت‌های ارتفاع، دما و شیب از تبدیل اراضی به کشاورزی و سایر کاربری‌ها در امان بوده و عمدتاً به کاربری مرتع و تیپ‌های گیاهی مختلف اختصاص دارد. این عرصه یکی از منابع اصلی مراتع ییلاقی عشایر مغان بوده که مورد بهره‌برداری قرار می‌گیرد. د) واحد رویشی کوهستان مرتفع بالاتر از ۳۶۰۰ متر از سطح دریا که تحت عنوان اثر طبیعی ملی سبلان توسط سازمان حفاظت محیط‌زیست در نظر گرفته شده است. گونه مورد مطالعه عمدتاً در سطح واحدهای رویشی اول و دوم در صورتی که عرصه طبیعی باقی مانده باشد، گسترش دارد. در عرصه‌های طبیعی حوضه مورد مطالعه ۶ تیپ گیاهی با گونه‌های غالب: *Onobrychis cornuta*، *Festuca ovina*، *Agropyron trichophrom*، *Thymus kotschyanus*، *Trifolium montanum*، *Artemisia fragrans*، *Astragalus aureus*، *Alopecurus textilis*، *Astragalus* spp.، *Carex* spp. گسترش دارد (Sharifi *et al.*, 2013). با توجه به اینکه یکی از گونه‌های غالب منطقه، به‌ویژه در دامنه‌های پایین گونه *Artemisia fragrans* می‌باشد، از این‌رو این گونه در این مطالعه انتخاب شده است.

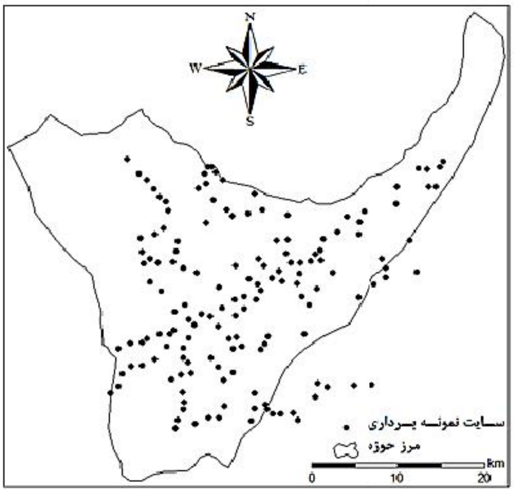
گونه مورد مطالعه: گونه *Artemisia fragrans* Willd. گیاهی چند ساله، بیخ ساقه چوبی، دارای ساقه‌های بارور متعدد، ساقه اصلی به ارتفاع ۲۵ تا ۴۵، گاهی تا ۶۵ سانتی‌متر، از قاعده با کرک‌های نمدی سفید که گاهی با گذشت زمان بی‌کرک می‌شوند. پراکندگی جغرافیایی آن قفقاز و آسیای مرکزی است و در ایران در شمال و شمال‌غرب گسترش دارد. این گیاه از لحاظ داشتن خواص دارویی، حفاظت خاک و تولید علوفه شاخص می‌باشد (Davis, 1975؛ Asri, 2012، Valizade *et al.*, 2012).

روش تحقیق: پس از مطالعات اولیه و تهیه نقشه‌های پایه محدوده مورد مطالعه، با بازدیدهای میدانی و بررسی منابع موجود اقدام به شناسایی و پراکنش جغرافیایی گونه مورد مطالعه شد. با توجه به شرایط کوهستانی منطقه و پراکنش مراتع و رویشگاه گونه مورد مطالعه در سطح منطقه امکان استفاده از نمونه‌برداری منظم وجود نداشته، از این‌رو شیوه نمونه‌برداری نامنظم با توجه به گسترش جاده‌ها و سطح مراتع طبیعی انتخاب گردید. نمونه‌برداری در فصل رویش گیاهی (خرداد و تیر) از ارتفاعات پایین آغاز و ارتفاعات بالاتر که فصل رویشی به‌دلیل شرایط آب و هوایی با تأخیر همراه است، در ادامه نمونه‌برداری شد. نمونه‌برداری به‌صورت تصادفی در سطح ۱۵۱ سایت که دربردارنده تیپ‌های مختلف مرتعی بوده با عنایت به اینکه جاده

دسترسی وجود داشته و عرصه‌های مرتعی دست نخورده را دربرگیرد انتخاب شد (شکل ۲). لازم به ذکر است که تعداد ۱۴ سایت خارج از حوضه واقع شده که در محاسبات و تجزیه‌وتحلیل‌ها از آنها نیز استفاده ولی نقشه نهایی در قالب سطح حوضه آبخیز بالخلی‌چای ارائه شده است. در داخل سایت‌های تعیین شده، ۵ پلات ۱×۱ متری در طول ترانسکت ۴۰ متری از پایین به طرف بالای دامنه مستقر گردید. در داخل هر پلات اطلاعات مربوط به تراکم، درصد پوشش‌تاجی و تولید گونه *Ar. fragrans* ثبت شد. موقعیت هر سایت با استفاده از دستگاه GPS ثبت و در نهایت پس از بدست آمدن تمام داده‌ها، موقعیت پلات‌ها به‌صورت لایه نقطه‌ای به محیط $GS^{+}5$ و ArcGIS10 منتقل و اطلاعات پوشش‌تاجی، تراکم و تولید گونه و همچنین داده‌های ارتفاع، شیب، جهت، بارندگی و دما که با استفاده از نقشه مدل رقومی ارتفاع و معادلات مربوطه استخراج و به‌هنگام جمع‌آوری داده‌های میدانی و داده ایستگاه‌های موجود کنترل شده بود به پایگاه داده برای تجزیه‌وتحلیل‌های آمار مکانی اضافه گردید.



شکل ۱- موقعیت منطقه در استان اردبیل و طبقات ارتفاعی



شکل ۲-موقعیت سایت‌های نمونه‌برداری

نرمال‌سازی داده‌ها: با توجه به اینکه در مطالعات آمار مکانی داده‌هایی با توزیع غیرنرمال اثراتی را به‌دنبال دارد که ممکن است منجر به نوسان زیاد در واریوگرام‌ها شود (Hasanipak, 2013)، از این‌رو در این تحقیق برای کاهش این نوسان‌ها آزمون نرمال بودن داده‌ها با استفاده از آزمون کولوموگرو- اسمیرنو (Kolmogorov–Smirnov) در نرم‌افزار SPSS16 انجام و متغیرهای با چولگی غیر معنی‌دار، دارای توزیع نرمال بوده و در غیر این‌صورت برای نرمال‌سازی چون تعداد داده‌های صفر زیاد بود، ابتدا تمام داده‌ها با یک مقدار مشخص (۰/۵) جمع شده و بعد با استفاده از تبدیل 1/X نرمال سازی انجام شد.

بررسی ساختار مکانی داده‌ها: آنالیز واریوگرام اولین مرحله انجام آنالیزهای آمار مکانی است و علاوه بر آنکه به بررسی و شناخت ویژگی‌های ساختاری متغیّر ناحیه‌ای می‌پردازد و چگونگی تغییرات آن را بیان می‌کند، نوعی نقش تلخیص‌کننده داده‌ها را نیز دارد (Hasanipak, 2013). در آمار مکانی می‌توان بین مقادیر یک کمیّت، فاصله و جهت قرار گرفتن نمونه‌ها نسبت به یکدیگر ارتباط برقرار کرد. بنابراین، در این روش ابتدا به بررسی وجود یا عدم وجود ساختار مکانی بین داده‌ها پرداخته می‌شود و در صورت وجود ساختار مکانی تحلیل داده‌ها انجام می‌شود. بنابراین، همانگونه که اشاره شد تخمین آمار مکانی شامل دو مرحله

شناخت و مدل‌سازی ساختار مکانی متغیّر و تخمین متغیّر مورد نظر به‌وسیله توابع آمار مکانی ازجمله کریجینگ می‌باشد. بدین‌منظور شناخت و مدل‌سازی ساختار مکانی پارامترهای پوشش گیاهی با رسم واریوگرام‌ها و تحلیل آنها انجام شد. ابتدا با رسم واریوگرام در جهات مختلف، همسانگردی و ناهمسانگردی آنها کنترل شد. سپس تمام مدل‌هایی مانند خطی، کروی، نمایی و گوسین (Robinson & Metternicht, 2006) که نرم‌افزار امکان به‌کارگیری آن را فراهم می‌کرد، اعمال شد تا بهترین مدل انتخاب گردد. مبنای قضاوت مدل مجموع مربعات خطا (RSS) بود که مقدار کمتر نشان از مطلوبیت مدل داشت (Robinson & Metternicht, 2006). واریوگرام یک تابع ریاضی است که باید توانایی مشخص کردن سه پارامتر اصلی اثر قطعه‌ای، آستانه و دامنه تأثیر را که ساختار مکانی را توضیح می‌دهند، داشته باشد. به‌طوری‌که نسبت اثر قطعه‌ای به سقف کمّیتی است که برای طبقه‌بندی میزان وابستگی مکانی متغیّرها کاربرد دارد (Cambardella *et al.*, 1994). همچنین در مدل‌ها واریوگرام پارامترهایی مانند نیمه واریانس قطعه‌ای (C_0)؛ سیل، سقف (یا آستانه (C_0+C))؛ نسبت $C_0/(C_0+C)$ (یا نسبت اثر قطعه‌ای به اثر قطعه‌ای + حد آستانه)، (کمّیتی که برای طبقه‌بندی میزان وابستگی مکانی متغیّرها کاربرد دارد (Wu *et al.*, 2009 ؛Cambardella *et al.*, 1994) مورد توجه قرار گرفت. چنانچه این نسبت کمتر از ۲۵ درصد بود، وابستگی مکانی متغیّر ضعیف، اگر بین ۲۵ تا ۷۵ درصد بود، وابستگی مکانی متوسط و اگر بزرگتر از ۷۵ درصد بود وابستگی مکانی قوی (Liu *et al.*, 2006) نتیجه‌گیری شد. برای استخراج واریوگرام‌ها از نرم‌افزار GS^+5 استفاده شد. در مجموع ابتدا واریوگرام کلی و بعد واریوگرام هر روش کریجینگ نیز در مرحله دوم استخراج شد.

تهیه نقشه پارامترهای گونه مورد مطالعه با استفاده از روش‌های آمار مکانی: روش تخمین و برآورد میزان متغیّر پیوسته در مناطق نمونه‌گیری نشده در داخل ناحیه‌ای که مشاهدات نقطه‌ای پراکنده شده‌اند، درون‌یابی است. پس از شناخت و مدل‌سازی ساختار مکانی متغیّر به‌وسیله آنالیز واریوگرام، در مرحله بعد برای درون‌یابی مکانی و تهیه نقشه مکانی پارامترهای پوشش گیاهی از روش‌های مختلف آمار مکانی (وزن‌دهی عکس فاصله و انواع کریجینگ شامل: ساده، معمولی، عام و گسسته) استفاده شد. در روش وزن‌دهی عکس فاصله (IDW) فرض بر این است که میزان همبستگی و تشابه بین همسایه‌ها با فاصله بین آنها متناسب است و این تناسب را می‌توان به‌صورت تابعی با توان معکوس از فاصله هر نقطه از نقاط همسایه تعریف کرد. این روش با توجه به اینکه نقاط نمونه به اندازه کافی با پراکنش نسبتاً مناسب بود، استفاده شد. ولی باید در نظر داشت با وجود سرعت بالای آن به‌دلیل در نظر نگرفتن همبستگی بین داده‌ها و بهینه نبودن اندازه و شکل همسایگی اغلب از صحت کافی برخوردار نمی‌باشد (Lu *et al.*, 2012). کریجینگ نامی برای کلیه روش‌های آماری تخمین‌گر متغیّرهای ناحیه‌ای است و به‌عنوان یک تابع خطی از مجموعه مشاهدات توزیع شده واقع در همسایگی نقطه‌ای که می‌خواهد تخمین زده شود، شناخته می‌شود (Mohammadi, 2006). کریجینگ برای تخمین بهینه خطی نااریب متغیّرهای ناحیه‌ای در مناطق نمونه‌برداری نشده با استفاده از خواص ساختاری واریوگرام می‌باشد (Mohammadi, 2006). در این روش به‌ازای هر تخمینی خطای مرتبط با آن نیز محاسبه می‌شود (Mohammadi, 2006). در این تحقیق همانگونه که در بالا اشاره شد، ابتدا ساختار مکانی متغیّر با استفاده از واریوگرام مدل‌سازی شد. سپس تخمین متغیّرها در نقاط نمونه‌برداری‌نشده انجام شد (Mohammadi, 2006). کریجینگ بر حسب ویژگی‌های ساختار مکانی به انواع کریجینگ ساده (با فرض معلوم بودن میانگین)، کریجینگ معمولی (میانگین مجهول)، کریجینگ عام (در شرایط وجود روند)، لوگ کریجینگ (نرمال‌سازی داده‌ها با استفاده از روش لگاریتم‌گیری) و کوکریجینگ (تخمین یک متغیّر با استفاده از متغیّر دیگر) تقسیم‌بندی می‌شود (Mohammadi, 2006 و Lu *et al.*, 2012). کریجینگ ساده به شکل ترکیب خطی وزن‌دار است، اما این

میانگین باید دارای ویژگی ایستایی مرتبه دوم باشد (Hasanipak, 2013). در کریجینگ معمولی مقادیر یک متغیّر در نقاط نمونه‌برداری نشده به‌صورت ترکیب خطی از مقادیر همان متغیّر در نقاط اطراف آن در نظر گرفته و برای برآورد نقاط ناشناخته، به هریک از نقاط وزنی می‌دهد (Zehtabian *et al.*, 2010). کریجینگ عام در شرایطی است که هر دو مؤلفه تغییرپذیری (جبری و تصادفی)، به‌طور همزمان در ساختار مکانی متغیّر ناحیه‌ای وجود داشته باشند، به‌طوری‌که رفتار و الگوی تغییرپذیری متغیّر مربوطه را می‌توان محاسبه کرد (Webster, 2000). کریجینگ گسسته تخمین‌گر غیرخطی است و در شرایطی که توزیع داده‌ها پیچیده است و یا برازش آنها از راه توزیع‌های معمول آماری (نرمال یا لوگ نرمال) دشوار باشد، به‌کار گرفته می‌شود (Habibi Arbtani *et al.*, 2009). این عمل با تبدیل داده‌ها از طریق ترکیب خطی پلی‌نومییال‌های هرمایت انجام می‌شود (Shahbazi *at al.*, 2011). کوکریجینگ براساس همبستگی بین متغیّرهای مختلف تخمین را انجام و باعث افزایش صحت می‌شود (Lu *et al.*, 2012). بنابراین، از آنجایی که مهمترین عامل در پراکنش گونه *Ar. fragrans* عامل ارتفاع و عوامل وابسته به آن است (Zare Hessari, 2013)، در نتیجه با استفاده از عامل کمکی ارتفاع نقشه کوکریجینگ برای سه پارامتر اصلی تراکم، پوشش تاجی و تولید گونه مذکور ترسیم تا تأثیر عامل ارتفاع در پراکنش این گونه بررسی گردد. انواع روش های درون‌یابی و آمار مکانی با استفاده از نرم افزار $ArcGIS_{10}$ انجام شد.

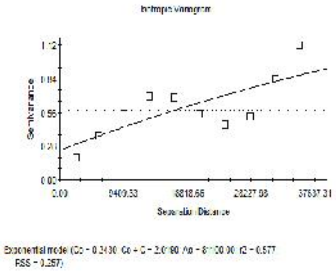
ارزیابی صحت و اعتبارسنجی نقشه‌ها: به‌منظور بررسی اعتبار هریک از نقشه‌های تهیه شده از روش ارزیابی متقابل استفاده و مقادیر برآوردی و مشاهده‌ای بدست آمد. در نهایت به‌منظور آزمون نکویی برازش روش‌های درون‌یابی، از سه معیار جذر میانگین مربعات خطا، خطای اریب یا انحراف و میانگین خطای مطلق میزان صحت و خطا بین مقادیر واقعی و تخمینی بدست آمد.

نتایج

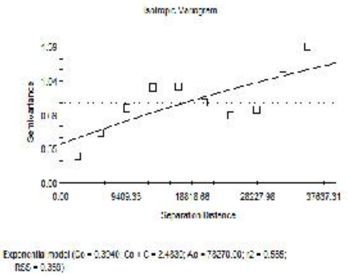
با رسم واریوگرام کلی در جهات مختلف برای هر سه پارامتر تراکم، پوشش تاجی و تولید گونه *Ar. fragrans* ناهمسانگردی مشخصی مشاهده نشد، در نتیجه واریوگرام هر سه پارامتر همسانگرد یا مستقل از جهت تشخیص داده شد. با توجه به اینکه مقدار نسبت اثر قطعه‌ای به سقف هر سه پارامتر فوق در منطقه دارای وابستگی مکانی قوی بوده، بنابراین بهترین مدل واریوگرام مدل نمایی شد (شکل‌های ۳، ۴ و ۵ و جدول۱). مقایسه میزان RMSE روش‌های مختلف آمارمکانی (جدول ۲) نشان داد که بهترین روش میان‌یابی برای هر سه پارامتر مورد بررسی کریجینگ معمولی و کریجینگ عام (با توجه به روند موجود بین تغییرات ارتفاع و انتشار گونه مورد مطالعه) می‌باشد که با توجه به نقشه‌های حاصل از این روش‌ها بیشترین مقدار تراکم، درصد پوشش تاجی و تولید گونه مورد مطالعه در بخش مرکزی و شمال‌شرق در ارتفاعات پایین و کمترین مقدار آن در بخش غربی حوزه و در ارتفاعات بوده و هر چه از مرکز به طرف شمال یا جنوب حرکت کنیم از مقدار آنها کاسته می‌شود (شکل‌های ۶، ۷ و ۸).

جدول ۱- نتایج آنالیز واریوگرام

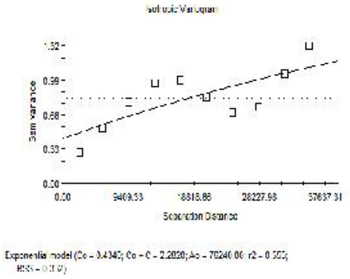
متغیّر	مدل واریوگرام	اثر قطعه‌ای (C_0)	آستانه (C_0+ C)	دامنه تأثیر (متر)	$C_0/(C_0+C)$	وابستگی مکانی	R^2 ضریب تبیین	RSS مجموع مربعات خطا
تراکم	نمایی	۰/۲۴	۲/۰۲	۴۳۳۰۰	۰/۸۸	قوی	۰/۵۸	۰/۲۶
پوشش تاجی	نمایی	۰/۳۹	۲/۴۸	۳۴۸۱۰	۰/۸۴	قوی	۰/۵۹	۰/۳۶
تولید	نمایی	۰/۴۳	۲/۲۹	۲۸۹۰۰	۰/۸۱	قوی	۰/۵۵	۰/۳۳



شکل ۳- واریوگرام تراکم



شکل ۴- واریوگرام پوشش تاجی

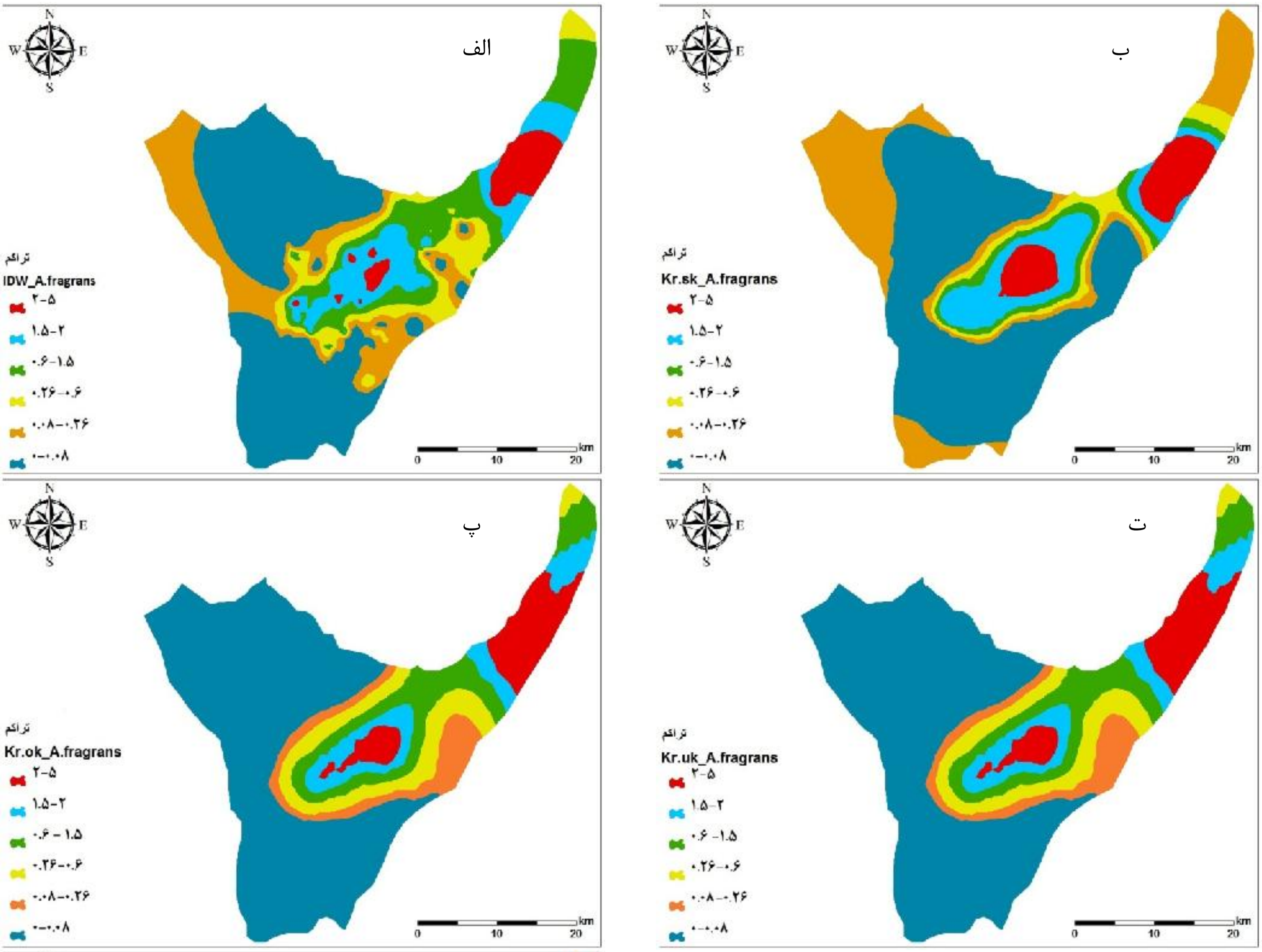


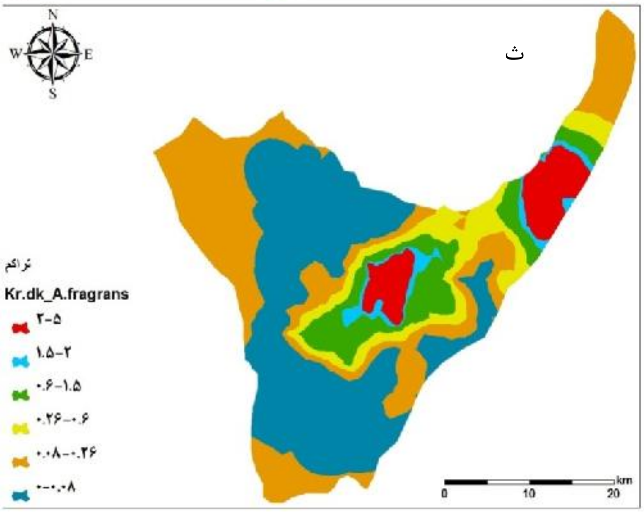
شکل ۵-واریوگرام تولید

نتایج روش کوکریجینگ: با توجه به اهمیت عامل ارتفاع در پراکنش گونه *Ar. fragrans*، نتایج روش کوکریجینگ در تخمین و تهیه نقشه سه پارامتر اصلی تراکم، پوشش تاجی و تولید گونه مذکور با استفاده از این متغیّر در جدول ۳ و شکل‌های ۹، ۱۰ و ۱۱ ارائه شده است. نتایج آنالیز واریوگرام متقابل نشان داد که بهترین مدل کلی برای داده های تراکم، پوشش تاجی و تولید مدل خطی است، همچنین با توجه به میزان نسبت اثر قطعه‌ای به آستانه که بیشتر از ۷۵ درصد (۹۹ درصد) بود (جدول ۳) ساختار مکانی قوی بین این داده‌ها وجود دارد. با توجه به جدول ۴ و با استفاده از میزان خطا (RMSE) هر چند که نتایج تمامی روش‌های مورد آزمون اختلاف معنی‌داری نشان ندادند، اما روش‌های کوکریجینگ عام و معمولی در مقایسه نتایج بهتری داشتند. با توجه به این نقشه‌ها بیشترین مقدار تراکم، درصد پوشش تاجی و تولید گونه مورد مطالعه در بخش مرکزی و شمال‌شرق و در ارتفاعات پایین و کمترین مقدار آن در بخش غربی و در ارتفاعات حوزه بوده و هرچه از مرکز به طرف شمال یا جنوب حرکت کنیم از مقدار آنها کاسته می‌شود. همچنین با توجه به جدول ۳ ضریب همبستگی داده‌های تراکم، پوشش تاجی و تولید در روش کوکریجینگ بالاتر بوده و میزان خطا در این روش برای هر سه پارامتر گونه مورد مطالعه کاهش داشته است.

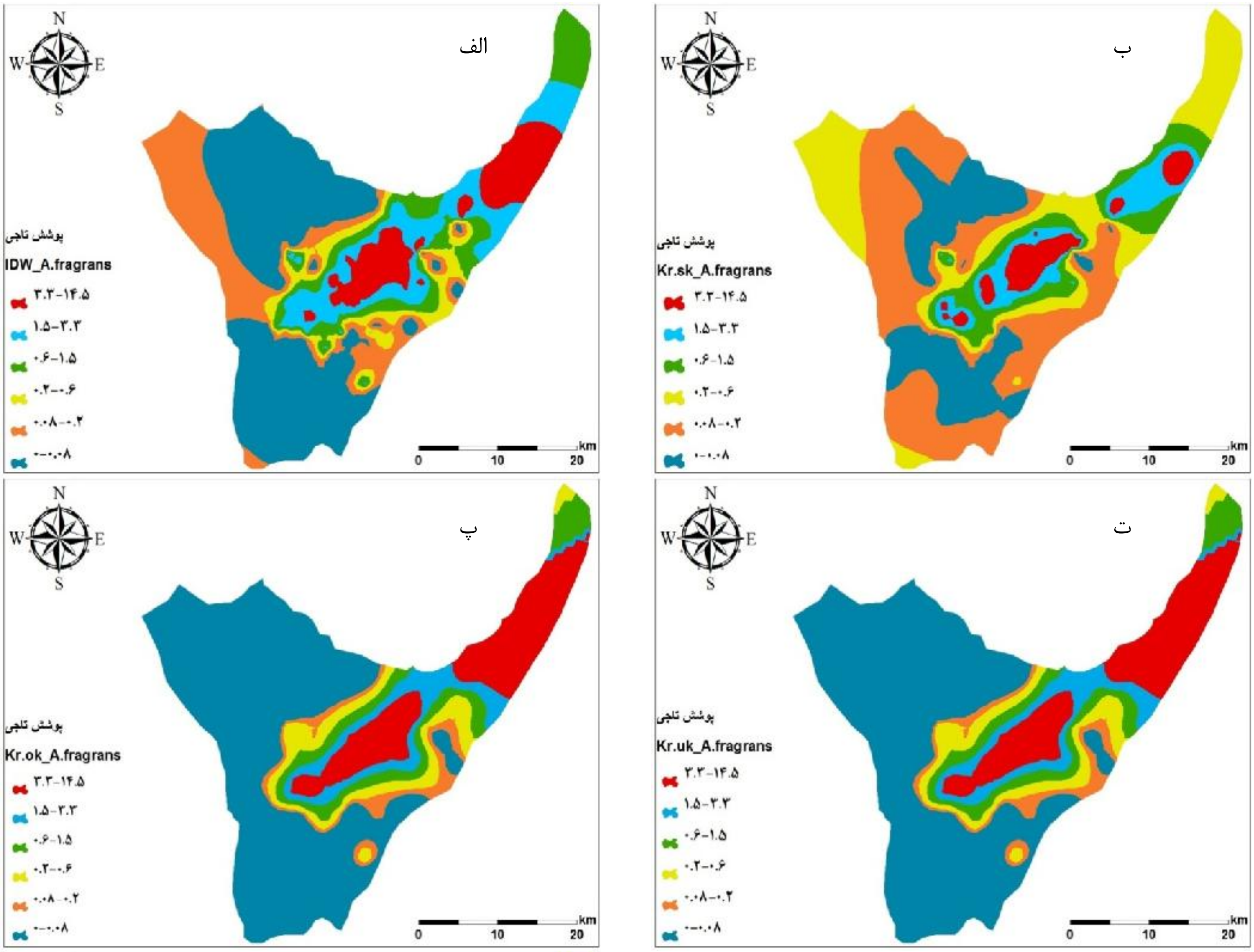
جدول ۲- نتایج پارامترهای مختلف هریک از روش‌های مختلف آمارمکانی

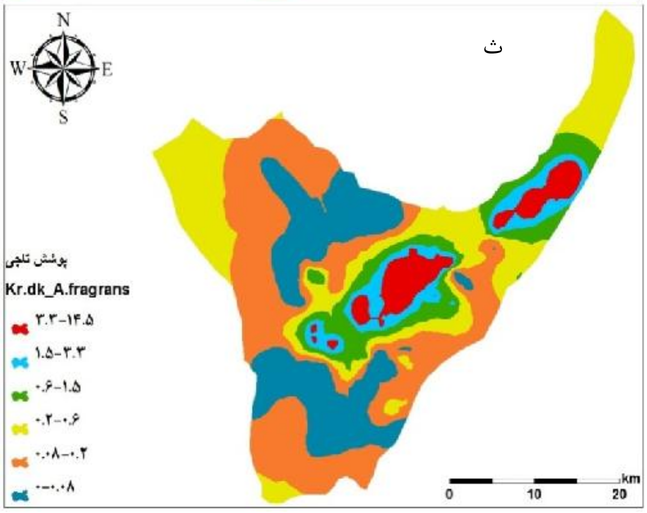
نوع مدل	متغیّر	نوع سکتور	واریوگرام			ناهمسانگردی
			اندازه گام	نوع مدل	توان	
وزن‌دهی عکس فاصله	تراکم	۴	-----	-----	۲/۷۳	-----
	پوششر تاجی	۴	-----	-----	۲/۷۱	-----
	تولید	۴	-----	-----	۲/۷۰	-----
کریجینگ معمولی	تراکم	۸	۱۵۰۰	گوسی	-----	ندارد
	پوشش تاجی	۸	۱۵۰۰	نمایی	-----	ندارد
	تولید	۸	۱۵۰۰	کروی	-----	ندارد
کریجینگ ساده	تراکم	۸	۲۰۰۰	گوسی	------	ندارد
	پوشش تاجی	۸	۱۵۰۰	نمایی	------	ندارد
	تولید	۸	۱۵۰۰	نمایی	-----	ندارد
کریجینگ عام	تراکم	۸	۱۵۰۰	گوسی	------	ندارد
	پوشش تاجی	۸	۱۵۰۰	گوسی	------	ندارد
	تولید	۸	۱۵۰۰	کروی	-----	ندارد
کریجینگ گسسته	تراکم	کامل	۲۰۰۰	گوسی	------	ندارد
	پوشش تاجی	کامل	۱۵۰۰	نمایی	------	ندارد
	تولید	۸	۱۵۰۰	نمایی	-----	ندارد



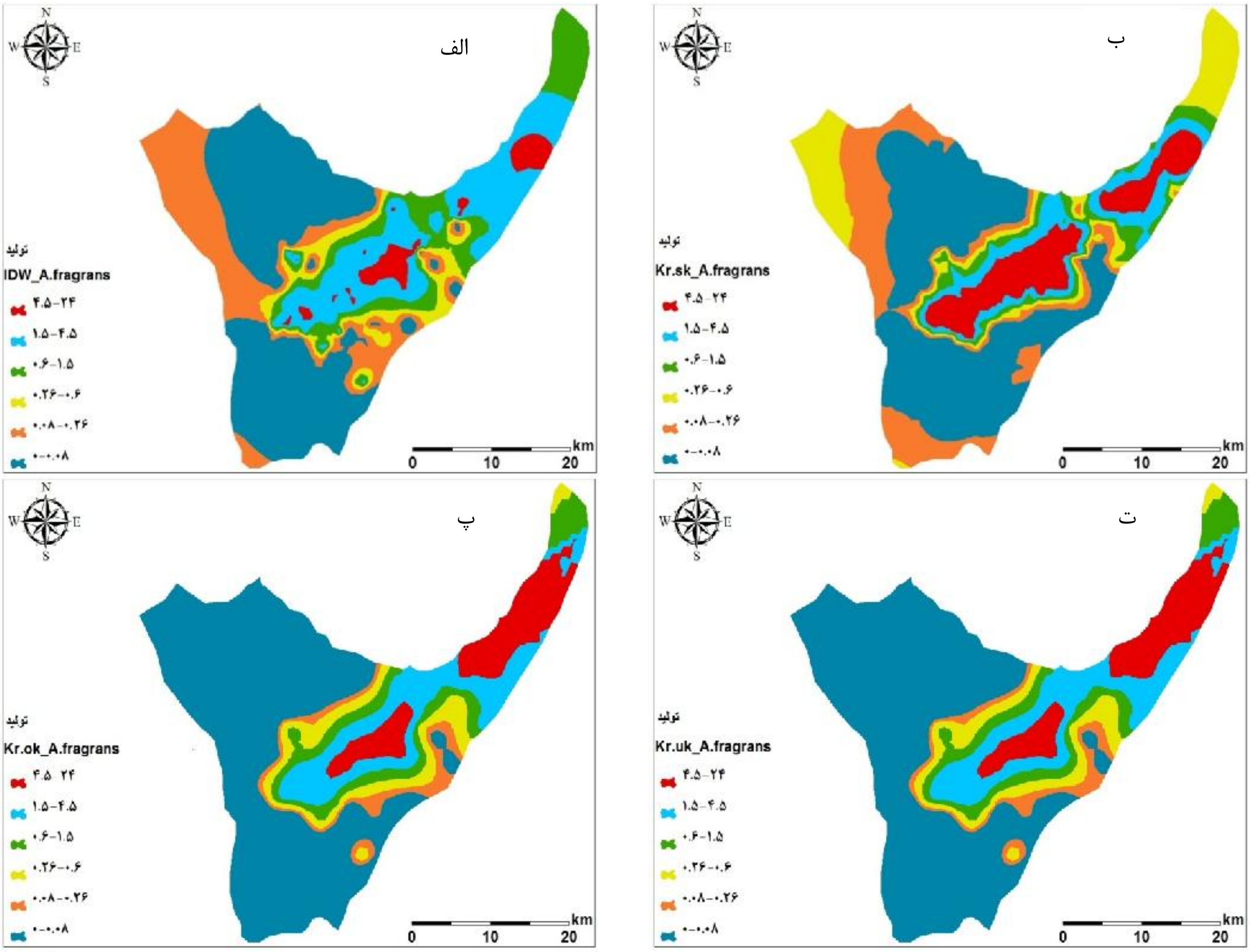


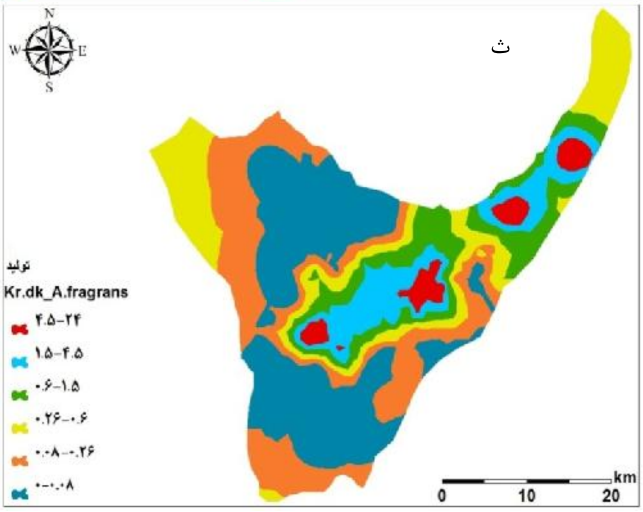
شکل ۶- نقشه‌های تهیه شده بر اساس روش‌های آمار مکانی پارامتر تراکم (پایه در مترمربع) در منطقه مورد مطالعه: الف) روش Inverse Distance Weighting، ب) روش Kr. Simple، پ) روش Kr. Ordinary، ت) روش Kr. Universal، ث) روش Kr. Disjunctive





شکل ۷- نقشه‌های تهیه شده بر اساس روش‌های آمار مکانی پارامتر پوشش تاجی (درصد) در منطقه مورد مطالعه: الف) روش **Inverse Distance Weighting**، ب) روش **Kr. Simple**، پ) روش **Kr. Ordinary**، ت) روش **Kr. Universal**، ث) روش **Kr. Disjunctive**

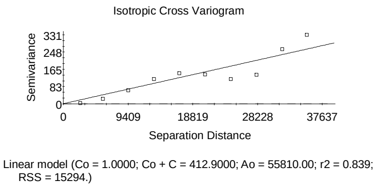




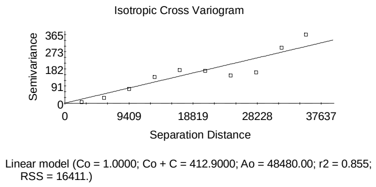
شکل ۸- نقشه‌های تهیه شده بر اساس روش‌های آمار مکانی پارامتر تولید (گرم در مترمربع) در منطقه مورد مطالعه: الف) روش **Inverse Distance Weighting**، ب) روش **Kr. Simple**، پ) روش **Kr. Ordinary**، ت) روش **Kr. Universal**، ث) روش **Kr. Disjunctive**

جدول ۳- نتایج آنالیز واریوگرام متقابل

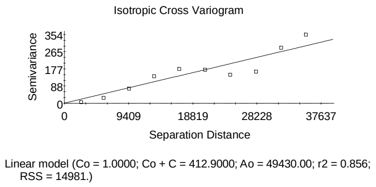
متغیّر	مدل واریوگرام	اثر قطعه‌ای (C_0)	آستانه (C_0+C)	دامنه تأثیر (متر)	$C_0/(C_0+C)$	وابستگی مکانی	R^2	RSS
اثر متقابل تراکم و ارتفاع	خطی	۱/۰۰	۴۱۲/۹۰	۵۵۸۱۰	۰/۹۹	قوی	۰/۸۴	۱۵۲۹۴
اثر متقابل پوشش‌تاجی و ارتفاع	خطی	۱/۰۰	۴۱۲/۹۰	۴۸۴۸۰	۰/۹۹	قوی	۰/۸۶	۱۶۴۱۱
اثر متقابل تولید و ارتفاع	خطی	۱/۰۰	۴۱۲/۹۰	۴۹۴۳۰	۰/۹۹	قوی	۰/۸۶	۱۴۹۸۱



شکل ۹-واریوگرام متقابل تراکم



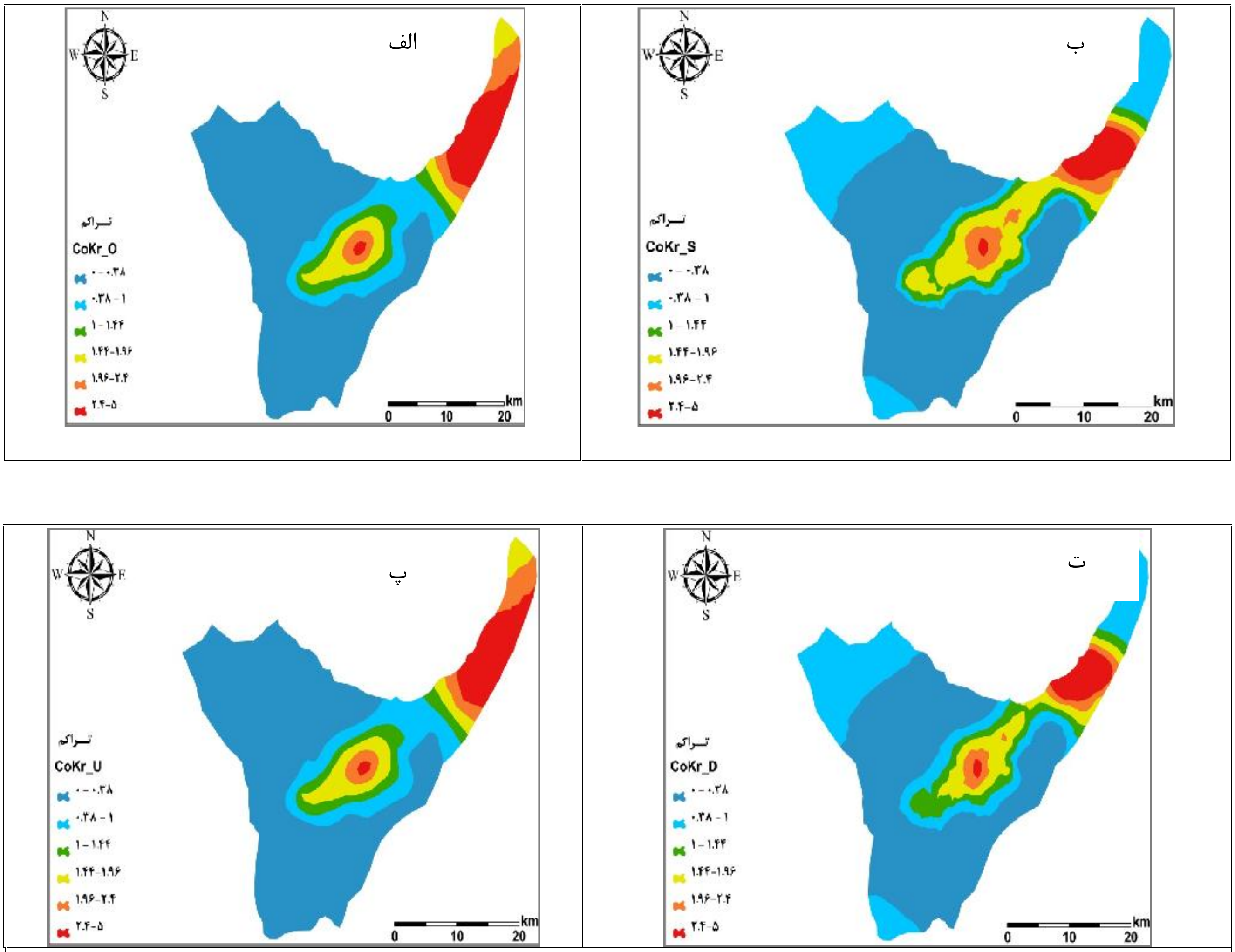
شکل ۱۰- واریوگرام متقابل پوشش تاجی



شکل ۱۱-واریوگرام متقابل تولید

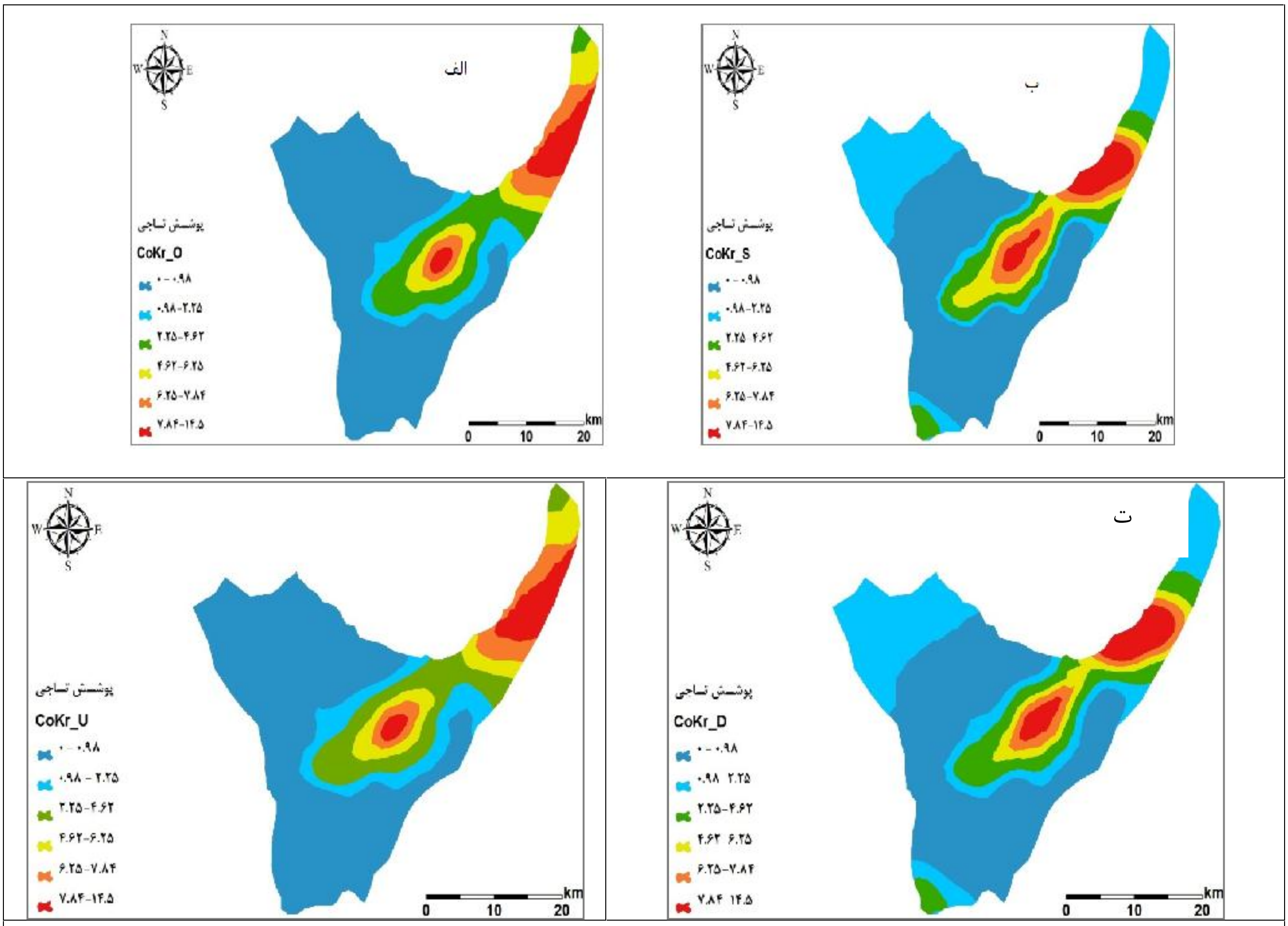
جدول ۴-نتایج پارامترهای مختلف هریک از روش‌های کوکریجینگ

نوع مدل	متغیّر	نوع سکتور	واریوگرام متقابل		
			اندازه گام	نوع مدل	ناهمسانگردی
کوکریجینگ معمولی	تراکم	۸	۳۰۰۰	کروی	دارد
	پوشش تاجی	۴ و ۴۵ درجه	۳۰۰۰	کروی	ندارد
	تولید	۴	۲۰۰۰	نمایی	دارد
کوکریجینگ ساده	تراکم	کامل	۱۰۰۰	گوسی	ندارد
	پوشش تاجی	۴	۱۵۰۰	گوسی	ندارد
	تولید	۴	۱۰۰۰	نمایی	ندارد
کوکریجینگ عام	تراکم	۸	۳۰۰۰	کروی	دارد
	پوشش تاجی	۴ و ۴۵ درجه	۳۰۰۰	کروی	ندارد
	تولید	۴	۲۰۰۰	نمایی	دارد
کوکریجینگ گسسته	تراکم	کامل	۱۰۰۰	گوسی	ندارد
	پوشش تاجی	۴	۱۵۰۰	گوسی	ندارد
	تولید	۸	۱۰۰۰	نمایی	دارد

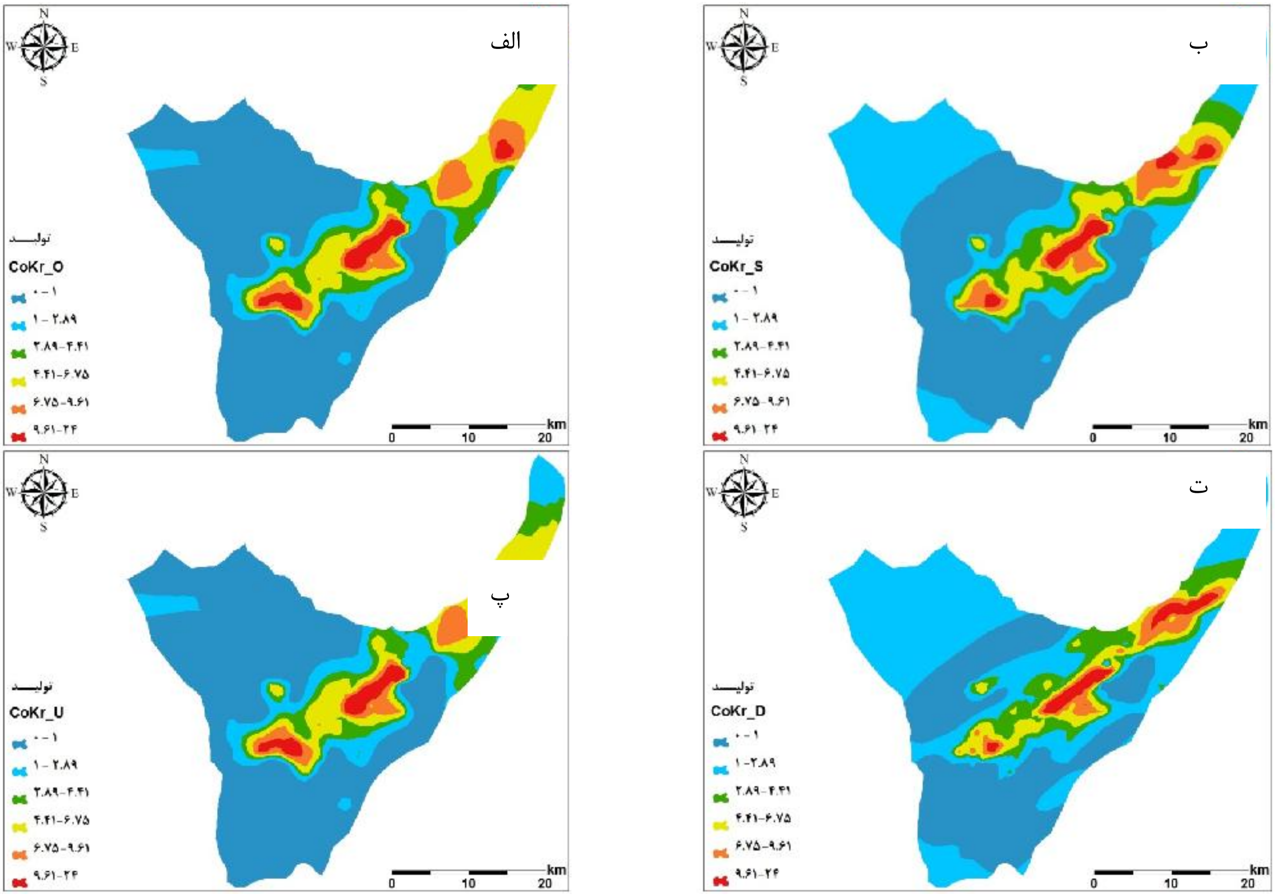


شکل ۱۲- نقشه‌های تهیه شده بر اساس روش‌های آمار مکانی پارامتر تراکم (تعداد پایه در مترمربع)

در منطقه مورد مطالعه: الف) روش **CoKr. Ordinary**، ب) روش **CoKr. Simple**، پ) روش **CoKr. Universal**، ت) روش **CoKr. Disjunctive**



شکل ۱۳- نقشه‌های تهیه شده بر اساس روش‌های آمار مکانی پارامتر پوشش تاجی (درصد) در منطقه مورد مطالعه: الف) روش CoKr. Ordinary، ب) روش CoKr.Simple، پ) روش CoKr.Universal، ت) روش CoKr. Disjunctive



شکل ۱۴- نقشه‌های تهیه شده بر اساس روش‌های آمار مکانی پارامتر تولید (گرم در مترمربع) در منطقه مورد مطالعه: الف) روش**CoKr. Ordinary**، ب) روش **CoKr.Simple**، پ) روش **CoKr.Universal**، ت) روش **CoKr. Disjunctive**

نتایج ارزیابی صحت روش‌های آمار مکانی

همان‌گونه که در جدول‌های ۵ و ۶ ارائه شده است، از میان روش‌های آمار مکانی برازش داده شده برای داده‌های تراکم، پوششتاجی و تولید، روش کریجینگ معمولی و کریجینگ عام در جدول ۵ از خطای کمتری برخوردار بوده و کمترین میانگین خطای مطلق، کمترین مجذور میانگین مربعات خطا و کمترین میانگین انحراف داده‌ای را دارند. از طرفی با توجه به مقادیر MAE، MBE و RMSE و در جدول ۶ می‌توان نتیجه گرفت که برای هر سه پارامتر مورد بررسی روش کوکریجینگ معمولی و جامع دارای صحت بالایی در برآورد نقاط فاقد اندازه‌گیری می‌باشند. در کل با مقایسه روش‌های مختلف آمار مکانی ازجمله کریجینگ، IDW و کوکریجینگ مشخص گردید که هر چند تمامی روش‌ها نتایج قابل قبولی ارائه دادند، ولی در مقایسه بهترین روش برای پارامترهای گونه *Ar. fragrans*، روش کوکریجینگ با توجه به مقدار خطای کمتر و همبستگی بالاتر در بین سایر روش‌های آمار مکانی می‌باشد.

جدول ۵- نتایج ارزیابی روش‌های مختلف آمارمکانی

نوع مدل	متغیّر	RMSE	MBE	MAE
وزن‌دهی عکس فاصله	تراکم	۰/۴۴	۰/۰۶	۰/۳۵
	پوشش تاجی	۰/۵۴	۰/۱۰	۰/۴۲
	تولید	۰/۵۵	۰/۱۲	۰/۴۵
کریجینگ معمولی	تراکم	۰/۴۲	۰/۰۴	۰/۳۲
	پوشش تاجی	۰/۵۲	۰/۰۶	۰/۴۰
	تولید	۰/۵۴	۰/۰۹	۰/۴۵
کریجینگ ساده	تراکم	۰/۴۶	۰/۰۸	۰/۳۶
	پوشش تاجی	۰/۵۶	۰/۱۲	۰/۴۶
	تولید	۰/۵۷	۰/۱۰	۰/۴۸
کریجینگ عام	تراکم	۰/۴۲	۰/۰۴	۰/۳۲
	پوشش تاجی	۰/۵۲	۰/۰۸	۰/۴۳
	تولید	۰/۵۴	۰/۰۹	۰/۴۵
کریجینگ گسسته	تراکم	۰/۴۵	۰/۱۰	۰/۳۸
	پوشش تاجی	۰/۵۵	۰/۱۲	۰/۴۶
	تولید	۰/۵۷	۰/۱۳	۰/۴۹

جدول ۶- نتایج ارزیابی روش‌های کوکریجینگ

نوع مدل	متغیّر	RMSE	MBE	MAE
کوکریجینگ معمولی	تراکم	۰/۴۲	-۰/۰۸	۰/۳۱
	پوشش تاجی	۰/۵۲	-۰/۰۳	۰/۳۶
	تولید	۰/۵۴	-۰/۰۷	۰/۴۹
کوکریجینگ ساده	تراکم	۰/۴۶	-۰/۱۰	۰/۳۴
	پوشش تاجی	۰/۵۶	-۰/۰۸	۰/۴۳
	تولید	۰/۵۷	-۰/۰۲	۰/۴۳
کوکریجینگ عام	تراکم	۰/۴۲	-۰/۰۸	۰/۳۱
	پوشش تاجی	۰/۵۲	-۰/۰۳	۰/۳۶
	تولید	۰/۵۴	-۰/۰۶	۰/۵۶
کوکریجینگ گسسته	تراکم	۰/۴۵	-۰/۰۹	۰/۳۲
	پوشش تاجی	۰/۵۵	-۰/۰۶	۰/۴۵
	تولید	۰/۵۷	-۰/۰۲	۰/۴۶

بحث

هدف اصلی این تحقیق بررسی تغییرات مکانی و تهیَه نقشه پارامترهای گونه *Ar. fragrans* در دامنه جنوب‌شرقی سبلان بود که برای این منظور از روش‌های مختلف آمار مکانی استفاده شد. نتایج آنالیز واریوگرام نشان داد که در کل بهترین مدل واریوگرام برای پارامترهای فوق مدل نمایی است (هر چند که در محاسبات نقشه و مدل‌های مختلف کریجینگ در محیط GIS مدل‌های مختلف کروی، قوسی و نمایی به‌عنوان مدل برتر انتخاب شدند) که با نتایج Ghorbani و همکاران (۲۰۱۱) که واریوگرام نمایی را بهترین مدل برای درصد پوشش تاجی گونه *Festuca ovina* گزارش کرده‌اند، مطابقت دارد. همچنین با توجه به میزان نسبت اثر قطعه‌ای به آستانه در داده‌های تراکم، پوشش تاجی و تولید ساختار مکانی قوی بین داده‌ها وجود دارد. این امر نشان‌دهنده پیوستگی مکانی و صحت بالای مدل‌های برازش شده می‌باشد، که خود نقش مهمی در بالا بردن صحت برآوردها دارد. مقایسه روش کوکریجینگ (بکارگیری متغیّر کمکی ارتفاع) با روش‌های کریجینگ و وزن‌دهی عکس فاصله نشان‌دهنده برتری روش کوکریجینگ نسبت به روش‌های دیگر میان‌یابی بود. نتایج بدست‌آمده با نتایج Rizzo و Mouser (۲۰۰۰) مطابقت داشت. همچنین Zare Chahouki و Zare Chahouki (۲۰۱۱) نیز در تهیه نقشه‌های همباران فصلی، نتیجه بهتر را با استفاده از کوکریجنگ بدست آورده‌اند. در نتیجه، با توجه به ارتباط انتشار گونه‌های گیاهی ازجمله *Ar. fragrans* با عوامل محیطی مانند ارتفاع که در مطالعه Zare Hessari (۲۰۱۳) و Zare Hessari و همکاران (۲۰۱۴) با تجزیه‌وتحلیل آمار کلاسیک چند متغیّره به اثبات رسیده است، روش‌های آمار مکانی مورد استفاده در این تحقیق برای پارامترهای پوشش گیاهی مناسب‌تر است. با توجه به نتایج آنالیز کراس واریوگرام (متقابل)، ساختار مکانی پارامترهای تراکم، پوشش تاجی و تولید این گونه در منطقه مورد مطالعه مناسب بوده و بهترین مدل واریوگرام برای هر سه پارامتر، مدل خطی (هر چند که در محاسبات نقشه و مدل‌های مختلف کوکریجینگ در محیط GIS مدل‌های مختلف کروی، قوسی و نمایی به‌عنوان مدل برتر انتخاب شدند) می‌باشد. اما در تحقیق Ghorbani و همکاران (۲۰۱۱) بهترین مدل واریوگرام متقابل برای درصد پوشش تاجی گونه *Festuca ovina* مدل نمایی بیان شده است. در بین روش‌های مختلف مورد استفاده هر چند همه آنها از نتایج قابل قبول برخوردار بودند، اما برای داده‌های تراکم و پوشش تاجی روش کوکریجینگ گسسته و برای داده‌های تولید روش کوکریجینگ ساده به‌ترتیب بهترین نتایج را در مقایسه داشته‌اند. با توجه به اصول آمار مکانی، متغیّری که همبستگی مکانی مناسب و واریانس تخمینی کمتری دارد برای تخمین نیاز به نمونه‌برداری کمتری دارد و از این‌رو هزینه نمونه‌برداری آن نیز کمتر خواهد شد. Zehtabian و همکاران (۲۰۱۰) نیز به نتایج مشابه در ارتباط با بررسی کیفیت شیمیایی آب زیرزمینی دست پیدا کرده، و عنوان کردند که نمونه‌برداری کمتر و به‌طبع آن کاهش هزینه نمونه‌برداری با استفاده از روش‌های آمار مکانی یکی از نقاط قوت چارچوب استفاده از این تکنیک در بررسی پارامترهای محیطی می‌باشد. همچنین، Jafari و همکاران (۲۰۰۸) و Sheikh Goodarzi و همکاران (۲۰۱۲) نیز در بررسی روش‌های آمار مکانی پارامترهای خاک و آب به نتایج مشابهی دست یافتند و بیان کردند که روش کوکریجینگ دارای صحت برآورد مطلوبتری در مقایسه با سایر روش‌های آمار مکانی می‌باشد. در این تحقیق هر چند که استفاده از روش میان‌یابی کریجینگ تخمین‌های قابل قبول و با خطای کمتری را برای کل نمونه‌ها ارائه داد ولی استفاده از کوکریجینگ و واریوگرام متقابل میزان خطا را کاهش و صحت تخمین‌ها و همبستگی را افزایش داد. بنابراین بهترین روش آمارمکانی در این تحقیق برای هر سه پارامتر یادشده کوکریجینگ عام و معمولی می‌باشد.

همچنین نکته قابل توجه دیگر در ارتباط با استفاده از آمار مکانی در مطالعات جامعه‌شناسی و فردی گونه‌های مرتعی شاید بحث تغییرات پوشش گیاهی تحت تأثیر تغییرات عوامل محیطی در طول زمان باشد، که اقبال کمتری

را در استفاده از آمار مکانی در این زمینه منجر شده است. زیرا در مطالعات گذشته به‌ویژه در ایران در مطالعات خاک و آب که در مقایسه از ثبات بیشتری در طول زمان برخوردار هستند، بر استفاده از آمار مکانی تأکید داشته‌اند. چنانچه این امر مطرح باشد، مطالعات دیگر مانند مطالعات انجام شده با استفاده از آمار کلاسیک، بویژه آمار چند متغیّره و مدل‌سازی نیز در این رابطه قابل توجه و این مشکل برای آنها نیز صادق می‌باشد. البته تنها استفاده از آمار مکانی در مناطق خشک و بیابانی که بارندگی از نوسان زیادی برخوردار است و گونه‌های یکساله عمدتاً در این رویشگاه‌ها انتشار دارند و ممکن است تفاوت زیادی از نظر تراکم، تولید و پوشش‌تاجی از سالی به سال دیگر داشته باشند، نتایج روش‌های آمار مکانی نمی‌تواند مورد استناد قرار گیرد، ولی در سایر شرایط که گونه‌های چند ساله غلبه دارند، اتفاقاً نقشه‌های تولیدی سری زمانی از روش‌های آمار مکانی می‌تواند کمک زیادی در ارزیابی روند تغییرات تحت تأثیر پارامترهای محیطی را بخوبی نشان داده و در برنامه‌ریزی‌ها و مدیریت‌ها مورد استفاده قرار گیرد.

در مجموع با توجه به ضرورت پهنه‌بندی و ارزیابی روند تغییرات پارامترهای گیاهی در مدیریت مرتع، روش‌های آمار مکانی، به‌ویژه روش‌های کوکریجینگ مناسب ارزیابی تغییرات گونه‌های گیاهی می‌باشند، ولی بهتر است تعداد نمونه‌ها بیشتر، با پراکنش مناسبتر و با تأکید بر تراکم گونه‌ها و با استفاده از روش‌های کوکریجینگ و متغیّر ارتفاع یا پارامترهای وابسته به آن پهنه‌بندی گردد. بعلاوه با توجه به اینکه، پارامتر تولید در درجه اول و پوشش‌تاجی در درجه دوم در مقایسه با تراکم گونه‌های بوته و نیمه‌بوته‌ای مانند *Ar. fragrans* می‌تواند تابع تغییرات محیطی سالانه مانند ترسالی و خشکسالی قرار گیرد، بنابراین توصیه می‌شود در مطالعات آینده بر روی پایه و تراکم تمرکز بیشتری صورت گیرد که در این صورت پایگاه اطلاعاتی مطلوبتری برای پایش‌های آینده ایجاد خواهد شد. همچنین یکی از نگرانی‌های اصلی در ارتباط با منابع طبیعی و مراتع، تخریب آنها است و لازمه ارزیابی و پایش تخریب، تولید داده‌های پایه سنواتی برای ارزیابی تغییرات در مراتع کشور است. این تحقیق علاوه بر استفاده و ارزیابی تکنیک‌های آمار مکانی در بررسی روند تغییرات و آزمون کارایی روش‌های مختلف آن توانسته است اطلاعات پایه در ارتباط با یک گونه شاخص مرتعی و دارویی در مراتع سبلان با موقعیت‌های مشخص را در سال پایه ۱۳۹۱ ایجاد تا در سال‌های بعدی با استناد به این مطالعه و گونه *Ar. fragrans* روند تغییرات و تخریب مراتع در طول زمان مورد بررسی قرار گیرد.

منابع مورد استفاده

Asri, Y., 2012. Range Plants of Iran, Dicotyledons. Research Institute of Forest and Rangelands, Tehran, Iran, 575-1107p.

Cambardella, C. A., T. B. Moorman, J. M. Novak, T. B. Parkin, D. L. Karlen, R. F. Turco and Konopka, A. E., 1994. Field-scale variability of soil properties in central Iowa soils. Soil Science Society of America Journal, 58(5): 1501-1511.

Cythia, S. A., Wallace, J., Watts, M. and Stephen, R., 2000. Characterizing the spatial of vegetation communities in the Mojave desert using geostatical techniques. Computers and Geoscinences, 26: 397-410.

Davis, P. H., 1975. Flore of Turkey and the East Aegeen Islends. Edinburgh University Press, London.

Ghorbani, A., Zare Hessari, B., Omidi, A. and Hasani, M., 2011. Assessment of *Festuca ovina* canopy cover variation using geostatistical techniques in southeast faced slopes of Sabalan. In proceeding of the 19th Iranian National Geomatica Conference, Tehran, Iran.

Ghorbani, A., Sharifi, J., Kavianpoor, H., Malekpoor B. and Mirzaei AghcheGheshlagh, F., 2013. Investigation on ecological characteristics of *Festuca ovina* L. in south-eastern rangelands of Sabalan. Journal of Range and Desert Research, 20(2): 379-396.

Habibi Arbtani, V., Ahmadi, A. and Fattahi, M. M., 2009. Modeling of spatial variations of some chemical characteristics of underground waters using geostatistical methods. Watershed Management Science and Engineering, 3(7): 23-34.

Hasanipak, A. A., 2013. Geostatistic. Tehran University Press, 328p.

Hengel, T., 2007. A practical guide to geostatistical mapping of enviromental variables. European commission, Joint research center, Institute for enviroment and sustianability. JRC Ispra, Via E. Fermi 1, I- 21020 Ispra (VA), Italy.

Eshvari, P. 2013. Identification of ecological region of Iran (vegetation of Ardabil province), Institute Research of Forest and Rangeland Press. Report No. 42183/37.

Sheikh Goodarzi, M., Mousavi, S. H. and Khorasani. N., 2012. Imulating spatial changes in groundwater qualitative factors using geostatistical methods (case study: Tehran - Karaj plain). Journal of Natural Environment, Iranian Journal of Natural Resources, 65(1): 83-93.

Valizade, E., Jafari, B., Dolgari-Sharaf, J. and Nari Bariji, V. 2012. Evaluating antibacterial activity from essential oil of *Artemisia fragrans* Willd. in north-western of Iran. African Journal of Microbiology Research, 6: 834-837.

Webster, R. 2000. Is soil variation random? Geoderma, 97: 149-163.

Wu, W., Xiu, D. T. and Liu, H. B., 2009. Spatial variability of soil heavy metals in the three gorges area, multivariate and geostatistical analysis. Journal of Environment Monitoring Assessment, 157: 63–71.

Zare Chahouki, A. and Zare Chahouki, M. A., 2011. Estimation of seasonal and annual precipitation using geostatistical methods (case study: southern Alborz of Semnan province). Journal of Range and Watershed Management, Iranian Journal of Natural Resources, 64(1): 39-51

Zare Hessari, B. 2013. Characterizing spatial structure of production, density and canopy cover of *Artemisia fragrans* in southeastern slopes of Sabalan using geostatistical techniques. MSc Thesis, University of Mohaghegh Ardabili, Ardabil, Iran. 134p.

Zareh Hesari, B., Ghorbani, A., Azimi Motam, F., Hashmi Majd, K. and Asghari, A., 2014. Study the effective ecological factors on distribution of *Artemisia fragrans* in southeast faced slopes of Sabalan. Iranian Rangeland Journal, 8(3): 238-250.

Zehtabian, Gh., Janfaza, E., Mohammad Asgari, H., and Nematollahi, M. J. 2010. Modeling of ground water spatial distribution for some chemical properties (Case study in Garmsar watershed). Iranian Journal of Range and Desert Research, 17(1): 61-73.

Jafari, M., Asgari, H. M., Moazami, M., Beniaz, M. and Tahmores, M., 2008. Investigation of spatial distribution of soil properties by use of geostatistical methods. Pajouhesh and Sazandegi, 80: 177-191.

Jafarian, Z., Kargar, M. and Ghorbani, J. 2014. Spatial variability of quantitative properties of *Artemisia aucheri* and some soil properties using geostatistics in Vavsar Rangeland of Sari. Iranian Journal of Range and Desert Research, 21(2): 234-246.

Le´on Ruiz, E. J., Garc´ıaMozo, H., Dom´ınguez Vilches, E. and Gal, C., 2012. The use of geostatistics in the study of floral phenology of *Vulpia geniculata* (L.) Link. The Scientific World Journal, doi:10.1100/2012/624247

Liu, T. L., Jang, K.W., and Lee, D. Y., 2006. Interpolation soil properties using kriging combined with categorical information of soil map. Soil Science Society of America Journal, 70:1200-1209.

Lu, A., Wang, J., Qin, X., Wang, K., Han, P. and Zhang, Sh., 2012. Multivariate and geostatistical analyses of the spatial distribution and origin of heavy metals in the agricultural soils in Shunyi, Beijing, China. Science of the Total Environment, 425: 66-74.

Miller, J., and Franklin, J., 2002. Modeling the distribution of four vegetation alliance using generalized linear models and classification trees with spatial dependence. Ecological Modelling, 157: 227-247.

Mohammadi, J., 2006. Pedometry (Spatial Statistics) Pelk Publications, 453p.

Rizzo, D. M. and Mouser, J. M., 2000. Evaluation of geostatistics for combined hydrochemistry and microbial community fingerprinting at a waste disposal Site. Hydrology, 287: 95-123.

Robinson, T. P. and Metternicht, G., 2006. Testing the performance of spatial interpolation techniques for mapping soil properties. Computer and Electronics in Agriculture, 50: 97-108.

Shahbazi, A., Soffianian, A. R., Afraz, R. and Khodakarami, L., 2011. The spatial distribution of heave metals cadmium, copper and lead in soil and sources of these metals (Case study: Nahavand city). Journal of Applied RS and GIS Techniques in Natural Resource Science, 2(2): 97-109.

Sharifi, J., Fayaz, M., Azimi, F., RostamiKia, Y. and P.

Zonation of spatial variation of density, canopy cover and production parameters of *Artemisia fragrans* using spatial statistic in southeast faced slopes of Sabalan

A. Ghorbani[1*] and B. Zare Hessariy[2]
1* Corresponding author, Associate Professor, University of Mohaghegh Ardabili, Ardabil, Iran, Email: a_ghorbani@uma.ac.ir
2-Former M.Sc. in Range Management, University of Mohaghegh Ardabili, Ardabil, Iran.
Received:5/15/2014 Accepted:3/2/2015

Abstract

This study was aimed to determine the feasibility of spatial statistics in studying the spatial variations of density, canopy cover, and production for *Artemisia fragrans* in the southeast slopes of Sabalan. Initially, the normality test was conducted using $SPSS_{16}$ software. Then, spatial statistical analysis including studying the spatial variability of density, canopy cover, and production of the studied species were conducted through the variograms of data and mapping the parameters using different interpolation and spatial statistical methods in the GS+5 and $ArcGIS_{10}$ software. The accuracy assessment of maps was done using cross validation and three methods including: Root Mean Squared Error (RMSE), Mean Bias Error (MBE), and Mean Absolute Error (MAE). Results showed that the exponential model was the best-fitted variogram model and the data had high spatial structure. Among spatial statistical methods, the ordinary and universal co-kiriging were the best methods for the three parameters studied. According to the maps produced from these methods, *A. fragrans* is mostly distributed on the central and northeast parts and in low altitudes. Overall, spatial statistical techniques could be applied to zone the perennial key species of rangelands with proper sampling units.

Keywords: Ardabil province, *Artemisia fragrans*, interpolation, Sabalan, spatial statistic, vegetation maps.