فصلنامه علمی-پژوهشی خشک بوم
سال اول – شماره 1 – پاییز 1389

کاربرد روش‌های آمار مکانی در مدل‌های پیش‌بینی رویشگاه گونه‌های گیاهی

1- محمدعلی زارع چاهوکی، استادیار دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه تهران
mazare@ut.ac.ir
2- محمد زارع ارنانی، استادیار دانشکده منابع طبیعی و کویرشناسی، دانشگاه یزد
3- اصغر زارع چاهوکی، دانشجوی کارشناسی ارشد آبخیزداری دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه تهران
4- لیلا خلاصی اهوازی، دانشجوی کارشناسی ارشد مرتعداری دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه تهران

دریافت: 1389/5/25
پذیرش: 1389/8/20

چکیده

هدف از این پژوهش، بررسی کارآیی روش‌های آمار مکانی در تهیهٔ نقشهٔ خصوصیات خاک برای استفاده در مدل‌های پیش‌بینی رویشگاه است. به این منظور، نمونه‌برداری از پوشش گیاهی به روش تصادفی- سیستماتیک از طریق پلات‌گذاری در امتداد 3 تا 5 ترانسکت 500-300 متری انجام شد. سطح پلات‌ها با توجه به نوع گونه‌های موجود به روش سطح حداقل بین 2 تا 100 متر مربع و تعداد آنها با توجه به تغییرات پوشش گیاهی و روش آماری 30 تا50 پلات تعیین شد. همچنین بر اساس نقشهٔ واحدهای نمونه‌برداری، 120 پروفیل خاک حفر و از دو عمق 30-0 سانتی‌متر و 80-30 سانتی‌متر نمونهٔ خاک برداشت شد. خصوصیات خاک شامل سنگریزه، بافت، رطوبت اشباع، رطوبت در دسترس، آهک، گچ، ماده آلی، اسیدیته، هدایت الکتریکی و املاح محلول (سدیم، کلسیم، منیزیم، پتاسیم، کلر، کربنات، بی‌کربنات و سولفات) مورد اندازه‌گیری و آزمایش قرار گرفت. بعد از جمع‌آوری داده‌ها با استفاده از رگرسیون لجستیک، رابطهٔ بین حضور گونهٔ *Crnulaca monachantha* با عوامل محیطی بررسی شد. برای تهیه نقشهٔ پیش‌بینی رویشگاه این گونهٔ گیاهی، ابتدا نقشهٔ خصوصیات خاک با استفاده از روش‌های کریجینگ نقطه‌ای، وزن‌دهی معکوس فاصله و وزن‌دهی نرمال فاصله در محیط نرم‌افزارهای GS^+ و Arc GIS تهیه شد. برای ارزیابی دقت نتایج، از روش اعتبارسنجی متقابل (cross validation) با کمک دو پارامتر آماری میانگین انحراف خطا و میانگین مطلق خطا استفاده گردید. نتایج نشان داد که روش کریجینگ نقطه‌ای در متغیر سنگریزهٔ عمق اول (یعنی 0 تا 30 سانتی‌متر) با خطای 1/56 و انحراف 0/048 و گچ با خطای 0/176 و انحراف 0/006 دسی‌زیمنس بر متر، دقت بالاتری نسبت به دیگر روش‌های مورد استفاده دارد. در نهایت با اعمال رابطهٔ رگرسیون لجستیک به‌دست آمده بر لایه‌های اطلاعاتی، نقشهٔ پیش‌بینی رویشگاه گونهٔ *C. monachantha* تهیه شد که دقت آن با ضریب کاپای 0/98 خوب ارزیابی شد.

واژگان کلیدی: اعتبارسنجی متقابل زمین، آمار مکانی، مدل پیش‌بینی، *Cornulaca monachantha*، مراتع پشتکوه یزد

مقدمه

از آنجا که در مبحث مدل‌های پیش‌بینی رویشگاه، هدف تهیهٔ نقشهٔ پیش‌بینی گونه‌های‌گیاهی است، می‌باید ابتدا عوامل محیطی تأثیرگذار بر پراکنش پوشش گیاهی به صورت نقشه تهیه شده، سپس با استفاده از روش‌های مدل‌سازی براساس وزن هر عامل، تلفیق لایه‌ها و تهیهٔ نقشهٔ پیش‌بینی رویشگاه انجام شود. نقشه‌های توپوگرافی، زمین‌شناسی و پوشش‌گیاهی را براساس نقشه‌های پایه و پیمایش صحرایی تهیه می‌کنند؛ از آنجا که هر کدام از خصوصیات خاک نیز در پراکنش هر گونهٔ گیاهی تأثیر متفاوتی دارند، از این‌رو برای تهیهٔ نقشهٔ پیش‌بینی رویشگاه باید نقشهٔ هر کدام از خصوصیات خاک مؤثر در پراکنش پوشش‌گیاهی را با استفاده از روش‌های آمار مکانی تهیه نمود.

عظیم‌زاده و همکاران (1384 ه. ش.) از روش کریجینگ به منظور تخمین درصد سنگفرش بیابانی و سرعت آستانهٔ

فرسایش بادی در منطقهٔ ابراهیم‌آباد یزد استفاده کردند. نتایج این پژوهش نشان داد که استفاده از زمین‌آمار و روش کریجینگ معمولی شیوه‌ای مناسب و دقیق برای تهیهٔ نقشهٔ مؤلفه‌های مؤثر در فرسایش بادی است.

اسکویی و همکاران (1385 ه. ش.)، برای مقایسهٔ کارایی روش‌های زمین‌آماری از روش تقاطعی با کمک دو پارامتر آماری MAE[1] و MBE[2] استفاده کردند. نتایج نشان داد که روش کریجینگ با ضریب همبستگی 0/98 و نیم - تغییر نمای[3] مدل گوسی از دقت بالایی برای برآورد مقادیر شوری در نقاط بدون داده، برخوردار است. خطای برآورد این روش 1/31 و انحراف آن 0/34- دسی زیمنس بر متر به دست آمده است.

بایو و همکاران (1998م.) مدل پیش‌بینی گونه‌های گیاهی را با کاربرد روش‌های مدل خطی تعمیم یافته[4] (GLM)، مدل‌های تجمعی تعمیم یافته[5] (GAM) و زمین آمار تهیه کردند. در این پژوهش حضور گونه‌های گیاهی در پلات‌های 10×10 متر مربع اندازه‌گیری شد. در مرحله بعد، خصوصیات خاک و آب زیرزمینی شامل pH، املاح کلسیم، منیزیم، سولفات، کلر، نیترات، آمونیم، فسفات، آهن و پتاسیم نیز اندازه‌گیری گردید. سپس با استفاده از روش‌های زمین‌آمار، نقشهٔ هر یک از خصوصیات مذکور ترسیم شد. در پایان نیز برای هر گونهٔ گیاهی، رابطهٔ رگرسیونی بین احتمال حضور گونه‌های گیاهی و خصوصیات محیطی تعیین و بعد از اعمال رابطه در نقشهٔ آن خصوصیات، نقشهٔ احتمال حضور برای گونه‌های گیاهی در منطقهٔ مورد مطالعه تهیه گردید.

استفاده از روش‌های زمین آمار برای تحلیل رطوبت قابل دسترس خاک نیز به وسیله باچی و ماگیور (1999م.) مورد آزمایش قرار گرفت. نمونه‌های خاک از فواصل منظم 50 متری از دو عمق (30-0 و 50-30 سانتی‌متر) در نزدیکی میلان ایتالیا تهیه شد. برای میان‌یابی و تهیهٔ نقشه از روش کریجینگ بلوکی استفاده شد. نتایج، تغییرات بیشتر مقدار آب در دسترس را در لایهٔ زیرین نسبت به لایهٔ بالایی نشان داد.

وانگ و همکاران (2001 م.) از روش‌های زمین‌آماری برای بررسی تغییرات مکانی هدایت هیدرولیکی در خاک‌های شور ساحلی استفاده کردند. اسفندیارپور و همکاران (2010 م.) ، نقشه‌بندی جغرافیایی خاک‌ها را در منطقهٔ بروجن با استفاده از روش‌های زمین آماری انجام دادند. آنها برای ارزیابی روش‌های زمین آمار، از روش تقاطعی استفاده نمودند.

پکری و همکاران (2004 م.) از فن زمین آمار برای تعیین خصوصیات خاک مناطق مناسب برای احداث چراگاه در حوزهٔ آمازون در کشور برزیل استفاده کردند.

اکسینگ و همکاران (2007 م.) در بررسی تغییرات مکانی خاک‌های شمال شرق چین از جمله ماده‌آلی، نیتروژن، فسفر و پتاسیم محلول و قابل دسترس به این نتیجه رسیدند که به غیر از نیتروژن قابل دسترس استفاده از روش کریجینگ برای درون‌یابی دیگر خصوصیات خاک روش قابل قبولی است.

با توجه به پژوهش‌های یاد شده و به دلیل اینکه یکی از عوامل مؤثر بر پراکنش پوشش‌گیاهی، ویژگی‌های خاک است، برای تهیهٔ نقشهٔ پیش‌بینی رویشگاه باید نقشهٔ این خصوصیات تهیه شود. هدف از این پژوهش، بررسی امکان استفاده از روش‌های زمین آمار و آمار مکانی در مدل‌های پیش‌بینی رویشگاه گونه‌های گیاهی است. به این منظور بهترین روش آمار مکانی معرفی و نقشهٔ پیش‌بینی رویشگاه گونهٔ گیاهی *Cornulaca monacantha* با استفاده از آن تهیه می‌گردد.

مواد و روش‌ها

منطقهٔ مورد مطالعه شامل مراتع منطقه پشتکوه در استان یزد به مساحت یکصدو هفتادهزار هکتار است که در بین عرض شمالی ″11 ′33 °31 تا ″27 ′04 °31 و طول‌های شرقی ″06 ′40 °53 الی ″19 ′15 °54 قرار دارد. حداکثر ارتفاع منطقه 3990 متر و حداقل آن 1400 متر بالاتر از سطح دریا است. مقدار بارش از 270 میلی‌متر در ارتفاعات شیرکوه تا 45 میلی‌متر در حاشیه کویر چاه بیکی متغیر است (زارع چاهوکی، 1385 ه. ش.). دلیل انتخاب این منطقه برای پژوهش، تنوع شرایط محیطی و در نتیجه وجود رویشگاه‌های گوناگون گیاهی است که آن

1- Mean Absolute Error
2- Mean Bias Error
3- Semi-variogram
4- Generalised linear Models
5- Generalised Additive Models

را برای ساخت مدل‌های پیش‌بینی رویشگاه مناسب کرده است.

نمونه‌برداری با روش تصادفی- سیستماتیک از طریق پلات‌گذاری در امتداد ترانسکت انجام شد. برای تعیین سطح پلات‌های نمونه‌برداری با توجه به نوع گونه‌های گیاهی و تراکم پوشش آنها از روش سطح حداقل استفاده شد (جدول 1). تعداد نمونهٔ مورد بررسی با توجّه به تغییرات پوشش گیاهی از روش آماری تعیین گردید. بر این اساس در هر واحد نمونه‌برداری در30 تا 50 پلات در طول 3 تا 5 ترانسکت 300 تا 500 متری که در طول مهمترین گرادیان محیطی مستقر شده بود، نمونه‌برداری انجام شد. در هر پلات نوع و تعداد گونه‌های گیاهی و درصد پوشش آنها تعیین شد.

جدول 1. سطح مناسب پلات نمونه‌برداری در تیپ‌های گیاهی مراتع پشتکوه یزد

ردیف	تیپ گیاهی	سطح پلات نمونه‌برداری (متر مربع)
1	*Artemisia aucheri*	2
2	*Scariola orientalis-Astragalus albispinus.*	2
3	*Scariola orientalis-Artemisia sieberi*	2
4	*Artemisia sieberi-Scariola orientalis*	2
5	*Artemisia sieberi*	4
6	*Artemisia sieberi-Zygophyllum eurypterum*	16
7	*Artemisia sieberi-Ephedra strobilacea*	16
8	*Ephedra strobilacea-Zygophyllum eurypterum*	16
9	*Rheum ribes-Artemisia sieberi*	6
10	*Cornulaca monacantha*	12
11	*Seidlitzia rosmarinus*	16
12	*Tamarix ramosissima*	100

برای نمونه‌برداری از خاک، در پلات‌های مستقر شده در ابتدا و انتهای هر ترانسکت، یک پروفیل حفر گردید. افزون بر حفر پروفیل در ابتدا و انتهای ترانسکت‌ها، از آنجا که برای تهیه نقشهٔ خصوصیات خاک، می‌بایست داده‌ها دارای ساختار مکانی مناسب باشند، بنابراین در واحدهای نمونه‌برداری تعداد بیشتری پروفیل (در مجموع 120 پروفیل) حفر گردید. موقعیت منطقه مورد مطالعه (پشتکوه یزد و همچنین نقشه پراکنش پروفیل‌های خاک در شکل 1 نشان داده شده است.

عمق پروفیل‌های خاک با توجه به عمق مؤثر ریشه‌دوانی گونه‌های مورد مطالعه به طور متوسط 80 سانتی‌متر انتخاب شد. از آنجا که بیشتر فعالیت ریشهٔ گیاهان مرتعی در عمق 30-0 سانتی‌متری است (عبدالغنی و آمر، 2003 م.)، بنابراین این لایه به‌عنوان عمق اول و لایه 80-30 سانتی‌متری به‌عنوان عمق دوم انتخاب شد و نمونه برداری خاک از این دو عمق انجام شد.

خصوصیات خاک شامل سنگریزه، بافت، رطوبت اشباع، رطوبت در دسترس، آهک، گچ، ماده آلی، اسیدیته، هدایت الکتریکی و املاح محلول (سدیم، کلسیم، منیزیم، پتاسیم، کلر، کربنات، بی‌کربنات و سولفات) در آزمایشگاه اندازه‌گیری گردید (جعفری حقیقی، 1382 ه. ش.).

به منظور بررسی کارآیی روش‌های آمار مکانی در مدل‌سازی پراکنش گونه‌های گیاهی، ابتدا داده‌ها از نظر داشتن شرایط تجزیه و تحلیل آماری به ویژه عدم وجود هم‌خطی بین متغیرهای مستقل با استفاده از شاخص تورم واریانس[1] (VIF) مورد ارزیابی قرار گرفتند. سپس برای تعیین رابطهٔ بین حضور گونهٔ *Cornulaca monacantha* با عوامل محیطی از روش رگرسیون لجستیک در نرم‌افزار SPSS استفاده شد. به این منظور در ماتریس داده‌ها، حضور و عدم حضور کل گونه‌های گیاهی

1- Variance Inflation Factor

منطقهٔ مورد مطالعه به‌عنوان متغیر وابسته و عوامل محیطی به‌عنوان متغیر مستقل وارد شد.

برای ارائهٔ نقشهٔ پیش‌بینی هر رویشگاه لازم بود که نقشهٔ هر یک از عوامل موجود در مدل‌ها تهیه شود. لذا نقشهٔ ارتفاع از سطح دریا از مدل رقومی ارتفاع[1] (DEM) تهیه شد. همچنین با استفاده از روش‌های زمین‌آمار، نقشهٔ خصوصیات خاک وارد شده در رابطهٔ پیش‌بینی رویشگاه گونهٔ گیاهی ترسیم گردید.

در این تحقیق برای بررسی و تشریح ارتباط و ساختار مکانی از روش‌های کریجینگ نقطه‌ای[2]، وزن‌دهی معکوس فاصله[3] و وزن‌دهی نرمال فاصله[4] و تجزیه و تحلیل "تغییرنما یا واریوگرام[5]" از نرم‌افزار GS^+ نسخهٔ 5 استفاده شد (ربرستون و همکاران، 2000 م.). برای ورود داده‌ها به نرم‌افزار فایلی شامل طول و عرض جغرافیایی نقاط نمونه‌برداری و مقادیر ویژگی‌های مورد نظر تهیه شد. در تحلیل واریوگرام، نوع مدل و مقادیر متغیرها شعاع تأثیر[6]، آستانه[7] و اثر قطعه‌ای[8] است. درون‌یابی کریجینگ و تهیه نقشهٔ در نرم‌افزار Arc GIS نسخهٔ 9 تعیین گردید (شکل 2).

فاصله‌ای که طی آن تغییرنما به حد ثابتی می‌رسد و به حالت خط افقی نزدیک می‌شود، شعاع تأثیر یا دامنه تغییرنما خوانده می‌شود. این بیان به این معنی است که در خارج از شعاع تأثیر، نمونه‌ها دیگر به یکدیگر وابسته نبوده، مستقل از هم هستند. مقدار تغییرنما پس از رسیدن به یک حد ثابت، آستانه نامیده می‌شود. به مقدار تغییرنما در مبدأ مختصات اثر قطعه‌ای گفته می‌شود. نسبت اثر قطعه‌ای به آستانه را می‌توان برای ارزیابی ساختار مکانی داده‌ها مورد بررسی قرار داد. وقتی این نسبت کمتر از 0/25 باشد، متغیر مورد نظر دارای ساختار مکانی قوی است. هرگاه این نسبت بین 0/75-0/25 باشد، ساختار مکانی متوسط و هنگامی که بزرگتر از 0/75 باشد، دارای ساختار مکانی ضعیف است (مدنی،1373 ه. ش.).

1- Digital Elevation Model
2- Point kriging
3- Inverse Distance Weighting
4- Normal Distance Weighting
5- Variogram
6- Range
7- Sill
8- Nugget effect

به‌منظور ارزیابی روش‌های زمین آمار و آمار مکانی مورد استفاده از روش اعتبارسنجی متقابل[9] و دو پارامتر آماری MAE و MBE استفاده شد[10]. بعد از تعیین بهترین روش میان‌یابی، نقشهٔ عوامل وارد شده در مدل تهیه و با اعمال رابطهٔ پیش‌بینی گونهٔ مورد مطالعه بر روی لایه‌های اطلاعاتی، نقشهٔ پیش‌بینی رویشگاه گونهٔ گیاهی تهیه گردید. برای ارزیابی میزان تطبیق مدل پیش‌بینی با نقشه واقعی تیپ‌های گیاهی از شاخص کاپا (k) استفاده شد. شاخص کاپا در بیشتر مطالعات مدل‌سازی پیش‌بینی گونه‌های گیاهی از قبیل مویسن و فرسکینو (2002 م.)؛ ربرتسون و همکاران (2003 م.) و لیو و همکاران (2005 م.) برای ارزیابی اعتبار مدل استفاده شده است.

نتایج

مدل رگرسیون لجستیک (Logestic Regression) برای پیش‌بینی احتمال حضور گونهٔ طارون با توجه به عوامل محیطی مورد بررسی به‌صورت زیر ارائه شد:

(1)

$$P(Co.mo)=\frac{1}{1+e^{-(-0.115abs+6.548gravel_1-6.229gyps_1+94.378)}}$$

در این رابطه،

P(CO.mo): احتمال حضور گونهٔ طارون،

abs: ارتفاع از سطح دریا،

gravel1: درصد سنگریزهٔ عمق اول و

Gyps1: مقدار گچ عمق اول خاک است.

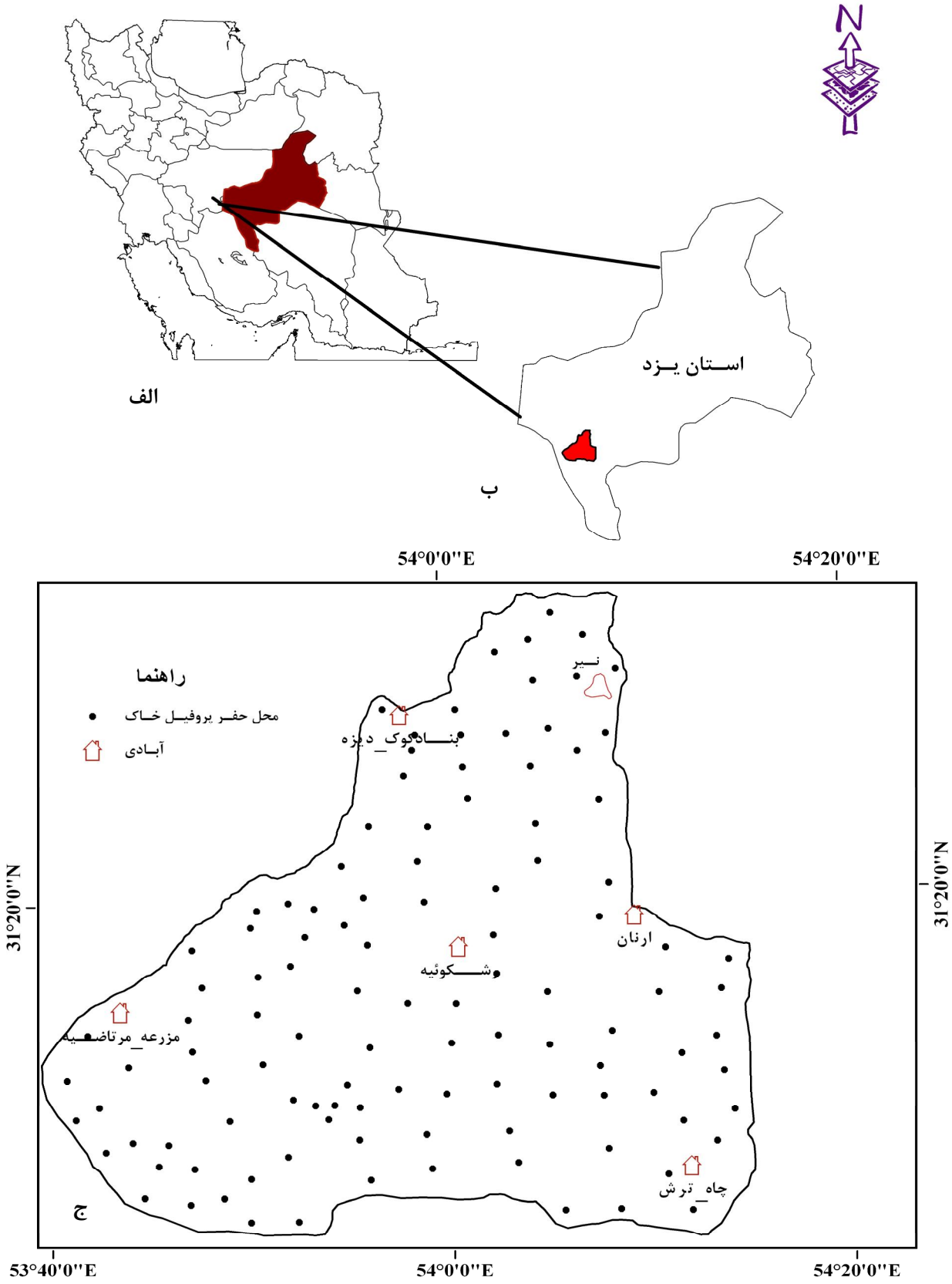
رابطه بالا در سطح 1% معنی‌دار است.

برای تهیهٔ نقشهٔ پیش‌بینی رویشگاه این گونهٔ گیاهی، باید لایه‌های اطلاعاتی ارتفاع از سطح دریا، سنگریزه و گچ در عمق اول خاک (صفر تا 30 سانتی‌متر) براساس رابطهٔ (1) با هم تلفیق شوند. با استفاده از روش‌های آمار مکانی، نقشه‌های سنگریزه و گچ مربوط عمق اول خاک تهیه گردید. نتایج حاصل از تغییرنمای متغیرهای ارزیابی شده در جدول 2 نشان داده شده است.

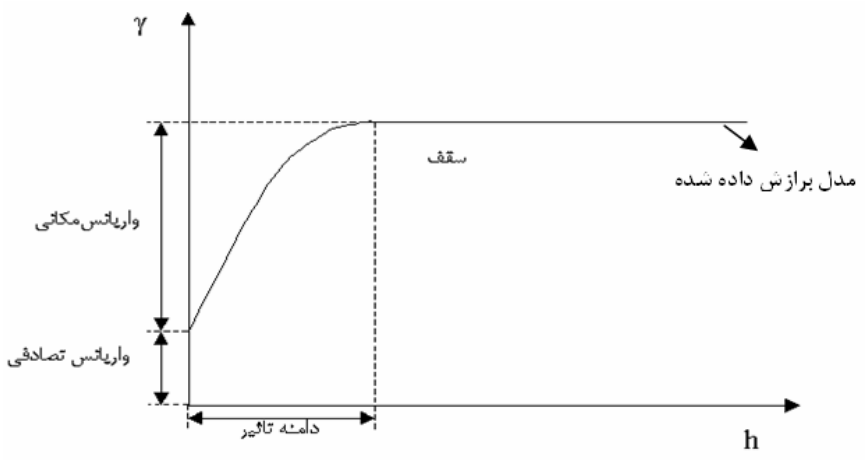
واریوگرام خصوصیات خاک در مراحل بعدی با استفاده از روش زمین آمار کریجینگ تهیه گردید (شکل 3).

9- Cross Validation

۱۰- MAE مشخص‌کننده خطای نتایج و MBE انحراف نتایج روش استفاده شده را نشان می‌دهد. MAE و MBE مساوی صفر و یا نزدیک به صفر، نشان‌دهنده این است که روش استفاده شده واقعیت را به خوب شبیه‌سازی می‌کند.



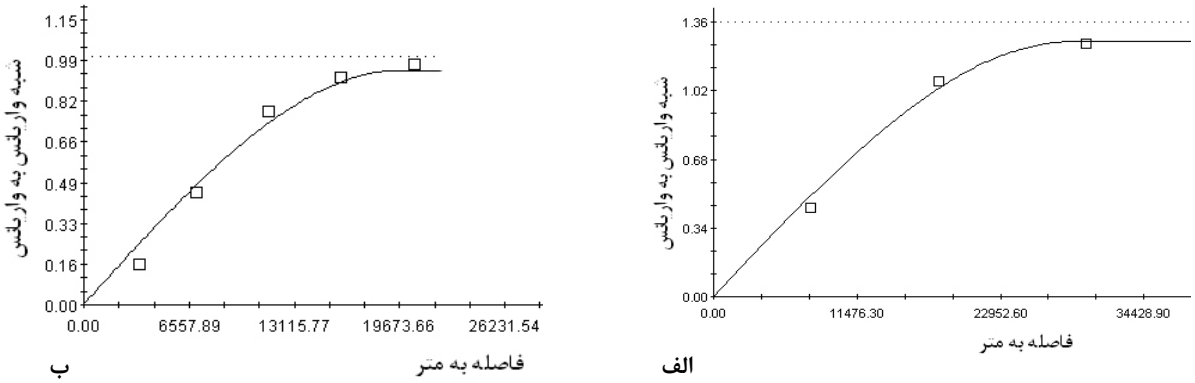
شکل 1. موقعیت منطقهٔ مورد مطالعه در الف) کشور، ب) استان یزد، و ج) نقشهٔ پراکنش محل حفر پروفیل‌های خاک



شکل 2. نمای کلی یک واریوگرام

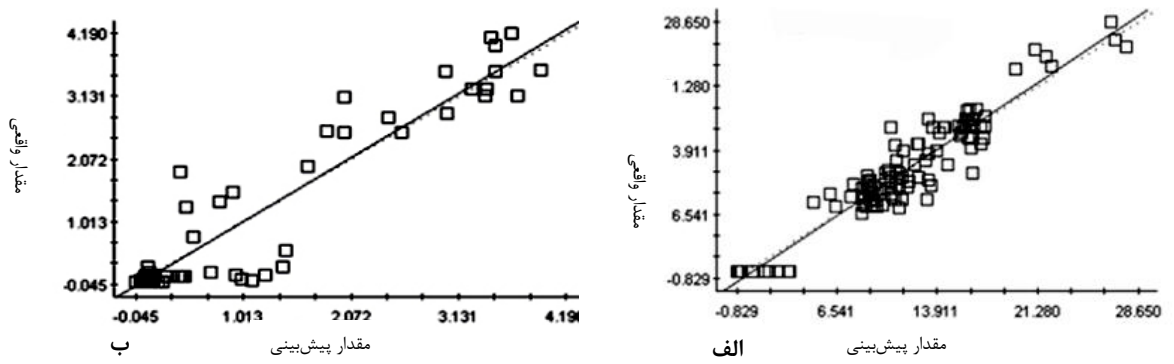
جدول 2- اجزای مربوط به تغییرنمای (واریوگرام) همسانگرد خصوصیات خاک مورد بررسی

ردیف	خصوصیت	مدل تغییرنما	اثرقطعه‌ای (%)	آستانه (%)	شعاع تأثیر (m)	فاصله‌گام (m)	ضریب همبستگی
1	سنگریزه عمق اول ($gravel_1$)	کروی	0/00287	0/94532	19740	4590/52	0/89
2	گچ عمق اول ($gyps_1$)	کروی	0/0010	1/2620	28800	12000/53	0/99

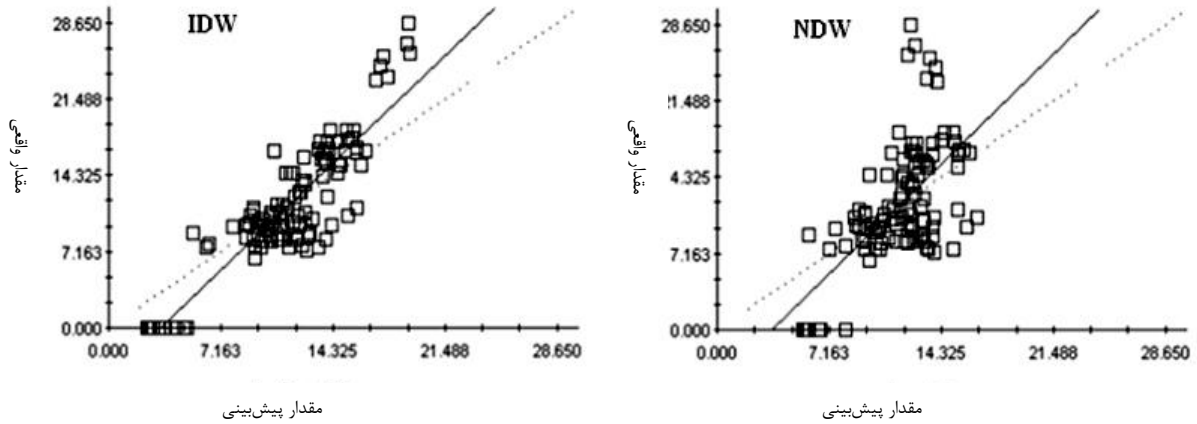


شکل 3. مدل تغییرنمای (خط) برازش داده‌شده بر مدل تغییرنمای تجربی (نقطه) برای الف) سنگریزه، (ب) گچ مربوط به عمق اول خاک (صفر تا 30 سانتی‌متر)

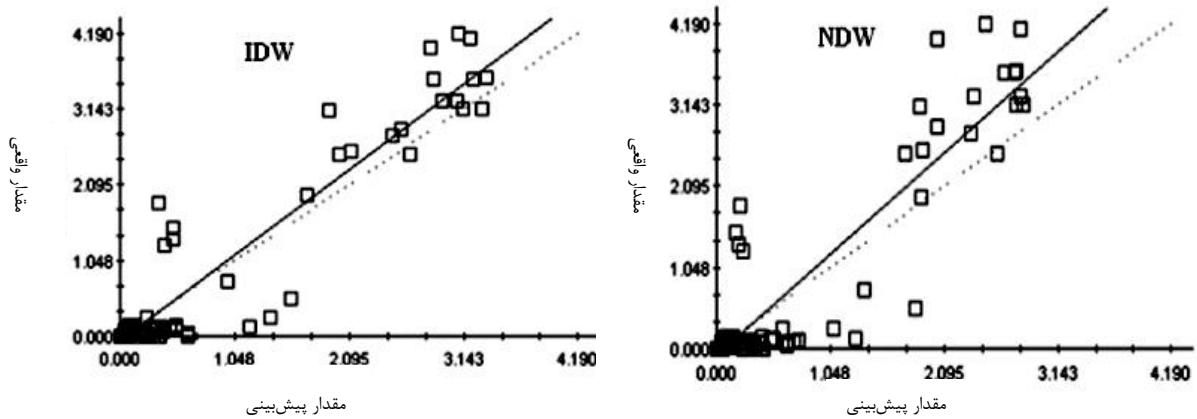
منحنی‌های مربوط به برآورد متغیرهای خاک مورد بررسی با استفاده از روش‌های کریجینگ، وزن‌دهی معکوس فاصله (IDW) و وزن‌دهی نرمال فاصله (NDW) تهیه شد (شکل‌های 4، 5 و 6). نتایج نشان می‌دهد که مقادیر واقعی و مقادیر پیش‌بینی‌شده در ارزیابی‌های صورت‌گرفته در همه متغیرها با روش کریجینگ نقطه‌ای تطابق بیشتری دارد. جدول 3 نتایج ارزیابی روش‌های میان‌یابی با استفاده از روش اعتبارسنجی متقابل و پارامترهای آماری MAE و MBE را نشان می‌دهد. بررسی نتایج این جدول نیز نشان می‌دهد که روش کریجینگ نقطه‌ای نسبت به دیگر روش‌های مورد بررسی دیگر دارای کمترین میزان خطا است. بنابراین از این روش برای تهیهٔ نقشهٔ سنگریزه و گچ خاک استفاده گردید (شکل‌های 7 و 8). بعد از تهیهٔ نقشهٔ عوامل موردنظر با بهره‌گیری از رابطهٔ (1) در سیستم GIS نقشهٔ پیش‌بینی رویشگاه گونهٔ گیاهی مورد مطالعه تهیه شد. برای ارزیابی میزان تطابق مدل پیش‌بینی با نقشهٔ واقعی (تهیه شده با استفاده از نقشه‌های پایه و پیمایش صحرایی)، از شاخص کاپا (k) استفاده شد. بر این اساس نقشهٔ پیش‌بینی رویشگاه *C. monachantha* با ضریب کاپای 0/98 دارای تطابق عالی با نقشهٔ واقعی است.



شکل 4. ارزیابی برآورد (الف) سنگریزهٔ عمق اول خاک و (ب) گچ مربوط به عمق اول خاک با استفاده از روش کریجینگ نقطه‌ای



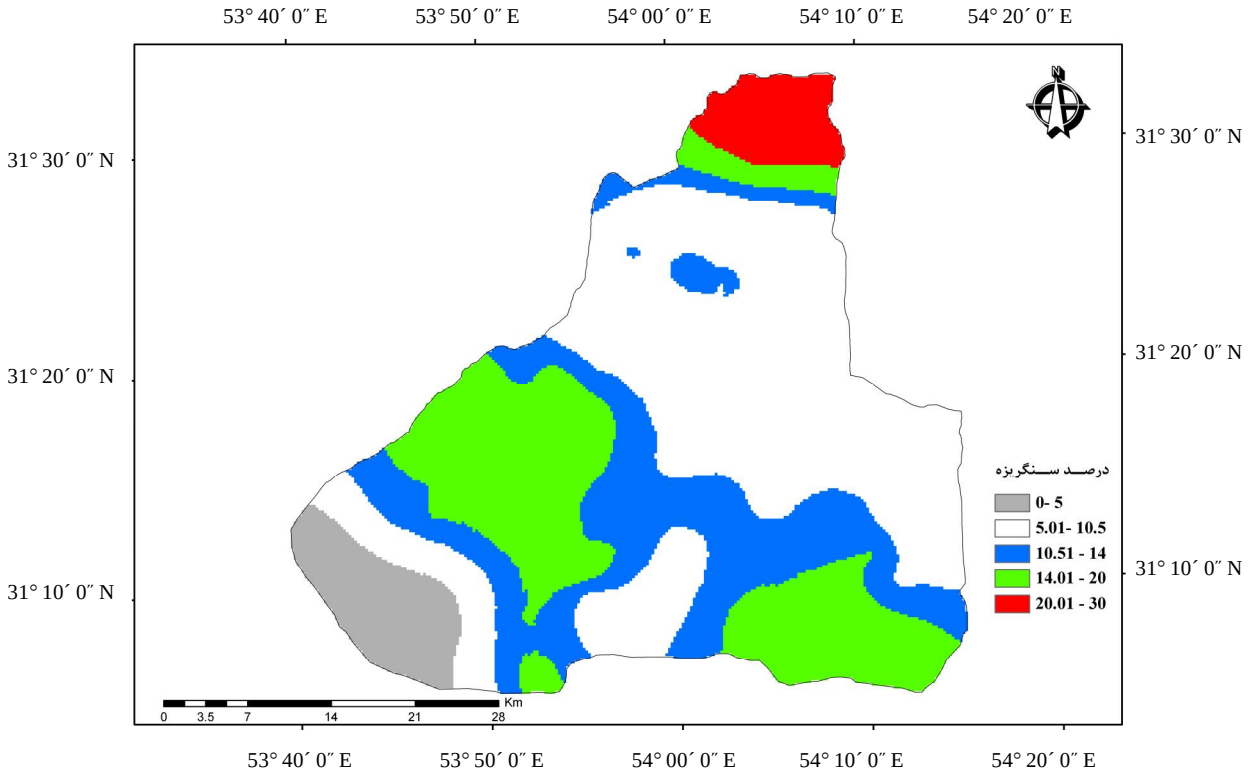
شکل 5. ارزیابی براورد سنگریزهٔ عمق اول خاک منطقهٔ مورد مطالعه با استفاده از روش‌های وزن‌دهی نرمال فاصله (NDW) و وزن‌دهی معکوس فاصله (IDW)



شکل 6. ارزیابی برآورد گچ عمق اول خاک منطقهٔ مورد مطالعه با استفاده از روش‌های وزن‌دهی نرمال فاصله (NDW) و وزن‌دهی معکوس فاصله (IDW)

جدول 3. مقایسه دقت روش‌های مختلف زمین آمار با استفاده از روش اعتبارسنجی متقابل

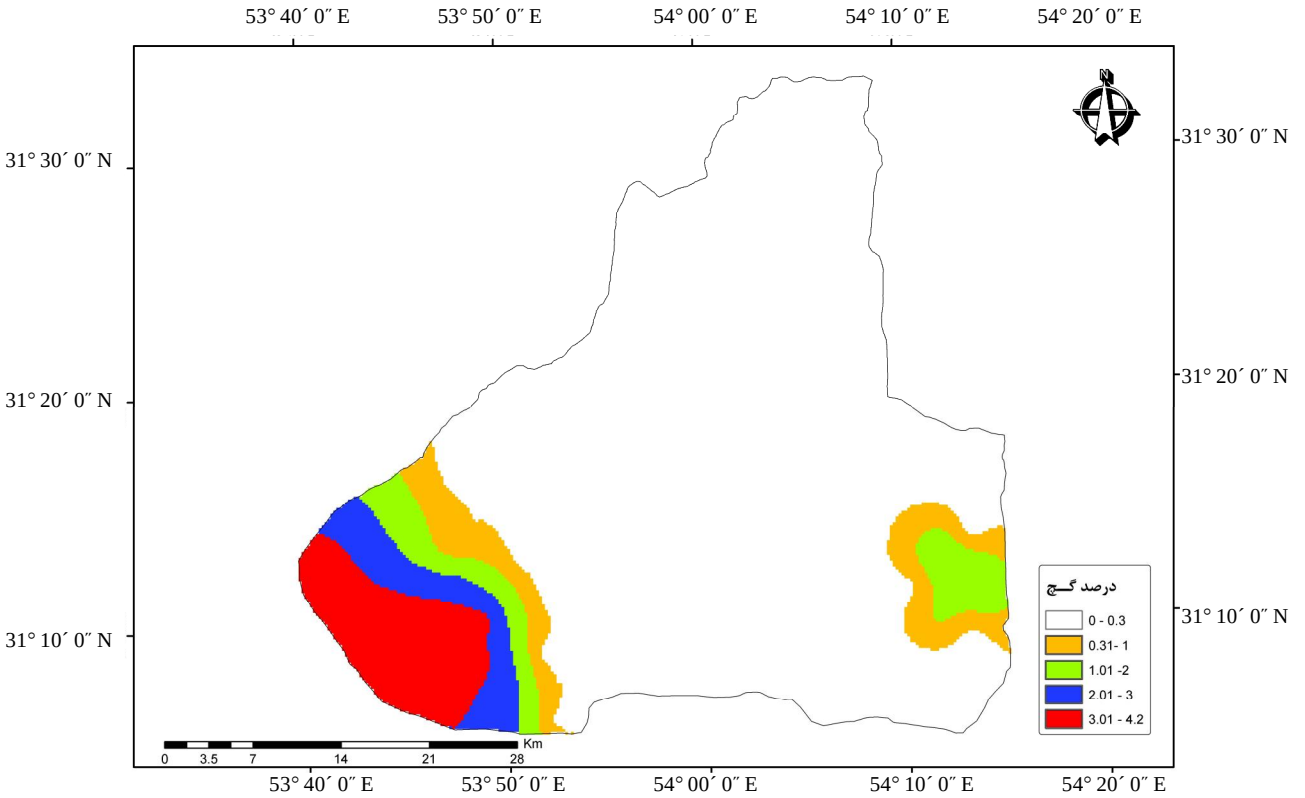
متغیرها	پارامتر آماری	روش‌های آمار مکانی		
		کریجینگ نقطه‌ای	وزن‌دهی معکوس فاصله	وزن‌دهی نرمال فاصله
سنگریزه عمق اول	MAE	1/559036	2/500741	3/529875
	MBE	-0/04859	-0/06522	-0/06945
گچ عمق اول	MAE	0/177902	0/21167	0/293152
	MBE	0/006545	-0/00796	-0/04537



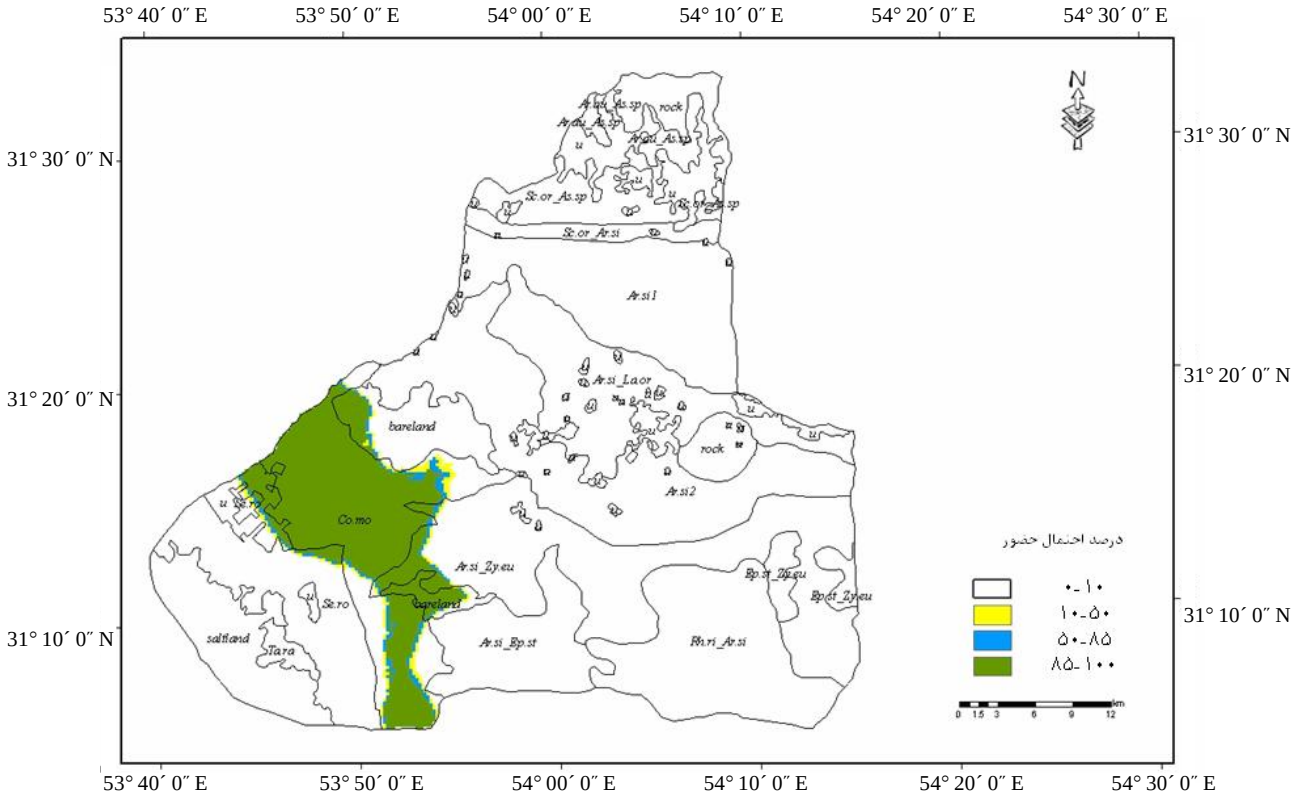
شکل 7. نقشهٔ درصد سنگریزه عمق اول خاک‌های مراتع پشتکوه با استفاده از روش کریجینگ

نتیجه‌گیری

در این پژوهش با استفاده از روش‌های زمین آمار و آمار مکانی، پراکنش مکانی خصوصیات خاک مورد بررسی قرار گرفت. با توجه به نتایج، از بین روش‌های مورد استفاده، روش کریجینگ برای تهیهٔ نقشه خصوصیات خاک انتخاب شد. از روش اعتبارسنجی متقابل برای ارزیابی بهترین روش استفاده گردید (رازک و لاسم، 2006 م.). همچنین مدل کروی برای متغیرهای مورد بررسی در نظر گرفته شد (گوورت و وبستر، 1994م.). بعد از تعیین اجزای تغییرنما به طریق روش درون‌یابی کریجینگ، نقشهٔ خصوصیات خاک شامل سنگریزه و گچ عمق اول در مقیاس 1:50000 ترسیم گردید. سپس با استفاده از GIS نقشهٔ پیش‌بینی رویشگاه *C. monachantha* تهیه و برای ارزیابی میزان تطابق مدل پیش‌بینی با نقشهٔ واقعی از شاخص کاپا (κ) استفاده شد. نتایج نشان داد که نقشهٔ پیش‌بینی رویشگاه گونهٔ *C. monachantha* با ضریب کاپای 0/98 دارای صحت بالایی است. دلیل آن را می‌توان به این صورت بیان کرد که عوامل مؤثر در پراکنش این گونهٔ گیاهی با استفاده از رابطهٔ رگرسیون لجستیک، متغیرهای ارتفاع از سطح دریا، سنگریزه و گچ عمق اول است. نقشهٔ ارتفاع از سطح دریا را می‌توان با دقت بالا از DEM مدل رقومی ارتفاع می‌توان تهیه کرد.



شکل 8. نقشهٔ درصد گچ عمق اول خاک‌های مراتع پشتکوه با استفاده از روش کریجینگ



شکل 9. نقشهٔ پیش‌بینی رویشگاه گونه گیاهی ***Cornulaca monacnatha*** که بر نقشهٔ پوشش گیاهی مراتع منطقه منطبق شده است

همچنین در تهیهٔ نقشهٔ متغیرهای سنگریزه و گچ خاک با روش کریجینگ کمترین انحراف و خطا صورت گرفته است. پس تلفیق یا همپوشانی لایه‌های اطلاعاتی با حداقل خطا منجر به تهیه نقشهٔ پیش‌بینی رویشگاه گونهٔ گیاهی

مورد مطالعه با دقت بالایی شده است، به‌طوری که میزان تطبیق این نقشه با نقشهٔ واقعی خوب ارزیابی گردید. پژوهشگرانی مانند کارنوال و تورس (1990 م.)، عصری (1372 ه. ش.)، عبدالغنی و وفا (2003 م.) نیز در تحقیقات خود نشان دادند که عامل گچ از عوامل خاکی مؤثر در استقرار جوامع گیاهی است.

نتایج حاصل از این پژوهش نشان داد که روش کریجینگ نقطه‌ای در متغیر سنگریزهٔ عمق اول (با خطای 1/56 و انحراف 0/048-) و گچ (با خطای 0/176 و انحراف 0/006) دارای دقت بیشتری نسبت به روش‌های دیگر است. نتایج همچنین نشان می‌دهد که دقت روش وزن‌دهی نرمال فاصله کمتر از روش‌های دیگر بوده و به طور کلی روش مناسبی برای ارزیابی متغیرها نیست. زیرا در این روش و نیز روش وزن‌دهی معکوس فاصله، به نقاط دارای فاصلهٔ یکسان از نقطهٔ مورد تخمین، وزن یکسان داده شده و موقعیت و آرایش آنها در نظر گرفته نمی‌شود. در واقع می‌توان بیان کرد که کریجینگ تخمین‌گری ناریب، با کمترین مقدار واریانس تخمین است. کریجینگ همراه با هر تخمین، مقدارخطای آن را محاسبه می‌کند و با استفاده از آن می‌توان در مواردی که خطا بالاست، برای کاهش خطا آن داده‌های بیشتری را اندازه‌گیری کرد.

خطای کریجینگ تابع مشخصات واریوگرام است. به همین دلیل قبل از آنکه گمانه‌ای حفر شود و مورد نمونه-برداری قرار گیرد، می‌توان واریانس تخمین را محاسبه کرد. ویژگی دیگر کریجینگ آن است که موجب پیدایش تغییرات می‌شود.

جیان‌بینگ و همکاران (2008 م.) در مطالعه‌ای بر روی پراکنش مقدار ماده‌آلی در خاک‌های شمال شرق چین ثابت نمودند که روش کریجینگ معمولی می‌تواند توزیع مکانی مادهٔ آلی خاک را به دقت برآورد کند.

با توجه به تحقیق انجام شده می‌توان روش نمونه-برداری را از عوامل تأثیرگذار بر دقت روش‌های زمین‌آمار دانست. به این معنی که نمونه‌برداری در واحد کاری و پراکنش یکنواخت نمونه‌ها در کل منطقهٔ مورد مطالعه باعث افزایش دقت نتایج این پژوهش شد. از آنجا که برای تهیهٔ نقشهٔ خصوصیات خاک لازم است که نمونه‌برداری از خاک به گونه‌ای انجام شود تا داده‌ها دارای ساختار مکانی مناسب باشند، بنابراین افزون بر حفر پروفیل در ابتدا و انتهای ترانسکت‌ها تعداد بیشتری پروفیل برای تهیهٔ نقشهٔ خصوصیات خاک با دقت بالاتر گردید (کارتر، 2006 م. و ویلسون، 1952 م.). در واقع از ویژگی‌های زمین‌آمار، امکان محاسبه مقدار خطای تخمین و خطای نمونه‌برداری و آماده‌سازی داده‌ها وجود دارد. به این ترتیب شاخصی برای برآورد استحکام ساختار و ارتباط مکانی داده‌ها فراهم می‌شود (عالمی و همکاران، 1980 م.).

شکل واریوگرام‌های به‌دست‌آمده نشان از وجود یک روند مشخص و قوی در فاصله مشخص شده توسط هر متغیر دارد. همچنین نسبت اثر قطعه‌ای به آستانه در متغیرهای بررسی‌شده دارای مقادیر کوچکی می‌باشد که نشان‌دهندهٔ مطلوب بودن روش کریجینگ است. نسبت اثر قطعه‌ای به آستانه در متغیر سنگریزه 0/003 و در متغیر گچ 0/0007 می‌باشد که نشان‌دهندهٔ ساختار مکانی قوی این متغیرهاست.

کاربرد روش‌های آمار مکانی در مدل‌های پیش‌بینی رویشگاه گونه‌های گیاهی از ضرورت‌های اجتناب‌ناپذیر است، زیرا برای تهیهٔ نقشهٔ خصوصیات خاک که از عوامل مهم در پراکنش گونه‌های گیاهی است می‌بایست از این روش‌ها استفاده نمود. لازم به یادآوری است که برای تهیهٔ داده‌های با ساختار مکانی مناسب، باید در چگونگی نمونه‌برداری و انتخاب تعداد نمونهٔ مناسب دقت شود.

هرچند در مدل‌های پیش‌بینی رویشگاه استفاده از سیستم اطلاعات جغرافیایی (GIS) و زمین‌آمار نقش مهمی در بالا بردن سرعت و دقت دارد، اما تولید داده‌های مناسب که نتیجهٔ نمونه‌برداری به روش درست است یکی از موارد اساسی می‌باشد. نتایج پژوهش‌های انجام شده به وسیله گویسان و زیمرمان (2000 م.)، میلر و فرانکلین (2006 م.) و باری و الیت (2006 م.) به نقش مهم نمونه‌برداری و تولید داده‌های با دقت مناسب در مدل‌های پیش‌بینی رویشگاه تأکید دارند.

منابع

اسکویی،رضا؛ مهدیان،محمدحسین؛ محمودی، شهلا و قهرمانی، افشین (1386 ه. ش.) .مقایسه کارآیی برخی روش‌های زمین‌آماری برای پیش‌بینی پراکنش مکانی شوری خاک (مطالعه موردی دشت ارومیه). پژوهش و سازندگی در زراعت و باغبانی، 74: 98-90 .

جعفری‌حقیقی، مجتبی، (1382 ه. ش.). روش‌های تجزیه خاک؛ نمونه‌برداری و تجزیه‌های مهم فیزیکی و شیمیایی با تأکید بر اصول تئوری و کاربردی. انتشارات ندای ضحی، 236 ص.

حسنی پاک، علی اصغر (1377 ه. ش.). زمین آمار، انتشارات دانشگاه تهران، 314 ص.

زارع چاهوکی، محمدعلی (1385 ه. ش.). مدل‌سازی پراکنش گونه‌های گیاهی مراتع مناطق خشک و نیمه‌خشک. رساله دکتری مرتعداری، دانشکده منابع طبیعی دانشگاه تهران، 180 ص.

عصری، یونس (1372 ه. ش.). بررسی برخی از ویژگی‌های اکولوژیک جوامع گیاهی هالوفیت حاشیه غربی دریاچه ارومیه، نشریهٔ پژوهش و سازندگی، 8(1): 25-21.

عظیم‌زاده، حمیدرضا؛ اختصاصی، محمدرضا؛ محمدی، جهانگرد و رفاهی، حسینقلی (1384 ه. ش.). کاربرد زمین آمار به روش کریجینگ در تخمین درصد سنگفرش بیابانی و سرعت آستانه فرسایش بادی، اولین همایش ملی فرسایش بادی. 6-4 بهمن 1384 یزد.

مدنی، حسن (1373 ه. ش.). مبانی زمین‌آمار انتشارات دانشگاه صنعتی امیرکبیر، 548 ص.

Abd El-Ghani, M & W.M. Amer (2003). Soil-vegetation relationships in a coastal desert plain of southern Sinai, Egypt. Journal of Arid Environment, 55(4), 607-628.

Alemi, M.H.A.S.Azari & Nielson D.R. (1980). Kiriging and univarate modeling of a spatial correlate data .Soil Tecnology,1, 133-147.

Barry, S., & Elith, J., (2006). Error and uncertainty in habitat models. Journal of Applied Ecology, 43 (3), 413–423.

Bio, A.M.F., Alkemade, R., & Barendgret, A. (1998). Determining alternative models for vegetation Response Analysis: A nonparametric approach, Journal of Vegetation Science, 9, 5-16.

Bocchi S. & Maggiore T. (1999). Spatial interpolation of soil properties for irrigation planning. A case study in northern Italy. Proceedings of the 1st International Symposium Modelling Cropping Systems, 21-23 June, Lleida, Spain, 143-144.

Carneval N.J. & Torres P.S (1990). The relevance of physical factors on species distribution in inland salt marshes (Argentina) Coenoses, 5(2), 113-120.

Carter, G.M, Stolen, E.D, Breininger, D.R, (2006). A rapid approach to modeling species–habitat relationships. biological conservation 127 (2006) 237 –244.

Esfandiarpoor Borujeni ,I, J. Mohammadi ,M.H. Salehi , N. Toomanian , R.M. Poch, (2010). Assessing geopedological soil mapping approach by statistical and geostatistical methods: A case study in the Borujen region, Central Iran. Catena 82 :1–14

Goovaerts, P. & Webster, R. (1994). Scale-dependent correlation between topsoil copper and cobalt concentrations in Scotland. European Journal of Soil Science, 45:79-95.

Guisan, A. & Zimmermann, N.E. (2000). Predictive habitat distribution models in ecology. Ecological Modelling, 135(2–3):147-186.

Jianbing Wu, A. Boucher & Zhang T. (2008). A SGeMS code for pattern simulation of continuous and categorical variables: FILTERSIM. Computers & Geosciences, 4(12), 1863-1876.

Liu C., P. M. Berry, Dawson T. P. & Pearson R.G. (2005). Selecting thresholds of occurrence in the prediction of species distributions, ECOGRAPHY 28: 385-393.

Miller, J. & Franklin, J. (2006). Explicitly incorporating spatial dependence in predictive vegetation models in the form of explanatory variables: a Mojave Desert case study. J. Geogr. Sys. 8 (4), 411–435.

Moisen G.G. & Frescino T.S. (2002). Comparing five modeling techniques for predicting forest characteristics. Ecol. Modell. 157: 209-225.

Pcerri C.E., Bernoux M. & Chaplot V. (2004). Assessment of soil property spatial variation in an Amazon pasture, Gepderma, 12(3), 51-68.

Razack, M. & Lasm, T. (2006). Geostatistical estimation of the transmissivity in a highly fractured metamorphic and crystalline aquifer (Man-Danane Region, Western Ivory Coast). Journal of Hydrology 325, 164-178.

Robertson, M.P., Peter, C.I., Villet, M.H., & Ripley, B.S., (2003). Comparing Models for Predicting Species' Potential Distributions: A Case Study Using Correlative and Mechanistic Predictive Modeling Techniques, Ecol. Model., 164, 153-167.

Wang, G., Gertner, G.Z., Liu, X., & Anderson, A.B. (2001). Uncertainty assessment of soil erodibility factor for revised universal soil loses equation, Catena, 46, 1-14.

Wilson, A.F. (1952). The Adelaide System as developed in the Riverton-Clare region, northern Mt. Lofty Ranges. S. A. Trans. R. Soc.

Xing Z.S., Z. Yue-Yu, M. Zu-Dong, S. Kai & J. Herbert (2007). Spatial variability of nutrient properties in black soil of Northeast China. Pedosphere, 17(1), 19-29.

Arid Biom Scientific and Research Journal
Vol. 1 No. 1 2010

Application of spatial statistical methods in predictive models of plant species habitat

1- M.A. Zare Chahouki, Assistant Professor, Department of Rehabilitation of Arid and Mountainous Regions, Natural Resources College, University of Tehran, I. R. Iran
mazare@ut.ac.ir
2- M. Zare Ernani, Assistant Professor, Department of Arid Land Management, Faculty of Natural Resources and Eremology, Yazd University, I. R. Iran
3- A. Zare Chahouki, MSc. degree in Watershed Management, Department of Rehabilitation of Arid and Mountainous Regions, Natural Resources College, University of Tehran, I. R. Iran
4- L. Khalasi Ahvazi, MSc. degree in Range Management, Natural Resources College, University of Tehran, I. R. Iran

Received: 16 Aug 2010
Accepted: 22 Jun 2010

Abstract

The main objective of the study is application of spatial statistics as a tool for model-based prediction of vegetation types. Method of selecting Samples was systematic-randomized. Quadrate size was determined for each vegetation type using the minimal area method; hence suitable quadrate size for different species ranged from 1×2m to 10×10m (i. e., 2-100 m^2). Within each unit, 3-5 parallel transects with 300 to 500 m long, each containing 30-50 quadrates (according to the vegetation variations) were established. Soil samples were taken at soil depth of 0-30 and 30-80 cm at the starting and ending points of each transect. Measured soil properties include gravel, texture, available soil moisture, saturation moisture, organic matter, lime, gypsum, pH, electrical conductivity and soluble ions (such as Na^+, K^+, Mg^{2+}, Ca^{2+}, Cl^-, CO_3^{2-}, HCO_3^- and So_4^{2-}). Logistic Regression (LR) technique was applied for predictive modeling of *Cornulaca monachantha*. To map soil characteristics, spatial statistical methods of point-Kriging, Normal Distance Weighting and Inverse Distance Weighting were used to predict soil factors using GS+ and ArcGIS softwares. Finally, cross validation technique were used to compare the above mentioned methods by considering the statistical parameters of MAE and MBE. It can be concluded that the point Kriging method is the best method among the others in all of the factors. Results show that the point Kriging method by MAE of 1.56 and MBE of -0.048 in gypsum, and gravel factor by MAE of 0.176 and MBE of 0.006 (0-30 cm depth) is better than the others and the sampling method is effective in accuracy of geostatistical method. Predictive map of *C. monachantha* which has narrow amplitude, with Kappa coefficient of 0.98, has high accuracy in accordance with the actual vegetation map prepared for the study area.

Keywords: Cross validation, Geostatistics, Predictive modeling, Poshtokouh rangelands, Yazd.