بررسی روش‌های کریجینگ و کوکریجینگ در توزیع مکانی شاخص فرسایندگی باران

نازیلا خرسندی[1]، محمد حسین مهدیان[2]، ابراهیم پذیرا[3]، داود نیک‌کامی[4]

1- دانش‌آموخته دکتری، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد علوم و تحقیقات، گروه خاکشناسی، تهران، ایران
2- دانشیار پژوهش، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، وزارت جهاد کشاورزی، تهران، ایران
3- دانشیار، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد علوم و تحقیقات، گروه خاکشناسی، تهران، ایران
4- دانشیار پژوهش، مرکز تحقیقات کم آبی و خشکسالی کشاورزی و منابع طبیعی، تهران، ایران

آدرس پست الکترونیکی مکاتبه کننده: khorsandi.na@srbiau.ac.ir

چکیده

تهیه نقشه شاخص فرسایندگی باران به‌منظور شناخت تغییرات مکانی آن امری ضروری است. هدف از این تحقیق، تعیین روش میان‌یابی مناسب از بین روش‌های کریجینگ و کوکریجینگ می‌باشد. به این منظور، پس از نرمال نمودن توزیع داده‌های EI_{30}، نیم‌تغییرنمای شاخص فرسایندگی، متغیر کمکی و اثر متقابل آن‌ها بررسی شد. سپس، روش‌های کریجینگ و کوکریجینگ با استفاده از ارزیابی تقاطعی مقایسه شد. نتایج نشان داد که خطای مطلق در روش کوکریجینگ نسبت به روش کریجینگ سه درصد کاهش داشته است. نقشه روش‌های میان‌یابی حاکی از وجود روند کاهشی از غرب به شرق حوزه می‌باشد، که مطابق با تغییرات اقلیمی از مرطوب به نیمه‌خشک می‌باشد.

کلمات کلیدی: **توزیع مکانی، شاخص فرسایندگی باران، کریجینگ، کوکریجینگ**.

مقدمه

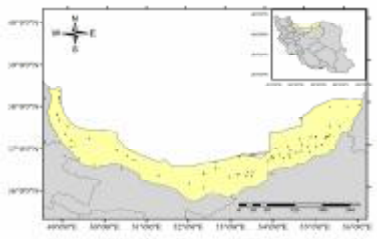
یکی از مهمترین عوامل موثر بر فرسایش آبی را می‌توان به بارندگی زیاد به‌عنوان یکی از عوامل اقلیمی فرساینده نسبت داد. اگر سایر عوامل موثر بر فرسایش خاک ثابت در نظر گرفته شود، فرسایش خاک تابعی از قدرت فرسایندگی باران می‌باشد [1]. با توجه به تاثیری که تغییرپذیری شاخص فرسایندگی باران بر مسائل مدیریتی و برآورد فرسایش خاک دارد، تهیه نقشه آن با استفاده از دقیق‌ترین روش میان‌یابی امری ضروری است. در این ارتباط، Hoyos و همکاران (2005) در برآورد EI_{30} با استفاده از داده‌های 16 ایستگاه باران‌سنجی دریافتند که روش میان‌یابی چندجمله‌ای دارای خطای برآورد (ME) و مربع ریشه خطای (RMSE) کمتری نسبت به روش عکس فاصله وزن‌دار می‌باشد. مقادیر RMSE در برآورد شاخص EI_{30} برای فصل مرطوب با روش‌های عکس فاصله وزن‌دار و چند جمله‌ای به‌ترتیب برابر با 809/8 و 705/1 و برای فصل خشک 475/0 و 424/2 بدست آمد [6]. نتایج مطالعات رحیمی‌بندرآبادی و همکاران (1379) در مناطق خشک و نیمه خشک جنوب شرق ایران نشان داد که روش TPSS با توان 2 مناسب‌ترین روش در میان‌یابی بارندگی ماهانه و سالانه از بین انواع روش‌های کریجینگ معمولی، میانگین متحرک وزن‌دار و TPSS با و بدون متغیر کمکی می‌باشد [3]. همچنین، Buytaert و همکاران (2005) به‌منظور میان‌یابی متوسط بارندگی روزانه در جنوب اکوادور دریافتند که وجود متغیر کمکی، خطای برآورد (ME) روش‌های میان‌یابی کریجینگ و تیسن را افزایش می‌دهد، اما بر واریانس خطا اثری ندارد [4]. بنابراین، با توجه به مطالب ذکر

شده، هدف از این تحقیق، ارزیابی عملکرد روش‌های زمین‌آماری کریجینگ و کوکریجینگ به‌منظور برآورد شاخص فرسایندگی باران در منطقه مورد مطالعه می‌باشد.

مواد و روش‌ها

منطقه مورد مطالعه در شمال ایران بین 36 درجه و 28 دقیقه و 38 درجه و 36 دقیقه عرض شمالی و 48 درجه و 52 دقیقه و 54 درجه و 26 دقیقه طول شرقی واقع شده است (شکل 1). این منطقه سه استان گیلان، گلستان و مازندران را شامل می‌شود. کشیدگی آن از آستارا تا گرگان حدود 657 کیلومتر و پهنای آن بین پنج تا 100 کیلومتر در نوسان است. میانگین ماهانه و سالانه دما بدون در نظر گرفتن بندر انزلی از غرب به شرق افزایش می‌یابد. در ارتباط با پراکندگی بارندگی، با نادیده گرفتن آمار ایستگاه‌های آستارا و نوشهر، مقدار ریزش باران از غرب به شرق کاهش می‌یابد. مقادیر شدت بارندگی 11 ایستگاه سینوپتیک از سازمان مدیریت منابع آب گردآوری شد و شاخص EI_{30} در آن ایستگاه‌ها محاسبه گردید. سپس، از رابطه بین شاخص EI_{30} با شاخص فورنیه اصلاح شده (F_{mod})، به‌منظور برآورد مقادیر EI_{30} در 59 ایستگاه فاقد آمار شدت بارندگی مطابق رابطه [1] استفاده شد [7]:

$$EI_{30} = -223.280 + 214.548F_{\mathrm{mod}} \qquad r = ۰/۷۶۲^{**} \qquad [1]$$



شکل 1- موقعیت منطقه مورد مطالعه

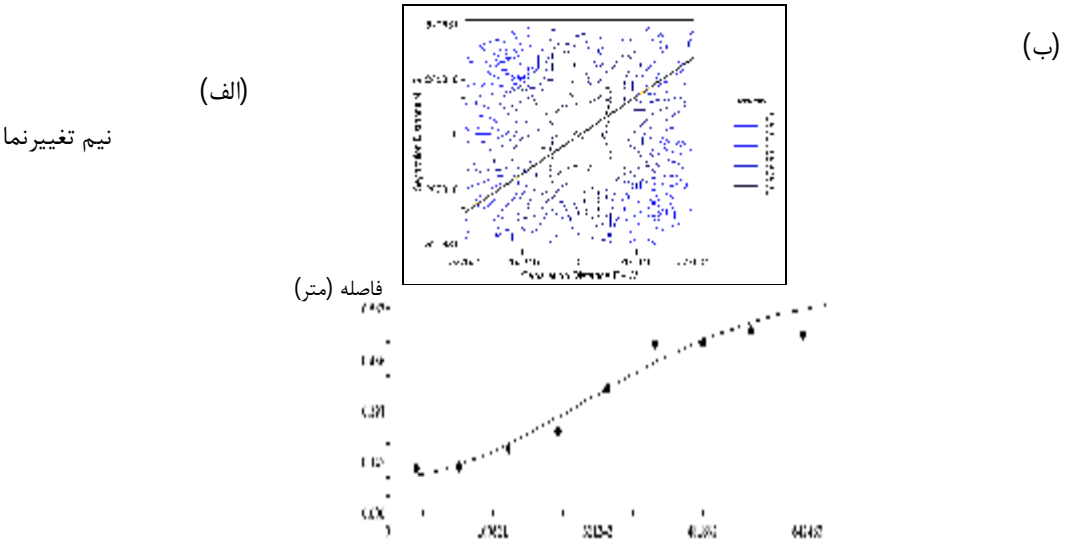
در این تحقیق به‌منظور بررسی توزیع مکانی شاخص EI_{30} از مقادیر این شاخص در 70 ایستگاه باران‌سنجی و باران‌نگار پراکنده در منطقه مورد نظر استفاده شد. روش‌های کریجینگ و کوکریجینگ در میان‌یابی شاخص EI_{30} مورد ارزیابی قرار گرفت. به این منظور، ترسیم و بررسی نیم‌تغییرنمای EI_{30}، متغیر کمکی و اثر متقابل آنها با استفاده از نرم‌افزار GS^{+} انجام گرفت. در نهایت با استفاده از روش ارزیابی تقاطعی (cross validation) روش میان‌یابی مناسب تعیین گردید. به‌نحوی که روش میان‌یابی مطلوب دارای حداقل شاخص‌های میانگین مطلق خطا (MAE) و نیز میانگین انحراف خطا (MBE) مطابق معادله‌های [2] و [3] باشد.

$$MAE = \frac{1}{n}\sum\left|Z^{*} - Z\right| \qquad [2]$$

$$MBE = \frac{1}{n}\sum(Z^{*} - Z) \qquad [3]$$

نتایج و بحث

به‌منظور بررسی وضعیت توزیع داده‌های شاخص فرسایندگی EI_{30} در 70 ایستگاه منطقه مورد مطالعه، از آزمون کلموگروف- اسمیرونوف استفاده شد. نتایج این آزمون (ضریب آزمون 0/43) و ضریب چولگی 0/98، فقدان توزیع نرمال را تایید کرد. با استفاده از اعمال تبدیل لوگ نرمال، توزیع داده‌ها به توزیع نرمال نزدیک شد. برای بررسی ساختار مکانی، از نیم‌تغییرنمای همه جانبه که بیانگر متوسط تغییرات مکانی شاخص فرسایندگی باران در تمامی راستاها است، استفاده شد (شکل 2-الف). از بین انواع مدل‌ها، مدل گوسی قادر به توجیه 97 درصد از تغییرات نیم‌تغییرنمای تجربی می‌باشد. همچنین، مقادیر شاخص فرسایندگی در ایستگاه‌های مورد بررسی در محدوده 630 کیلومتری این شعاع تاثیر، از ساختار مکانی برخوردار می‌باشند. از کل تغییرات مربوط به شاخص فرسایندگی (C_0+C) تنها 16 درصد آن تصادفی و 84 درصد دارای ساختار مکانی می‌باشد.



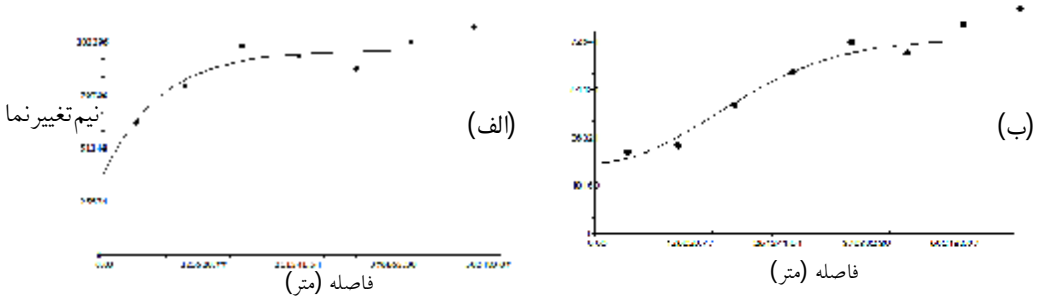
شکل 2- نیم تغییرنمای همه جانبه (الف) و نیم تغییرنمای مسطحاتی (ب) شاخص فرسایندگی باران

از سوی دیگر، شکل (2-الف) نشان می‌دهد که نیم‌تغییرنمای ترسیم شده دارای آستانه مشخصی است. بنابراین، به‌دلیل تمایل نیم‌تغییرنما در رسیدن به آستانه ثابت و مشخص، در داده‌های شاخص فرسایندگی باران منطقه مورد مطالعه روند وجود ندارد، بنابراین روش کریجینگ معمولی مورد استفاده قرار گرفت. شکل (2-ب) وجود ناهمسانگردی در شاخص فرسایندگی باران را در راستای 55/6 درجه با شمال تایید می‌کند. این ناهمسانگردی را می‌توان به تفاوت‌های اقلیمی و مقادیر بارندگی از غرب به شرق نسبت داد.

عوامل متعددی ممکن است قدرت فرسایندگی باران را تحت تاثیر قرار دهد که از آن جمله می‌توان به ارتفاع، طول و عرض جغرافیایی اشاره نمود. نتایج نشان داد که تنها بین دو متغیر شاخص فرسایندگی باران و ارتفاع همبستگی معنی‌داری برقرار است ($r=0/618^{**}$). بنابراین، ارتفاع به‌عنوان متغیر کمکی در روش کوکریجینگ مورد استفاده قرار گرفت. مدل نمایی به‌عنوان مدلی مناسب بر نیم‌تغییرنمای ارتفاع برازش داده شد (3-الف). میزان شعاع تاثیر ارتفاع 281 کیلومتر می‌باشد. این به‌آن معنی است که ایستگاه‌های موجود در منطقه تا فاصله 281 کیلومتری از لحاظ ارتفاع دارای همبستگی مکانی می‌باشند. علاوه بر آن، 22 درصد از تغییرات دارای توزیع تصادفی و 78 درصد آن از توزیع

مکانی مناسبی برخوردار می‌باشند. مدل مناسب برازش داده شده بر نیم‌تغییرنمای اثر متقابل ارتفاع و شاخص فرسایندگی مدل گوسی می‌باشد (3-ب). همچنین، خطای اندازه‌گیری بیان‌گر آن است که 35 درصد از تغییرات، تصادفی و 65 درصد تغییرات از ساختار مکانی مناسبی برخوردار می‌باشد.

همچنین، بر اساس نتایج بدست آمده از روش ارزیابی تقاطعی، روش کوکریجینگ با کمترین میزان خطای مطلق (187/571) و انحراف (1/75-) از دقت بیشتری نسبت به روش کریجینگ (MAE=193/65 و MBE=-1/48) در برآورد شاخص فرسایندگی باران برخوردار است. همان‌طور که ملاحظه می‌گردد، خطای مطلق در روش کوکریجینگ نسبت به روش کریجینگ سه درصد کاهش داشته است. لذا، می‌توان نتیجه گرفت که روش کوکریجینگ در برآورد شاخص فرسایندگی باران منطقه مورد مطالعه در رتبه اول قرار دارد. در تایید این نتایج، Goovaerts (1997) نیز با مقایسه روش‌های میان‌یابی کریجینگ ساده، کریجینگ با روند خارجی و کوکریجینگ معمولی بر شاخص فرسایندگی باران در پرتغال دریافت که روش کوکریجینگ خطای کمتری را بدست می‌دهد [5].



شکل 3- نیم تغییرنمای ارتفاع (الف) و اثر متقابل ارتفاع با شاخص فرسایندگی (ب).

نقشه‌های برآورد شاخص EI_{30} با استفاده از روش‌های کریجینگ و کوکریجینگ به‌ترتیب در شکل‌های (4-الف) و (4-ب) ارائه شده است. در تمامی نقشه‌های بدست آمده، روند تغییرات EI_{30} با اقلیم منطقه تطابق دارد. به‌طوری‌که از غرب به شرق منطقه مورد مطالعه شاخص فرسایندگی باران روند کاهشی را نشان می‌دهد. با حرکت به سمت شرق حوزه، با توجه به آن‌که میزان و شدت بارندگی سیر نزولی را نشان می‌دهد، شاخص فرسایندگی باران نیز کاهش می‌یابد.

منابع

1. بای‌بوردی م.، 1382. فیزیک خاک. انتشارات دانشگاه تهران.

2. حسنی پاک ع. ا.، 1386. زمین آمار (ژئواستاتیستیک). انتشارات دانشگاه تهران.
3. رحیمی‌بندرآبادی س.، 1379. بررسی کاربرد روش‌های ژئواستاتیستیک در برآورد بارندگی مناطق خشک و نیمه‌خشک جنوب شرق ایران، پایان‌نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه تهران.
4. Buytaert, W., De Bievre B., Wyseure G. and Deckers J., 2005. The effect of land use changes on the hydrological behavior of Histic Andoslos in south Ecuador. Hydrology Process, 19: 3985-3997.
5. Goovaerts, P., 1997. Geostatistcs for natural resources evaluation. Oxford University Press.
6. Hoyos, N., Waylen P.R. and Jaramillo A., 2005. Seasonal and spatial patterns of erosivity in a tropical watershed of the Colombian Andes. Journal of Hydrology, 314: 177-191.
7. Khorsandi N., Mahdian M.H., Pazira E. and Nikkami D., 2011. Comparison of rainfall erosivity indices in runoff-sediment plots in northern Iran. World Applied Sciences Journal, 10 (8): 975-97 .