پهنه‌بندی فرسایندگی سالانه باران با کاربرد روش زمین آمار در حوزه آبخیز شهرستان کوهدشت

صحبت اله سهرابی[۱،*]، ناصر طهماسبی پور[۲]، علی حقی زاده[۳]، حسین زینی وند[۴]

۱ و *- نویسنده مسئول: دانشجوی کارشناسی ارشد مهندسی آبخیزداری، گروه مرتع و آبخیزداری، دانشگاه لرستان.

۲- استادیار گروه مرتع و آبخیزداری دانشکده کشاورزی دانشگاه لرستان.

۳- استادیار گروه مرتع و آبخیزداری دانشکده کشاورزی دانشگاه لرستان.

۴- استادیار گروه مرتع و آبخیزداری دانشکده کشاورزی دانشگاه لرستان.

(sohbatsohrabi@yahoo.com)

Archive of SID

چکیده

تأثیر باران و خصوصیات آن در فرسایش خاک در فرمول جهانی فرسایش با ضریب فرسایندگی باران مشخص شده است. این ضریب شاخصی از قدرت فرسایندگی باران است که به انرژی سنیتیک باران بستگی دارد. انرژی سینتیک باران پارامتری برای اندازه‌گیری فرسایش است که به شدت بارندگی بستگی دارد. برای درون‌یابی فرسایندگی باران در شهرستان کوهدشت، اقدام به محاسبه انرژی بارش‌های به وقوع پیوسته ۱۲ ایستگاه دارای آمار باران‌نگار ثبات در سطح استان شد، سپس فاکتور فرسایندگی باران برای این ایستگاه‌ها بر اساس روش ویشمایر - اسمیت محاسبه شد. برای تعداد ۱۸ ایستگاه باران‌سنجی معمولی نیز با ایجاد رابطه رگرسیون بین فاکتور فرسایندگی باران و شاخص فورنیه اصلاح شده، ضریب فرسایندگی باران محاسبه گردید. به منظور درونیابی فرسایندگی باران سالانه از تکنیک زمین آمار و در محیط نرم‌افزار GS پلاس، در ابتدا سهمی واریوگرام تجربی محاسبه و ترسیم گردید. سپس روش‌های مختلف درون‌یابی با مدل‌های مختلف بر آن برازش داده شد. نتایج ارزیابی نشان داد که روش کریجینگ با مدل گوسی بر سهمی واریوگرام داده‌های فرسایندگی سالانه باران با دامنه تأثیر ۲۳۰ کیلومتر، بهترین الگو برای درون‌یابی میانگین فرسایندگی باران در شهرستان کوهدشت است. نتایج نشان داد که کم‌ترین و بیش‌ترین ضریب فرسایندگی باران برای منطقه مورد مطالعه به ترتیب ۷۵ و ۱۰۹ $mj\ mm\ ha^{-1}\ h^{-1}\ y^{-}$ [1] می‌باشد.

واژگان کلیدی: فرسایندگی باران، زمین آمار، GS پلاس، شهرستان کوهدشت

۱- مقدمه

امروزه فرسایش خاک به عنوان خطری برای رفاه انسان و حتی برای حیات او به شمار می‌آید. فرسایش نه تنها سبب فقیر شدن خاک و متروک شدن مزارع می‌گردد و از این راه خسارت زیاد و جبران ناپذیری به جا می‌گذارد، بلکه با رسوب مواد در آبراهه‌ها، مخازن، سدها، بنادر و کاهش ظرفیت آب‌گیری آن‌ها نیز زیان‌های فراوانی را سبب می‌گردد (رفاهی، ۱۳۸۹). معادله جهانی فرسایش خاک [۱](USLE) و مدل اصلاح شده آن [۲](RUSLE) از جمله مدل‌های برآورد فرسایش می‌باشند که مورد استفاده در بسیاری از مناطق دنیا می‌باشند (لی و همکاران، ۲۰۱۰). این مدل شش ورودی شامل فرسایندگی باران (R)، فرسایش‌پذیری خاک (K)، طول و تندی شیب (LS)، پوشش زمین (C) و عوامل مدیریتی (P) می‌باشد. یکی از مهم‌ترین فاکتورهای موثر در فرسایش اثر قطرات باران می‌باشد به طوری که بنت (۲۰۰۱) اظهار می‌دارد، عمل پراکنده شدن ذرات به وسیله قطرات باران مهم‌ترین عامل در فرسایش آبی محسوب می‌شود. تأثیر باران و خصوصیات آن در فرسایش خاک در فرمول جهانی فرسایش خاک با ضریب فرسایندگی باران

www.SID.ir

تبیین می‌شود که شاخصی از قدرت فرسایندگی باران است و به انرژی سینتیک باران بستگی دارد. انرژی سینتیک باران به شدت آن مربوط می‌گردد. این فاکتور قابلیت بالقوه باران در ایجاد فرسایش می‌باشد (رنارد، ۱۹۹۴). تعیین ضریب فرسایندگی باران برای نقاط مختلف حوزه با توجه به تغییرات بارندگی به خصوص در حوزه‌های بزرگ مستلزم صرف زمان و هزینه‌های گزاف به منظور جمع‌آوری اطلاعات و آمار می‌باشد (صادقی فرد و همکاران، ۱۳۸۳). از محدودیت‌های شاخص فرسایندگی مبتنی بر انرژی جنبشی باران و شدت آن این است که به آمار بارندگی ایستگاه‌های باران‌نگار ثبات نیاز است، چنین آماری در بیشتر نقاط دنیا وجود ندارد و از طرفی فرآیند محاسبه آن نیز پیچیده و دشوار است (سیلوا، ۲۰۰۴). از این‌رو محققین مختلف با استفاده از آمار بارندگی روزانه و ماهانه که در ایستگاه‌های باران‌سنجی قابل تهیه هستند، توانسته‌اند شاخص‌های ساده‌تری ارائه نمایند (حکیم خانی و همکاران، ۱۳۸۴). یکی از مهم‌ترین شاخص‌ها، شاخص فورنیه اصلاح شده است که توسط آرنولدوس (۱۹۷۷) ارائه شده است. به فرآیند برآورد ارزش‌های کمی، برای نقاط بدون داده، به کمک نقاط معلوم مجاور، درون‌یابی گفته می‌شود. این فرآیند به دلیل محدودیت داده‌های نقطه‌ای و ضرورت تدوین نقشه از کل یک پهنه، به منظور تهیه نقشه‌های هم‌ارزش انجام می‌گیرد (عساکره، ۱۳۸۷). در تعیین ارزش یک نقطه، تمامی نقاط مجاور و معلوم به گونه یکسان و همسان موثر نیستند. لذا هر یک از نقاط یاد شده به تناسب تأثیرشان بر ارزش نقطه مجهول، حامل وزنی خواهند بود. روش‌های تعیین وزن‌های مرتبط با هر یک از نقاط سبب تکوین روش‌های گوناگونی در درون‌یابی شده است. ارکان اساسی در درون‌یابی عبارتند از: تعیین پیمون‌گاه (محدوده‌ای که متغیر مکانی در آن اندازه‌گیری شده و دارای ارزش معلوم می‌باشد) و تعیین شبکه که به معنی تشخیص اندازه بهینه برای سلول‌های نقشه است، به گونه‌ای که کیفیت و توان تفکیک نقشه به بهترین شیوه نمود یابد (ثقفیان و همکاران، ۱۳۹۰). در ارتباط با بررسی عامل فرسایندگی باران در سراسر دنیا و کشورمان تحقیقات زیادی انجام شده است که به برخی از آن‌ها اشاره می‌شود: ویشمایر و اسمیت (۱۹۵۸) در امریکا با استفاده از ۱۸۳ واقعه بارندگی در طی ۱۰ سال به این نتیجه رسیدند که بین افزایش بارندگی و میزان هدر رفت خاک رابطه مستقیمی برقرار است. فریدی و همکاران (۱۳۹۲)، در تحقیقی با عنوان کاربرد سیستم اطلاعات جغرافیایی در مدلینگ فاکتور فرسایندگی باران (مطالعه موردی: حوزه آبخیز گابریک جنوب خاوری استان هرمزگان)، با محاسبه فاکتور فرسایندگی باران در ۱۱ ایستگاه با روش کریجینگ و بر اساس شاخص فورنیه اصلاح شده، نقشه پهنه بندی فرسایندگی باران را در منطقه مورد مطالعه استخراج نمودند. همچنین مشخص شد که از بین روش های کریجینگ ساده، معمولی و عمومی، روش معمولی با مربع میانگین ریشه خطای ۳۹۴/۴۲ مناسب‌ترین روش تشخیص داده شد. اسدی و همکاران (۱۳۸۹)، برای پهنه‌بندی نمودن خطر فرسایش خاک با استفاده از معادله جهانی تلفات خاک اصلاح شده در حوزه آبخیز ناورود، فاکتور فرسایندگی باران را با استفاده از آمار باران‌نگارهای ثبات ۷ ایستگاه و استفاده از شاخص فورنیه اصلاح شده برای ۳۸ ایستگاه باران‌سنجی معمولی دیگر محاسبه و با روش کریجینگ پهنه‌بندی نمودند. آرخی و همکاران (۱۳۸۹)، در پژوهشی در استان ایلام برای محاسبه فاکتور فرسایندگی باران از آمار ایستگاه های دارای باران‌نگار ثبات استفاده نموده و با استفاده از شاخص فورنیه اصلاح شده، این فاکتور برای ۱۸ ایستگاه باران‌سنجی محاسبه گردید. شینده و همکاران (۲۰۱۰)، در تحقیقی به منظور برآورد فرسایش خاک با سیستم اطلاعات جغرافیایی و تکنیک سنجش از دور در حوزه‌های کوچک هندوستان، فاکتور فرسایندگی باران را با رابطه‌ای تنها بر اساس میانگین بارندگی سالانه طی سال های ۱۹۹۱ تا ۲۰۰۱ محاسبه نمودند. رابیا (۲۰۱۲)، در تحقیقی با عنوان پهنه‌بندی خطر فرسایش خاک با مدل RUSLE و با استفاده از سیستم اطلاعات جغرافیایی و سنجش از دور در شرق منطقه تیگری اتیوپی، فاکتور فرسایندگی باران را بر اساس رابطه ای که میانگین بارندگی سالانه ملاک عمل آن بود محاسبه و مقدار این فاکتور را بین ۲۲۷ تا ۴۸۲ $Mj\ mm\ ha^{-1}\ h^{-1}\ y^{-1}$ محاسبه نمودند. پاروین و کومار (۲۰۱۲)، نیز در تحقیقی مشابه، در حوزه آبخیز کوئل جنوبی در کشور هندوستان، مقادیر فرسایندگی باران را با استفاده از رابطه مبتنی بر میانگین بارندگی سالانه در طی ۵ سال از ۵۰۸ تا ۵۸۴ $Mj\ mm\ ha^{-1}\ h^{-1}\ y^{-1}$ آوردند.

۲- مواد و روش‌ها

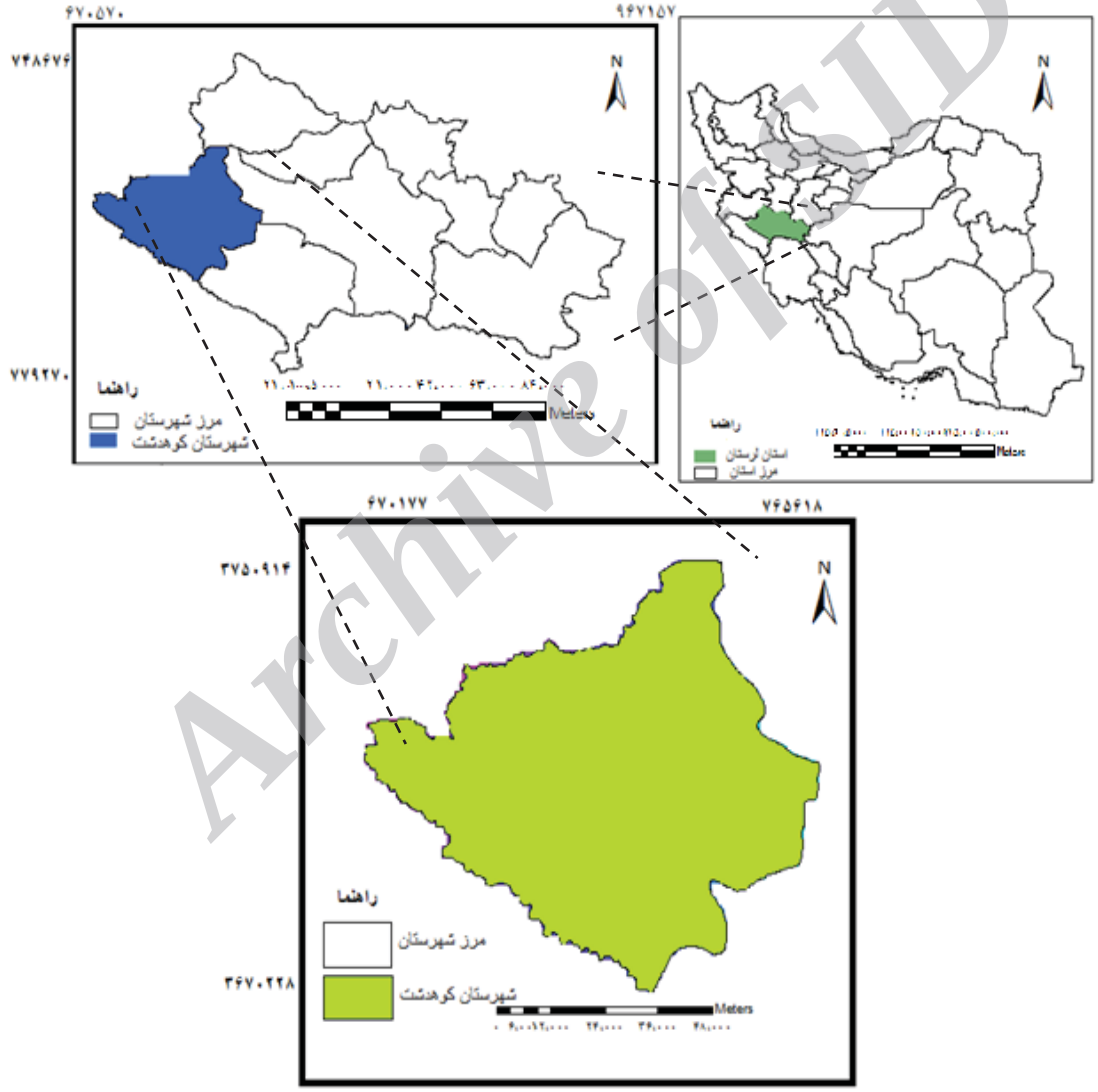
۲-۱- موقعیت منطقه مورد مطالعه

استان لرستان در محدوده کوه‌های زاگرس قرار دارد و ۹۶٪ از مساحت آن جزء زیر حوزه کرخه و دز می‌باشد و تنها حدود ۴٪ آن در محدوده حوزه آبخیز مرکزی قرار دارد. حوزه آبخیز کرخه که یکی از زیر حوزه‌های خلیج فارس و دریای عمان می‌باشد خود شامل چند زیر حوزه به نام‌های گاماسیاب، قره‌سو، سیمره و کشکان می‌باشد (بشارت و همکاران، ۱۳۹۲). حوزه آبخیز رودخانه کشکان با مساحت ۹۲۷۵/۶۶ کیلومتر مربع، در ناحیه جنوب‌غربی ایران واقع شده است. این حوزه بخش مهمی از سر شاخه‌های پر

Archive of SID

www.SID.ir

آب رودخانه کرخه را تشکیل می دهد و حدود یک سوم از خاک استان لرستان را در بر می‌گیرد و شهرستان‌های خرم‌آباد، کوهدشت، الشتر و پلدختر در داخل محدوده آن قرار دارند. این حوزه از سمت شمال‌غرب، غرب و جنوب‌غربی به حوزه‌های آبخیز گاماسیاب و سیمره و از شرق به سر شاخه‌های فرعی رودخانه دز و از جنوب به زیر حوزه‌های مشرف به رودخانه کرخه محدود می‌شود. حوزه آبخیز شهرستان کوهدشت با وسعت ۳۹۷۷۷۲ هکتار در جنوب غربی استان لرستان واقع گردیده است که از زیر حوزه‌های کرخه می‌باشد. حوزه شهرستان کوهدشت از نظر موقعیت جغرافیایی بین '۵۸ °۴۷ تا '۲۵ °۴۸ طول شرقی و'۱۸ °۳۳ تا '۴۰ °۳۳ عرض شمالی در بخش میانی سلسله جبال زاگرس قرار گرفته است. رودخانه مادیان‌رود، مهم‌ترین رودخانه این حوزه می‌باشد که از ارتفاعات گاوچال در شمال غربی حوزه سرچشمه گرفته و پس از طی مسافت ۸۰/۲۵ کیلومتری در ارتفاع ۷۰۰ متری از حوزه خارج و به کشکان که از شمال می‌آید، می‌ریزد. بلندترین نقطه این حوزه کوه هنجس با ارتفاع ۳۱۰۰ متر و پست‌ترین نقطه آن واقع در خروجی حوزه با ارتفاع ۹۰۶ متر ارتفاع از سطح دریا می‌باشد. میانگین بارندگی سالانه این شهرستان ۳۹۰ میلی‌متر می‌باشد. در شکل شماره (۱) موقعیت حوزه آبخیز شهرستان کوهدشت نشان داده شده است.



شکل (۱) موقعیت حوزه آبخیز شهرستان کوهدشت در استان لرستان و ایران

Archive of SID

www.SID.ir

۲-۲- فرسایندگی باران (R)

۲-۲-۱- محاسبه فاکتور فرسایندگی باران در ایستگاه‌های مجهز به باران‌نگار ثبات

تأثیر باران و خصوصیات آن در فرسایش خاک در فرمول جهانی فرسایش با ضریب فرسایندگی باران مشخص شده است. ویشمایر و اسمیت (۱۹۷۸)، دربررسی و تجزیه و تحلیل ۳۵ ایستگاه حفاظت خاک به این نتیجه رسیدند که از ترکیب انرژی سینتیکی باران و بیش‌ترین شدت بارندگی در مدت زمان ۳۰ دقیقه، توانایی هر باران را در جداسازی ذرات خاک و انتقال آن نشان می‌دهد. رابطه محاسبه فاکتور فرسایندگی باران به صورت زیر می‌باشد:

$$R = \sum I_{30}$$ رابطه (۱)

که در آن R متوسط سالیانه شاخص فرسایندگی باران می‌باشد که از حاصل مجموع EI_{30} رگبارهای جداگانه برای یک سال که خود از متوسط طول دوره آماری به دست می‌آید، حاصل می‌شود. EI_{30} حاصل ضرب مجموع انرژی یک رگبار خاص در ماکزیمم شدت بارندگی ۳۰ دقیقه ای می‌باشد (ویشمایر و اسمیت، ۱۹۷۸).

انرژی جنبشی باران را بر حسب شدت باران محاسبه می‌کنند، زیرا شدت باران تابعی از قطر قطرات باران و سرعت نهایی آنهاست و متناسب با انرژی سینتیکی باران خواهد بود. برای محاسبه این انرژی روابط متعددی وجود دارد که ویشمایر و اسمیت بر اساس مطالعات لاوز و پارسون رابطه (۲) را ارائه داده اند:

$$E = 11.87 + 8.75 log I$$ رابطه(۲)

که در آن I شدت بارندگی و E انرژی در واحد سطح و واحد عمق بارش می‌باشد. برای محاسبه انرژی جنبشی باران از داده‌های بارندگی که از ایستگاه‌های مجهز به باران‌نگار ثبات استخراج می‌شوند استفاده می‌شود. برای این منظور، مدت بارندگی به فاصله‌های کوچک تقسیم شده و شدت بارندگی در این فاصله زمانی از گراف باران‌نگار استخراج می‌گردد، سپس انرزی جنبشی باران با استفاده از رابطه گفته شده محاسبه می‌شود، با جمع کل انرژی جنبشی در تمام فواصل، انرژی جنبشی یا سینتیکی آن رگبار محاسبه می‌شود. رابطه محاسبه ضریب فرسایندگی متوسط سالیانه باران در هر ایستگاه از رابطه ذیل استفاده می‌شود:

$$R = \frac{1}{n}\sum_{j=1}^{n}\left(\sum_{k=1}^{m}(EI_{30})k\right)$$ رابطه(۳)

که در آن، R متوسط فاکتور فرسایندگی باران در کل دوره آماری بر حسب $Mj\ mm\ ha^{-1}\ h^{-1}\ y^{-1}$، n برابر تعداد سال‌های دوره آماری مورد استفاده، m برابر تعداد رگبارهای فرساینده در سال j ام و EI_{30} شاخص فرسایندگی باران برای هر رگبار اتفاق افتاده (k).

۲-۲-۲- تخمین فاکتور فرسایندگی باران در ایستگاه‌های باران سنجی معمولی

با توجه به تعداد کم ایستگاه‌های ثبات بارندگی در کشور و عدم کافی بودن اطلاعات این ایستگاه‌ها برای پهنه‌بندی عامل فرسایندگی باران، در سایر ایستگاه‌های باران‌سنجی غیر ثبات، اغلب از ایجاد یک رابطه رگرسیون بین شاخص فرسایندگی باران و عامل دیگری از بارندگی که به سادگی آمار آن ها قابل دسترسی است استفاده و شاخص فرسایندگی برای همه ایستگاه‌های باران‌سنجی محاسبه می‌شود. یکی از بهترین شاخص‌ها برای رگرسیون‌گیری شاخص فورنیه اصلاح شده است که توسط آرنولدز (۱۹۷۷) ارائه و عبارت است از:

$$F = \frac{\sum_{i=1}^{12} p^2}{P}$$ رابطه(۴)

که در آن F شاخص فورنیه اصلاح شده، p میانگین بارندگی ماهانه و P میانگین بارندگی سالانه می‌باشد. سپس شاخص فورنیه اصلاح شده بر اساس رابطه فوق برای سایر ایستگاه‌های باران‌سنجی محاسبه و از طریق ایجاد رابطه رگرسیون بین شاخص فرسایندگی باران در ایستگاه‌های دارای باران‌نگار ثبات و شاخص فورنیه اصلاح شده، شاخص فرسایندگی باران برای سایر ایستگاه ها محاسبه می‌گردد.

Archive of SID

www.SID.ir

۲-۳- پهنه‌بندی فاکتور فرسایندگی باران

برای پهنه‌بندی یا درون‌یابی فرسایندگی باران از تکنیک زمین آمار (Geo Statistic)، استفاده می‌شود. درون‌یابی به معنای تبدیل داده‌های نقطه‌ای به داده‌های پهنه‌ای است (تسونگ، ۲۰۰۴). در بررسی‌های آمار کلاسیک، نمونه‌هایی که از کل جامعه به منظور شناخت برداشت می‌شوند، فاقد داده‌های موقعیت مکانی است، در حالی که در زمین آمار، افزون بر یک مقدار کمیت معین در یک نمونه، موقعیت مکانی نمونه نیز مورد توجه قرار می‌گیرد. بدین منظور می‌توان موقعیت مکانی نمونه‌ها را همراه با مقدار کمیت مورد نظر یک جا مورد بررسی قرار داد. ممکن است این ارتباط مکانی (فاصله و جهت) بین مقدار کمیت در جامعه نمونه‌های برداشت شده، در قالب های ریاضی قابل بیان باشد، به این قالب‌های ریاضی ساختار مکانی گفته می‌شود. در زمین‌آمار می‌توان با کاربرد داده‌های یک کمیت در مختصات معلوم، مقدار همان کمیت را در نقطه‌ای با مختصات معلوم دیگر، واقع در دامنه‌ای که ساختار مکانی حاکم است، تخمین زد (حسنی پاک، ۱۳۷۷). در تعیین ارزش یک نقطه تمامی نقاط مجاور و معلوم به حالت یکسان موثر نیستند. لذا هر یک از نقاط یاد شده، به تناسب تأثیرشان بر ارزش نقطه مجهول، حامل وزنی خواهند بود. روش‌های مختلفی برای درون‌یابی وجود دارد اما این روش‌ها از هر نوع که باشند، می‌تواند به صورت معادله خطی و یا غیر خطی باشد (ثقفیان و همکاران، ۱۳۹۰). برای تعیین رابطه مکانی داده‌ها از نیم تغییر نما استفاده می‌شود که از رابطه ذیل محاسبه می‌شود:

$$\gamma^*(h) = \frac{1}{2N(h)} \sum_{i=1}^{N(h)} [z(xi) - z(xi+h)]^2$$ رابطه(۵)

در رابطه بالا $\gamma^*(h)$ مقدار نیم تغییر نما در فاصله h، $N(h)$ تعداد جفت نمونه‌های به کار رفته در محاسبه به ازای هر فاصله مانند h است، بنابراین تعداد جفت ها تابع h می‌باشد. به‌طور معمول هر چه h افزایش یابد، تعداد جفت‌ها کم می‌شود. واریوگرام تجربی به بررسی و شناخت ویژگی‌های ساختاری متغیر ناحیه‌ای پرداخته و چگونگی تغییرات آن‌ها را بیان کرده و به گونه‌ای نقش تلخیص کننده داده‌ها را ایفا می‌نماید. مرسوم‌ترین نرم افزار تخصصی زمین آمار (GS plus) می‌باشد. قبل از استفاده از این نرم‌افزار برای پهنه‌بندی فرسایندگی باران بایستی ابتدا از نرمال بودن داده‌ها مطمئن شد. برای این کار از نرم افزار آماری SPSS استفاده گردید. روش‌های متفاوتی در این نرم‌افزار برای آزمون نرمال بودن داده‌ها وجود دارد که در این تحقیق از آزمون کلموگروف – اسمیرنوف استفاده شد. این آزمون توسط یک ریاضی دان روس به نام کلموگروف در سال ۱۹۹۳ پیشنهاد شده است و به عنوان یک آزمون تطابق توزیع برای داده‌های کمی می‌باشد. فرض صفر در آزمون یک نمونه ای کلموگروف – اسمیرنوف این است که، بین فراوانی‌های مشاهده شده و فراوانی‌های مورد انتظارتفاوتی وجود ندارد، به عبارت دیگر توزیع جامعه نرمال است. فرض مخالف هم در این آزمون این است که بین فراوانی های مشاهده شده و فراوانی های مورد انتظار تفاوت وجود دارد، به عبارت دیگر توزیع جامعه نرمال نیست (حبیبی، ۱۳۸۶).

H_0: توزیع جامعه نرمال است

H_1: توزیع جامعه نرمال نیست

در محیط نرم افزار SPSS برای تشخیص نرمال بودن داده‌ها بر اساس آزمون ذکر شده در سطح خطای ۵٪، اگر آماره آزمون بزر تر یا مساوی ۰/۰۵ به دست آید، در این صورت دلیلی برای رد فرض صفر مبتنی بر اینکه داده‌ها نرمال است، وجود نخواهد داشت. به عبارت دیگر توزیع داده‌ها نرمال خواهد بود. پس از اطمینان از نرمال بودن داده‌ها،در محیط نرم افزارGS PLUS، ابتدا اقدام به رسم نیم تغییر نما می‌گردد و بهترین روش برای پهنه‌بندی مشخص می‌شود. برای پهنه‌بندی ضریب فرسایندگی باران در این تحقیق، بهترین روش کریجینگ و بهترین مدل برازش داده شده، در زمین آمار از بین مدل‌های کروی، گوسی و نمایی،گوسی بود. در روش کریجینگ، هر بار یکی از نقاط داده‌های معلوم حذف شده، سپس مقدار آن داده به این روش تخمین زده می‌شود. این تخمین گر خطی به شکل زیر تعریف می‌شود:

$$z(x_0) = \sum_{i=1}^{n} \lambda_i z^*(x_i)$$ رابطه (۶)

که در آن n تعداد داده‌ها، $z(x_0)$ مشخصه تخمین زده شده در نقطه x_0، $z^*(x_i)$ مقدار اندازه‌گیری شده مشخصه مورد بررسی در نقطه x_i و λ_i، وزن آماری است که به نمونه $z(x_i)$ واقع در همسایگی نقطه x_0 اختصاص می‌یابد. در حقیقت، هدف از کریجینگ یافتن وزن‌های آماری نمونه‌ها به گونه‌ای است که واریانس تخمین کمینه گردد. بدین ترتیب کریجینگ را می‌توان روشی دانست که طی آن به مجموعه نمونه‌ها به گونه‌ای وزن آماری داده می‌شود که ترکیب خطی آن‌ها نه تنها نا اریب

Archive of SID

www.SID.ir

شود بلکه در بین سایر تخمین گرهای خطی، کم‌ترین واریانس را نیز داشته باشد. بنابراین برای اینکه تخمین $z(x_0)$ نا اریب باشد، باید مجموع ضرایب، یا وزن‌های آماری برابر واحد در نظر گرفته شود:

$$\sum_{i=1}^{n} \lambda_i = 1$$ رابطه(۷)

کریجینگ بر حسب ویژگی های ساختار مکانی به انواع کریجینگ ساده، کریجینگ معمولی، کریجینگ عام، لوگ کریجینگ و کوکریجینگ تقسیم‌بندی می‌شود (ثقفیان و همکاران، ۱۳۹۰).

۳- نتایج

۳-۱- نتایج حاصل از محاسبه شاخص فرسایندگی باران در ایستگاه های دارای باران نگار

در این تحقیق برای بالا بردن دقت نقشه نهایی فرسایندگی باران، ابتدا شاخص فرسایندگی باران برای تمام ایستگاه‌های استان لرستان محاسبه گردید، سپس اقدام به استخراج نقشه پهنه‌بندی فرسایندگی باران در این استان شد و سپس در محیط GIS به اندازه مرز شهرستان کوهدشت از ان جدا گردید. در جدول (۱) ایستگاه‌های دارای باران‌نگار در استان لرستان به همراه مقادیرفرسایندگی باران (R) و همچنین شاخص فورنیه اصلاح شده برای این ایستگاه‌ها نشان داده شده است.

جدول (۱) مقادیر فرسایندگی باران در ایستگاه‌های دارای باران‌نگار در استان لرستان

نام ایستگاه	طول	عرض	ارتفاع(m)	فاکتور فرسایندگی باران	شاخص فورنیه اصلاح شده
کوهدشت	۷۴۶۱۳۳/۵	۳۷۱۱۷۱۱/۳	۱۱۹۸	۹۱/۴۸	۵۲/۴
خرم آباد	۲۴۷۴۳۰/۹	۳۷۰۲۶۲۸/۵	۱۱۴۸	۱۰۷/۸۶	۶۸/۵۶
بروجرد	۲۹۱۹۴۴/۳	۳۷۵۵۱۹۵/۸	۱۶۲۹	۱۰۲/۰۲	۶۲
پلدختر	۷۵۳۳۸۷/۸	۳۶۷۱۲۰۲/۵	۷۱۳	۹۶/۹۸	۵۳/۹
الشتر	۲۴۵۶۴۱/۷	۳۷۴۵۲۲۹/۸	۱۵۶۷	۱۰۱/۸۹	۸۹/۴
نورآباد	۲۲۳۰۷۱/۳	۳۷۷۱۷۶۱/۴	۱۸۵۹	۱۰۵/۲۴	۶۶/۶
الیگودرز	۳۷۹۱۰۶/۲	۳۶۹۶۳۸۷/۲	۲۰۲۲	۹۵/۳۳	۵۳/۵
دورود	۳۱۴۲۵۰	۳۷۱۰۳۵۷/۶	۱۵۲۲	۱۴۵/۱۲	۶۲/۳
ازنا	۳۵۲۸۳۹/۵	۳۷۰۲۲۹۶/۷	۱۸۷۲	۱۲۸/۱۷	۵۷/۶
ایمان آباد	۲۵۵۰۸۶/۷	۳۶۹۸۷۳۱/۹	۱۵۹۵	۱۰۸/۲۸	۵۱/۸
سیلاخور	۳۰۱۹۷۸/۶	۳۷۱۶۱۴۹/۳	۱۵۹۵	۸۹/۹۸	۶۲/۹
ریمله	۲۶۰۴۲۹/۲	۳۷۲۶۳۴۳/۷	۱۷۱۰	۱۰۹/۲۸	۶۷/۸

* فرسایندگی باران بر حسب $mj\ mm\ ha^{-1}\ h^{-1}\ y^{-1}$

۳-۲- نتایج حاصل از محاسبه شاخص فرسایندگی باران در ایستگاه های باران سنجی معمولی

برای محاسبه شاخص فرسایندگی سایر ایستگاه‌های باران‌سنجی معمولی در سطح استان لرستان از رابطه رگرسیون ایجاد شده بین شاخص فورنیه اصلاح شده و فرسایندگی باران در ایستگاه‌های دارای باران‌نگار ثبات استفاده گردید که مشخصات سایر ایستگاه‌ها و فاکتور فرسایندگی باران برای هر ایستگاه در جدول شماره (۲) آورده شده است.

Archive of SID

www.SID.ir

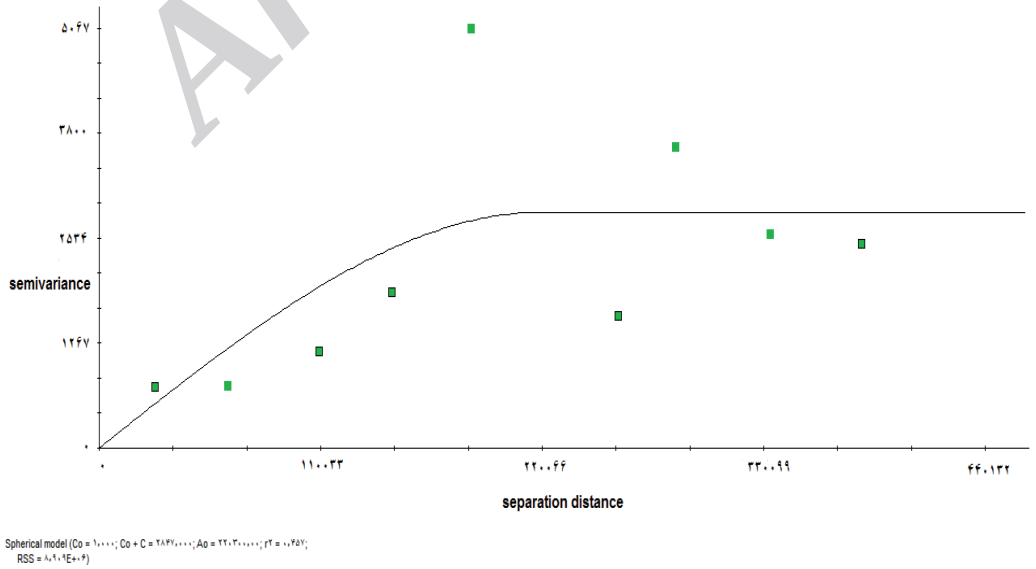
جدول شماره (۲) مشخصات سایر ایستگاه‌های باران‌سنجی معمولی و فاکتور فرسایندگی باران برای هر ایستگاه در سطح استان لرستان

نام ایستگاه	طول	عرض	ارتفاع(m)	میانگین بارندگی سالانه (mm)	فاکتور فرسایندگی باران *
تنگ سیاب	۷۰۴۶۴۹	۳۶۹۵۵۷۷	۹۴۰	۳۸۳/۳۹	۱۱۰/۵۹
چم انجیر	۲۴۱۱۳۵	۳۷۰۲۴۱۹	۱۳۶۴	۴۶۸/۵۲	۱۰۴/۸
دهنو	۲۹۱۰۹۰	۳۷۰۸۹۸۰	۱۸۰۰	۴۵۵/۱۶	۱۰۲/۵۹
سراب صید علی	۲۴۰۷۲۲	۳۷۴۱۲۸۸	۱۵۳۰	۴۹۷/۵۷	۱۱۲/۲۳
کاکارضا	۲۴۵۱۴۶	۳۷۳۳۳۹۸	۱۵۵۰	۴۸۵/۵	۱۱۲/۹۴
کشکان افرینه	۷۶۷۰۲۶	۳۶۸۹۳۲۸	۸۰۰	۱۲۵/۸۷	۷۷/۶
کشکان پلدختر	۷۵۸۱۸۲	۳۶۷۱۳۲۸	۷۰۰	۱۱۵/۵۶	۶۰/۳۱
کهمان دره تنگ	۲۴۵۸۴۲	۳۷۵۵۵۰۸۰	۱۷۲۰	۱۲۲/۷۴	۷۵/۶۷
نورآباد آب منطقه ای	۷۷۲۳۸۲	۳۷۷۲۷۴۰	۱۸۰۰	۱۰۹/۶۶	۶۷/۶۱
ازنا چم زمان	۳۵۱۲۰۵	۳۶۹۶۷۷۶	۱۸۳۰	۱۰۵/۶۹	۶۵/۱۶
تیره دورود	۳۱۸۷۷۶	۳۷۰۳۹۸۵	۱۴۵۰	۱۴۶/۳۲	۹۰/۲۱
تیره مروک	۳۱۹۱۷۳	۳۷۲۵۰۵۵	۱۵۶۰	۸۵/۶۴	۳۶/۵۷
دره تخت	۳۴۸۱۶۴	۳۶۹۲۳۸۷	۱۸۹۰	۱۵۷/۸۲	۹۷/۳
سازمان آب بروجرد	۲۹۱۹۵۴	۳۷۵۳۳۴۷	۱۵۴۰	۱۰۳/۴۲	۶۳/۷۶
سرخاب کشور	۲۷۷۷۹۰	۲۳۳۸۹۲۴	۷۷۰	۲۳۳/۸۹	۱۴۴/۲
سکانه	۳۶۹۴۳۴	۳۶۶۱۰۲۶	۱۷۵۰	۱۶۶/۲۱	۱۰۲/۴۷
کاظم آباد	۳۷۷۹۸۳	۳۶۶۸۶۴۷	۲۰۰۰	۱۲۹/۵۳	۷۹/۸۶
کمندان	۳۵۲۷۱۶	۳۶۸۵۶۶۲	۱۹۳۰	۱۵۶/۶۷	۹۶/۵۹

* فرسایندگی باران بر حسب $mj\ mm\ ha^{-1}\ h^{-1}\ y^{-1}$

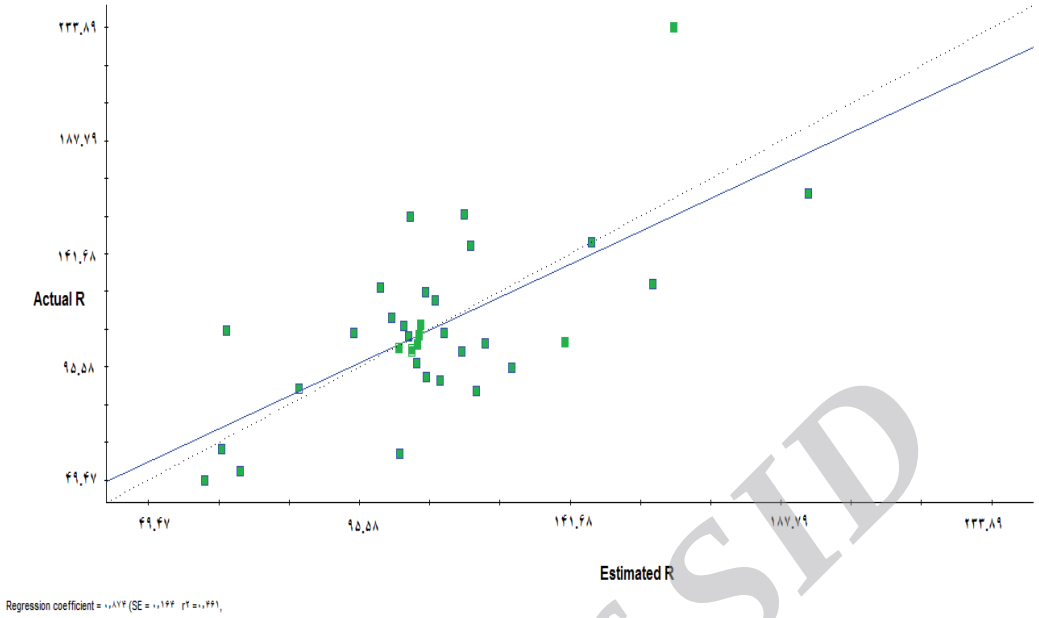
۳-۲- نتایج حاصل از پهنه بندی شاخص فرسایندگی باران در حوزه آبخیز شهرستان کوهدشت

در نهایت برای پهنه‌بندی فرسایندگی باران، روش کریجینگ با مدل گوسین از طریق نرم افزار GS plus مشخص گردید. شکل (۲) نیمه واریوگرام، شکل (۳) مقادیر واقعی و شبیه‌سازی مدل و شکل (۴) نمودار توزیع فراوانی فرسایندگی باران در استان لرستان را نشان می‌دهند.

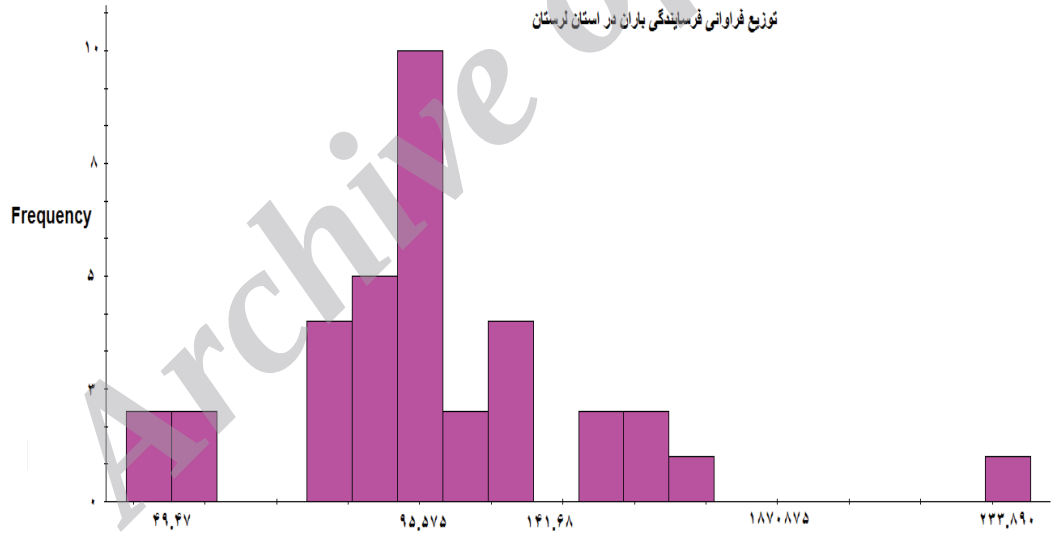


شکل (۲) نیمه واریوگرام ترسیم شده فرسایندگی باران بر اساس مدل گوسی برای استان لرستان

Archive of SID
www.SID.ir



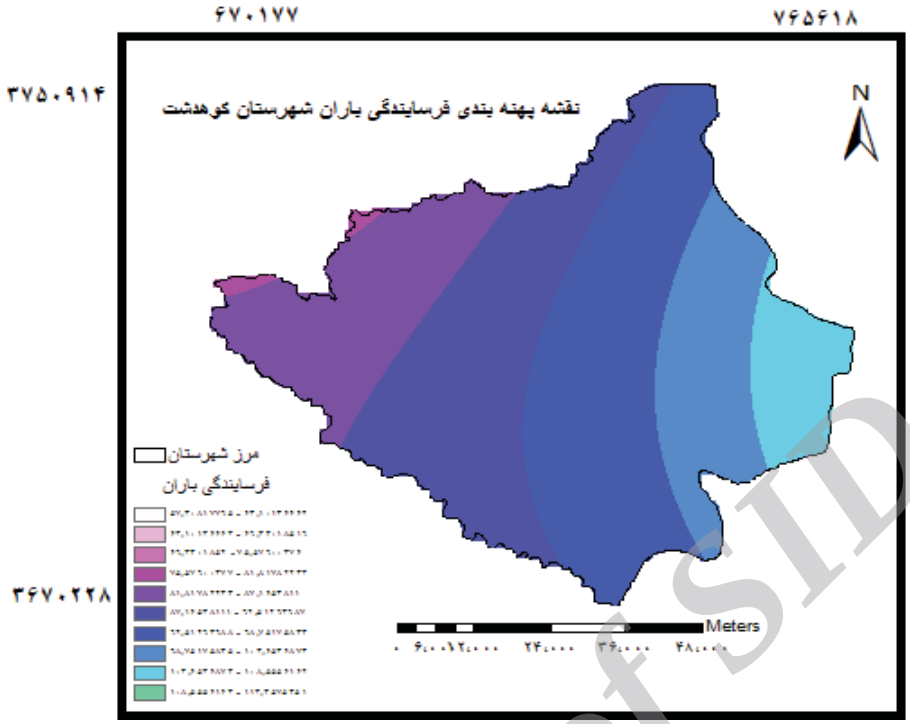
شکل (۳) نمودار مقادیر فرسایندگی باران واقعی و شبیه‌سازی مدل برای پهنه‌بندی آن در استان لرستان



شکل (۴) نمودار فراوانی فاکتور فرسایندگی باران در استان لرستان

سپس بر اساس روش معرفی شده از نرم افزار GS پلاس، در محیط نرم افزار GIS لایه پهنه‌بندی فرسایندگی باران برای کل استان لرستان تهیه و به اندازه مرز حوزه شهرستان کوهدشت از آن جدا گردید که در شکل (۵) نشان داده شده است. مطابق نقشه مقادیر فرسایندگی باران بین ۸۵/۴۴ تا ۱۰۸/۰۲ mj mm ha^{-1} h^{-1} y^{-1} متغیر است. همچنین میانگین و انحراف معیار فرسایندگی باران به ترتیب ۹۹/۳۴ و ۴/۹۹ می باشد. مقدار فرسایندگی در شرق حوزه زیاد و به تدریج به غرب حوزه کاهش می‌یابد.

Archive of SID
www.SID.ir



شکل (۵)نقشه پهنه‌بندی فرسایندگی باران در حوزه آبخیز شهرستان کوهدشت

۴- نتیجه گیری

در منطقه مورد مطالعه تا کنون ضریب فرسایندگی باران بررسی نشده است. شاید یکی از مهم‌ترین علل عدم بررسی این موضوع، نبود آمار ایستگاه‌های مجهز به باران‌نگار ثبات می‌باشد. در استان لرستان تنها ۴ سال است که ایستگاه‌ها مجهز به باران‌نگار شده‌اند که در این تحقیق از تمام آمار آن‌ها استفاده شده است، با این حال سایر ایستگاه‌های باران‌سنجی معمولی در استان لرستان دارای آمار نسبتا طولانی می‌باشند که سعی گردید با استفاده از بهترین شاخص، فرسایندگی باران در این ایستگاه‌ها محاسبه گردد. با این وجود برای حصول نتیجه دقیق‌تر در تهیه نقشه فرسایندگی باران برای منطقه مورد مطالعه، ابتدا این نقشه برای کل استان لرستان تهیه و سپس به اندازه حوزه آبخیز استان لرستان از آن جدا گردید. بنا بر آنچه گفته شد با توجه به اینکه محاسبه ضریب فرسایندگی باران، نیاز به آمار پیوسته طولانی مدت باران‌نگارهای ثبات دارد، امید است که در سال‌های آینده با تکمیل شدن آمار گراف‌های باران‌نگارهای این استان، بتوان نقشه پهنه‌بندی با دقت بیشتری حاصل نمود.

منابع

۱- آرخی، صالح و نیازی، یعقوب. ۱۳۸۹. بررسی کاربرد GIS و RS برای تخمین فرسایش خاک و بار رسوب با استفاده از مدل RUSLE (مطالعه موردی: حوزه بالا دست سد ایلام). مجله پژوهش‌های حفاظت آب و خاک. جلد ۱۷، شماره ۲. دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان.

۲- اسدی، حسین. وظیفه دوست، مجید. موسوی، سید علی، هنرمند، محدثه. ۱۳۷۹. ارزیابی و پهنه‌بندی خطر فرسایش خاک با استفاده از معادله جهانی تلفات خاک اصلاح شده، سامانه اطلاعات جغرافیایی و سنجش از دور در حوزه آبخیز ناورود. ارائه دستاوردهای پژوهشی شرکت سهامی آب منطقه‌ای گیلان.

۳- ثقفیان، بهرام. رزمخواه، هما و قرمز چشمه، باقر. ۱۳۹۰. بررسی تغییرات منطقه‌ای بارش سالانه با کاربرد روش‌های زمین آمار (مطالعه موردی: استان فارس). مجله مهندسی منابع آب، سال چهارم، تابستان، ۳۸-۲۹.

۴- حبیبی، آرش. ۱۳۸۶. آموزش کاربردی spss. انتشارات پایگاه علمی-پژوهشی پارس مدیر، ۱۷۰ صفحه.

۵- حسنی پاک، علی اصغر. ۱۳۷۷. زمین آمار (ژئواستاتیستیک). انتشارات دانشگاه تهران. ۳۱۴ صفحه.

Archive of SID
www.SID.ir

۶- حکیم خانی، شاهرخ. مهدیان، محمدحسین. عرب خدری، محمود و قربان پور، داوود. ۱۳۸۴. بررسی فرسایندگی باران در سطح کشور. سومین همایش ملی فرسایش و رسوب. ۲۸۸-۲۸۱.
۷- رفاهی، حسینقلی. ۱۳۸۹. فرسایش آبی و کنترل آن. انتشارات دانشگاه تهران. ۶۷۱ صفحه.
۸- سعیدی، شیرین. پاره کار، منصور. طهماسبی پور، ناصر. ۱۳۹۰. ارزیابی مدل MPSIAC در بررسی فرسایش و رسوب (مطالعه موردی: حوزه آبخیز مادیان‌رود در استان لرستان). پایان نامه کارشناسی ارشد خاکشناسی، دانشگاه آزاد اسلامی واحد علوم و تحقیقات خوزستان، ۱۲۹ صفحه.
۹- صادقی فرد، داود. جباری، ابراهیم، غیاثیان، حسین. ۱۳۸۳. پهنه‌بندی ضریب فرسایندگی باران در ایران. اولین کنگره مهندسی عمران. دانشگاه صنعتی شریف. تهران.
۱۰- عساکره، ح. ۱۳۸۷. کاربرد روش کریجینگ در درون‌یابی (مطالعه موردی: میان‌یابی بارش ۱۳۷۶/۱۲/۲۶ ایران زمین). مجله جغرافیا و توسعه، شماره..... ۴۲-۲۵.
۱۱- فریدی، پروانه. رضایی، پیمان. قربانی، منصور و کاظمی، محمد. ۱۳۹۲. کاربرد سیستم اطلاعات جغرافیایی در مدلینگ فاکتور فرسایندگی باران (مطالعه موردی: حوزه آبخیز گابریک جنوب‌خاوری استان هرمزگان). فصلنامه پژوهش‌های فرسایش محیطی، سال سوم، شماره ۱۰، دانشگاه هرمزگان.
12- Arnolds, H.M.J. 1977. Predicting Soil Losses due to sheet anmd Rill Erosion. FAO Conservation Guide, No.1, 99-124.
13-Bennett, H.H. 2001. Soil conservation, Agrobis, india, 993 p.
14- Li, H., X. Chen, J. L. Kyoung, X. Cai and S. Myung. 2010. Assessment of soil erosion and sediment yield in Liao watershed, Jiangxi Province, China, Using USLE, GIS, and RS Journal of Earth Science, 21 (6): 941-953.
15- Parveen, R and Kumar, U. 2012. Intgrated approach of universal soil loss equation(USLE) and geographic information system (GIS) for soil loss risk assessment in upper south koel basin, jharkhand. journal geographic information system. 4: 588 - 596.
16- Renard, K.G. Foster, G.R. Weesies, G.A. Mccool, D.K. and Yoder, D.C. 1997. Predicting soil erotion by water: A guide to conservation planning with the revised universal soil loss equation (RUSLE). Agricalture Handbook No. 703, USDA, Washington, DC, USA. 404 P.
17- Rabia, A.H. 2012. mapping soil erosion risk using RUSLE, GIS and remote sensing techniques. the 4th international congress of ECSSS, EUROSOIL, Bari, Italy.
18- Silva, A.M., 2004. Rainfall erosivity map for Brazil, Catena 57:251–259.
19- Shinde, V. Tiwari, K.N. Singh, M. 2010. Priozitization of micro watershedon the basis of soil erosion hazard using remote sensing and geographic information system. international journal of water resources and environmental engineering, 2(3): 130 - 136.
20- Whichmier, W.H. ans Smith, D.D. 1985. Predicting rain fall erosion losses from cropland east of the Rocky Mountain, Agriculture Handb. 282. Washington DC. 201 P.
21- Whishmeier, W.H. and Smith, D.D. 1978. Predicting rainfall erosion Losses: a guide to soil conservation planning. U.S. Department of Agricalture, Agricalture Handbook No. 537.

Archive of SID

www.SID.ir